ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

# ҚазҰТЗУ ХАБАРШЫСЫ

# ВЕСТНИК КазНИТУ

# VESTNIK KazNRTU

№ 4 (134)

АЛМАТЫ 2019 АВГУСТ

**ISSN 1680-9211**

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

*Зам. главного редактора*
Б.К. Кенжалиев **– проректор по науке**

*Отв. секретарь*
**Н.Ф. Федосенко**

***Редакционная коллегия:***

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

***Учредитель:***

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

***Регистрация:***

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

**Основан в августе 1994 г. Выходит 6 раз в год**

***Адрес редакции:***

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

© КазНИТУ имени К.И. Сатпаева, 2019

УДК 72.03 (574)

**A.M. Shamshikhan, S.S. Tugelbayev.**
(Al-Farabi Kazakh national university, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: aikowa2195@mail.ru)

## DEVELOPMENT OF TOURISM ALONG THE SILK ROAD

**Abstract.** The Great Silk Road is a unique historical monument of human civilization. The transformation of the Kazakhstan section of the Great Silk Road into an attractive tourist and recreational complex is a pressing problem in the development of tourism in the Republic of Kazakhstan. At the branches of the Kazakhstan section of the Silk Road, the most promising projects are the development of the tourist infrastructure “Ancient Otrar” and “Ancient Turkestan” in the Turkestan region. For the development of tourism in the Great Silk Road segment, it is necessary to increase the effectiveness of the regional tourism policy, the role of local governance structures in solving the problems of the integrated economic and social development of the tourism industry.

**Key words:** Great Silk Road, tourism, tourist and recreational systems, tourist policy, tourist infrastructure.

**А.М. Шамшихан, С.С. Тугельбаев**
(әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы,
E-mail: aikowa2195@mail.ru)

## ҰЛЫ ЖІБЕК ЖОЛЫ БОЙЫНДА ТУРИЗМДІ ДАМЫТУ

**Түйіндеме.** Ұлы Жібек жолы адамзат өркениетінің бірегей тарихи ескерткіші болып табылады. Ұлы Жібек жолының қазақ жерлерінің тартымды туристтік-демалыс кешеніне айналуы Қазақстан Республикасы туризмін дамытудың өзекті проблемасы болып табылады. Ұлы Жібек жолының қазақстандық жерлері тармақтарында келешегі мол жобалар Түркістан облысындағы «Ежелгі Отырар» мен «Ежелгі Түркістан» туристік инфрақұрылым объектілерін дамыту болып табылады. Ұлы Жібек жолының бойында туризмді дамыту үшін өңірлік туристік саясаттың нақтылығын, турист саласының кешендік экономикалық және әлеуметтік даму проблемаларын шешуде басқарудың жергілікті құрылымдарының рөлін арттыру керек.

**Түйін сөздер:** Ұлы Жібек жолы, туризм, туристік-рекреациялық жүйелер, туристік саясат, туристік инфрақұрылым.

### КІРІСПЕ

Жүзжылдық бойы ежелгі керуен жолында Шығыс Еуропа мен Батыс Еуропа халқының экономикасы мен мәдениетін дамытуға ықпал етті. Осы күндері де оның маңызы баға жеткісіз, себебі заманауи туризм бүгінде халықтар арасында өзара түсіністік пен бейбітшілікке ықпал ете отырып, мәдени диалогпен сауда мен бизнесті байланыстырады. Жібек жолы Жібек жолы бойынша бастамалардың 24 қатысушы елдері арасында көп тарапты байланыстарды анықтауға ықпал етеді. Жібек жолында ынтымақтастық және туризмді ілгерілету бойынша бастамаларды іске асыру идеясы 15 жыл бұрын туындаған, және Самарқан Декларациясында 1994 жылы бекітілген. Содан бері 1999 жылы – Хива Декларациясы, 2002 жылы – Бұқар Декларациясы қабылданған. Жібек жолы бойынша Астана Декларациясы ЮНВТО Бас Ассамблеясының 18-Сессиясы шеңберінде 2009 жылы, Алматы Декларациясы – 2008 жылы «Жібек жолы» қалалары мэрлерінің III-Форумын өткізу уақытында қабылданған. Қабылданған шараларды іске асыру өзіне үш негізгі полюс: Қытай, Ресей және Парсы шығанағын түйістіріп Жібек жолының негізгі өңірі болып табылатын Еуразиялық кеңістік елдерінің экономикалық өсуі мен бірігуіне ықпал етті. Еуразия ортасында орналасқан Қазақстан осы полюстер мен Қырғызстан, Өзбекстан, Тәджікстан және Түркменстан сияқты Орталық Азия өңірінің елдері арасында байланыстырушы көпір, сондай-ақ Жібек жолы елдерінің негізгі нарықтарына кіру жолында басты транзит дәлізі болып табылады. Еуразияның қақ ортасындағы Қазақстанның геостратегиялық орналасуы

туризм саласында саясаттың базалық негіздері ретінде Жібек жолында туризмнің жаңғыртылуына маңызды мән бергені және беретіні ықпал етті. 1997 жылы ЮНВТО, ЮНЕСКО және БҰҰДБ транконтиненталды «Жібек жолы – диалог жолы» жобасын іске асыру шеңберінде Қазақстанда туристік әлеуеттің бірінші зерттеулері өткізілді. Зерттеу деректерінің қорытындысы бойынша Қазақстан Республикасы Президентінің Жарлығымен «Жібек жолының тарихи орталықтарын қайта өркендету, түркі тілдес мемлекеттердің мәдени мұрасын сақтау мен сабақтастыра дамыту, туризм инфрақұрылымын жасау» мемлекеттік бағдарламасы әзірленіп бекітілді. 2002 жылдың 27 қазанында қабылданған Бұқар Декларациясына сәйкес «Жібек жолы» ЮНВТО жобасының қатысушы елдері көп тарапты және халықаралық негіздегі туризм саласындағы өңірлік ынтымақтастықты нығайту бойынша күштерді қабылдауға міндеттенді. Осыған орай, осы бағытта туризмді дамытуды белсенділендіру үшін Қазақстан Республикасы Көлік және коммуникация министрлігімен бірлесіп 2004 жылдан бастап Алматы – Түркістан – Ташкент – Самарқан – Бұқара – Үргенші – Мары – Ашхабад – Алматы бағыты бойынша «Жібек Жолы қазынасы» мамандандырылған туристік поездын ұйымдастыру бойынша жоба іске асырылады. Ұлы Жібек Жолының қазақстандық учаскесі тарих, археология, сәулет, қала құрылысы мен құрылыс өнерінің бірегей ескерткіштер кешенінен тұрады, бүгінде мұнда билеушілердің қамалдарын қоса алғанда, 22 ежелгі қалашықтар ашылған. Ежелгі заманның екі бірегей ескерткіші ЮНЕСКО Дүниежүзілік мәдени мұралар тізіміне енгізілген: Түркістандағы Қожа Ахмет Яссауи кесенесі мен Алматы қаласының маңындағы «Тамғалы» археологиялық кешені. Жібек жолы бойынша маңызды туристік бағыттардың арасында Оңтүстік Қазақстан облысындағы Алматы, Тараз, сондай-ақ Түркістан мен Отырар қалалары маңызды орын алады [1].

Бүгінде дүниежүзінің көптеген елдерінің күштерімен Ұлы Жібек жолының жаңа өмірін өркендетуге шешім қабылданды. Адамдардың көбісі осы ежелгі трансдәстүрлі сауда магистраліне, ежелгі сәулет өнерінің бірегей ескерткіштеріне, даңқы шыққан ата-бабаларымыздан мұраға қалған, жойылмаған рухани құндылықтарға, өңір халықтарының ұлттық қолөнеріне, тағамдарына, дәстүрлері мен мерекелеріне қызығушылық танытуда.

Жібек жолы елдердің саяси, экономикалық, мәдени құрылысын қалыптастыруға зор ықпал етті. Оның барлық бағыттарының бойында ірі және шағын сауда қалалары мен елді мекендер пайда болды, әсіресе қиылысы көп болған керуен жолдары Орталық Азия болды. Бұл өңірде ондаған сауда бағыттары қиылысқан. Мұнда маңызды этникалық процестер, мәдениеттің белсенді өзара әрекеті өтті, ауқымды сауда операциялары жүзеге асырылды, дипломатиялық шарттар мен әскери одақтар жасалды. Осы өңір халықтарына Ішкі Азия мен Қиыр Шығыс елдерінде әріптік жазу мен әлемдік діндердің, көптеген мәдени және техникалық жетістіктердің таралуында ұлы рөл тиесілі.

Жібек жолы – бұл Қытай мен Жеорта теңізі арасындағы материктің зор кеңістігінің мәдени орталықтарын мыңдаған жылдар бойы байланыстырған керуен жолдарының жүйесі. Терминнің өзі алғаш рет XIX жылдардың 70 жылдарында неміс географы және геологы В.Рихтгофенмен қиыр шығыс пен батыс әлем арасындағы байланысты белгілеу үшін ғылыми айналымға енгізілді және өте сәтті және көпшілікпен қабылданған болды. Біздің дәуірімізге дейінгі II ғасырдан жібек қиыр елдерге қытай көпестері апарған басты тауар болды [2].

Осылайша, Батыс пен Шығыс арасындағы қатынастар белгісі Ұлы Жібек жолы болды. Алғаш рет адамзат тарихында Жерорта теңізінен Тынық мұхитына дейін ұлан-ғайыр кеңістікте ол түрлі елдер мен халықтарды біріктірді, олардың материалдық, шығармашылық және рухани мәдениетін байланыстырды. Осы жолдар бойынша көптеген ғасырлар идеяларды, технологияларды, қолөнерді, діншілдікті алмасу жүзеге асырылды.

Біріккен Ұлттар Ұйымы Ұлы Жібек жолының өркендетуді ұсынған және жүзеге асыруға бірінші ықпал еткен. 1988 жылы ЮНЕСКО-ның он жылға есептелген «Жібек жолы – диалог жолын интегралды зерттеу» жобасы қабылданды. Осы жоба бойынша ежелгі жол тарихын ауқымды және толық зерттеу, Шығыс пен Батыс арасында мәдени байланыстарды қалыптастыру және дамыту, Еуразия континентінде тұратын халықтар арасында қатынастарды жақсарту қарастырылған.

Алайда, 1993 жылы БҰҰ Бас Ассамблеясында Ұлы Жібек жолын дипломатия, мәдениет, ғылым, сауда, туризм саласындағы халықаралық ынтымақтастықтың маңызды арнасы ретінде өркендету туралы шешім қабылданды. Ұлы Жібек жолын дамытудың заманауи кезеңін маңызды құраушылар көлік байланыстары мен туризм болды [3].

**ЗЕРТТЕУ НЫСАНЫ МЕН ӘДІСТЕРІ**

Туризм мақсаттары үшін туристік-рекреациялық ресурстарды бағалау бойынша дала зерттеулерінің процесінде алынған картографиялық талдау мен ақпараттар негізінде туризмнің

экологиялық, сауықтыру-спорт, емдік-сауықтыру түрлерінің дамуын болжамдау үшін туристтер үшін тартымды табиғи аймақтар мен объектілердің кадастрын құру қажет.

Бізге белгілі зерттеулер мен танымдық құндылығы, туристік тартымдылығы мен экзотикалығы, ал кейбіреулері ЮНЕСКО бағалауы бойынша әлемдік құндылығы; мәселен, ежелгі Испиджабтың Сайрам кешені, археологиялық, сәулет кешендері мен ҰЖЖ ежелгі коммуникациялары, болатын 807 астам тарихи және мәдениет ескерткіштерің болуына байланысты орта ғасырлардағы көшпенді және отырықшы-егін шаруашылығы мәдениетінің архитектуралық-кеңістіктік және этномәдени ортасын, қолөнерді өркендету, ашық аспан астында театрланған мұражайлар, қажылықтың салттық әдет-ғұрып орталықтарын құру туралы айтуға болады және осы негізде экскурсиялық-танымдық және ғылыми-зерттеу туризмін, әсіресе, археологиялық туризмді дамытуға болады.

**НӘТИЖЕЛЕРІ МЕН ОЛАРДЫ ТАЛДАУ**

Ұлы Жібек жолының туристік өнім ретінде оның күнделікті бағыттарынан ерекшеленетін бірқатар тұтас ерекшеліктері бар. Мәселен, классикалық тур – бұл әдетте қандайда бір елге сапар. Мұнда сөз туристе бірқатар елдерді аралау, олардың ежелгі мәдениетімен танысу және бүгінде әсерлер мен білімнің біршама үлкен көлемін алу мүмкіндігі болатын трансұлттық бағыт туралы болып отыр.

Осы бағытта туризмді дамытуды белсенділендіру үшін 2004 жылдан бастап Қазақстан Республикасы Көлік және коммуникация министрлігімен бірлесіп Алматы – Түркістан – Ташкент – Самарқан – Бұқара – Үргенші – Мары – Ашхабад – Алматы бағыты бойынша «Жібек жолы меруерті» мамандандырылған туристік поезді ұйымдастыру бойынша жоба іске асырылуда [4].

Ұлы Жібек жолының қазақстандық учаскесі тарих, археология, сәулет, қала құрылысы және монументалды өнер ескерткіштерінің бірегей кешенінен тұрады, бүгінде мұнда билеушілердің қамалдарын қоса алғанда 22 ежелгі қалашық ашылған. Ежелгі заманның екі бірегей ескерткіші ЮНЕСКО Дүниежүзілік мәдени мұралар тізіміне енгізілген: Түркістандағы Қожа Ахмет Яссауи кесенесі мен Алматы қаласының маңындағы «Тамғалы» археологиялық кешені. Жібек жолы бойынша маңызды туристік бағыттардың арасында Оңтүстік Қазақстан облысындағы Алматы, Тараз, сондай-ақ Түркістан мен Отырар қалалары маңызды орын алады [5].

Жібек жолының қазақстандық учаскесінің тармақтарында аса перспективалы жобалар болып табылады:

- Алматы облысында Қапшағай теңізінің жағалауында «Жаңа – Іле» халықаралық туристік орталығын құру;
- Оңтүстік Қазақстан облысында «Ежелгі Отырар» мен «Ежелгі Түркістан» туристік инфрақұрылым объектілерін дамыту;
- бос экономикалық аймақ құрылған Ақмола облысында «Бурабай» халықаралық туристік орталықты салу;
- Маңғыстау облысындағы Жібек жолының қазақстандық учаскесінің батыс тармақтарында «Ақтау – Сити» жаңа мыңжылдық қаласын салу [6].

Жібек жолы Еуразияның түрлі елдерінің, мәдениетінің, халықтары мен өркениетінің бейбіт қатар өмір сүруінің бірінші үлгілерінің бірі болды. Ол бойынша ұзақ уақыт Еуропа мен Оңтүстік Шығыс Азияның сауда-саттық және мәдени өзара әрекеті жүрді. Сяси экономикалық ілгерілеу жолдары ретінде жаңа ғасырда Ұлы Жібек жолының тарихи, экономикалық, мәдени және коммуникациялық сапасының бірегей кешенін қолдану заманауи өркениеттің тарихи борышы болып табылады.

Оңтүстік Қазақстан «Ұлы жібек жолының жүрегі» ретінде орналасады. Осында әзірленетін негізгі туристік өнімдерге мәдени туризм және турне жатады [7].

Қазақстан Үкіметімен американдық әріптестермен бірлесіп 5-7 туристік кластерді құруға шешім қабылданды. Қызылорда облысының орталық және шығыс бөліктерінен, Түркістан облысының оңтүстік бөлігінен және Жамбыл облысының Түркістан облысының оңтүстік-батыс бөлігінен тұратын кластер болып табылады. (1-кесте).

Шымкент қаласы туристік қызығушылықтың негізгі орындары берілген кластер орталығы болып табылады.

Болашақта кластер барлық үш облыстың қалған бөліктерін қоса алғанда, кеңейеді, сондай-ақ ЮНЕСКО алдын-ала тізіміне енгізілген құрметті түрік Меркесі және Барсакелмес мемлекеттік табиғи қорығы, «Жібек жолы» сериялық трансұлттық номинацияға кірген объектілер (Жетіасар алқабының ескерткіштері, Сығанақ қалашығы) сияқты туристік қызығушылық тудыратын жаңа орындарды ұсынады [8].

1-кесте. **Түркістан облысының оңтүстік бөлігінен және Жамбыл облысының, Түркістан облысының оңтүстік-батыс бөлігінен тұратын кластер [9]**

| Атауы | Аумақты құраушылар | Орналасуы |
|---|---|---|
| Оңтүстік Қазақстан | Қожы Ахмет Яссауи кесенесімен Түркістан қаласы (ЮНЕСКО объектісі) | Түркістан облысы |
| | ЮНЕСКО алдын-ала тізіміне енгізілген ежелгі ғасырлық Отырар қалашығы мен отырар алқабының археологиялық объектілері | Түркістан облысы |
| | Сауран археологиялық кешені | Түркістан облысы |
| | Полеолитиялық учаскелермен және геоморфологиямен Қаратау ГПЗ | Жамбыл облысы |
| | ЮНЕСКО алдын-ала тізіміне енгізілген Ақсу-Жабағылы мемлекеттік табиғи қорығы | Түркістан облысы |
| | Сайрам-Угам мемлекеттік ұлттық паркі | Түркістан облысы |
| | Байқоңыр ғарышы | Қызылорда облысы |
| | Қызылорда қаласы | Қызылорда облысы |
| | Сарыағаш қаласы | Түркістан облысы |
| | Тараз қаласы | Жамбыл облысы |

Түркістан облысына кластерлік тәсілдемені іске асыру кезеңдерінің бірі оны қалыптастыратын географиялық қағидасына байланысты ішкі аудандық және өңіраралық, халықаралық (Қырғызиямен, Өзбекстанмен) кластерлерді анықтау үшін өңірлерді аудандастырудың көрнекі картографиялық моделін әзірлеу болып табылады.

Майдантал, Қаржантау, Угам, ішінара Пскем жоталарының тау жүйесі барлық жастағы жыл бойғы сауықтыру демалысы, спорт-сауықтыру жорықтары мен саяхаттары, қысқы маусымдағы тау шаңғысы демалысы, шипажай-курорттық кешендерді дамыту және өкпе мен басқа ауруларды емдеу, балаларды сауықтыру үшін қолайлы және тартымды. Турбаза бүгінде де Түркістан облысының туристік кластерін дамытудың негізгі географиялық нүктесі болады [10].

Облыстың минералды сулары республика шегінен тыс танымал және Сарыағаш, Темірлан және Манкент кен орындарымен берілген.

Бізге белгілі зерттеулер мен танымдық құндылығы, туристік тартымдылығы мен экзотикалығы, ал кейбіреулері ЮНЕСКО бағалауы бойынша әлемдік құндылығы; мәселен, Қажы Яссауи кесенесі, ежелгі Испиджабтың Сайрам кешені, археологиялық, сәулет кешендері мен ҰЖЖ ежелгі коммуникациялары, болатын 807 астам тарихи және мәдениет ескерткіштерің болуына байланысты орта ғасырлардағы көшпенді және отырықшы-егін шаруашылығы мәдениетінің архитектуралық-кеңістіктік және этномәдени ортасын, қолөнерді өркендету, ашық аспан астында театрланған мұражайлар, қажылықтың салттық әдет-ғұрып орталықтарын құру туралы айтуға болады және осы негізде экскурсиялық-танымдық және ғылыми-зерттеу туризмін, әсіресе, археологиялық туризмді дамытуға болады [11].

Көптеген елдер мен өңірлердің тәжірибесі кластерлердің шынымен жоғары тиімділікке ықпал ететіні және осылайша ұлттың әл-ауқатын арттыратыны туралы куәландырады. Туризм экономикасын кластерлік дамытуда жергілікті әкімшіліктің атқарушы билігінің рөлі осы секторда жоғары өнімділік пен тиімділікті қамтамасыз ететін жоба қатысушыларының және жалпы экономиканың ортасы ретінде жеке меншік кәсіпкерлер үшін қолайлы іскерлік климатты құруда тұжырылады.

Бұл үшін орындалатын жұмыстардың функционалды белгісі бойынша туризм бөлімінің толық штат кестесінің құрылымын қалыптастыру және басқа өңірлердегідей максимум штат бірліктерін бөлу керек.

Осы негіздемелерге байланысты Түркістан облысы туристік кластерін іске асырудың нақты-тәжірибелік міндеттерін ескеруге болады.

Облыста халықтың 35% астамын 14 жасқа дейін балалар құрайтына байланысты туризмнің балалар сауықтыру демалысын, оқу-білім және оқу-ағарту түрлерін дамыту үшін аумақтар бөлу керек [12].

Ішкі туризмнің дамуын басқаруға және кіруді дамыту бастамаларын іске асыруға қабілетті, кластерді дамыту үшін негізгі туристік аумақтар кластерін бөлу.

Шымкент-Түркістан, Шымкент – Түркістан, Шымкент – Сарыағаш және басқа трассаларда туристердің қысқа мерзімді демалысы үшін транзитті пункт-кемпингтер құрылысын бастамалау [13].

Түркістан облысында белсенді өсу полюсі Түркістан мен Кентау болады, ал Шымкент агломерациясының шеңберінде Сайрам, Түлкібас, Арыс, Леңгер қалалары перспективалы болып табылады.

1700 километрлік қазақстандық учаскенің негізгі туристік-рекреациялық ресурстары Жетісу мен Оңтүстік Қазақстанда шоғырланған, ал бұл өңірдегі ерекше орынды Түркістан, Тараз және Алматы алады. Ежелгі мекен орындарында табылатын осы қалаларға Хурлук, Турбат, Исфиджаб, Кулан, Мирки, Талхиз, Жаркент сияқты орта ғасырлық елді мекендер сияқты қалпына келтіру жұмыстары жүргізілетін маңызды туристік объектілерді қосу керек [14].

Жоба инфрақұрылымын дамытуды Түркістан қаласында мейрамханалар мен керуен сарайлар желісін салу және дамыту көмегімен, оның ішінде Біріккен Ұлттар Ұйымының, Дүниежүзілік туристік ұйымдардың және «Жібек жолы: Өңірлік ынтымақтастық және даму мақсатында әлеуетті күшейту» ЮНЕСКО өңірлік бағдарламасының халықаралық жобасын іске асыру шеңберінде жүзеге асыру жоспарлануда. Жобаның бұл бағыты объектілерді археологиялық, сәулет, қала құрылысы зерттеулері, Жібек жолының тарихи-мәдени мұрасы туралы деректер банкін құру; Жібек жолыгың негізгі кезеңдерін тоқтату, мұражайландыру және абаттандыру; туризм объектілерінің тізіміне енгізілген трассаның тарихи қалалары мен басқа елді мекендерін дамыту арқылы іске асырылады [15].

Біз Жібек жолы қалалары мен елді мекендерінің дәстүрлі құрылысы базасында туризм инфрақұрылымдарын құру қажет деп санаймыз: сервистік қызмет көрсету және сауда кәсіпорындары, қажылық және туристік кешендер, шебер халық қолөнері, этнографиялық мұражайлар мен театрлар, әдет-ғұрыпты тарихи-діни орталықтар мен басқа туристік объектілер.

**ҚОРЫТЫНДЫ**

Бүгінде республикада туризмнің өзекті проблемалары мен оларды шешу жолдары отандық халықаралық туризмді дамытуда инновациялық тәсіл негізі ретінде қарастырылуы тиіс. Қазіргі жағдайларда туризмді дамыту жетекші және қарқынды дамушы салалардың бірі болды. ЮНВТО деректері бойынша туризм тауарлар мен қызметтердің әлемдік экспортында төртінші орын, ал табыстылығы бойынша – дүниежүзінде мұнай өндіруші өнеркәсіп пен автомобиль құрылысынан кейін үшінші орын алады.

Заманауи Қазақстанның бай туристік рекреациялық әлеуеті бар, алайда ол туризмді дамытудың жеткіліксіз деңгейімен сипатталады. Оның жалпы ішкі өнімдегі үлесі шамамен 0,3% құрайды. 2011 жылы туристік қызметтен түсетін кірістер көлемі 145,3 млрд.теңге құрады, бұл 2008 жылдан 2есе артық (77,6 млрд. теңге) [9].

Бұл ел тиімді геосаяси жағдайды алып, ежелгі уақыттан Солтүстіктен Шығысқа және Батыстан Шығысқа көлік пен адамзат ағындарының қиылысы болып табылады. Қазақстанның қысқа мерзімде әлемнің аса дамыған туристік елдерінің қатарына кіретіндей объективті алғышарттары бар. Республиканың географиялық жағдайы бірегей және зор туристік әлеуетпен сипатталады. Бұған өсімдіктер мен жануарлар әлемінің байлығы, көлік жолдарының тармақталған желілері, бірегей мәдени-тарихи ескерткіштер, жеткілікті дамыған саяхат индустриясы және әсіресе қонақжайлық жүйесі ықпал етеді.

Қазақстандағы туристік сала кадрларды қайта даярлау және оны халықаралық туризмдегі жұмыстар үшін жетілдіру шарттары жасалатын экономикадағы мультипликативті әсерлер өлшемі бойынша басқа салалар арасында жетекші болып табылады. Туризмді бір уақытта дамыту құрылыстағы және шектес салалардағы халықтың жұмыспен қамтылуын ұлғайтады.

ӘДЕБИЕТ

[1] XXI ғасырда Ұлы Жібек жолының өркендеуі: теориядан тәжірибеге дейін. Халықаралық автомобиль көлігі одағының және polpred.com. редакциясының бірлескен жобасы – М.,2007. – 65 б

[2] Ахметшин Н.Х. жібек жолының құпиялары – М.: ВЕЧЕ, 2002. – 11 б.

[3] Гурин с., Саяхат, қажылық, туризм // Хаос. – 2007. - №3. – 189 б.

[4] Қазақстан аумағындағы Ұлы Жібек жолы. www.e-talgar.com/,2013

[5] З.Р.Карбетова, Ш.Р. КарбетоваСтратегические приоритеты совершенствования туризма в Казахстане Вестник КазНУ Алматы 2013

[6] Шёлковый путь-Казахстан: возрождение истории, развитие туризма //Казахстанская правда. – № 267 (24207). — 2003 — С. 3.

[7] Развитие туризма вдоль Шелкового пути.visitkazakhstan.kz/, 2013.

[8] Проект Шёлкового пути ВТО. www.sairamtour.com/, 2013.
[9] Казахская часть в Великом Шёлковом пути. Великий Шёлковый путь в Казахстане. www.kazakhstan.orexca.com/, 2013
[10] Ставинский Б.Ф. О международных связях Средней Азии в V - сер. XIII в. // Проблемы востоковеденья. М., 1960, №5.
[11] Ахметшин Н.Х. Тайны Шелкового пути. М., 2002.
[12] Корнилова А.А., Абдыкаримова Ш.Т. Следы архитектурного творчества. // Вестник науки КазГАСА. – Алматы, 2010. – № 2(36). – С. 14–17.
[13] Корнилова А.А., Абдыкаримова Ш.Т. Прогностические тенденции использования Великого Шелкового пути. // Вестник науки КазГАСА. –Алматы, 2010. – № 2(36). – С. 14–17.
[14] Абдыкаримова Ш.Т. Древние сооружения и сети, караванных дорог на Великом Шелковом пути. // Сборник материалов региональной научнопрактической конференции «Перспективы развития Казахстана в условиях глобализирующегося мира». КАТУ им. С. Сейфуллина. – Астана, 2010. С. 108–112.
[15] Абдыкаримова Ш.Т. Особенности развития Великого Шелкового пути на территории Казахстана. // Вестник науки КазАТУ им. С. Сейфуллина. Астана, 2010. – № 3(64). – С. 100–104.

Шамшихан А.М., Тугельбаев С.С.

**Развитие туризма вдоль Шелкового пути**

**Резюме.** Великий Шелковый путь-уникальный исторический памятник человеческой цивилизации. Трансформация казахстанского участка Великого Шелкового пути в привлекательный туристско-рекреационный комплекс является насущной проблемой в развитии туризма в Республике Казахстан. На филиалах казахстанского участка Шелкового пути наиболее перспективными проектами являются развитие туристической инфраструктуры" древний Отрар "и" Древний Туркестан " в Туркестанском регионе. Для развития туризма в сегменте Великого Шелкового пути необходимо повысить эффективность региональной туристской политики, роль структур местного самоуправления в решении проблем комплексного социально-экономического развития туристической отрасли.

**Ключевые слова:** Великий Шелковый путь, туризм, туристско-рекреационные системы, туристическая политика, туристическая инфраструктура.

**A.S. Akashova, P.A. Bakirbayeva, G.B. Aubakirova, D.P. Yekeibayeva, Zh.K. Mukaliyev**
(Al-Farabi Kazakh national university, Almaty, Kazakhstan
e- mail: p.bakirbayeva@gmail.com)

**ANALYSIS OF CURRENT CIRCIMSTANCES FOR THE DEVELOPMENT OF TOURIST ACTIVITY IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

**Abstract.** The article discusses the prospects for the development of social and economic aspects of tourism services that affect the country's economy. Scientific and methodological conclusions and recommendations on the assessment of the social and economic aspects of the tourism services market have been developed and social and economic factors affecting the development of tourism are presented.

**Keywords:** International tourism, tourist cluster, tourist business, market of tourist services, domestic tourism.

**А.С. Акашова, П.А. Бакирбаева, Г.Б. Аубакирова, Д.П. Екейбаева, Ж.К. Мукалиев**
(Әл - Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы
e- mail: p.bakirbayeva@gmail.com)

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНДА ТУРИСТІК ҚЫЗМЕТТІҢ ДАМУЫНЫҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫН ТАЛДАУ**

**Түйіндеме.** Мақалада ел экономикасының дамуына әсер ететін туристік қызмет көрсетудегі әлеуметтік - экономикалық аспектілерінің даму болашағын зерттеуге арналды. Туристік қызмет көрсету нарығының әлеуметтік-экономикалық аспектілерін бағалау бойынша ғылыми-әдістемелік тұжырымдар мен ұсыныстар әзірленіп және туризм дамуына әсер етуші әлеуметтік-экономикалық факторлар ұсынылған.

**Түйін сөздер:** Халықаралық туризм, туристік кластер, туристік бизнес, туристік қызмет нарығы, ішкі турзм.

**КІРІСПЕ**

Әлемде экспорттық кіріс, әлеуметтік - экономикалық прогрестің негізгі қозғаушы күші ретіндегі туризм жұмыс орындары мен кәсіпорындары ашылып, инфрақұрылымдардың дамуына

серпін беруде, көптеген бағыттар бойынша саяхат сапарлары ашылуда. Қарқынды дамушы және ірі экономикалық сектордың біріне айналған туризм соңғы алты онжылдықта өрісі кеңейіп, өзіндік даму жолына түсті.

Әлемдік тәжірибе туристік бизнестің дамуына салынған қаражаттың мемлекетке қыруар пайда әкеліп отырғанын көрсетті. Негізгі әлеуметтік және экономикалық құбылыс ретінде туризм заманауи жағдайларда көптеген елдің экономикасына әсер етті. Экономиканың пайдалы және аса табысты саласы бола отырып, жалпы ішкі өнімді қалыптастыруда, сыртқы сауда балансын белсендіруде, қосымша жұмыс күшін құруда және халықты еңбекпен қамтуда үлкен рөлге ие. Сондай-ақ, туризм экономиканың негізгі салаларына, атап айтқанда көлік және байланыс, құрылыс, ауыл шаруашылығы, халық тұтыну тауарлары өндірісі және т.б. әсер етеді, яғни әлеуметтік-экономикалық дамудың өзіндік катализаторы болып табылады. Өз кезегінде, туризм дамуына демографиялық, табиғи-географиялық, әлеуметтік-экономикалық, діни және саяси-құқықтық сынды түрлі факторлар әсер етеді. [1].

Қазақстандағы кәсіпкерлердің туризмге қызығушылығы келесі факторлармен анықталады: туристік бизнеске үлкен инвестициялар керек емес, бұл салада ірі, орта және шағын фирмалар өзара байланыса отырып, әрекет ете алады, ол капиталды тез айналдыруға мүмкіндік береді, сондай-ақ, (халықаралық туризм саласында) валюталық операциялар есебінен пайда табу және республика халқының демалысын қамтамасыз ету мен денсаулығын қалпына келтіру бойынша маңызды әлеуметтік міндеттерді шешу керек болғанда туризмді дамытудың ұлттық, аймақтық жобаларына мемлекет тарапынан біршама қаражат керек болып табылады. Қазір елімізде осыған қатысты негізгі 5 туристік кластер қолға алынды, осы белгіленген бағыттардың жұмысын оң жолға қою үшін басқару үлгілері мен стратегиялық жоспар қажет. «2020 жылға дейінгі туризмді дамыту Тұжырымдамасы» қабылданып, іске асырылып жатқаны елімізде туризмді дамытудың айғағы болып табылады. Сонымен бірге, еліміз 2017 жылы халықаралық деңгейде ұйымдастырылған «EXPO -2017» көрменің өткізілуі еліміздің халықаралық деңгейде ынтымақтастығын кеңейтіп, ел имиджін арттыруға оң әсерін тигізді [2].

Нарықтық жағдайда туристік нарықты қалыптастыру мен дамыту мәселелерін көптеген алыс шетелдік экономист ғалымдар, атап айтқанда М. Портер, Ф. Котлер, Кифяк В.Ф., Нордин С., Боуэн Дж., Дж.Макенс, Л.Л.Николас өз еңбектерінде қарастырған. Туристік бизнесті дамыту мәселелерін зерттеуге ресейлік ғалымдар – И.Т. Балабанов, Балабанов А.Т., Решетников Е.Г., Темный Ю.В., В.А. Квартальнов, М.Б. Биржаков, И.В. Зорин, Александрова А.Ю., Юрик Р.А. және т.б ат салысты. Туристік қызмет нарығының жеке аспектілері қазақстандық ғалымдардың, атап айтқанда, С.Р.Ердавлетов, Е.С.Никитинский, Э.А. Вуколов, С.К.Сұраганова, Г.М.Дуйсен, Н.Абуев еңбектерінде көрініс табады [3].

**ЗЕРТТЕУ НЫСАНЫ МЕН ӘДІСТЕРІ**

Зерттеу объектісі ретінде: Қазақстан Республикасының туристік саласы қарастырылады.

Зерттеу құралы: Қазақстан Республикасындағы туристік қызмет көрсету нарығын қалыптастыру мен тиімді дамытуда қалыптасатын ұйымдастырушылық, экономикалық және әлеуметтік қатынастардың өзара байланысы.

Жұмыстың теориялық және әдістемелік негізін шетелдік және отандық ғалымдардың еңбектері қалады. Зерттеу кезінде жүйелік әдіс, логикалық және экономикалық-статистикалық талдау әдістері, экономикалық-математикалық үлгілеу мен болжау әдістері қолданылды. [4].

Зерттеудің ғылыми жаңалығы: туристік қызмет көрсету нарығының әлеуметтік-экономикалық аспектілерін бағалау бойынша ғылыми-әдістемелік тұжырымдар мен ұсыныстар әзірлеу болып табылады.

- «туристік қызмет нарығы» түсінігі нақтыланды;
- туризм дамуына әсер етуші әлеуметтік-экономикалық факторлар ұсынылды;
- туризм саласының әлеуметтік-экономикалық аспектілерінің даму жағдайы бағаланды;
- туристік компаниялардың бәсекеге қабілеттілігін арттырудың әдістемелік бағыттары қарастырылды;
- туристік қызмет көрсету нарығының экономикалық аспектілерін дамытуды стратегиялық жоспарлаудың тұжырымдамалық үлгісі ұсынылды;
- туристік бизнестің әлеуметтік аспектілерін дамытудың болашағы мен туристік қызмет көрсету нарығын дамыту стратегиясы әзірленді [5].

**НӘТИЖЕЛЕРІ МЕН ОЛАРДЫ ТАЛДАУ**

Қазақстан экономикасында туристік нарықтың дамуы жыл сайын артып отыр. Мемлекет ішкі туристік нарықты қалыптастыру үшін нақты қадамдар жасап, соның негізінде ішкі туристік инфрақұрылымды қалыптастыру, кадрларды дайындау, мемлекеттік бағдарламаларды әзірлеу және оны енгізу шараларын жасап отыр. Жалпы ішкі туризм нарығын зерттеу екі бағыт бойынша жүргізілді, олар 2020 жылға дейін Қазақстан туризмін дамыту бойынша маңызды мағынаға ие болып табылатын:

- сатып алушылардың әлеуетінің перспективті нарығын зерттеу;
- туристік іс-әрекетті зерттеу.

Қазақстандықтардың 66% шет елде саяхаттауға қызығушылық танытады, ал үштен бірі Қазақстандағы сервис жағдайының төмендігі мен экономикалық жағдайының келмеуіне байланысты сапар шеге алмайтындығын айтады, осы екі фактор жоспардың бекітілген уақытында неғұрлым жақсарып, халық жыл сайын одан да артық сапар шегуі керек, ол 2020 жылға қарай халықтың ішкі, сыртқы сапарларының саны мөлшермен 10 млн.адамды құрауы мүмкін. [6].

Қазақстанның үш ауданы халық арасында үлкен қызығушылық тудырады, Ақмола облысы – 32 %, Алматы – 26% және Шығыс Қазақстан – 21%. Барлық басқа аймақтар 10% немесе одан төмен пайызды құрады. Ішкі туризм бойынша қазақстандық екі ірі қала (Алматы және Астана) және таулы аудандар (Алматы облысы мен Шығыс Қазақстан облыстары), Қазақстанның басқа облыстарымен салыстырғанда географиялық жағдайының қолайлығымен ерекшеленеді. [7].

Қазақстандықтардың басым көпшілігінің қандай туристік өнімдерге қызығушылық танытатындығы сауалнама жүргізу негізінде алынды, сауалнамаға Астана қаласының тұрғындары және қалаға келуші туристер қатысты (900 адам), сауалнама нәтижесі өңделіп, төмендегідей қорытындысы шығарылды:

- көлдегі демалыс – 46%;
- туыстарға/достарға бару демалысы– 28%;
- таудағы жазғы демалыс – 23%;
- табиғатқа бағытталған сапарлар(турлар) – 22%;
- балық аулау мақсатындағы демалыс – 15%;
- қаладағы демалыс – 14%;
- мәдениетке бағытталған сапарлар(турлар)– 22%;
- ұлттық парктегі демалыс – 12%;
- Каспий теңізі жағалауындағы демалыс – 10%.

Көптеген туристік агенттіктер қазақстандықтардың Түркия мен Таиландтың жағажайларында демалуға ниетті екендігін айта отырып, ішкі туризм үшін негізгі фактор ретінде төмендегілерді ұсынады:

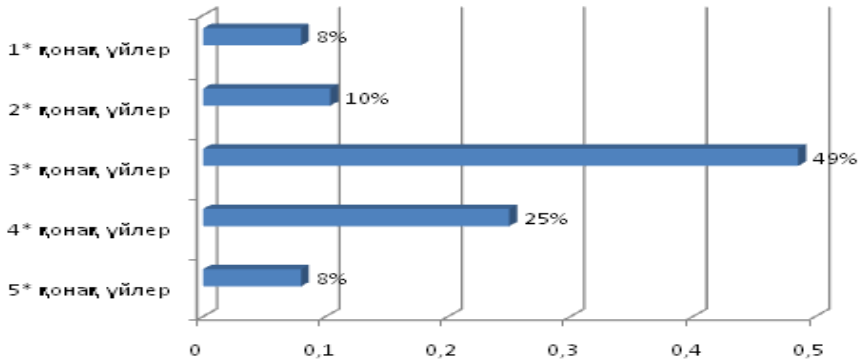
- көліктік инфрақұрылымды дамыту (41% темір жол; 38% жеңіл және ауыр көлік; 25% ұшақ және 50% дейін әуе көлігінің бағасын қысқарту);
- инфрақұрылымның басқа нысандарын жақсарту;
- орналастырудың халықаралық стандарттарын алу.

Қазақстан Республикасы Статистика агенттігінің мәліметтері бойынша 2018 ж. Қазақстандағы 1739 орналастыру нысандарындағы төсек-тәулік саны 7 186 444 құрап отыр (кесте 1). [8].

Кесте 1. **2018 ж. орналастыру нысандары бойынша ұсыныс**

| Орналастыру орындары | Нысандар | Бірліктер | Ұсынылған төсек-тәулік |
|---|---|---|---|
| 5-жұлдызды қонақ үйлер | 22 | 2 735 | 683 181 |
| 4- жұлдызды қонақ үйлер | 87 | 3 697 | 685 191 |
| 3- жұлдызды қонақ үйлер | 132 | 6 318 | 1 049 476 |
| 2- жұлдызды қонақ үйлер | 18 | 774 | 126 957 |
| 1- жұлдызды қонақ үйлер | 14 | 712 | 116 147 |
| Жіктелмейтін қонақ үйлер | 955 | 16 863 | 2 811 125 |
| *Қонақ үйлер бойынша аралық қорытынды* | *1228* | *31099* | *5 472077* |
| Басқа орналастыру орындары | 511 | 10 098 | 1 714 367 |
| БАРЛЫҒЫ | 1739 | 41 197 | 7 186 444 |
| Ескерту: Қазақстан Республикасының статистика агенттігі, 2018 ж. | | | |

Кесте мәліметтері бойынша, басқа орналастыру орындарының саны 511, бірліктер 10098 – ді құрайды, ол барлық орналастыру орындарының басқа қонақ үйлердегі төсек - тәулік үлесі 30,4% болса, ал жалпы орналастыру орындарындағы төсек-тәулік 23,8% құрайды. Елімізде «жіктелмеген қонақ үйлер» және «басқа уақытша орналасу орындары» категориясына кіретін уақытша ақылы орналасу орындарының мөлшері 87,3% құрайды, олардың ұсынатын төсек-тәулік сандары 62,9 %, бұл, Қазақстанда ұсынатын уақытша орналастыру бойынша қызметтердің төрттен үшінің сапасы халықаралық нормаларға сай келмейтіндігін көрсетеді. Келесі суретте қонақ үй санатына кіретін орналастыру орындарының үлестік диаграммасы келтірілген (сурет 1).




**1-сурет** 2018 ж. жіктелетін орналастыру нысандарының құрылымы
Ескерту: Қазақстан Республикасының Статистика агенттігі, 2018 ж.

1 сурет бойынша 4 және 5 жұлдызды қонақ үйлер барлық жіктелген нысандардың 33% құрайды, ал 1 және 2 жұлдызды нысандар көлемі 18% құрап отыр, яғни, егер жіктеу әдістері мен стандарттарын ескермесе жалпы орналастыру нысандарының құрылымын жағымды деп есептеуге болады, себебі елімізде 3 жұлдызды қонақ үйлер саны артуда. Осы нысандардың 37,6% Астана, Алматы қалалары мен Ақмола және Алматы облыстарында орналасқан, одан кейін Шығыс Қазақстан мен Қарағанды облыстары (сәйкесінше 16,5%, 10%) уақытша орналастыру объектілерінің ең көп шоғырланған аймағы ретінде тіркелген. Ал жатын орындар саны бойынша Астана мен Алматы қалаларындағы 4 және 5 жұлдызды қонақ үйлер (сәйкесінше 15 және 20) басымдылықта, қалған облыстарда 4 және 5 жұлдызды қонақ үйлер саны аз, Қызылорда, Жамбыл, Павлодар, Солтүстік Қазақстан облыстарында мүлде осы санаттағы қонақ үйлер жоқ. [9].

2018 жылы туристік сала нысандарының саны артты, ол 2017 жылмен салыстырғанда 4,6% - артық артық өсімді құрайды, ал туристік саладан түскен түсім 122 млрд. теңге, ол 2017 жылмен салыстырағанда 56% артық, бюджетке түскен кіріс 4,8 есе артты (39,6 млрд. теңге). Бір жағынан елдегі туристік қызметпен айналысатындардың санының артуымен байланысты (кесте 2)

Кесте 2. **Туристік қызметпен айналысатын кәсіпорындармен жеке кәсіпкерлердің саны**

| Көрсеткіштер | 2014ж. басына | 2015 ж. басына | 2016 ж. басына | 2017 ж. басына |
|---|---|---|---|---|
| Қазақстан Республикасы | 1 276 | 1 350 | 1 715 | 1 994 |
| Ақмола | 34 | 33 | 48 | 45 |
| Ақтөбе | 28 | 30 | 33 | 38 |
| Алматы | 44 | 37 | 97 | 49 |
| Атырау | 25 | 32 | 35 | 38 |
| Батыс Қазақстан | 20 | 26 | 25 | 30 |
| Жамбыл | 21 | 19 | 24 | 27 |
| Қарағанды | 83 | 94 | 113 | 157 |
| Қостанай | 34 | 37 | 45 | 53 |
| Кызылорда | 2 | 6 | 11 | 10 |
| Маңғыстау | 30 | 31 | 34 | 61 |
| Оңтүстік Қазақстан | 25 | 31 | 52 | 89 |
| Павлодар | 59 | 62 | 61 | 65 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Солтүстік Қазақстан | 23 | 21 | 18 | 20 |
| Шығыс Қазақстан | 60 | 51 | 68 | 88 |
| Астана қаласы | 92 | 169 | 208 | 270 |
| Алматы қаласы | 696 | 671 | 843 | 954 |
| Ескерту: Қазақстан Республикасының Статистика агенттігі, 2018 ж. | | | | |

Қазақстанға келуші көшбасшы турист елдер ретінде – Өзбекстан (36%), Ресей (20%) және Қырғызстан елдерінің (12,6%) туристерін айтуға болады, ал ТМД-дан басқа 2013– 2017 жылдары Қытайдан 154 226, Түркиядан 60 728, АҚШ-тан 25 606, Ұлыбританиядан 26 530, Оңтүстік Кореядан 16 963, Италиядан 15 161, Үндістаннан 14 716 келген туристерді көрсетуге болады.

Жалпы Қазақстан Республикасында туризм түрлері бойынша сапарлардың негізгі мақсаттары болып еңбек демалысы, туысқандар мен таныстарға бару, іскерлік мақсаттағы сапарлар мен діни - қажылық, шоп туризмін алуға болады. 2018 жылдың басына ең көп сапарлар еңбек демалысы кезінде болған, оған барлық сапарлардың 80% мөлшері тиесілі, одан кейінгі орында іскерлік (8,4%) және дүкен аралау мақсатындағы сапарлар (7,4%) болса, ең төменгі көрсеткіш басқа мақсаттарға (0,6%) және діни-қажылық мақсаттағы сапарларға (0,2%) тиесілі.

Қазақстандықтар үшін соңғы 5 жылда Түркия негізгі туристік орталық болып табылды, оның нарықтық үлесі 50% құрайды. Одан кейін Қытай, БАӘ (10%), Таиланд және Мысыр (6%) мемлекеттері, Европалық Болгария, Хорватия, Италия, Франция елдері. [10, 11].

Қазақстан үшін жеңіл визалық процедуралар ұсынды, Қазақстаннан шығатын туристер үшін негізгі өнім жағажай туризмі болып табылады. Қазақстанда ақылы уақытша тұратын объектілердің толтырымдылық көрсеткіштері халықаралық бәсекелестік деңгейінен төмен деңгейде, бірақ, Маңғыстау мен Атырау облыстары неғұрлым жоғары көрсеткішке ие, ондағы толтырымдылық осы аймақтың жұмыс бабындағы іскерлік сапарлар маңыздылығына байланысты.

Толтырымдылықтың орташа көрсеткіші 4 жұлдызды қонақ үйлер үшін бәсекелестік деңгейден төмен болып отыр, ол 4 жұлдызды сегментте соңғы үш жылда ұсыныстардың артуы мен түсіндіріледі. Сондықтан жаңаны сандар өзінің шаруашылық қызметінде тұрақтандыру кезеңінде болады және тұрақты көрсеткіштерге жете алмайды. Бірақ, жіктелімі жоқ қонақ үйлердің және басқада орналастыру нысандарының нөмірлік қорларының орташа толтырымдылық коэффициенті үлкен алаңдаушылық тудырады, себебі олар бәсекелестік деңгейден төмен мөлшерде, сәйкесінше 24,3 %, 12,5 % болып отыр. [12].

Құрылыс және жабдықтар бағасы жеткілікті деңгейде бәсекеге қабілетті болып табылады. Туризм саласында қызмет атқаратын мамандардың пікірінше, 5 жұлдызды қонақ үйдің құрылысы мен жабдықтарын ұйымдастыру (мысалы, бөлме) 80 000 - 100 000 еуро тұрады, ол халықаралық көрсеткіштен 10-20% кіші.

Қазақстанға Өзбекстан, Ресей және Қырғызстан, Қытай, Түркия, АҚШ, Ұлыбритания елдерінен туристер көп келеді. Елге келген шетелдіктердің жалпы санының 38% немесе 200 000 адамнан астамы Алматы қаласына тиесілі. Ал Атырау мен Астана қалаларының үлесіне 20% (100 мың адамнан артық) тиесілі. Айта кетерлігі, 4 негізгі қала (Маңғыстау облысының Ақтау қаласына жұмыспен келгендер) жоғары туристік ағынмен ерекшеленеді, елге келуші шетелдіктердің 85% осы қалаларға тиесілі, жұмыс шетелдіктерді елге шақырушы неғұрлым күшті фактор болып табылады. Орналастыру орындары нысандарының саны аз, бағалық бәсекеге қабілеттілік жағдайында үлкен мәселені туындатады, жіктелімі жоқ басқада орналастыру орындарының сапасы төмен. Қазақстанда әуебилеттердің бағасы да өте қымбат, теміржол тасымалы неғұрлым бәсекеге жарамды, бірақ ол барлық халықаралық саяхатшылардың инфрақұрылым сапасы мен халық саны бойынша көпшілік нарығын қанағаттандыра алмайды. [13,14].

Қазақстанның туристік нарығын дамыту стратегиясы.Туризм саласын дамыту үшін стратегия әзірлеу керек, ол ішкі туризмнің жалпы және жеке бағыттарын анықтауға мүмкіндік береді. Туристік қызмет көрсету нарығының әлеуметтік-экономикалық даму стратегиясы дамытуға бағытталған мемлекетттік басқару органдарының қоғамның іскер адамдарының, қоғамдық және саяси ұйымдардың қызметін анықтауға мүмкіндік береді [15].

Қазақстан Республикасының туризмін дамытатын стратегиялық жоспар жаһандық өзгерістерге жауап беретін елде жаңа туризм дамуына негіз болады,

Ол туризм саласында осы саланың ағымдық жағдайына құрылымдық, басқарушылық өзгерістер бойынша ұсыныстар береді. Жоспарды дайындау бес негізгі стратегиялық мақсатқа негізделеді және Қазақстан Республикасы оларды туризм дамуын басқару үшін негіз ретінде алады:

• Қазақстан Республикасының халықаралық танымал туристік бағытталған орнын анықтау;
▪ инфрақұрылымды және қолжетімділікті дамыту;
▪ жаңа туристік әсерлерді, тауарларды және қызметтерді құру;
▪ басқару және институционалды даму жүйесі;
адами ресурстар әлеуетін дамыту. (2-сурет).




**2-сурет** Қазақстанның туристік даму стратегиясы
Ескерту:Авторлар құрастырған.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Туризм саласының әлеуметтік-экономикалық аспектілерінің даму жағдайына бағалау жүргізілді. Туризм, баяу дамуда, еліміз туристік әлеуетке бай, туристердің көпшілігі бұрынғы ТМД елдерінің халқы, еліміздегі мәдени құндылықтар кәсіби туроператорларға белгілі болса да, көпшілік туризм үшін қол жетімді емес. Елімізде халықаралық туристік ағынды қалыптастыру үшін жағымды географиялық жағдайға бағытталғандығын білу үшін, шығу туризмінің жағдайы бағаланды, жалпы Қазақстанның шығу туризмінің ағыны өте аз. Елдегі көліктік жағдай, қымбат баға, дамымаған инфрақұрылым Қазақстанды туристік бағыттағы деңгейін халықаралық деңгейде төмен *–қолайсыз* деп бағалауға себеп болып отыр. Кез келген елдің туризміне саяси тұрақтылық үлкен әсер етеді.

Сонымен бірге, туристік қызмет көрсетудің бәсекеге қабілеттілігі анықтауға болатын нақты кезеңдерден тұрады, онда туристік қызметке қойылатын талаптарды қалыптастыру және бағалауға жататын бірлік көрсеткіштер тізімін анықтау, бәсекелестік қабілеттігінің бірлік көрсеткішінің маңыздылығын, біртекті ұқсас топтарды қалыптастыру және салыстыру үшін қызмет таңдау, бағаланатын және базалық қызметтер көрсеткіштерінің мәндерін анықтау және олардың салыстырылуы, кешендік көрсеткішін анықтау арқылы анықталады.

Жақын болашақта туризмнің даму аймағында, мақсаттарды қалыптастыру мен жүзеге асыруды Үкімет өзінің басшылығына алады, және Қазақстан Республикасындағы туризмнің жүйелік жоспарының дамуы құрал ретінде қолданылады. Туризмнің ғаламдық даму процесіне кіруде, дамудың белгілі міндеттері және айқын қызығушылықтарымен байланысты, қандайда болсын Үкімет негізгі стратегиялық шешімдерді қолдану қажет. Аталған стратегиялық шешім, жоғары мемлекеттік деңгейде қабылдануы қажет, себебі туристік өнеркәсіп – ұзақ мерзімді теңдестірілген өнеркәсіп ретінде, бастапқы кезеңінде, мемлекеттің қарқынды қолдауын қажет етеді. Қазақстан Республикасының 2020 жылға дейін туризмін дамыту бойынша тұжырымдамасы негізінде 4 кезеңді

стратегиялық жоспар әзірленді, ол жаһандық өзгерістерге жауап беретін елде жаңа туризм дамуына негіз болады, туризм саласында осы саланың ағымдық жағдайына құрылымдық, басқарушылық өзгерістер бойынша ұсыныстар береді. Жоспарды дайындау бес негізгі стратегиялық мақсатқа негізделді.

ӘДЕБИЕТ

[1] «2020 жылға дейінгі туризмді дамыту Тұжырымдамасы», Астана, 2013

[2] Қазақстан туризмі / Статистикалық жинақ / қазақ және орыс тілдерінде / 2018 г. 64 бет

[3] Ordenbek MAZBAYEV L.N., Rina AGYBETOVA L., Ordenbek MAZBAYEV L.N. , Zhaxylyk AKIMOV L.N., Aitolkyn TLEUBAYEVA L.N. Research on the Development Model of Cross Border Kazakh Ethnic Cultural Tourism. Journal of Environmental Management and Tourism, [S.l.], v. 9, n. 8, p. 1751-1759, apr. 2019. ISSN 2068-7729. Available at: <https://journals.aserspublishing.eu/jemt/article/view/3126>. Date accessed: 11 may 2019. doi: https://doi.org/10.14505//jemt.v9.8(32).14.

[4] Ағыбетова Р.Е., Әлімбеков Д.А., Бекболатова Ә.М. Туристік қызмет нарығын жетілдіруде отандық туристік кластерлерді құру, дамыту мәселелері. Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Хабаршы, II бөлім, Астана, 2014, 7-9б.

[5] ERNAWATI, Ni Made et al. Forest Environment Supports for Community-Based Tourism Development. Journal of Environmental Management and Tourism, [S.l.], v. 9, n. 8, p. 1635-1641, apr. 2019. ISSN 2068-7729. Available at: <https://journals.aserspublishing.eu/jemt/article/view/2979>. Date accessed: 11 may 2019. doi: https://doi.org/10.14505//jemt.v9.8(32).01.

[6] Еспаев С.С., Киреева А.А. Ұлттық кластерлерді қалыптастыру және дамыту тұжырымдамасы. –Алматы, 2013.т -234 б.

[7] Гаврилов А.Ю. Влияние социально-экономических факторов на развитие ресурсного потенциала туризма на региональном уровне. Дис. Экон. Наук 08.00.05. Москва, 2012

[8] Европейская Комиссия по вопросам туризма и путешествий европейских и группового туризма, http://www.etc-corporate.org/, Май 2012

[9] Unwto-tourism-highlights. http://mkt.unwto.org/publication -2014-edition, -3 б.)

[10] Гаврилов А.Ю. Влияние социально-экономических факторов на развитие ресурсного потенциала туризма на региональном уровне. Дис. Экон. Наук 08.00.05. Москва, 2012

[11] Invest in Kazakhstan, http://www.invest.gov.kz/, accessed October, 2012

[12] ЮНВТО. “Барометр туризма”, том 10, подписка на издание, июль 2013

[13] Европейская Комиссия по вопросам туризма и путешествий европейских и группового туризма, http://www.etc-corporate.org/, Май 2012

[14] Travel and Tourism Competitiveness report, 2013

[15] Нурмаганбетова А., Агибетова Р. Казахстанский рынок туристских услуг: основні напрямки підвищения конкурентоспроможності туристичних підпремств. Алтуальні проблеми Есономіки., 2014, Киев, 111-122 с.

Ақашова А.С., Бакирбаева П.А., Аубакирова Г.Б., Екейбаева Д.П., Мукалиев Ж.К.

**Анализ современных условий развития туристической деятельности в Республике Казахстан**

**Резюме.** В статье рассматриваются перспективы развития социально-экономических аспектов туристических услуг, влияющих на экономику страны. Разработаны научно-методические выводы и рекомендации по оценке социально-экономических аспектов рынка туристических услуг и представлены социально-экономические факторы, влияющие на развитие туризма.

**Ключевые слова:** Международный туризм, туристический кластер, туристический бизнес, рынок туристических услуг, внутренний туризм.

УДК 552.31

**[1]A. Yousufi, [1]A. Bekbotayeva, [2]A. Muszynski**

([1]Kazakh National Research Technical University named after K.I.Satbayev, Republic of Kazakhstan, Almaty, [2]Adam Mickiewicz University, Poland, Poznan, E-mail: a.yousufi@kpu.edu.af)

## INTRUSIVE NATURE OF THE LOGAR ULTRABASITIC MASSIF IN AFGHANISTAN

**Abstract.** In this article, we studied the intrusive nature of the Logar ultrabasitic massif of one of the regions of southeastern Afghanistan, which is a part of the Alpine folded region in the middle part of the Kabul tectonic zone. The Logar ultrabasitic massif is mainly composed of various peridotites and in the second step they are made of dunites, harzburgites, pyroxenites, lersolite, in the various degree of serpentinization. The contact of these rocks in different part is seen with carbonate rocks, shale-carbonate, and shale-chlorite.

**Key words.** ultrabasitic, dunite, rocks, intrusive nature, contact zone, peridotite.

**[1]А.Юсуфи, [1]А.А. Бекботаева, [2]A.Muszynski**
([1]Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И Сатпаева, Алматы, Республика Казахстан
[2]Адам Мицкевич Университет, Польша, Познань, E-mail: a.yousufi@kpu.edu.af)

# ИНТРУЗИВНАЯ ПРИРОДА ЛОГАРСКОГО УЛЬТРАБАЗИТОГО МАССИВА В АФГАНИСТАНЕ

**Аннотация.** В настоящей статье изучена интрузивная природа Логарского ультрабазитого массива одного из районов юго-восточного Афганистана, входящего в состав Альпийской складчатой области в средней части Кабульской тектонической зоны. Логарский гипербазитовый массив сложен, главным образом, различными перидотитами и в подчиненном количестве дунитами, гарцбургитами, пироксенитами, лерцоллитами, которые в разной степени серпентинизированы. Контактируют с ними карбонатные сланцево-карбонатные, сланцево-хлоритовые породы.

**Ключевые слова.** Ультрабазиты, дуниты, интрузивная природа, контактовая зона, перидотит.

**Введение:** Гипербазитовые породы в земной коре имеют магматическую природу и механизм проникновения силикатных расплавов всех типов в верхние слои земной коры в принципе одинаков. Однако в последнее десятилетие господствующее положение приобрели представления, по которым следует, что в верхние слои земной коры гипербазитовые тела внедрялись в холодном состоянии, образуя так называемые протрузии [1], а кристаллизация ультрабазитовых расплавов происходит в нижних слоях земной коры и происходила главным образом в домезозойское время, а затем по глубинным разломам породы внедрялись в верхние слои земной коры. Таким образом, кристаллизация ультраосновной магмы и внедрение ультрабазитов в земную кору оказывается сильно разорванными во времени [2]. При этом А.В. Пейве указывает, что "никто и нигде в пределах Альпийско-Гималайского пояса не мог надежно доказать интрузивно-магматического внедрения ультрабазитов, контакты ультрабазитов неизменно оказывались тектоническими, никаких высокотемпературных изменений найдено не было, а наблюдаемый иногда глаукофановый метаморфизм связан с зонами сильной тектонизации". Подобные взгляды на механизм формирования ультрабазитов Альпийской складчатой области получили широкую поддержку со стороны многих исследователей.

Проблемам генезиса и структурного положения альпинотипных ультрабазитов в последние годы уделяется больше внимание, и они стали объектом интенсивных исследований. Подавляющее большинство исследователей, встав на принципиально новые представления о внутреннем строении, генезисе, развитии и возрасте альпинотипных ультрабазитов, образование их стали относить к герцинскому даже докембрийскому циклам, а в альпийский этап ультрабазитовые тела подверглись только деформации и перемещению в верхние слои земной кори в твердом состоянии, факты, приведшие к подобным представлениям, наиболее полно приведены В.Е. Хаиным [3, стр.194], который формулирует их следующим образом. Во-первых, ультраосновные расплавы обладают слишком большим удельным весом, чтобы подняться из мантии в верхние горизонты коры. Во-вторых, породы, вмещающие ультрабазитовые тела, не обнаруживают заметных или во всяком случае высокотемпературных изменений. Имеется ввиду, что ультраосновные расплавы могут существовать лишь при температуре более 900 °С. В третьих, контакты ультрабазитов обычно оказываются тектоническими, а сами тела несут следы сильнейших тектонических деформаций. Все это является основанием, по мнению В.Е. Хайна, считать появление гипербазитов в верхах коры или на поверхности скорее всего, или в большинстве случаев, результат тектонического, чем магматического интрузивного процесса.

Знакомство с новейшей литературой свидетельствует о значительной увлеченности исследователей тектонической природой альпинотипных ультрабазитов, когда неоправданно недоучитываются факты их интрузивной природы. Таким образом, очень важный вопрос о природе альпинотипных ультрабазитов в складчатых областях стоит весьма принципиально: имеет ли место в природе интрудирование ультраосновной магмы в верхние слои литосферы интрузивно-магматическим путем. Вопрос о природе ультрабазитов имеет не только петрологическое и тектоническое значение, а также общегеологическое.

**Методы:** Полевые, библиотечные и лабораторные методы были использованы для проведения этого исследования. Ультрабазитые породы Логара были изучены несколькими отечественными и зарубежными специалистами, в результате чего их исследования были представлены во многих

научно-исследовательских работах. В этой статье мы также использовали опубликованные материалы об ультрамафитах Логара. Полученные образцы для определения петрографического состава были изучены под микроскопом.

**Общие сведения**

Логарский ультрабазитый массив является одним из районов юго-восточного Афганистана, входящего в состав Альпийской складчатой области в средней части Кабульской тектонической зоны (Рисунок 1). На дневной поверхности массив образует несколько выходов из-за перекрытия значительной ее части неогеновыми и четвертичными отложениями. Почти посредине массива протекает река Логар (правый приток р. Кабул). Самые крупные выходы гипербазитов располагаются в северо-западной части района в области р. Кабул, а его северное окончание находится в 20 км к юго-западу от г. Кабула. Все эти разрозненные выходы, несомненно, являются принадлежностью одного Логарского массива. Общая площадь массива на дневной поверхности составляет не менее 50 х 30 км = 1500 км$^2$. Массив в плане имеет несколько вытянутую в юго-восточном направлении форму.

Площадь района характеризуется умеренно расчлененным среднегорьем с абсолютными высотами 2500-3500 м и относительными превышениями 400-600 м. В южной и восточной частях находятся горные гряды с относительными превышениями более 1000 м. Центральная часть территории охватывает равнинную область с широкими речными долинами и полого наклоненными, выровненными предгорьями.

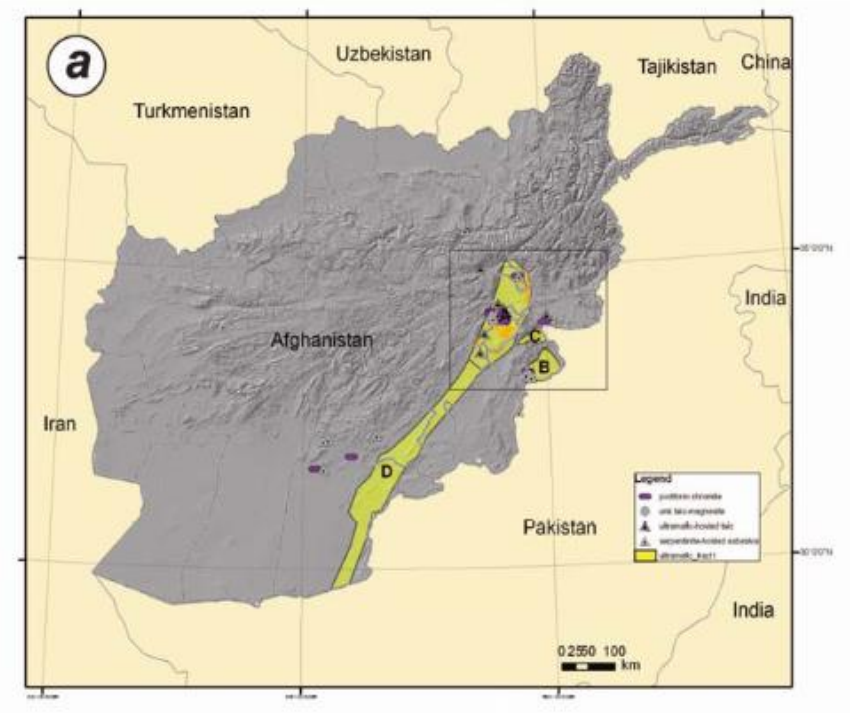


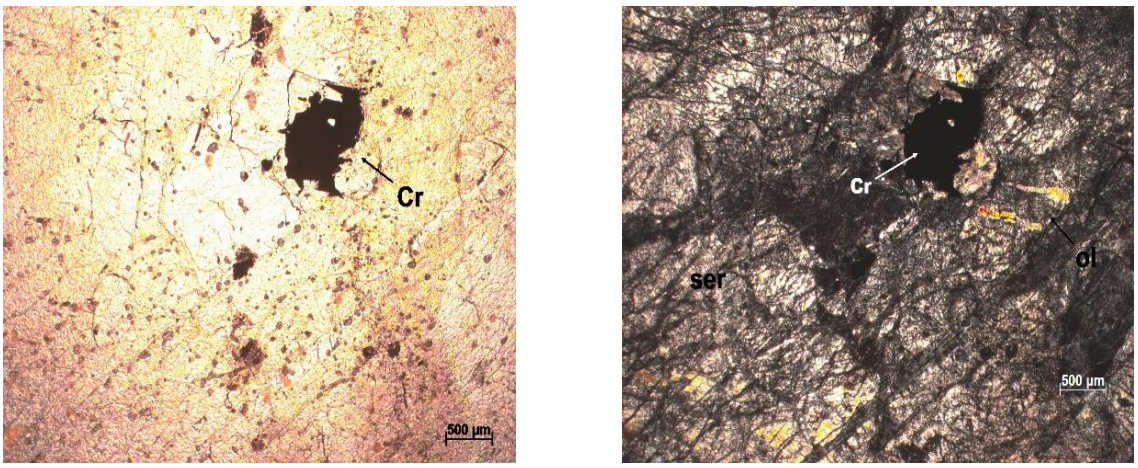

**Рис. 1.** Расположение участков и районов, а также отложений, связанных с ультрабазитами в Афганистане [4]

**История изученнности**

Геологическая изученность Логарского массива остается очень слабой. Некоторые данные о нем содержатся в работе Г.Меннасье [5]. В частности, он отмечает, что контакт между перидотитами и серпентинитами и вмещающим их сланцами серии Катагаэ (эоцен) интрузивами. В северной части Логарского массива, в горах Ко-э-Корохе, он указывает, что серпентиниты в виде трубок пересекают известняки серии Хингель пермь-триаса и видоизменяют их в мраморы. Эти трубки, по его мнению, является подводящими каналами перидотитовой магмы. На геологическое карте масштаба 1:100000, составленной Г. Андрицким, показано, что серпентиниты Логарского пассива в районе с.Лаландара, прорывают сланцы, филлиты и мраморы серии Катагаэ, которые он относит к юре, мелу-среднему эоцену. Н.Н. Феруз [6] гипербазиты Логарского массива относит к раннему мелу, а возраст вмещающих пород им условно оценен как ордовикский и силурийский. К большому сожалению, очень важные выводы предшествующих исследователей не подкреплены необходимым фактическим материалом, а интересуют нас вопрос взаимоотношения гипербазитов с вмещающими породами, вероятно, считался само собой разумеющимся.

**Результаты и обсуждения**

Нами были детально изучены контакты с вмещающими породами как главного тела Логарского массива ультрабазитов, так и его сателлитов. Один сателлит площадью около 3500 м$^2$ вытянутый в широтном направлении )длина к ширине 4:1(, расположен на левом берегу р.Кабул в 5 км ниже по течению от пос.Лаландар и контактирует с пачкой филлитов. Контакт резкий. Серпентиниты сильно брекчированы, но вмещающие породы катаклазом не затронуты, и зона экзоконтакта четкая с хорошо выраженной зональностью (Рисунок 2):




А) с анализатором Б) без анализатора

**Рис. 2.** Микрофотография серпентинита в параллельных и скрещенных николях (X2,5). Минеральный состав: оливины с серпентином. Структура аллотриоморфная

1. Приконтактовая зона, мощностью 3-4 см почти черного цвета - мономинеральная хлоритовая (клинохлор) порода с многочисленными кристаллами и зернами сфена, размером 0,05-0,3 мм, редко встречается клиноцоизит. Клинохлор - одноосный, оптически положительный, с заметным плеохроизмом.

2. Далее от контакта располагается альбит-эпидотовая зона с хлоритом, сфеном, актинолитом и редким клиноцоизитом. Текстура породы линзовидно-полосчатая, обусловленная обогащением то альбитом, то эпидотом. Хлорит развит в виде прожилков, агрегатных скоплений с частичным замещением эпидота и клиноцоизита. Актинолит образует тонкоигольчатые кристаллы, обычно собранные в лучистые агрегаты. Длина игл до 1 мм при ширине около 0,02 мм, при этом размер их быстро уменьшается с удалением от контакта и уже в 8 см от начала зоны актинолит почта исчезает, имея размеры <0,1 х < 0,01 мм.

3. Следующая зона слабо изменённых филлитов с полосчатой текстурой. Чередуются полосы серицит-хлорит-альбитового и серицит-альбитового состава. В этой зоне хлорит уже представлен не клинохлором, как в зонах ближе к контакту, а здесь зерна альбита слабо серицитизированы и имеют изометрическую (первично окатанную) форму при размерах 0,15-0,5 мм, тогда как в двух предыдущих зонах форма неправильная и размеры до 1-2 мм. Сфен образует здесь еще зерна и кристаллы размером 0,1-0,6 мм.

4. В 2-х м от контакта уже не фиксируется какие-либо заметные изменения в филлитах. Сфен весь ксеноморфен, размер его 0,01-0,1 м, весьма обычен в ядрах зерен незакристаллизованный лейкоксен.

Таким образом при приближении к контакту с серпентинитами в филлитах вначале появляется хлорит-пеннин и лейкоксен перекристаллизовывается в сфен, ближе к контакту перекристаллизован плагиоклаз. В значительном количестве образуется эпидот, возникают игольчатые кристаллы актинолита и быстро нарастает количество более глиноземистого хлорита-клинохлора вместо пеннина.

Для описываемых сателлитов Логарского массива температура контактовых изменений может быть приблизительно оценена по минеральным ассоциациям зоны экзоконтакта.

По мнению Стригиигема 16 нижний предел образования минералов клиноцоизит – эпидотов серии равен 300°С, а Ройберг и Розенквист, помещают верхние пределы между 400 и 500°С.

Мивель Левн, провела гидротермальный синтез тремолита при температуре 400-450° и Р = 270 бар при нагревании смеси компонентов, отвечающих описываемым нами филлитам.

Минимальная Т синтеза клинохлорита 450°С, У.А. Дир и др. [7], а поле устойчивости при Р = 1,4 кбар ограничено Т = 520-620°С.

Следовательно, экзоконтактовые изменения около описываемого тела серпентинитов проходили при Т = 400-500°, а температура ультраосновного расплава в момент его внедрения составляла 650-650°С, если принимать, нагрев вмещающих пород в контакте до Т = 60 % температуры расплава.

Второй сателлит, расположенный в пределах пос. Лаландар, контактирует с карбонатными породами. Размер тела значительно меньше первого. В непосредственном контакте с серпентинитами в карбонатных сланцах значительно развит клинохлор и порода превращена в кальцит-хлоритовую. В хлоритовых участках развит сфен размером до 0,4 мм. Уже в 40 см от контакта признаки контактового воздействия исчезают: кварц-серицит-карбонатный сланец не содержит ни клинохлора, ни сфена, а вместо последнего лишь присутствуют редкие, неправильной формы мелкие землистые скопления лейкоксена.

Контакт главного тела Логарского массива был изучен и его северо-западной части в районе пос. Алаль-Кхаль, где гипербазиты контактируют со сланцево-карбонатной толщей, а в месте отбора шлифового материала с углистыми филлитами. Несмотря на огромные размеры интрузива 1500 км$^2$, зона измененных приконтактовых пород имеет мощность менее 1,5 м, т.к. уже в 1,8 м от контакта с серпентинитами углистые серицит-хлоритовые филлиты не несут видимых признаков контактового метаморфизма.

При дальнейшем приближении к гипербазитам (серпентинитам) метаморфизм филлитов быстро нарастает. В 0,6 м от контакта филлиты становятся плотными, ороговикованными. В них почти сплошь развит тонкочешуйчатый (размером менее 0,01 мм, редко до 0,06 мм) биотит неправильной лапчатой формы с ясным плеохроизмом в желто-коричневых тонах, довольна много ксеноморфного сфена, в ядрах зерен которого изредка встречается рудные минерал, видимо, ильменит, редки зерна клиноцоизита.

Сама порода является биотитовым роговиком, в 0,6 м от контакта биотитовый роговик сменяется биотит-пироксеновым роговиком с клиноцоизитом, эпидотом и тонкоигольчатым минералом ряда тремолит-актинолита [8, 9, 10]. Размеры игл актинолита в длину максимально до 0,15 мм при ширине менее 0,01 мм. Иногда образуют петельчатые агрегаты, расположенные под разными углами со сланцеватостью, что указывает на их наложенный постскладчатый характер. Также беспорядочно ориентированы часть призматических кристаллов эпидота и клиноцоизита, приуроченных к прожилкам пироксена. Пироксен представлен диопсидом, дисперсия оптических осей ясная, и развит как полосами, параллельными сланцеватости, так и в виде прожилков, секущих сланцеватость. Диопсид ксеноморфен, размер его зерен, развитых в массе филлита, менее 0,1 мм, а попадая в прожилки альбита, секущего пироксеновые агрегаты, диопсид достигает размера 0.3 мм.

В 0,1 м от контакта пироксеновый роговик уже характеризутся наличием клиноцоизита и без биотита. Масса пироксена и его прожилки секутся прожилками альбита (мощностью до 0,6 мм) и клиноцоизита. Иногда в массе пироксена, пересекаемого альбитовым прожилком, развит пеннин. Все сечется редкими тонкими (<0.1мм) прожилками карбоната.

Характерно, что в 10 см от контакта с серпентинитами размер основной массы зерен пироксена преобладает 0,1-0,15 мм, тогда как в 60 см от контакта преобладающий размер менее 0,1 мм.

Таким образом в пределах зоны экзоконтакта мощностью в 0,8 м имеется переход от биотитовых роговиков до пироксенового материала.

Серпентиниты в контакте с роговиками имеют массивную текстуру, тонкозернистые до скрытокристаллических с прожилками листоватого серпентина, мощностью до 1,5 мм. Участками развит тонкоигольчатый тремолит мощностью до 1,5 мм. Есть и прожилки тремолита мощностью до 1,5 мм. В участках развития тремолита масса серпентина укрупняется. В 0,5 м от контакта в серпентинитах тремолита уже нет, но есть псевдоморфозы бастита.

Размером до 2 мм призматической формы, по всей вероятности, по авгиту, т.к. в 25 м от контакта в серпентинитах уже сохраняются реликты авгита. Размером до 1 мм и оливина, из чего можно предположить, что исходной породой был верлит.

Развитие роговиков по контакту с серпентинитами указывает на высокотемпературное воздействие гипербазитов на вмещающие породы в условиях пироксен-роговиковой фации, пределы которой Тернер и Ферхуген [11], определяют в 670 -775$^0$С.

Развитие игольчатого тремолита как в серпентинитах только в приконтактовой зоне, так и в биотит-пироксеновых роговиках говорит о том, что регрессивный этап контактового метаморфизма захватил и экзо- и эндоконтактовые зоны. Наложение клиноцоизитовых и альбитовых прожилков на пироксеновые роговики также относится к регрессивному метаморфизму, проходившему, видимо, после главного этапа серпентинизации гипербазитов, одновременно с образованием хризотилловых прожилков в серпентинитах.

Развитие альбитовых (Na, Al) и клиноцоизитовых (Ca, Al) прожилков в зоне контакта гипербазитов может найти объяснение, исходя из правила полярности Лодочникова [8].

Изучение контактов гипербазитовых тел разного размера показало, что около относительно небольших тел размещает узкая зона 0,3-1 м, контактово-измененных пород с зональностью в филлит-карбонатных породах. В непосредственном контакте с гибербазитами развита мономинеральная клинохлоровая порода с примесью сфена, далее от контакта ее сменяет альбит-эпидотовая порода и затем зона с пеннином.

В контакте с крупной интрузией измененные вмещающие породы имеют такие малые мощности, менее 1,5 м, подвергаются ороговикованию с образованием биотитовых и пироксеновых роговиков.

Если малые тела гипербазитов приводят к среднетемпературым изменениям вмещающих пород с температурой порядка 400-500$^0$C, то крупная интрузия метаморфизует породы в условиях пироксен-роговиковой фации при температурах более 650$^o$C. А это значит, что интрузия гипербазитов Логарского массива формировалась из расплава в тех вмещающих породах, среди которых она залегает в настоящее время и не претерпела каких-либо заметных перемещенный в твердом состоянии при последующих тектонических подвижках [12-15].

**Заключение**

Эта работа в основном сфокусирована на интрузивном природе Логорского ультрабазитого массива, и были тщательно определены основные породы ультрабазитов и их контакт с прилегающими породами. Контакт с ультрабазитой связан с различными породами в разных областях с разными размерами. Основные массы ультрабазитов в основном состоят из перидотита, в котором основную часть составляют дуниты, гарцбургиты, пироксениты, лерсолиты. Состав соседних пород неодинаков, причем большинство из них состоит из карбонатов, сланцев-карбонатов и сланцев-хлоритов. Вторжение ультраьазитого комплекса Логара было образовано магмой между соседними породами, имеющими текущую ситуацию, и не оказало существенного влияния в твердой форме во время последовательного тектонического движения.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Книппер А.Л. Особенности образования антиклиналей с серпентинитовыми ядрами, Севано-Акеринская зона // БМОИП. (Серия геологическая). – 1965. – №2.

[2]. Пейве А.В. Океаническая кора геологического прошлого // Геотектоника. -1969. – № 4.

[3]. Хайн В.Е. Общая геотектоника. – 2-ое изд. - М.: Недра, 1973. - 512 с.

[4].United States Geological Survey. - Open File Report // 2007 – 2014. -Chapter #2. – С.16.

[5].Меннесье Г. Геологические наблюдения в горох Кабула (Афганистан) // Советская геология. - Москва. – 1963. – № 7.

[6].Феруз И.М. Геологическое строение Кабульской тектонической зоны, Афганистан // Автореферат канд.дисс. - МГУ.- Москва. – 1973.

[7]. Дир У.А., Хауи Р.А., Засман Дж. Породообразующие минералы // М.: Мир. - 1965.

[8].Лодочников В.Н. Серпентинит и серпентиниты ильчирские и другие // Тр.ЦНИИГРИ. - Москва. - Вып.38. – 1936.

[9]. Михеев Г.А., Потапенко Ю.Я. О возрасте альпинотипных гипербазитов северного Кавказа // Советская геология. - Москва. – 1973. –№1.

[10]. Славин В.И., Мирзад С.Х. Тектоническое районирование Афганистана // Советская геология. - Москва. – 1969. –№ 4.

[11]. Тернер Ф., Феркуген Дж. Петрология изверженных и метаморфических пород // Москва. - Иностранная литература. - 1961.

[12]. А.Н.Феногенов, В.Г.Чернов. Интрузивная природа Логарского альпинотипного гипербазитового массива в Афганистане // Отчет №1084.

[13]. Назари М.Х. Петрологий офиолитовых мантийных перидотитов Логара (юго-запад Кабул, Афганистан) // магистерская диссертация, Иран – 2009. – С. 115–133.

[14]. Мусазай А.М. Ультрабазитовые комплексы Афганистана // Кабул, Кабульский политехнический университет. – 1997.

[15]. Юсуфи А., Бекботаева А.А., Andrzej M. Петрография ультрабазитов Логарского района Афганистана // Сатпаевские чтения. - Алматы. – 2019.

Юсуфи А., Бекботаева А.А., Muszynski A.

**Ауғанстандағы Логар ультрабазитті массивтің интрузивті жаратылысы**

**Түйіндеме:** Бұл жұмыс негізінен Логар ультрабазитті массивтің интрузиялық жаралымдарына негізделген. Ультрабазиттердің негізгі таужыныстары және олардың жапсарлас таужыныстармен байланысы анықталған. Ультрабазиттердің негізгі массасы перидотиттен құралған, оның негізгі құрамы дуниттер, гарцбургиттер, пироксениттер, лерцоллиттер. Маңайында жатқан таужыныстар бірдей емес, олардың көбі карбонаттар, тақтатас-карбонаттар және тақтатас-хлориттен тұрады. Логар ультрабазит кешенінің енуі жапсарлас жатқан таужыныстарының арасындағы магмадан пайда болған, тектоникалық қозғалысқа елеулі ықпал жасамаған.

**Түйін сөздер.** Ультрабазиттер, дуниттер, интрузиялық жаратылым, жапсарлас белдем, перидотит.

МРНТИ 39.19.31 УДК 911.2

**[1]B.S. Kerimbay, [2]K.M. Dzhanaleyeva, [3]N.N. Kerimbay**
(L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan,
Kazakhstan, e-mail: bayan.kerimbay.65@mail.ru, n.kerimbay@mail.ru)

## MONITORING OF THE HYDRODYNAMIC PROCESSES OF WATER RESOURCES OF THE SHARYN RIVER BASIN.

**Abstract.** This paper discusses monitoring information for hydrodynamic processes in the Sharyn river basin, of collected using a geographic information system (GIS). With the use of integral curves, the analysis of long-term fluctuations of the flow of the Sharyn River for the period from 1929 to 2013 years.

**Key words:** annual flow, hydrography, climate change, flow distribution, water consumption.

**[1]Б.С. Керімбай, [2]К.М. Джаналеева, [3]Н.Н. Керімбай**
(Евразийский Национальный Универсиет им. Л.Н.Гумилева, Нур-Султан,
Республика Казахстан, e-mail: bayan.kerimbay.65@mail.ru, n.kerimbay@mail.ru)

## МОНИТОРИНГ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ БАССЕЙНА РЕКИ ШАРЫН

**Аннотация.** В данной работе рассматривается мониторинговая информация гидродинамических процессов на территории бассейна реки Шарын, собранных с использованием географической информационной системы (ГИС). С применением интегральных кривых проведен анализ многолетних колебаний стока реки Шарын за период с 1929 по 2013 гг.

**Ключевые слова:** годовой сток, гидрография, изменение климата, однородные периоды, распределение стока, расход воды.

***Введение:*** Целью данной работы является изучение мониторинговой информации гидродинамических процессов на территории бассейна реки Шарын для анализа многолетнего колебания стока реки Шарын с помощью интегральных кривых за период с 1929 по 2013 гг.

Изучение гидрологами режима рек было начато в 1903г, когда на р.Шарын в урочище Сарытогай был открыт первый гидрометрический пост. Систематическое стационарное изучение рек бассейна началось с 1927г. Управлением водного хозяйства Казахской ССР, когда были возобновлены наблюдения на реке Шарын в урочище Сарытогай. Начиная с 1930г. гидрологические наблюдения, производятся систематически и круглый год Казахским управлением по гидрометеорологической службе. Кроме опорной сети гидропостов Казахского УГКС, в бассейне р.Шарын действовали посты Главного управления водного хозяйства Республики Казахстан, Министерства мелиорации и водного хозяйства Республики Казахстан, Алматинского областного управления оросительных систем, посты которых содержались с целью учета водных ресурсов, забираемых на орошение и работающих, как правило, только в вегетационный период. В те времена в бассейне р.Шарын работали 5 гидропостов Казахского УГКС: три - на р.Шарын; два - на притоках Каркара и Темирлик [1].

Водобалансовые исследования в данном регионе проведены: И.С.Соседовым, З.Т.Беркалиевым, А.А.Турсуновым, Л.Ф.Домрачевым, Р.М.Хайдаровым, Е.В.Коченовым. Подземный сток изучен У.М.Ахмедсафиным, В.Ф.Шлыгиной, М.Х.Джабасовым. В работе также учтены результаты исследований, проведенного Институтами "Географии АН Каз ССР и КазНИИ Госкомгидромета". 2011 году на реке Шарын в Райымбекском районе Алматинской области

запущена в эксплуатацию Мойнакская ГЭС. Плотина ГЭС образует Бестюбинское водохранилище на реке Шарын, площадь затопления составит около 10 кв.км, длина водохранилища - около 16 км, ширина - до 0,5 км, полная ёмкость водохранилища - 238 млн.м.куб., полезная - 198 млн.м.куб.,. В состав гидроузла Мойнакской ГЭС на реке Шарын входят кроме Бестюбинского водохранилища, деривационный туннель и контррегулятор. Проектная среднегодовая выработка электрической энергии предприятия - 1,027 млрд. кВтч [2].

***Материал и метод исследования:*** Река Шарын находится в Алматинской области Казахстана, на крайнем юго-востоке страны, в предгорьях северного Тянь-Шаня. Дренажные бассейны северного Тянь-Шаня являются естественными фоновыми условиями (мягкая пресная вода с точки зрения солености и жесткости) и численности населения. Плотность в пределах водосборного бассейна является относительно низкой, бассейн реки сталкивается с относительно высоким антропогенным давлением на качество воды в нижнем течении. Основными источниками выбросов питательных веществ являются сельскохозяйственные угодья, и в меньшей степени населенные пункты с высокой долей домохозяйств без подключения к очистным сооружениям [3].

Река Шарын, впадающая в р.Или слева, является самым многоводным притоком ее в пределах Казахстана. Река Шарын, в среднем течении — Кеген, в верховьях — Шалкудысу располагается в Шарынском ущелье, в котором находится Шарынский каньон. Длина реки — 427 км., площадь бассейна — 13000 км$^2$, из них 693км$^2$ находятся на территории Республики Кыргызстан. Река имеет 72 притока суммарной длиной 1972 км с различными гидрографическими показателями /табл.1/ [4].

Таблица 1. **Гидрографические характеристики важнейших притоков р. Шарын**

| Река | Куда впадает | Длина,км | Площадь водосбора кв.км | Уклон,% |
|---|---|---|---|---|
| Шарын | р.Или | 170 | 1600 | 7,7 |
| Шарын-Кегень | р.Или | 346 | 2388 | 3,9 |
| Шалкудысу | р.Шарын | 50 | 1038 | 20 |
| Каркара | р.Шарын р.Шарын | 65 | 1808 | 20 |
| Кенсу | р.Шарын р.Шарын | 43 | 2399 | 40 |
| Орта-Мерке | р.Шарын | 34 | 2079 | 59 |
| Шет-Мерке | | 34 | 2079 | 47 |
| Темирлик | | 58 | 609,7 | 35 |

К крупным притокам реки относятся Темирлик, Шет-Мерке, Орта-Мерке, Кенсу, Каркара и другие. Истоками р.Шарын является Шалкудысу, стекающая с южных отрогов Кетменьского хребта, и р.Каркара, берущая начало в Терской Алатау. В верховьях она протекает через обширное заболоченное пространство, явившееся, как предполагают, остатком существовавшего здесь когда-то горного озера, прорвавшегося позднее в долину р.Шарын. Ниже предполагаемого прорыва р.Шарын стремительно по глубокому ущелью протекает на север, меняет характер русла и величину уклонов, а затем впадает в р.Или, разливаясь на ряд протоков /рис1/. Общее падение реки от истока (3169м) до устья (450м) составляет 2719 м, а средний уклон равен 7,3% [4,5,6].

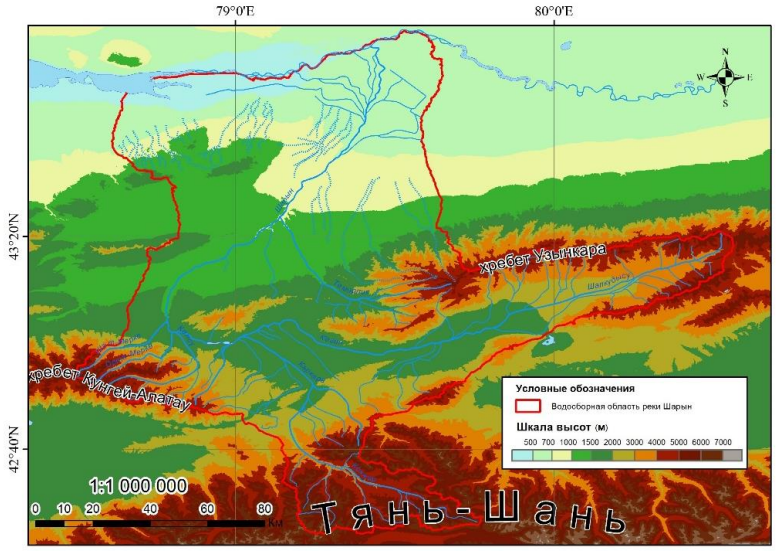



**Рис.1.** Физико-географическая карта бассейна реки Шарын (карта выполнена авторами)

Геолого-геоморфологические, тектонические и климатические условия бассейна обусловливают размещение на его территории гидрографической сети /Рис.2/. Средняя густота речной сети составляет 0,52км на 1кв.км (0,58 км на 1кв.км в горной части, 0,07 км на 1кв.км в нижней части).

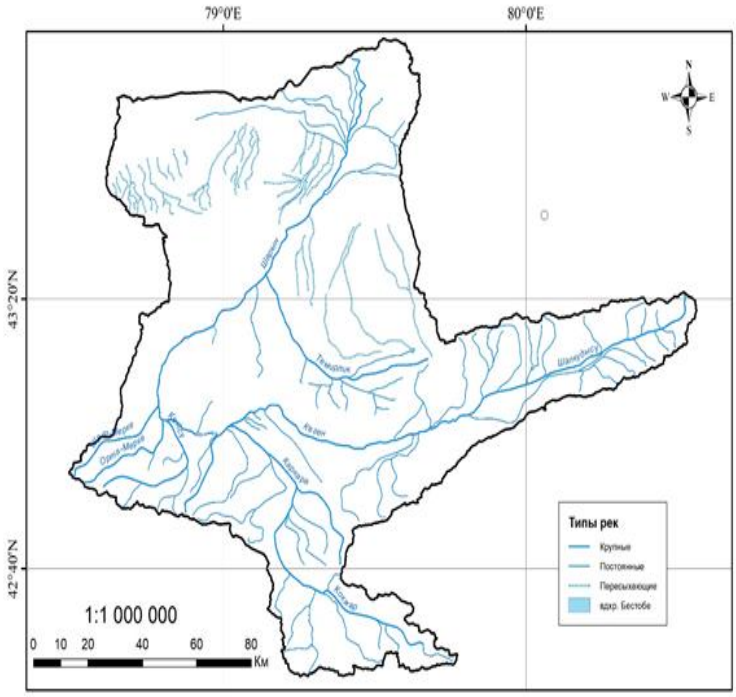



**Рис.2.** Карта поверхностных вод бассейна реки Шарын (карта выполнена авторами)

Река Шарын по условиям питания относится к рекам смешанного типа, где основную долю питания составляет снеговое (в среднегорной и высокогорной зонах бассейна). По форме гидрографа река относится к Тянь-Шаньскому типу с одним максимумом в апреле-мае. График колебаний имеет гребенчатый вид, с крутыми подъемами и спадами. Соответственно режиму таяния снеговых запасов наибольшая водность реки приходится на период наступления теплого периода года. Весеннее половодье за счет таяния снега в предгорной и среднегорной зоне бассейна начинается в среднем во второй декаде марта и продолжается до конца августа. Наивысшие уровни наблюдаются в апреле-мае, а затем начинается постепенный спад с отдельными незначительными пиками, что, очевидно, связано с колебаниями температуры воздуха и осадков [7].

Амплитуда колебаний уровня также не одинакова по длине реки: в верхнем течении она составляет 172 см, в нижнем - 221 см "таблица 2" [8]. Наибольшая интенсивность подъема уровня в сутки, в период половодья, составляет от 30 до50см, а спад уровня происходит сравнительно, в среднем 2-3см в сутки.

Таблица 2. **Амплитуда колебаний уровня воды**

| Пункт | Период наблюдений | Уровень, см | | Амплитуда колебаний уровня, см |
|---|---|---|---|---|
| | | наиб | наим | |
| р.Шарын-уроч.Сарытогай | 1980- 1996 | 310 | 89 | 221 |

В зимний период, при наличии ледовых явлений, ход уровня воды в отдельные годы нарушается вследствие зажоров и заторов, при которых происходят резкие подъемы уровней воды. Колебания стока в целом, в годовом разрезе, совпадают с ходом уровней воды - максимальные расходы наблюдаются при максимальном стоянии уровней. Годовой ход расходов реки характеризуется относительной устойчивостью. Средний годовой расход за период наблюдений из года в год колеблется в пределах от 20,0 до 37,8 куб.м/с в среднем течении и от 24,6 до 53,1 куб.м/с в нижнем течении реки "таблица 3" [8].

Таблица 3. **Внутригодовое распределение стока, %**

| Характеристика года | год | месяцы | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| р.Шарын - уроч. Сарытогай | | | | | | | | | | | | | |
| Средний | 1977 | 5,6 | 5,4 | 6,8 | 10,4 | 21,7 | 13,1 | 7,4 | 6,8 | 6,6 | 6,1 | 5,4 | 4,7 |
| Много водный | 1996 | 3,0 | 3,0 | 4,1 | 10,0 | 11,4 | 16,8 | 15,5 | 12 | 8,4 | 6,7 | 5,1 | 4,0 |
| Мало водный | 1986 | 5,4 | 5,5 | 8,1 | 10,2 | 12,7 | 15,6 | 10,3 | 7,2 | 6,9 | 7,2 | 6,2 | 4,7 |

Основной объем стока приходится на вегетационный период (апрель-сентябрь) и составляет более 70% годового стока. Сток меженного периода составляет не более 25-30%, из которых 20% приходится на октябрь, ноябрь, декабрь, т.е. на период, когда еще наблюдается сравнительно высокое стояние уровня воды "таблица 18". За период наблюдений с 1980 по 1996 г многоводным является 1996 год: средний годовой расход по посту река Шарын - урочище Сарытогай составляет 53,2 куб.м/с; для поста р.Шарын - 2 км ниже устья река Улькен - Талдыбулак - 37,5 куб.м/с, что в 1,5 раза больше среднего многолетнего. Средним по водности является 1977 год, а маловодным - 1986 год. В маловодный год средний годовой расход воды по посту урочище Сарытогай составлял 22,6 куб.м/с, по посту 2 км ниже устья река Улькен-Талдыбулак - 16,0 куб.м/с, что в 2 - 2,5 раза меньше, чем в многоводный. Формирование стока реки Шарын тесно связано с физико-географическими условиями бассейна. Максимальные расходы наблюдаются в апреле - мае, в отдельные годы в июне и имеют в основном дождевое происхождение или формируются от таяния снега в горной части бассейна. За период наблюдений максимальный расход на реке по створу урочища Сарытогай наблюдался 25 мая 1980 года и составлял 348 куб.м/с, по створу 2 к/м ниже устья реки Улькен-Талдыбулак - 25 мая 1980 года и составлял 203 куб.м/с.[5] /табл. 4/.

Таблица 4. **Амплитуда колебаний расходов воды**

| Пункт | Период наблюдений | Расход, куб м/сек | | Амплитуда колебаний расходов |
|---|---|---|---|---|
| | | наиб | наим | |
| река Шарын - урочище Сарытогай | 1980-95 | 348 | 8,55 | 339 |

Расход 0,1% обеспеченности для поста урочище Сарытогай составляет 464 куб.м/с и для поста 2 км ниже устья р.Улькен-Талдыбулак - 318 куб.м/с. Учитывая физико-географические условия формирования стока в бассейне, например, по данным гидрографического описания р.Каркара, максимальный расход, определенный по меткам высоких вод для р.Каркара - у выхода из гор, составляет более 640 куб.м/с, а для реки Шалкудысу - около 350 куб.м/с, следовательно, расходы 0,1% обеспеченности для р.Шарын-Кегень, если учесть площадь бассейна выше р.Каркары, может быть около 650-750 куб.м/с. За период наблюдений минимальный расход наблюдался в 1982 году и равнялся 8,55 куб.м/с (уроч.Сарытогай). Минимальные годовые величины стока р.Шарын составляют 19,6 куб.м/с (для поста - 2км ниже устья р.Улькен-Талдыбулак) и 18,3 куб.м/с (уроч.Сарытогай) для летнего периода и 12,9 куб.м/с и 14,5 куб.м/с для зимнего периода соответственно "таблица 5" [5,6,7,8]. Расход воды реки, $м^3/с$. р.Шарын – уроч. Сарытогай за период 1928-98, 2000-2013 гг. (табл.6) [9] .

Таблица 5. **Максимальные расходы воды, куб.м/сек.**

| Пункт | площадь водосбора, км2 | период наблюдений | максимальный сток за период наблюдений куб.м/сек. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | средний расход | | наибольший | | дата |
| | | | макс. | мин. | макс. | мин. | |
| река Шарын - урочище Сарытогай | 7510 | 1980-95 | 144 | 17,7 | 348 | 46,3 | 25.05.1986 |

Таблица 6. **Расход воды реки, м$^3$/с. река Шарын - урочище Сарытогай**

| период | Средний уровень | высший | | | | низший | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | уровень | дата | | Число случаев | уровень | дата | | Число случаев |
| | | | первая | последн | | | первая | последн | |
| **За 2003 г.** | | | | | | | | | |
| За год | 135 | 214 | 01.05 | | 1 | 101 | 27.01 | | 1 |
| **1928-98, 2000-2003** | | | | | | | | | |
| 1928-98; 2000-2003. | 134 | 310 | 20.05.36 | | 1 | 80 | 17.12 | 18.12.77 | 2 |
| **За 2004 г.** | | | | | | | | | |
| За год | 134 | 206 | 28.04 | | 1 | 97 | 23.12 | | 1 |
| **1928-98, 2000-2004 гг.** | | | | | | | | | |
| 1928-98; 2000-2004 гг. | 134 | 310 | 20.05.36 | | 1 | 80 | 17.12 | 18.12.77 | 2 |
| **За 2005 г.** | | | | | | | | | |
| За год | 127 | 195 | 27.04 | | 1 | 98 | 13.12 | | 1 |
| **1928-98, 2000-2005 гг.** | | | | | | | | | |
| 1928-98; 2000-2005 гг. | 134 | 310 | 20.05.36 | | 1 | 80 | 17.12 | 18.12.77 | 2 |
| **За 2006 г.** | | | | | | | | | |
| За год | 122 | (185) | 30.04 | | 1 | 95 | 06.01 | | 3 |
| **1928-98, 2000-2006 гг.** | | | | | | | | | |
| 1928-98; 2000-2006 гг. | 134 | 310 | 20.05.36 | | 1 | 80 | 17.12 | 18.12.77 | 2 |
| **За 2008 г.** | | | | | | | | | |
| За год | 114 | (189) | 14.02 | | 1 | 88 | 02.01 | | 1 |
| **1928-98, 2000-2008 гг.** | | | | | | | | | |
| 1928-98; 2000-2008 гг. | 134 | 310 | 20.05.36 | | 1 | 80 | 17.12 | 18.12.77 | 2 |
| **За 2009 г.** | | | | | | | | | |
| За год | 124 | (182) | 20.05 | | 1 | 95 | 06.01 | | 1 |
| **1928-98, 2000-2009 гг.** | | | | | | | | | |
| 1928-98; 2000-2009 гг. | 134 | 310 | 20.05.36 | | 1 | 80 | 17.12 | 18.12.77 | 2 |
| **За 2010 г.** | | | | | | | | | |
| За год | 120 | 158 | 16.04 | 17.04 | 2 | 90 | 10.10 | | 1 |
| **1928-98, 2000-2010 гг.** | | | | | | | | | |
| 1928-1998; 2000-2010 . | 134 | 310 | 20.05.36 | | 1 | 75 | 30.11 | 01.12.2011 | 2 |
| **За 2011 г.** | | | | | | | | | |
| За год | 126 | 187 | 20.05 | 14.06 | 3 | 75 | 30.11 | 01.12 | 2 |
| **1928-98, 2000-2011 гг.** | | | | | | | | | |
| 1928-1998; 2000-2011. | 134 | 310 | 20.05.36 | | 1 | 75 | 30.11 | 01.12.2011 | 2 |
| **За 2013 г.** | | | | | | | | | |
| За год | 120 | 158 | 16.04 | 17.04 | 2 | 90 | 10.10 | | 1 |
| **1928-98, 2000-2013 гг.** | | | | | | | | | |
| 1928-1998; 2000-2013 . | 134 | 310 | 20.05.36 | | 1 | 75 | 30.11 | 01.12.2011 | 2 |

***Результаты и обсуждение:*** В гидрологии анализ рядов годового стока рек производится с помощью интегральных кривых. Эти кривые позволяют выявить однородные периоды в рядах годового стока рек с целью определения их статистических характеристик среднемноголетних значений, коэффициента вариации и коэффициента ассиметрии [10,11]. На рис. 3 приведено кривая отклонения модульного коэффициента от середины реки Шарын - урочище Сарытогай за 1929-2013 гг.

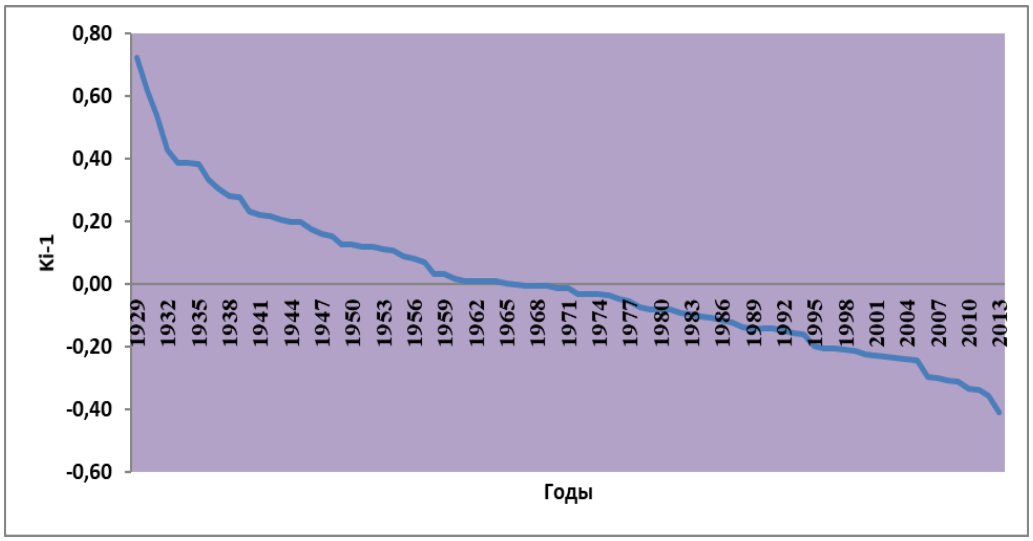



**Рис 3.** Интегральная кривая отклонения модульного коэффициента от середины реки Шарын - урочище Сарытогай за 1929-2013 гг.

Анализ этих кривых показывает что, в рядах годового стока реки Шарын можно выделить два однородных периода 1929-1986 гг. Более наглядное отличие одного периода от другого можно видеть на интегральной кривой, представленной на рис. 4. суммарной и разностной интегральной кривой расходов воды реки Шарын – урочище Сарытогай за 1929-2013гг.

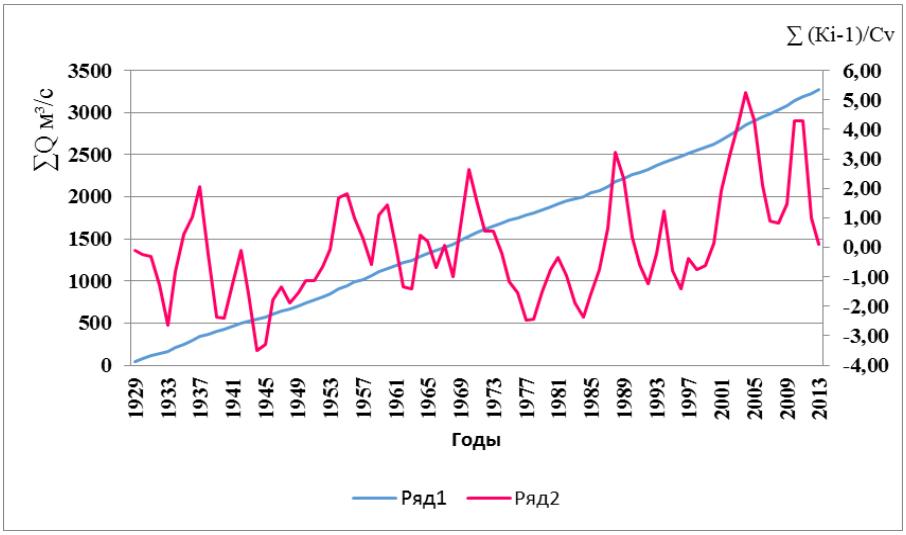



**Рис. 4.** Суммарная и разностная интегральная кривая расходов воды реки Шарын – урочище Сарытогай за 1929-2013гг.

| | |
|---|---|
| Длина ряда: | 85 |
| Среднее значение: | 38,4 |
| Cv: | 0,22 |

При построении этих интегральных кривых использовались среднегодовые значения и коэффициент вариации, определенные только за период 1929-1986 гг. Период 1928-1986 гг. отражает климатические условия XX-го века, второй период 1987-2013 гг. конец XX-го и начало XXI-го века, характеризующихся значительными изменениями климата. В этот промежуток времени в бассейне реки Шарын наблюдалось значительное повышение температуры воздуха и деградация горного оледенения. Особенно сильно на деградацию оледенения воздействовали повышения сезонных и годовых температур приземного слоя воздуха (при том же режиме атмосферных осадков). Запас воды

в ледниках, таяние которых обеспечивает до 30–50 % летнего стока горных рек, служит важным показателем водных ресурсов. Потепление же приводит к сокращению площади и объема ледников, обусловливает уменьшение долговременного влагозапаса в них, изменяет общий речной сток [12]. Это подтверждает поступление воды в реки за счет деградации горного оледенения. Период 1989-2013 гг., возможно, отражает переход от климатических условий основной части XXI-го века к следующему однородному периоду, формирование которого начнется в первой половине XXI-го века, после завершения деградации горного оледенения в бассейне реки Шарын.

С помощью интегрального кривого отклонения модульного коэффициента от середины р. Шарын – уроч. Сарытогай и суммарного и разностного интегрального кривого расходов воды реки Шарын – урочище Сарытогай за период с 1929 по 2013 гг. проанализирован годовой сток реки Шарын. В результате анализа выявлено, что годовой сток реки повысился, начиная со второй половины 1980-х годов за счет деградации горного оледенения и увеличения атмосферных осадков бассейна.

***Выводы:*** В результате исследования:

1. Проведен сбор и систематизация опубликованных научных и мониторинговых материалов по гидрологии бассейна реки Шарын. На основе сбора и систематизации данных создана информационная база данных поверхностного стока бассейна реки Шарын.

2. С применением ГИС выполнены цифровые карты: физической географии, гидрографической сети бассейна реки Шарын.

3. Интегральная кривая отклонения модульного коэффициента от середины реки Шарын – урочище Сарытогай за 1929-2013 гг.

4. Суммарная и разностная интегральная кривая расходов воды реки Шарын – урочище Сарытогай за 1929-2013гг.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Турсунов А.А., Киншакбаев Н.К., Байгисиев Ж.Е., Мальковский И.М. Системный анализ Или-Балхашской проблемы и концепция равновесного природопользования водных ресурсов Или-Балхашского бассейна. - Алма-Ата: КазГУ, 1985.

[2] АО «Мойнакская ГЭС им. У.Д. Кантаева». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://moynak.kz/ru/ gov.kz/2019/04/24

[3] Zhu, Bing-Qi. (2018). Natural Water Quality and Its Suitability in the Northern Tianshan Catchments (Central Asia). Hydrology. 6. 32. 10.11648/j.hyd.20180601.14.

[4] Керимбай Н.Н. Закономерности структурной организации геосистем бассейна р.Шарын и вопросы рационального природопользования. - Алматы: Таугуль-Принт, 2008. - 194 с.

[5] Джаналеева К.М. Теоретические и методологические проблемы географии. - Астана: КазУЭФиМТ, 2008.- 300с.

[6] Джаналеева К.М. Физическая география Республики Казахстан. - Астана: Аркас, 2010.- 592 с.

[7] Беркалиев З.Т. Гидрологические основы водохозяйственного использования стока бассейна р.Или. - Алма-Ата: Наука, 1974.-215с.

[8] Kerimbay N.N. (2015) Rational use of landscapes of geosystems of the Sharyn river basin. Monograph. LAP Lambert Academic Publishing Heinrich-Bцcking-Str. 6-8, 66121 Saarbrucken, Germany. p.68.

[9] Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды бассейна озера Балхаш за 1998-2014 годы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.kazhydromet.kz/ru gov.kz/2019/04/24

[10] Азнабакиева М.М. Анализ многолетних колебаний стока рек Шарын и Шилик // Гидрометеорология и экология № 1, 2018

[11] Абдрахимов Р.Г., Амиргалиева А.С. Оценка характеристик годового стока рек Иле-Балкашского водохозяйственного бассейна// Гидрометеорология и экология № 1, 2018

[12] Вилесов Е. Н., Горбунов А. П., Морозова В. Н., Северский Э. В. Деградация оледенения и криогенез на современных моренах северного Тянь-Шаня // Криосфера Земли, 2006, т. X, № 1, с. 69–73

Керімбай Б.С., Джаналеева К.М., Керімбай Н.Н.

**Шарын өзені алабы су ресурстарының гидродинамикалық процестерінің мониторингі**

**Түйіндеме.** Бұл мақалада Шарын өзені алабы гидродинамикалық үдерістерінің мониторингі ақпараттары ГАЖ-технологиясын қолдана отырып жинақталып, қарастырылған. 1929 жылдан бастап 2013 жылға дейінгі кезеңдегі Шарын өзені ағынындағы ауытқуларды талдау интегралды қисықтардың көмегімен жүргізілді.

**Түйінді сөздер**: жылдық ағын, гидрография, климаттың өзгеруі, ағынның реттелуі, су шығыны.

UDC 914/919

**Z.T. Auyezova, S.M. Ismagulova, K.T. Auyezova, S.C.Turmahanbetova**
(L.N.Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan
E-mail: saltamalikova@mail.ru)

# ASSESSMENT OF THE CENTRAL KAZAKHSTAN REGIONS' POTENTIAL ACCORDING TO METHODOLOGY OF COMPETITIVENESS RATING CALCULATION (IMD)

**Abstract.** Kazakhstan's integration into the world economy is accompanied with changes in disposition of productive forces and formation of new territorial structure of population. Early established resettlement system had lost its effectiveness and it does not correspond to the country's spatial economical organization which is forming today. Separate towns, settlements which were established on the base of mineral raw materials, also villages unfit for normal habitation and remote from development centers became unpromising. 10 towns of 60 separate ones are categorized as depressive towns. However, at the present time of new phase of industrialization and diversification of the country's economy which must become an object of careful scientific study and research not only for higher schools but also for all institutions of education system, this is a new formed geography of the country's territorial development infrastructure. Nowadays a growing impact of external factors stands along with factors are making influence on social and demographic processes and transformation of productive forces disposition's territorial structure. The detection of the main demographic processes is associated with regional factors, its specificity, forms, and manifestation. In modern circumstances regional principle of population's number dynamics analysis in a big industrial region as Karagandy regions keeps its importance. It is undoubted during transition to the market. Usually the production's cluster in big centers of mining industry leads to exodus from towns and especially from rural settlements. Of course, it's influencing on regions' and the country's demographic situation.

Therefore, natural increase is the main and the only resource of deciding population decrease problem in the Republic of Kazakhstan. But Central Kazakhstan will be an exception because this oblast is the most urbanized one (86%), rural regions significantly differs from each other according to population's number and density, and form of settlement, also existence of reference centers (big and middle cities), and national traditions. The most part of Central Kazakhstan (almost 85% of all area) is absolutely unsuitable for living and it is a demographic vacuum. It limits the development of material production at all. However, according to territory, geographical location, presence of natural resources Central Kazakhstan is one of the biggest and leading regions in Kazakhstan [1, 2, 3].

**Key words:** demographic potential, social and demographic process, development of rural territories, gross regional product, density of population.

## Introduction

Administrative oblasts in the country are divided into 3 groups according to development degree. Such parameters as gross regional product per capita, the ratio of an average income and living wage, and Human development index are taken as a basis for group detection. And Karagandy oblast is in the first group of Kazakhstani oblasts. In comparison with other oblasts the biggest volume of the main productive funds of an industrial production, housing and the highest figures of commodity turnover, paid services per capita, an average pension are concentrated in Karagandy oblast. By taking into account these parameters we decided to choose Karagandy oblast.

Karagandy oblast is located in the central part of the Republic of Kazakhstan. It was established in 1932. Also this oblast borders with 9 oblasts of the Republic. The oblast's territory is 428,0 square kilometers. Central Kazakhstan's administrative-territorial system was changed many times. The modern system of the oblast was defined the President's decree named "Accession of Zhezkazgan oblast to Karagandy oblast" on the 7th of May in 1997. There are 9 rural districts, 11 cities and towns, 207 aul counties, 39 settlements, and 557 auls (villages) in the oblast. Rural districts territory is 416, 2 square kilometers [4, 16].

## Materials and approaches of the research

Ulytau district was established in 1938 and it had existed till 1962. Ulytau region did not exist between 1962 and 1972. This district was established again in 1972 and it's center was Ulytau settlement. Zhezdi district was added to Ulytau district in 1997. District center was also Ulytau settlement. This districts territory is 122,9 square kilometers. It is the largest district in this territory and distance between Karagandy is nearly 550-600 km.

Ulytau tectonic rising is one of the most ancient structures laid in Precambrian age and partly in Caledon orogenez age. Due to new tectonic risings of lowlands and its margins were fall under erosion processes. The largest deposits of ferruginous quartzite (Karsakpai), iron manganese (Zhezdi) and polymetal ores are identified in the nucleus of anticlinorium.

90% of territory in Ulytau district is the desert steppe grasslands, an average ball of croplands bonitet is only 15, generally in Central Kazakhstan this figure is 20-25. All territory of Ulytau districtis related to the zone of risky agriculture. There are ecological tensions, complexity of soil cover and vegetation patchiness, clean wind streams coming from the Aral Sea region, a small amount of precipitation in the district. Pollution propellant caused an especial anxiety because heptyl which readily undergoes oxidation forms carcinogenic products. Its little unburned portion is saved for a long time staying in the soil. Commission examined the districts of "Proton's" fall set that that the overall incidence higher than in the region. The soil was polluted by unburned propellant heptyl in the result of part of the fall spent stages of space rockets in Baikonur cosmodrome.

Infant mortality figures are high in village counties; it is making an influence on an average life expectancy. The overall incidence of rural population is twice the republican level. Population of the most aul counties uses local sources, and water quality for microbiological and chemical composition is an unsatisfactory, the water is drinkable only after processing at a corresponding [5,6,16].

According to 2009 population census the districts population was 14240, and 7 576 of them were man (53,2%) and 6 664 were woman (46,8%). In comparison with 1999 year the district's population was shortened for 6,2 thousand or for 35,3%. According to Ministry of Agriculture population of this district is more than 15 000 on the 1st of January, 2011. In comparison with 2002 year (18 000) the population was decreased for 10%.

5595 men immigrated and 12218 men emigrated in the district from 1991 till 2001. Migration balance was 6623 men. And migration balance in 2006-2011 was 3125 men. Figures demonstrate that rates of out-migration did not decreased and migration balance is still negative in the district.

Birth rate in the district stabilized and it is increasing slowly now. In 2000 birth rate figures (11,73) declined for 59% in comparison with 1991 (28,38), and birth rate increased for 34% in 2011 (17,6) in comparison with 2000 year figures.

So we can say that population declines because of the out-migration and density of population is very low due to these reasons (0,2 men per 1 sq.km.).

Economically active population was only 8131 men in 2011; it is only 60% of all population. And 3713 men of them are engaged in the districts economy, and it shows that unemployment in the region is very high. The portion of people engaged in the business entities is 46%, and portion of people engaged in seasonal works is 17% of all employed population [5, 6].

There are 15 rural counties with population more than 12929 in Ulytau district according to the rural settlements information of the Ministry of Agriculture. The district consists of 29 rural settlements, including 3 settlements: Aktas (population is 158 people); Zhezdi (population is 2392 people); Karsakpai (population is 1700 people).

Settlements Aktas and Karsakpai do not correspond to the status of "settlement" according to the Law of the Republic of Kazakhstan on administrative-territorial system. According to this law settlements must nave industrial enterprises, buildings, railway stations and other economically important objects, and population must be no less than 3 thousand people. Workers, employees and their family members' number must be no less than two third of all population [7, 8, 9].

Also the existence of settlements with a population of less than 50 people is one of the topical issues: Ungurli (20); Ornek (36); Bozdak (50). These villages are not perspective socially-economically and presumably they will disappear from Ulytau district's map, and inhabitants will move to the close settlements or reference center.

The biggest rural settlements are:

1. Ulytau (2095), Zhezdi (2796), Karsakpai (1700)
2. Zhylandy (1116), Boztumsyk (1013)
3. Borsengir (695), Mynbulak (674), Sarlyk (602), Betbulak (580), Korgasyn (560), Baikonur (483), Koskol (483)
4. Akkense (327), Tersakkan (327), Egindi (318)

Population of the other 14 rural settlementsisless than 200 people.

There are 2 industrial townsin the territory of Ulytau district: Zhezkazgan and Satpaev.

The analysis of demographic potential of each settlement was made according to gravitational theory of Reilly, and the overall demographic potential was defined depending on population number and average distance from all settlements in Ulytau district.

William Reilly (the USA) suggested a law of gravitational retail in 1929, according to this document city attracts by retail all clients from all surrounding area with a power that is proportional to city's area and is inversely proportional to quadrate distance from client to city center [18, 19].

The border of sale of *i* and *j* cities is defined as a locus:

$$\frac{p_i}{d_{i,x}^2} = \frac{p_j}{d_{j,x}^2}$$

$d_{i,x}, d_{j,x}$ - distance from *i* and *j* cities, accordingly, till *x* on the border.

Gravitational model is used to describe and forecast various social and economic interactions between the districts of the city (town), settlements and is based on the assumption that the value of (force) proportional to the product of interaction indicators of population areas and is inversely proportional to the distance between them.

It turned out that demographic potential reflects the development of the territory better than the conventional population density. There was also a high correlation of the demographic potential with the placement of retail, development of highways, rural employment in non-agricultural sectors [10,11,17,20].

Models of urban spatial development are used for the analysis of general regularity of the population placement as an important backbone function of a city (town) in its territory. As an informational model of a city (town) for the decision of such problems we use counts. Depending on the purpose we can see such tasks in the top of the counts: concentration of population (if we consider residence); presence of adefinite number of culturaland community places or recreational service; definite number of workplace.

Except for the above usage gravitational models are used in logistics, for example, for search of replacement of a single warehouse, from which several warehouses retailers are supplied. But in this case gravitational model is shown as a weighted average value. Also the replacement of single warehouses, the volume of goods transported, freight costs relative to the estimated location of the central warehouse is taken into consideration.

Table 1. **The overall demographic potential of districts settlements as a district center [16].**

| № п/п | Name | X coordinate | Y coordinate | Average distance, km | Demographic potential | | Population number |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Acc.to Reilly | % | |
| 1 | Zhezdi | 11,30 | 7,30 | 110,60 | 7689,62 | 20,7% | 2624 |
| 2 | Ulytau | 7,00 | 72,00 | 109,85 | 6467,78 | 17,4% | 2095 |
| 3 | Karsakpai | -12,40 | -18,80 | 119,29 | 5533,56 | 14,9% | 1668 |
| 4 | Boztumsyk | 45,20 | 84,20 | 121,82 | 2773,59 | 7,5% | 962 |
| 5 | Sarlyk | -20,10 | 84,40 | 116,49 | 2084,26 | 5,6% | 524 |
| 6 | Zhylandy | 166,00 | 3,20 | 195,14 | 1092,95 | 2,9% | 972 |
| 7 | Betbulak | 85,10 | 97,30 | 145,53 | 1014,76 | 2,7% | 565 |
| 8 | Kyzylui | -3,50 | 83,40 | 113,47 | 943,07 | 2,5% | 77 |
| 9 | Taldysai | 9,30 | 23,90 | 107,11 | 895,22 | 2,4% | 75 |
| 10 | Baikonur | -63,60 | -19,40 | 132,65 | 849,69 | 2,3% | 427 |
| 11 | Myibulak | 100,90 | -116,80 | 208,89 | 842,91 | 2,3% | 698 |
| 12 | Borsengir | 125,00 | -9,30 | 167,43 | 812,58 | 2,2% | 648 |
| 13 | Pioner | -40,60 | -13,30 | 121,50 | 798,55 | 2,1% | 172 |
| 14 | Egindi | 62,10 | 117,60 | 142,59 | 722,26 | 1,9% | 309 |
| 15 | Korgasyn | -17,30 | 135,00 | 142,59 | 719,60 | 1,9% | 514 |
| 16 | Aiyrtau | 21,90 | 59,80 | 109,51 | 686,66 | 1,8% | 81 |
| 17 | Aktas | -38,80 | 6,60 | 114,74 | 631,32 | 1,7% | 161 |
| 18 | Akkense | 107,80 | -131,70 | 223,02 | 607,70 | 1,6% | 205 |
| 19 | Tuiemoinak | 163,60 | 22,60 | 191,10 | 415,23 | 1,1% | 127 |
| 20 | Ornek | -2,50 | -2,20 | 112,14 | 316,89 | 0,9% | 21 |
| 21 | Bozdak | -24,90 | 29,60 | 108,38 | 253,07 | 0,7% | 64 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 22 | Koskol | -175,50 | -43,80 | 212,59 | 222,15 | 0,6% | 412 |
| 23 | Tersakkan | 39,10 | 192,60 | 188,74 | 210,59 | 0,6% | 300 |
| 24 | Kyzylui | -116,10 | 14,80 | 155,26 | 173,99 | 0,5% | 199 |
| 25 | Koskol | 12,60 | 168,70 | 164,80 | 113,47 | 0,3% | 85 |
| 26 | Taldykudyk | -90,40 | 49,70 | 139,26 | 85,80 | 0,2% | 74 |
| 27 | Kulzhanbai | -205,10 | -50,70 | 239,99 | 78,95 | 0,2% | 109 |
| 28 | Narolgen | -148,70 | -64,70 | 201,90 | 70,25 | 0,2% | 88 |
| 29 | Ungirli | 9,90 | 150,60 | 150,76 | 47,09 | 0,1% | 24 |

From the 1st table we can see that Ulytau village, Zhezdi and Karsakpai settlements are the most influential localities. Demographic potential of Zhezdi settlement is the highest, it means that this settlement has a potential of reference center.

Influence of localities on each other due to demographic potential is shown in the 1nd picture. Localities of lower range are in the influence area of the biggest centers: Ulytau village – Sarlyk and Aiyrtau villages; Zhezdi settlement – Ornek and Taldysai villages; Karsakpai settlement – Pioner and Aktas villages.

*Priority tasks and perspective plan of actions on the development of demographic potential.*

Considering shown figures Ulytau district is related to local ecological and economical districts of Central Kazakhstan. It means remoteness from the regional center (600-650 km), from the biggest sales market, urban agglomerations, and transport dead end.

The main factors of rural territories development and resettlement of rural population on areas of the country:

1. Natural and climatic conditions;
2. Specialization and distribution of agricultural production on natural areas;
3. The level of income of rural producers;
4. The environmental situation and the level of subsistence of rural residents.

Accordingly, priority tasks and actions' direction on improvement of complex condition of remote and local territories of the country should be allocated [1, 2, 3].

1. Among the local ecologicaland economic zones of the district we should allocate rural settlements and carrying out ranking we should note potential or rural settlements;

2. Todefine the level offinancial infrastructure development. They are budget revenues, the availability of financial resources from the regional budget, development of the banking infrastructure, the share of long-term loans of unprofitable enterprises.

3. Building of railway lines in district's territory with creation of points and centers of their technical maintenance. Adaptation type of regional development of the district is a radical change in the historical system of resettlement, an active process of contraction of population to primagistralny settlements, the location of the most rural settlements directly along the roads and highways roadside 1-2 km. To create new stations and turnouts along the railway lines "Beineu-Zhezkazgan", and "Arkalyk-Shubarkol". It will ensure for direct access of goods from the central Kazakhstan, and also building of these railway branches will provide population with new workplaces.

**Results and discussion**

Economics. 26 state enterprises were transformed and transfered into new forms and methods of management from 1991 till 2000. As a result of implementation of state reforms in the Republic of Kazakhstan the structure of economics entirely changed, produce and processing of agricultural production, and especially livestock products. 1 agricultural enterprise, 984 farms, and 3,3 thousand private farms of population are engaged in the production of agricultural products in the district.

The complexity of a combination of natural conditions in the region is one of the main factors complicating the development of land resources of the study area for the development of many sectors of agriculture. The main part of the territory isinarid and semi-aridzone. In connection with this land tenure in arid and semi-arid zones can be the most effective way for the development of transhumant grazing for the purpose of taking the cheapest meat and organization of reproductive farm meat, or rather greasy sheep.

In prospect aul counties with a large number of livestock can be livestock productive centers. There is statistics of a livestock number in Ulytau district in the context of rural districts according to the information from the Ministry of Agriculture on the 1st of January, 2011. Sheep breeding is in the leading position in livestock field, it takes 69% of all livestock field. Then goes breeding cattle (25%), and horse breeding (only 6 % of the total number of livestock). The most number of cattle is in Myibulak, Amangeldi, Sarysu,

Karsakpai, Zhangeldi, Koskol, Zhezdi, Karakengir, Borsengir, Korgasyn rural districts. Myibulak, Amangeldi, Sarysu, Zhangeldi, Koskol rural districts also leads in sheep breeding [12, 13, 14].

Transportation of passengers and cargo in this region is implemented by transports of enterprises and citizens. By taking into account district's territory it is extremely important to provide rapid movement of passengers and cargo. Program of development high-speed passenger trains was worked out for the purpose of strengthening transport links between settlements and regions of Kazakhstan. Presently, 2 infrastructural projects are in the phase of realization.

1. Beineu – Zhezkazgan. The total length of railway line will be 988 km. Traffic will begin in 2016. This line is designed to provide a direct access to cargo from Central Kazakhstan and Dostyk station to West Kazakhstan and Europe. It will reduce transport distances up to 1200 km. According to the akimat of Karagandy oblast the realization of project will start with the construction of section Zhezkazgan – Saksaulskaya (517 km), and 374 km of this railway line passes through the territory of Ulytau district.

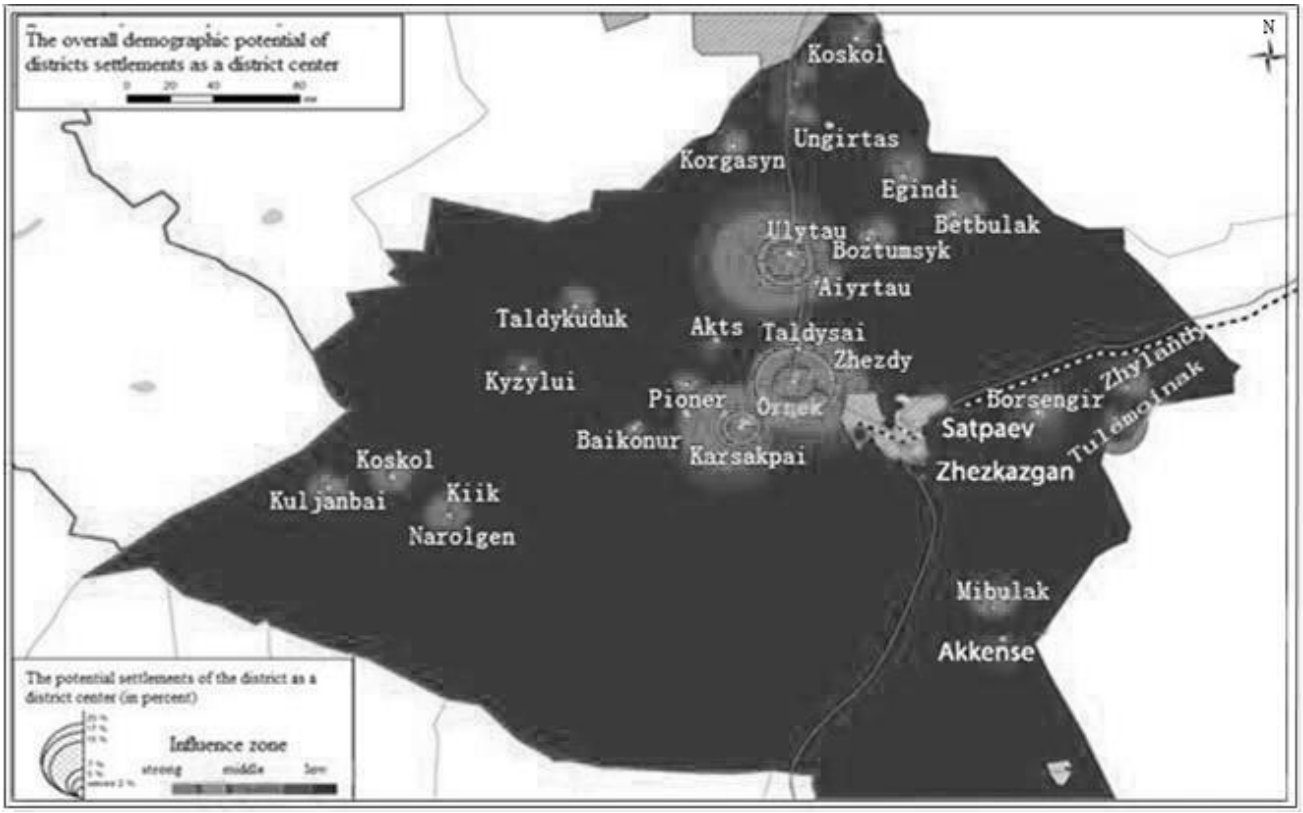
2. Arkalyk – Shubarkol. The total length of this line will be 214 km. This railway line also passes through the territory of Ulytau district.

Social and housing infrastructure. The next parameters of favorable living conditions for the development of rural settlements is related to this category: provide electricity; provision of drinking water; remoteness from district center and railway station; availability of telecommunications; availability of educational institutions; availability of medical institutions.

Optimization of administrative and territorial structure of the country in compliance with the principle of its territorial integrity, and a gradual reduction in the number and consolidation of districts and localities are planned in the state program "Predictive scheme for spatial development of the country until 2020".

Villages which are in the group of not promising ones should be abolished and joined to the surrounding relatively prosperous or promising rural settlements. For example, Kulzhanbai and Kiik villages in Koskol rural district should be joined to Koskol, a relatively prosperous reference settlement. And in the future automobile highway of republican significance "Beineu-Zhezkazgan" should pass through the settlement Koskol. Government should stimulate movement of Ungirli residents to Korgasyn. Its population is only 20 people, and there is no central electricity system, no water supply, neither medical nor educational institutions.

Social infrastructure should be developed and agricultural production should be widened in villages which are in the group of relatively not promising rural settlements.




**Picture 1.** Influence zone of the demographic potential of rural settlements as a district center

**Conclusions**

Project proposalson development and improvement of resettlement system in Ulytau district. One of the ways to identify a hierarchy of settlements centers may be formulated as the following guidelines.

Functioning of resettlement system happens in the result of implementation of definite functions system by settlements. As it's known settlement's function divided into domestic (serves the settlement itself) and external (city or settlement forming). External functions identifies settlement's place in the settlement system and in the entire world. That's why functional approach is a leading one during study of separate settlement and the system of resettlement at all.

In the geography of population resettlement functional approach is concluded in decision of such tasks as determination of functional types of settlements, identification population's dependence on their functions, and the other. It's rarely taken into account that settlement's functions constitute a hierarchy and the hierarchy of settlements is mostly determined by the hierarchy of functions. That is why functional approach of studying resettlement system must begin from identification the hierarchy of functions performed by settlements of a system under consideration [7, 13, 15].

REFERENCES

[1] Predictive scheme for spatial development of the country until 2020 (Approved by the Decree of the President of the Republic of Kazakhstan dated July 21, 2011 №118).

[2] Monotowns development program for 2012-2020 (Approved by the Resolution of the Government of the Republic of Kazakhstan dated May 25, 2012 №683).

[3] Map of industrialization of Kazakhstan for 2010-2014 (Approved by the Resolution of the Government of the Republic of Kazakhstan dated April 14, 2010 №303).

[4] Business Road Map 2020 (Approved by the Government of the Republic of Kazakhstan dated April 13, 2010 № 301).

[5] State health development program of the Republic of Kazakhstan "Salamatty Kazakhstan" for 2011-2015 (Approved by Decree of the President of the Republic of Kazakhstan dated November 29, 2010 № 1113)

[6] The state program "Healthy Lifestyle" for 2008-2016 (Approved by the Government of the Republic of Kazakhstan of 21 December 2007 № 1260)

[7] Gabdualieva R. S. Agriculture in the region as an object of state regulation: Agriculture.// Vestnik KazNU. Series of economic.- 2006. - № 6.-P. 55.

[8] Danilenko L. Rationale for state regulation of the agricultural sector.//AIC: economics, management. - 2006.- № 3.- P. 43 - 46.

[9] Kemel M. State regulation of the development of AIC and rural areas: agro-industrial complex.// Sustainable development KZ.- 2005.- № 9.- P. 37.

[10] Korobeinikov M. M. Improvement of protectionist support for agriculture. // Economics of Agricultural and Processing Enterprises. - 2005. - № 10. - 49 p.

[11] Korobeinikov M. M. Legislative framework of the economic mechanism for sustainable development of AIC// International agricultural journal .- 2008.- № 1. p. 3.

[12] Kuznetsova O. V. Regional economic development: theoretical and practical aspects of state regulation. - M., 2002

[13] Larina N. I., Kiselnikov A. A. Regional policy in the market economy: Textbook / NGAEiU. - M.:JSCPublisher Economy. 1998.-172 p.

[14] Sustainable development of agriculture and rural areas: International experience and problems of Russia / Executive editor. P.F. Glazovski, A. V. Gordeev, G. V. Sdasuk. M.: Scientific publications, 2005.

[15] Official website of the Ministry of Agriculture of the Kazakhstan https://moa.gov.kz/ru

[16] Official site of Ulytau district http://ulytau-akimat.gov.kz

[17] Arkhipov Y. R. Modeling of territorial settlement systems. - Kazan: Kazan university publishing house, 1988. - 121p.

[18] D. Webster, L. Muller. Urban competitiveness assessment in developing country urban regions: the road forward. Group, INFUD The World Bank, Washington D.C. July 17, 2000.

[19] Assessment of EU Competitiveness Factors by Multivariate Methods. L. Melecky. World Academy of Science, Engineering and Technology.Vol:7 2013-06-22

[20] J. Nevima, L. Melecky "Regional Competitiveness Evaluation of Visegrad Four Countries through Econometric Panel Data Model," in Proc.10th Inter. Conf. Liberec Economic Forum, Liberec, 2011. P. 348-361.

Ауезова З.Т., Исмагулова С.М., Ауезова К.Т., Турмаханбетова Ш.Ш.

**Бәсекеге қабілеттілік рейтингісін есептеу әдісіне сәйкес орталық қазақстанның аймақтарының демографиялық әлеуетін бағалау (imd)**

**Резюме.** Мақалада Қарағанды облысының Ұлытау ауданының Рейли гравитациялық теориясы бойынша есептелген демографиялық әлеуетін бағалауына талдау жүргізілген. Ұлытау ауданының ауылдық елді мекендерін дамыту әлеуетін кешенді талдау нәтижелері, сондай-ақ осы аумақты дамыту жөніндегі ұсыныстар көрсетілген.

**Түйін сөздер:** демографиялық әлеует, әлеуметтік-демографиялық үрдіс, ауылдық аумақтардың дамуы, жалпы өңірлік өнім, халық тығыздығы.

Ауезова З.Т., Исмагулова С.М., Ауезова К.Т., Турмаханбетова Ш.Ш.

**Оценка демографических потенциалов районов центрального казахстана по методике расчета рейтинга конкурентоспособности (imd)**

**Резюме.** В статье проводится анализ оценки демографического потенциала Улытауского района Карагандинской области, рассчитанной по гравитационной теории Рейли. Приведены результаты комплексного анализа потенциала развития сельских населенных пунктов Улытауского района, а также предложения по развитию данной территории.

**Ключевые слова:** демографический потенциал, социально-демографический процесс, развитие сельских территорий, валовой региональный продукт, плотность населения.

УДК 325.1

**S.M. Ismagulova, Z.T. Auyezova, K.T. Auyezova, D.S. Kizatova**
(L.N.Gumilyov Eurasian National University, Kazakhstan, Nur-Sultan
E-mail: saltamalikova@mail.ru)

**HISTORICAL AND MODERN TRENDS IN THE MIGRATION PROCESSES OF THE POPULATION OF THE NORTH KAZAKHSTAN REGION**

**Abstract.** The article is devoted to the study of migration processes in the North Kazakhstan region for the period 1992-2018. On the basis of official statistics, an analysis was made of the state of the current migration situation in the region, and factors affecting the outflow of population from the region were considered. The existing trends, scales and directions of external and internal migration are revealed.

**Key words:** migration process, factors of migration, external migration, internal migration, repatriates, balance of migration.

**С.М. Исмагулова, З.Т. Ауезова, К.Т. Ауезова, Д.С. Кизатова**
(Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Республика Казахстан, г. Нур-Султан)

**ИСТОРИЧЕСКИЕ И СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ МИГРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НАСЕЛЕНИЯ СЕВЕРО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Аннотация.** Статья посвящена исследованию миграционых процессов в Северо-Казахстанской области за период 1992-2018 гг. На основании данных официальной статистики проведен анализ состояния современной миграционной ситуации в области, рассмотрены факторы, влияющие на отток населения из региона. Выявлены существующие тенденции, масштабы и направления внешней и внутренней миграции.

**Ключевые слова:** миграционный процесс, факторы миграции, внешняя миграция, внутренняя миграция, репатрианты, сальдо миграции.

**Введение.** Миграционные процессы населения присущи для любого государства мира на различных этапах их социально-экономического развития. Причем, для каждой страны или региона характерны свои масштабы, направленность, обусловленные различными факторами [1]. С падением политики «железного занавеса» советского периода, либерализацией миграционной политики, кризисом государственной идентичности, массовой бедностью и безработицей, население новых независимых государств активно включается в миграционные процессы, как в рамках СНГ, так и в мировые миграционные потоки. Миграционные процессы в Казахстане, в отличие от многих других новых независимых государств постсоветского пространства, имели не только стихийный, массовый характер, но и беспрецедентные масштабы [2].

В связи с этим, в научной среде назрела настоятельная необходимость изучения проблемы миграционной подвижности населения Казахстана, ее влияние на этнодемографические, социально-профессиональные показатели населения, в целом негативно отражающиеся на современном уровне социально-экономического развития территории и особенно сельской местности республики.

В настоящее время темпы и масштабы миграционного оттока в большинстве регионов республики значительно снизились, однако в Северном Казахстане по прежнему сохраняется

отрицательное сальдо миграции, результатом которого является депопуляционный тренд развития населения [3].

Цель – анализ миграционных процессов Северо-Казахстанской области за период с 1992-2018 гг. с выявлением региональных особенностей и факторов миграции населения.

**Материалы и методы исследования.** Временные рамки нашего исследования охватывают период равный более четверти века, который согласно предложенной экспертом по международной миграции Садовской Е.Ю. в соответствии с показателями миграционных потоков Северо-Казахстанской области, условно разделен на следующие периоды. Каждый, из которых определен и научно обоснован в соответствии с политическими, социальными, экономическими, этническими факторами определившие и определяющие на наш взгляд по настоящее время характер миграционных процессов каждого периода:

1-й период – 1992-1998 гг., время масштабных, стихийных и вынужденных перемещений между странами ближнего и дальнего зарубежья, обусловленных историческими геополитическими сдвигами и системным экономическим кризисом вследствие распада СССР, переходом Казахстана к суверенитету и рыночной экономике.

2-й период – 1999-2003 гг. – период спада вынужденной миграции, снижения интенсивности эмиграции.

3-й период – 2004-2008 гг. – период проявления позитивных тенденций в миграционных движениях: значительное сокращение показателя отрицательного сальдо миграции, роста количества репатриантов.

4-й период – 2009-2016 гг.– миграционные процессы происходят в условиях глобального финансового и экономического кризиса [4].

В целом соглашаясь с авторитетным мнением выше указанного эксперта, констатируя складывающийся характер современных миграционных процессов Казахстана, носящий преимущественно этнический характер следует отметить, что последние годы 4-го периода характеризуются относительной стабилизацией внешних миграционных процессов и преобладанием внутриреспубликанских, областных миграций, связанных с характером устойчивого социально-экономического развития отдельных регионов и долгосрочной демографической политикой страны.

**Результаты.** Характер миграционных процессов в разрезе областей на уровне сравнительного анализа республиканского состояния, имеют значительные разницы. Связанные с целой системой географических факторов: неравномерностью уровня социально-экономического развития регионов в территориальной организации национального хозяйства, полиэтническим и преимущественно однородным составом населения отдельных областей страны в истории освоения территории, необратимостью исторических процессов территориальной и национальной независимости стран постсоветского пространства, масштабным характером процессов глобализации национального хозяйства и т.д.[5, 6].

По данным Департамента статистики Северо-Казахстанской области на 01.01.2019 г. численность населения составляет 554 тыс. человек, что выводит область на последнее место в Казахстане [7]. С момента последней Всесоюзной переписи (1989 г.) население сократилось почти на 40% [8]. На протяжении последних тридцати лет Северо-Казахстанская область характеризуется устойчивой убылью населения, причем резкое сокращение численности отмечается в первый период с 1992-1998 гг. Данная тенденция, как известно была связана с масштабной этнической эмиграцией характерной для всех постсоветских стран, так и с низким естественным приростом населения связанной с экономическими кризисами начала 90-х годов.

Миграционный процесс 1-периода в Северо-Казахстанской области развертывается на фоне общих тенденций, в целом характерных для миграции населения в Казахстане, и в то же время имеет свои специфические особенности. Если учесть, что республика развивалась и развивается в условиях политической стабильности, то очевидна значимость экономических факторов в проявлении масштабности миграционных процессов. Интенсивность миграции в исследуемом регионе в 90-е гг. кроме этнических факторов, также была вызвана особенностями специализации хозяйства всесоюзного значения, преобладанием в промышленности объектов, ранее относившихся к ВПК: заводы им. В. И. Ленина, им. С. М. Кирова. Так, объем промышленного производства в Северо-Казахстанской области уменьшился на треть. Уменьшение объемов выпускаемой продукции допустило каждое второе предприятие области. В сельском хозяйстве 67% производителей продукции являлись убыточными. В результате произошло снижение привычного качества жизни.

Одной из наиболее острых проблем в процессе экономического кризиса и стихийной миграции населения стала и безработица, а также неясность перспектив проживания для себя и своих детей [9].

Таким образом, катализатором стихийного механического выбытия, выступало прежде всего ухудшение положения социально-экономического развития области.

Несомненно, существенным фактором миграции является этнодемографический, связанный с преобладанием на протяжении многих десятилетий русскоязычного населения. Приграничное положение с Курганской, Тюменской и Омской областями Российской Федерации несомненно способствует оттоку населения. Кроме того, благоприятность условий для развития внешней миграции 90-х г. заключалась в лояльности российских законов, а также в отсутствие юридических ограничений, позволяющих свободно пересекать «прозрачные» в то время государственные границы, пребывать и работать без законодательных препятствий [10].

На территории Северо-Казахстанской области в общей динамике миграционного процесса в первом периоде отмечались отрицательные показатели сальдо миграции. Как и в целом по республике, максимальной величины данный показатель достигает в 1994 г. (-44 201 чел.) (рисунок 1). Особенным стал 1997 г., ставший пиком миграционной убыли, сальдо миграции составило (-50 355 чел.). Резкий скачок в увеличении оттока населения свидетельствовал об отсутствии стабилизации миграционного процесса в регионе, усилении социально-экономического кризиса, особенно на юге области, когда в зимний период возникли серьезные проблемы с отопительной системой в г. Кокшетау административно относившейся в тот период к СКО[11].

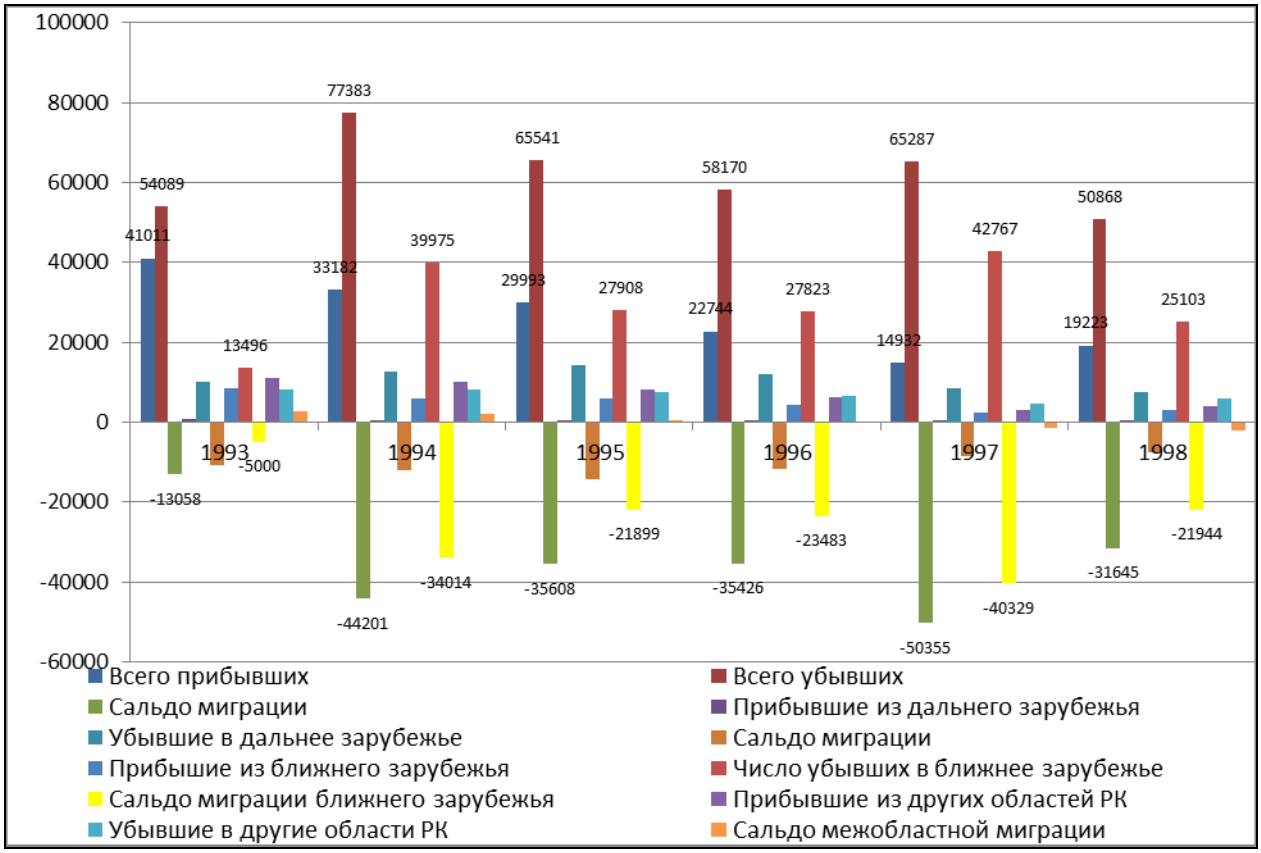
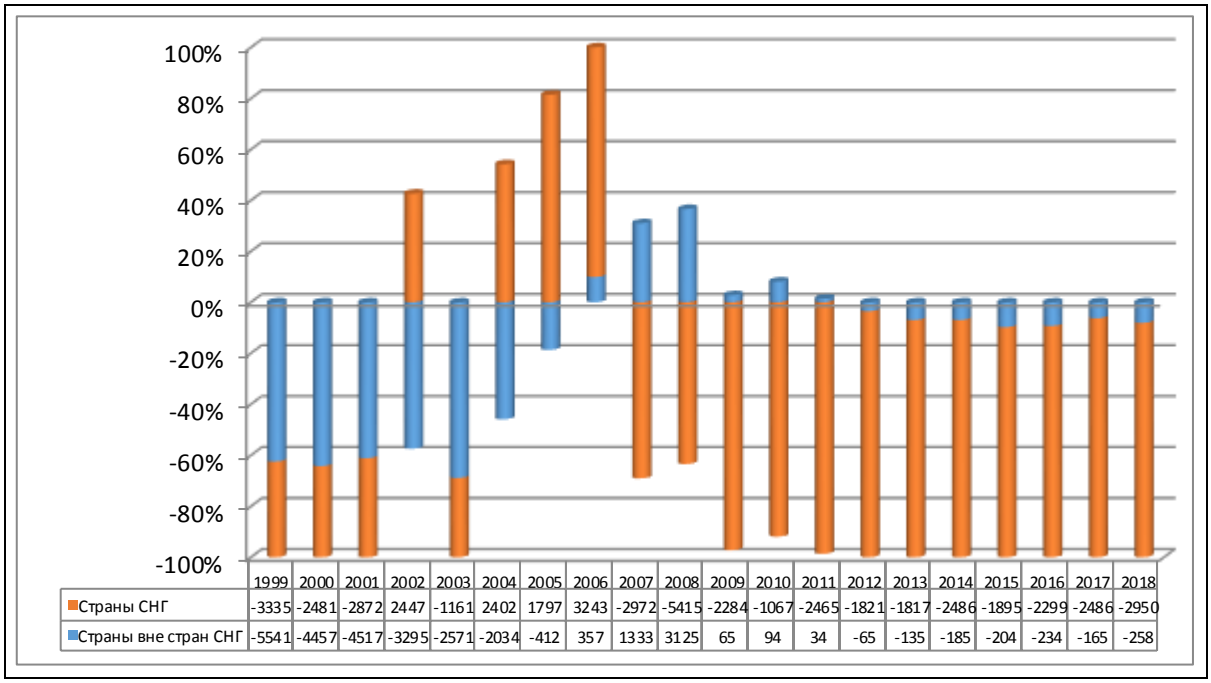



**Рис. 1.** Динамика миграции населения Северо-Казахстанской области (1993-1998гг.)
(рассчитано и составлено авторами по источнику [8])

По потокам миграции в дальнее и ближнее зарубежье наблюдалась различная картина. Так, во внешней миграции со странами дальнего зарубежья максимальными показателями характеризуются 1994 и 1995 гг. Отток в дальнее зарубежье снижается в 1997-1998 гг. почти на 50% по сравнению с «пиковыми» годами. В потоке со странами ближнего зарубежья проявляется аналогичная тенденция, что и в общем миграционном потоке с двумя максимумами в 1994 и 1997 гг. В потоке межобластной миграции область имела положительный прирост до 1996 г. с тенденцией ежегодного снижения, в дальнейшей и в этом потоке отмечается отрицательное сальдо.

Таким образом, первые годы независимости международная миграция ознаменовалась масштабным, стихийным развитием. В потоках внешней миграции область имела отрицательное сальдо, с 1996 г. сальдо стало отрицательным даже во внутриреспубликанском межобластном потоке.




| | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Страны СНГ | -3335 | -2481 | -2872 | 2447 | -1161 | 2402 | 1797 | 3243 | -2972 | -5415 | -2284 | -1067 | -2465 | -1821 | -1817 | -2486 | -1895 | -2299 | -2486 | -2950 |
| Страны вне стран СНГ | -5541 | -4457 | -4517 | -3295 | -2571 | -2034 | -412 | 357 | 1333 | 3125 | 65 | 94 | 34 | -65 | -135 | -185 | -204 | -234 | -165 | -258 |

**Рис. 2.** Сальдо миграции населения Северо-Казахстанской области (1999-2018 гг.)
(рассчитано и составлено авторами по источнику [8])

Рисунок 2 отражает увеличение доли сальдо миграции со странами СНГ и начиная с 2004 г. заметном снижении доли оттока в страны дальнего зарубежья с 62 до 1,5 %. Отмечается системный характер внешних миграционных процессов в течении двадцати лет с постоянной тенденцией к снижению, из которых только в 3-м периоде, а именно 2005-2006 гг. отмечается положительное сальдо по внешней миграции, но с учетом внутренней – вновь отрицательное. Начало 2-го периода – пик отрицательного сальдо миграции. В дальнейшем, наименьший отрицательный показатель сальдо миграции (-973) зафиксирован в 2010 г., который уже в следующем году увеличился практически в 2,5 раза и сохраняется на уровне (-2500).

Количество убывших из области на протяжении всего рассматриваемого периода превосходит число прибывших, особенно значительна разница с 2000 по 2004 гг. с тенденцией снижения с 4,6 до 2,3 раз. С 2005-2008 гг. количество прибытий в область из дальнего зарубежья резко увеличивается и впервые за долгие годы имеет положительное сальдо миграции, что связано и с прибытием оралманов из Монголии, Китая и др. стран [12,13]. Пик приходится на 2008 г. и составляет 3356 прибывших. В 4-м периоде с 2013 г. вновь разрыв между эмигрантами и иммигрантами увеличивается с 3,7 до 6,0 раз в 2018 г.

В новом тысячелетии масштабы миграции сокращаются, особенно в 3-м и 4-м периодах исследования, хотя сохраняется отрицательное сальдо. Однако в сравнении с 90-ми годами область вступила в период относительно регулируемых и менее масштабных передвижений. Такое развитие миграционного процесса говорит о том, что Северо-Казахстанская область продолжает снижать свой экономический потенциал, по сравнению с другими областями Казахстана и она является менее привлекательной для населения из других регионов.

В связи с тем, что в миграционным процессе исследуемого нами региона прибытия играют малую роль, более подробно остановимся на потоках выбытий. В результате подсчетов доли каждого потока в сумме всех выбытий получены данные, отраженные в таблице 1.

Таблица 1. **Доля отдельных потоков в процессе выбытий из Северо-Казахстанской области (%)**

| Периоды | Годы | Потоки выбытий во внешней миграции | | Межобластная миграция |
|---|---|---|---|---|
| | | в дальнее зарубежье | в ближнее зарубежье | |
| I | 1992 | 28,3 | 43,7 | 27,9 |
| | 1993 | 32,3 | 44,4 | 23,3 |
| | 1994 | 20,6 | 65,9 | 13,5 |
| | 1995 | 28,7 | 56,0 | 15,3 |
| | 1996 | 25,8 | 60,2 | 14,0 |
| | 1997 | 15,2 | 76,4 | 8,4 |
| | 1998 | 19,7 | 64,7 | 15,5 |
| II | 1999-2001 | 30,4 | 31,7 | 37,7 |
| | 2002-2003 | 23,5 | 35,1 | 41,5 |
| III | 2004-2005 | 13,8 | 37,8 | 48,3 |
| | 2006-2008 | 2,2 | 39,5 | 58,2 |
| IV | 2009-2016 | 2,1 | 32,5 | 65,4 |
| | 2017 | 2,5 | 34 | 63,5 |
| | 2018 | 3,4 | 35,1 | 61,5 |

(рассчитано и составлено авторами по источнику [8])

Из таблицы видно, что самый мощный поток выбытий от 23,8 до 76,4% приходится на внешнюю миграцию со странами ближнего зарубежья, особенно в период с 1994 по 1998 гг. В 2000-е гг. стал несколько снижаться, но все еще остается весьма ощутимым. В 2017-2018 гг. вновь отмечается рост данного потока. Поток выбытий в страны дальнего зарубежья стал заметно снижаться с 32,3 до 1,5%. Пики отмечались дважды в 1992-1993 гг. и 1999-2001 гг. С 2005 г. по настоящее время сократился примерно в 5 раз и колеблется от 1,5 до 3,4%. Снижение потока связано с наличием препятствий со стороны принимающих стран, при переезде в них. С 1992 по 1997 гг. доля участников во внутренней миграции сократилась в 3,3 раза. Начиная со 2-го периода, доля внутренней миграции постепенно увеличивается до 65%.

В потоке выбытий из Северо-Казахстанской области большую часть составляет русскоязычное население, на его долю приходится 92 % всех выбытий по внешней миграции в первом периоде, с тенденцией роста данного показателя. В числе прибывших доля русских снижается в течении всего периода исследования. Доля казахов значительна в потоках внутренней миграции и в настоящее время имеет отрицательное сальдо. Наиболее интенсивный отток направлен г. Нур-Султан, Акмолинскую, Туркестанскую и Костанайскую области. В результате миграционных процессов доля казахов в населении области выросла и в настоящее время составляет 34,7%, что выше данного показателя 1989 г. на 12,2%. Доля немцев в структуре населения СКО сократилась почти в 3 раза.

Таким образом, важным следствием миграции является изменение доли отдельных национальностей в этнической структуре.

Основной отток из Северо-Казахстанской области направлен в Российскую Федерацию и в среднем составляет более 95 % всех выбывших. Принятие в 2006 г. Государственной программы по оказанию содействия добровольному переселению соотечественников из-за рубежа способствовало повышению миграционной привлекательности России [14]. В итоге увеличение оттока из области в 2007 и 2008 гг. Только в кризисные в РФ 2014-2015 гг. показатель снизился до 82%. В последние годы доля эмигрантов в Россию вновь достигала максимума 98,8%. На втором и третьем местах, хотя с огромной разницей в доле прибывших, по сравнению с Российской Федерацией находится Украина и Беларусь.

Принятие Германией «Закона об изгнанных и беженцах» с присвоением статуса «позднего переселенца» вызвало массовую эмиграцию в данную страну, достигавший в отдельные годы более 95 % от числа выбывших в страны дальнего зарубежья [15]. В исследуемом промежутке времени максимальные показатели эмигрантов зафиксированы в 1-ый период 1994-1995 гг. (14559 и 14695 чел.). Во второй периоды количество выбывших не превышает 5500 человек и снижается к 2003 г. в два раза. В течении 3-го периода в Германию выехало чуть более 4000 человек, а за десять последних лет около 1400, следовательно объем миграционного оттока заметно сократился, однако его баланс по-прежнему не в пользу Казахстана.

Особое внимание следует уделять возрастной структуре населения, участвующего в миграционном процессе. Степень участия в миграционном процессе различных возрастных групп

резко различна. Наиболее подвижными являются лица трудоспособного возраста. Динамика участия населения основных возрастных групп в миграции отражена в таблице 2.

Согласно приведенным данным расчетов для лиц старше трудоспособного возраста характерно преобладание значительного их удельного веса в населении области, с тенденцией ежегодного увеличения, чем в числе мигрантов. Доля населения трудоспособного возраста среди мигрантов в 1,1-1,3 раза больше, чем в постоянном населении, что обусловлено и выездом молодежи для получения образования. Так, в 2017 г. единое национальное тестирование для поступления в казахстанские вузы прошли только 31% выпускников СКО. Высокая доля лиц моложе трудоспособного возраста свидетельствует о доминировании в миграционном потоке семейной миграции.

Таблица 2. **Возрастной состав населения и мигрантов Северо-Казахстанской области (в %) 1993-1998 гг., 2009-2018 гг.**

| Возрастные группы (период исследования) | Доля возрастных групп | | Отношение мигрантов к общей доле |
|---|---|---|---|
| | в населении | в числе мигрантов | |
| Моложе трудоспособного возраста | | | |
| 1993-1998 | 30,2 | 24,7 | 0,81 |
| 2009-2018 | 21,8 | 15,1 | 1,13 |
| Трудоспособного возраста | | | |
| 1993-1998 | 57,1 | 63,8 | 1,11 |
| 2009-2018 | 63,6 | 78,7 | 1,96 |
| Старше трудоспособного | | | |
| 1993-1998 | 15,3 | 10,0 | 0,65 |
| 2009-2018 | 15,5 | 6,7 | 0,68 |

(рассчитано и составлено авторами по источнику [8])

Таким образом, в миграционный поток вовлечены в основном население трудоспособного возраста, на долю которых приходится более 60% всех мигрантов. Исходя из этого очевиден факт, что область за период исследования быстрыми темпами теряет свои трудовые ресурсы.

Анализируя структуру по полу представленной в таблице 3, следует отметить различия в миграционной подвижности в четырех периодах исследования. Для мужчин характерна несколько большая миграционная подвижность в 1993-1995 гг. и в дальнейшем в обоих потоках снижается. Миграционная подвижность женщин напротив, ежегодно растет. Рассматривая различия в интенсивности миграции по полу в городской и сельской местности, следует отметить, что наиболее интенсивно выбывают женщины; среди прибывших в города также преобладают женщины.

Таблица 3. **Половой состав мигрантов Северо-Казахстанской области (1993-2015гг.)**

| Периоды исследования | Доля мужчин | | Доля женщин | |
|---|---|---|---|---|
| | поток прибытия | поток убытия | поток прибытия | поток убытия |
| 1993-1997 | 50,9 | 49,5 | 49,1 | 50,5 |
| 1999-2003 | 52,1 | 46,9 | 47,9 | 53,1 |
| 2004-2008 | 47,9 | 46,3 | 52,1 | 53,7 |
| 2009-2015 | 45,8 | 45,1 | 54,2 | 54,9 |

(рассчитано и составлено авторами по источнику [8])

Таким образом, явных диспропорций в половой структуре мигрантов не наблюдается ни в одном из потоков, хотя доля женщин в числе убывающих из области несколько возросла.

Одним из существенных показателей миграции является образовательная и профессионально-квалификационная структура участников данного процесса, оказывающая влияние как на трудовой потенциал территории, так и на возможность ее экономического подъема и дальнейшего развития. Для региона исследования типичным является процесс, получивший название «утечка умов», характеризующийся оттоком из области в первую очередь людей с высоким образовательным уровнем и профессиональной подготовкой [16]. Образовательный уровень мигрантов 1-го периода исследования отражает таблица 4.

Таблица 4. **Удельный вес мигрантов по уровню образования в миграционном сальдо (%) 1993-1997 гг.**

| Год | Высшее | Неоконченное высшее | Среднее специальное | Среднее общее | Неполное среднее | Начальное |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1993 | 2,4 | 0,04 | 28,2 | 43,4 | 20,9 | 5,0 |
| 1994 | 12,1 | 1,8 | 29,6 | 35,8 | 15,6 | 5,1 |
| 1995 | 8,7 | 1,4 | 28,0 | 36,3 | 20,6 | 4,7 |
| 1996 | 9,7 | 1,9 | 29,2 | 34,1 | 24,4 | 0,2 |
| 1997 | 9,8 | 1,8 | 32,0 | 33,7 | 22,5 | 0,1 |
| в среднем | 8,5 | 1,7 | 29,4 | 33,6 | 20,8 | 3,0 |

Как видно из приведенных расчетов, образовательный уровень мигрантов в данный период был достаточно высоким. Доля лиц с высшим, незаконченным высшим и со средним образованием в 1997 г. составила 43,6 %, причем если доля лиц с указанным уровнем образования несколько возрастает, то доля лиц с более низким уровнем образования, напротив, снижается. Профессиональный уровень мигрантов непосредственно связан со структурой хозяйства области. Машиностроение является ведущей отраслью промышленности региона, поэтому спад производства и соответственно нестабильная работа заводов или во многих случаях их полная остановка стали причиной отъезда специалистов технических профессий. На их долю приходится 1/4 мигрантов. Для области потеря работников технических специальностей имеет отрицательные последствия и в настоящее время ощущается дефицит кадров.

**Выводы.** Миграционный процесс в Северо-Казахстанской области за весь период исследования характеризуется существенным преобладанием потока выбытий над прибытиями с постоянным снижением прибытий, за исключением 2005-2006 гг. и существенным увеличением выбытий в период с 1992-1999 гг. в дальнейшем сохранением этой тенденции с небольшими изменениями данного показателя. Кроме того, длительный период времени область быстрыми темпами теряет свои людские ресурсы, за счет снижения рождаемости, увеличения доли пожилого населения и смертности.

Таким образом, в результате миграции и низкого естественного прироста область существенно уменьшает свой не только демографический, но и экономический потенциал, что является серьезными причинами необходимости научной разработки региональных программ дальнейшего регулирования миграционной ситуации Северо-Казахстанской области в целях стабилизации темпов устойчивого социально-экономического развития в рамках современных стратегических программ развития регионов страны.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Bosswick W., Friedrich H. Integration of migrants: Contribution of local and regional authorities. – New York, 2006. – 134 p.

[2] Постсоветские трансформации: отражение в миграциях./Под ред. Зайончковской Ж.А./Центр миграционных исследований. - М.: ИТ «АдамантЪ», 2009. - 411 с.

[3] Саипов А.А., Ауезова З.Т. Практические занятия по экономической и социальной географии Республики Казахстан: Учебное пособие. – Астана: ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, 2017. – 98 с.

[4] Садовская Е. Ю. Международная миграция в Казахстане в период суверенитета. //Казахстан Спектр, 2016/1 (75). - С.7-42.

[5] Современная демографическая ситуация в Казахстане. Научное издание. – Алматы: КИСИ при Президенте Республики Казахстан, 2004. – 60 с.

[6] Садовская Е. Ю. Миграция в Казахстане на рубеже XXI века: новые тенденции и перспективы. Алма-Ата, 2001. – 260 с.

[7] Официальный интернет-ресурс Департамента статистики Северо-Казахстанской области http://stat.gov.kz/faces/sko (дата обращения 15.03. 2019 г.).

[8] Официальный интернет-ресурс Комитета по статистике Республики Казахстан http://stat.gov.kz (дата обращения 15.03.2019 г.).

[9] Есетов С.К. Миграционные процессы в Казахстане в 90-е годы.//Молодые ученые о демографических проблемах в Казахстане. –Алматы: Раритет, 2000. С.72-74.

[10] Асанбаева А.Е. К вопросу о миграционных процессах между Казахстаном и Россией.// Вестник Омского университета. - 2014. № 4 (4). С. 35-38.

[11] Бояркин Г.Н., Мрачковский А.Е. Миграция: проблемы, перспективы регулирования (на примере Северо-Казахстанской области): Монография. Омск: Изд-во ОмГТУ, 1999. – 116 с.

[12] Калыш А., Касымова Д. Репатрианты Казахстана: Казахстан в системе транснациональной миграции в условиях глобализации: учебное пособие. – Алматы: Қазақ университеті, 2015. – 364с.

[13] Kalysh A., Isayeva A. Ethnic status of modern Kazakhstan // Procedia – Social and Behavioral Sciences. Vol. 131, 15 May 2014. – P.271-277.

[14] Официальный интернет-ресурс Государственная программа переселения соотечественников в Россию http://переселение-соотечественников (дата обращения 20.03.2019 г.).

[15] Официальный интернет-ресурс Bundesvertriebenengesetzvom https://www2.kl ett.de (дата обращения 20.03.2019 г.).

[16] Максаковский В.П. Географическая картина мира. Кн. I: Общая характеристика мира. Москва, Дрофа, 2008, 4-е изд., 495 с.

Исмагулова С.М., Ауезова З.Т., Ауезова К.Т., Кизатова Д.С.

**Солтүстік Қазақстан облысындағы халықтың көші-қон үрдістерінің тарихи және қазіргі заманғы тенденциялары**

**Түйіндеме.** Мақала Солтүстік Қазақстан облысының 1992-2018 жылдары бойынша көші-қон үрдістерін зерттеуге арналған. Ресми статистиканың негізінде аймақтағы қазіргі көші-қон жағдайының жай-күйіне талдау жасалды, сондай-ақ халықтың өңірден шығып кетуіне әсер ететін факторлар қарастырылды. Сыртқы және ішкі көші-қон үрдісінің қазіргі тенденциялары және көлемі мен бағыттары анықталды.

**Кілт сөздер:** көші-қон үрдістері, көші-қон факторлары, сыртқы көші-қон, ішкі көші-қон, оралмандар, көші-қон сальдосы.

**Berdenov Zh.G.[1], Mendybaev E.H.[2], Kamkin V.A.[3], Ataeva G.M.[2], Inkarova Zh.[1]**

([1]L.N.Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan.
[2]K.Zhubanov Aktobe regional State University, Aktobe, Kazakhstan.
[3]S.Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, Kazakhstan.
E-mail: berdenov-z@mail.ru)

## USE OF REMOTE SENSING METHODS IN THE STUDY OF THE SPATIAL-TEMPORAL CHARACTERISTICS OF THE VEGETATION OF THE AKKULA DISTRICT OF THE PAVLODAR REGION

**Abstract.** In the scientific work the characteristic of the vegetation cover of the Akkulinsky district of Pavlodar region is given according to remote sensing data. The paper describes the basic methods for processing and analyzing mid-range satellite images, based on the study of various decoding methodologies. The paper presents the data of field expeditionary research along the route with the allocation of geographical coordinates. The paper provides a complete description of the modern plant cover based on a comprehensive analysis. The paper considers the experience of creating a geo-information database of biodiversity based on geobotanical descriptions of the study area. The result of our research was the modern vegetation maps of the Akkkulinsky district of Pavlodar region.

**Keywords:** vegetation cover, biodiversity, satellite imagery, plant association.

**Берденов Ж.Г.[1], Мендыбаев Е.Х.[2], Камкин В.А.[3], Атаева Г.М.[2], Инкарова Ж.И.[1]**

([1]Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, г. Нур-Султан
[2]Актюбинский региональный государственный университет им. К.Жубанова
[3]Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова)

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В ИЗУЧЕНИИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА АККУЛИНСКОГО РАЙОНА ПАВЛОДАРСКОЙ ОБЛАСТИ

**Аннотация.** В работе дана характеристика растительного покрова Аккулинского района Павлодарской области по данным дистанционного зондирования. Описаны основные методы обработки и анализа космических снимков среднего диапазона, на основе изучения различных методологий дешифрирования. В работе приведены данные полевых экспедиционных исследований по маршруту с выделением географических координат. В работе дана полная характеристика современного растительного покрова на основе комплексного анализа. В работе рассматривается опыт создания геоинформационной базы данных биоразнообразия на основе геоботанических описаний изучаемой территории. Итогом нашего исследования стала современная карт растительности Акккулинского района Павлодарской области.

**Ключевые слова:** растительный покров, биоразнообразие, космический снимок, растительная ассоциация.

**Введение**

Изучение и сохранение растительного мира, в первую очередь редких и исчезающих видов растений – часть глобальной проблемы изучения, сбалансированного использования и сохранения биоразнообразия на планете. Эта проблема признана одним из узловых направлений международной природоохранной деятельности Казахстана, ратифицировавшей 19 августа 1994 г. международную Конвенцию по биологическому разнообразию [1].

Необходимость изучения и сохранения биоразнообразия (разнообразия видов и сообществ) растительного покрова на территории Павлодарской области, охватывающей Аккулинской район, очевидна. Павлодарская область расположена в степной зоне и относится к числу наиболее освоенных в хозяйственном отношении территорий Казахстана. Степи отличаются наивысшей степенью антропогенной деградации. Это выражается в катастрофическом обеднении ландшафтного и биологического разнообразия, сегодня степи европейской части относят к исчезнувшим биомам, поэтому в последние годы в Мире активно разрабатывается концепция оптимизации ландшафтов степной зоны [2].

Целью представленной работы является выявление и анализ изменений растительного покрова Аккулинского района Павлодарской области с помощью комплекса натурных и дистанционных исследований.

Применение современных геоинформационных технологий в изучении растительного покрова позволяет проводить детальный анализ его структуры и проводить геоботаническое картографирование в различных масштабах. Создаваемые при этом базы данных обеспечивают хранение информации для каждого типа территориальной единицы о составе растительных сообществ, их площадные соотношения, флористический список с показателями обилия и встречаемости видов растений. Это позволяет значительно повысить информационную емкость карт, каждая выделенная единица на ней может обладать большим объемом информации.

Создание геоинформационной системы биоразнообразия Аккулинского района позволит разобраться в экологических особенностях его территории и подойти к решению ряда научных и прикладных задач.

**Материалы и методы исследований**

Растительный покров Прииртышья, несмотря на длительность истории его изучения [3], все еще представляет интерес для дальнейшего изучения. В первом приближении (мелком масштабе) в литературе накоплено довольно много сведений о его составе и структуре, однако для принятия грамотных и обоснованных решений по его охране и рациональному использованию требуются другие уровни изученности: средне-и крупномасштабные.

Материалами для проведения исследовательских работ послужили разновременные космические снимки, полученные зарубежными космическими аппаратами Landsat-7, Landsat-8 и Terra за период 2016–2018 гг.; картографические фондовые материалы объекта исследований, а также результаты наземных геоботанических обследований (различных авторов [4,5,6]), а также собственные исследования авторов, выполненных на экспериментальных (ключевых) участках в летний период 2018 года. Для идентификации пространственно-временных характеристик растительности применялись снимки, выполненные в весенний, летний и осенний период (в период с мая по сентябрь) за 2016 – 2017 гг.

Регулярная космическая съемка предоставляет объективный, оперативно получаемый материал о состоянии земной поверхности и ее изменениях, а современные геоинформационные технологии обработки космоснимков обеспечивают точное покоординатное совмещение разновременных материалов для изучения динамики изменений, происходящих на поверхности Земли. С геопортала Геологической службы США с помощью поисковой системы GloVis (http://glovis.usgs.gov) загружены необходимые разновременные мультиспектральные снимки спектрорадиометра TM спутника Landsat-7. Пространственное разрешение снимков равно 30 м/пиксел [7]. Использование свободно доступных данных обуславливает достаточно легкое продолжение временной серии динамики растительности в последующие годы, а при необходимости также и расширение района исследования.

Обработка и анализ космических снимков проводились по стандартной схеме с использованием методов визуального и автоматизированного дешифрирования; метода построения индексных изображений в программном комплексе ENVI 5.2. Вычисление площадных характеристик объектов и картографическое оформление полученных материалов осуществлялось на базе ГИС-пакета ArGIS 10.1.

**Анализ и обсуждение**

Методы дешифрирования растительности по данным дистанционной информации при всём их разнообразии сводятся к двум основным: визуальному и автоматизированному [8].

Растительные сообщества являются более надежными показателями среды, чем отдельные виды, так как имеют целый комплекс индикационных (дешифровочных) признаков: форма занимаемой площади, строение (ярусность, синузиальность, мозаичность), проективное покрытие, спектр жизненных форм, набор экологических типов, видовой состав, а также биологическая продуктивность надземной части, так как установлена корреляция между биомассой надземной части растительного покрова и яркостью его изображения на снимках.

Наиболее существенное влияние на спектральный отклик растительности оказывают следующие доминирующие факторы: пигменты листа, структура клетки, содержание воды [9].

Хорошо дешифрируются растительные комплексы, фрагменты которых различаются по видовому составу, набору экологических и биоморфологических групп, пространственной структуре. Каждая составная часть комплекса получает на снимках собственное изображение, что приводит к созданию определенного рисунка. В связи с этим каждый тип комплексности на снимках характеризуется своим типом рисунка [10].

На любых космических снимках, даже самых мелкомасштабных, хорошо разделяются залесенные и безлесные территории (рисунок 1).



А) Безлесная территория вблизи райцентра Аккулы



Б) Лесистая территории вблизи села Сосновка

**Рис. 1.** Дешифрированные признаки залесенных территорий

При дешифрировании лесов в первую очередь отличают хвойные леса от лиственных, а при крупномасштабной съемке можно характеризовать структуру леса, сомкнутость полога, высоту и диаметр крон деревьев верхнего яруса, породный состав. Типы лугов дешифрируются по степени мезофильности и загущенности травяного покрова. Разделение степной растительности на снимках возможно по господствующим экологическим группам, учитывая, что сообщества, близкие по экологии, трудно различимы, их границы обычно расплывчаты и постепенны. В солончаковых пустынях растительность разрежена, ее маскирующая роль незначительна и дешифрирование ведется по тону изображений, кустарники на крупномасштабных снимках могут дешифрироваться индивидуально [11].

В целом же растительность степной зоны представляет собой наиболее сложный из геоботанических объектов дешифрирования и требует сопровождения эталонным полевым дешифрированием [12].

Она включает распознание таксономических единиц растительности (формаций, классов и групп ассоциаций, отдельных ассоциаций) и территориальных единиц – растительности местностей и урочищ. Ее решение основано на разработке дешифровочных признаков формаций.

В период с мая по август 2018 года нами были заложены ключевые участки для геоботанических наблюдений по периметру района исследования, для составления гербария и более детального изучения компонентного состава растительности в лаборатории. Для определения видов растительности пользовались [13].

В процессе исследования для географической привязки геоботанических описаний с помощью GPS-приемника определялись их координаты (таблица 1). На основе собранных в полевых исследованиях материалов на каждый из полевых периодов созданы атрибутивные таблицы с присоединенными к ним значениями долготы и широты. Далее таблицы были экспортированы в отдельные слои.

Таблица 1. **Наименование и расположение ключевых участков по маршруту полевых экспедиционных исследований**

| № кл. учас. | Наименование и расположение | Координаты |
|---|---|---|
| 1 | У поймы реки Иртыш, в 5 км севернее с.Аккулы | N51°29'08,61" E77°43'53,48" |
| 2 | У реки Иртыш, на южной окраине села Бескарагай | N51°21'00,70» E77°53'54,16» |
| 3 | Северная часть оз. Лебажье, в пяти км южнее трассы М-38 (Павлодар-Семей) | N51°27'45,91" E77°52'18,82" |
| 4 | Восточная часть озера Щербакты, вдоль трассы М-38, вблизи села Щербакты. | N51°23'43,99" E78°16'38,75" |
| 5 | 7 км южнее села Шака, юго-восточная часть Аккулинского района | N51°42'04,03» E79°00'26,72» |
| 6 | У озера Шалдай, северо-восточная часть Аккулинского района | N51°53'48,76" E78°48'08,85" |
| 7 | Западная окраина села Казы, кустарниковая роща вблизи оз.Казы | N51°43'25,84» E78°03'50,52» |
| 8 | Луговая поляна в 2 км юго-западнее села Ямышево | N51°53'06,54" E77°22'08,15" |

**Результаты исследования**

В результате фитосоциологического анализа было выделено 7 ассоциаций, 10 субассоциаций и 3 безранговых сообщества (рисунок 2).

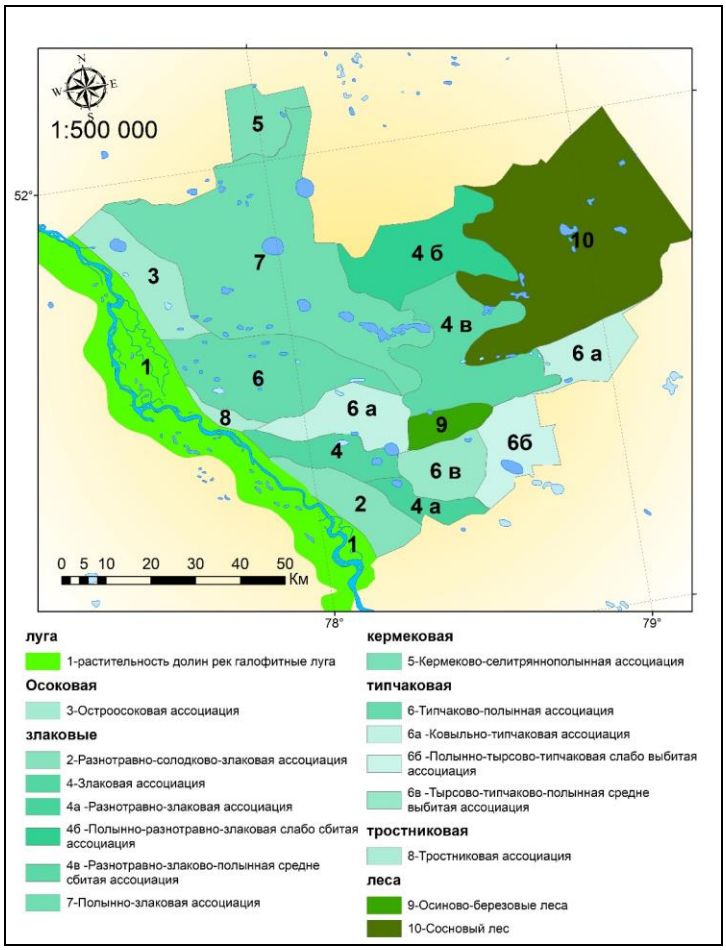



**Рис. 2.** Карта растительности Аккулинского района

Галофитные луга (1). Получили значительное распространение и характеризуются преобладанием в травостое пырея ползучего, вейника наземного, вострец, бескильницы тончайшей, подорожника наибольшего, солодки уральской, девясила британского, полыни селитряной, приуроченных к луговым засоленным почвам и солонцам.

Разнотравно-солодково-злаковая ассоциация (2). Формируется на луговых засоленных почвах замкнутых понижений рельефа при глубине залегания минерализованных грунтовых вод 1,5-2 м. Проективное покрытие почвы растительностью составляет 90%. В травостое доминируют ячмень короткоостистый и пырей ползучий с общим проективным покрытием 60%. Менее обильна солодка уральская - 15% и бодяк съедобный — 10%. Сопутствующие виды имеют общее проективное покрытие не более 5%: вострец, вейник наземный, полынь австрийская, лабазник обыкновенный, лабазник вязолистный, лапчатка вильчатая, астра алтайская, осока черноко-лосая и гониолимон красивый. Структура травостоя двухъярусная: первый ярус (40-60 см) формируют ячмень короткоостистый, пырей ползучий и солодка уральская, второй (20-30 см) - бодяк съедобный, осока черноколосая и астра алтайская.

Остроосоковая ассоциация (3). Формируется на лугово-болотных засоленных почвах замкнутых понижений рельефа с глубиной залегания минерализованных грунтовых вод 1-1,5 м. Проективное покрытие почвы растительностью 100%. С проективным покрытием 95% в травостое доминирует осока острая. Остальные 5% проективного покрытия приходятся на вейник ложнотростниковый, бескильницу гигантскую, полевицу белую, чихотник хрящеватый, триостренник морской. Структура травостоя одноярусная при высоте 60-80 см.

Злаковая ассоциация (4). Сформировалась на лугово-каштановых сильно солонцеватых почвах в слабо пониженных участках рельефа, где глубина грунтовых вод достигает 4 м. Проективное покрытие почвы растительностью составляет 75%. С проективным покрытием 60% в травостое доминируют ковыль красноватый, вейник наземный, тонконог стройный. Менее обилен типчак (10%). Сопутствующие виды (5%); волоснец узкий, осока ранняя, зубровка обыкновенная. Структура травостоя двухъярусная: первый ярус (35-50 см) формируют ковыль красноватый и вейник наземный, второй (10-30 ем) - тонконог стройный, типчак и др.

Разнотравно-злаковая ассоциация (4а). Сформировалась лугово-кащтановых слабозасоленных почвах в слабо пониженных участках рельефа с залеганием грунтовых вод на глубине 4 м. Проективное покрытие почвы растительностью 75%. С проективным покрытием 40% в травостое доминируют вейник наземный и волоснец узкий. Менее обильны (25%) лапчатка вильчатая и солодка уральская. Сопутствующие виды (10%): тонконог стройный, бескильница тончайшая, осока ранняя, одуванчик лекарственный, лабазник обыкновенный, типчак. Структура травостоя двухъярусная: первый ярус (35-50 см) формирует вейник наземный, второй (10-30 см) - лапчатка вильчатая.

Полынно-разнотравно-злаковая слабо сбитая ассоциация (4б). Проективное покрытие почвы растительностью 60-65%, доминируют (40%) вейник наземный и волоснец узкий мене обильны Q5%) солодка уральская, полынь австрийская и полынь холодная. Сопутствующие виды (10%) типчак, тонконог стройный, зопник клубненосный, одуванчик лекарственный. Структура травлстоя двухъярусная: первый ярус (35-50 см) формируют вейник наземный и волоснец узкий, второй (10-25 см) - полынь австрийская, полынь холодная и типчак.

Разнотравно-злаково-полынная средне сбитая ассоциация (4в). Проективное покрытие почвы растительностью 50-55%. В травостое с проективным покрытием 20-30% доминируют волоснец узкий и полынь австрийская. Менее обильны (15%) вейник наземный, солодка уральская и горец птичий. Сопутствуют (10%) типчак, полынь холодная, зопник клубненосный, лапчатка вильчатая и одуванчик лекарственный. Структура травостоя двухъярусная: первый ярус (30-40 см) формируют волоснец узкий и вейник наземный, второй (10-20 см) – полынь австрийская и горец птичий.

Кермеково-селитряннополынная ассоциация (5). Формируется на солонцах луговых корковых солончаковых замкнутых понижений рельефа при глубине залегания грунтовых вод 2 м. Проективное покрытие почвы растительностью 45%. В травостое доминирует полынь селитряная, проективное покрытие которой составляет 30%. Менее обилен кермек Гмелина - 9%. Сопутствующие виды: камфоросма марсельская, лебеда бородавчатая, соссюрея горькая -имеют общее проективное покрытие не более 5%. Структура травостоя одноярусная 15-30 см высоты.

Типчаково-полынная ассоциация (6) формируется на солонцах степных средне-солончаковатых слабоволнистой равнины при умеренном и значительном пастбищном использовании. Проективное покрытие почвы растительностью 45-50%. В травостое доминируют с проективным покрытием 45% полынь холодная и типчак. С проективным покрытием 3% в состав сообщества входят грудница

татарская, лапчатка бесстебельная, кермек Гмелина. Структура травостоя одноярусная, высота составляет 10-25 см.

Ковыльно-типчаковая ассоциация (6а) формируется на каштановых обычных почвах слабоволнистой равнины при залегании грунтовых вод более 6 м. Проективное покрытие почвы растительностью 65-70%. В травостое доминируют тырса и типчак, проективное покрытие которых составляет 60%. Им сопутствуют с общим проективным покрытием менее 5% змеевка растопыренная, тонконог стройный, овсец пустынный, лапчатка бесстебельная и зопник клубненосный. Структура травостоя двухъярусная. Первый ярус (40-50 см) формирует тырса, второй (10-25 см) – типчак.

Полынно-тырсово-типчаковая слабо выбитая ассоциация (6б). Проективное покрытие почвы растительностью составляет 55-60%. В травостое доминируют тырса и типчак с общим проективным покрытием 45%. Менее обильны полынь австрийская и полынь холодная (10%). Сопутствуют с общим проективным покрытием не более 6% змеевка растопыренная, тонконог стройный, житняк, лапчатка бесстебельная. Структура травостоя двухъярусная: первый ярус (35-45 см) формирует тырса, второй (10-25 см) -типчак и полыни.

Тырсово-типчаково-полынная средне выбитая ассоциация (6в). Проективное покрытие, почвы растительностью составляет 50-55%. В травостое доминируют типчак, полынь австрийская и полынь холодная (40%). Менее обильная тырса занимает 7% проективного покрытия. С общим, проективным покрытием не более 5% сопутствует змеевка растопыренная, лапчатка бесстебельная и тонконог стройный.

Полынно-злаковая ассоциация (7). Формируется на солонцах лугово-степных мелких и средних солончаковатых слабо пониженных участков рельефа с глубиной залегания минерализованных грунтовых вод 5 м. Проективное покрытие почвы растительностью 55-60%. В травостое доминируют с общим проективным покрытием 40% полынь Шренка и вострец. Менее обилен типчак - 10%. Сопутствующие виды: полынь холодная, волоснец узкий, кермек Гмелина. Их общее проективное покрытие не превышает 5%. Структура травостоя одноярусная при высоте 15-30 см.

Тростниковая ассоциация (8). Формируется на лугово-болотных почвах замкнутых понижений рельефа при глубине залегания слабоминерализованных грунтовых вод на глубине 1-1,5 м. Проективное покрытие почвы растительностью 95-100%. Эдификатором сообщества при проективном покрытии 95% и высоте 1-2,5 м является тростник южный. Единичными особями встречаются тростянка овсяницевая, осока черноколосая, осока острая, триостренник морской.

Осиново-березовые леса (9). Сформировались в пониженных элементах рельефа с дополнительным натечным увлажнением и неглубоком залегании пресных грунтовых вод. Часто данные сообщества являются одной из стадий пирогенных восстановительных смен растительности на месте сосновых гарей. В древостое доминирует береза бородавчатая с примесью (иногда значительной) осины. В кустарниковый ярус входят шиповники, боярышник кроваво-красный, таволга городчатая и таволга зверобоелистная. В травостое встречаются тимофеевка степная, вейник наземный, пырей ползучий, земляника лесная, лабазник обыкновенный, кровохлебка лекарственная, клевер люпиновый и другие виды.

Сосновый лес (10). Формируется на боровых песках и является основным типом леса на обследованной территории. Происхождение лесных массивов культурное. Древостой чисто сосновый из сосны обыкновенной с единичной примесью березы бородавчатой и осины. Большинство насаждений находится в приспевающем и жердняковом классах возраста. Кустарниковый и травяной ярус практически отсутствует. Поверхность почвы покрыта толстым слоем хвойного, веточного и шишкового опада, мощность которого местами достигает 3 см.

**Выводы**

В результате полевых и камеральных работ осуществлена классификация типов растительности в пределах исследуемого района и выделены эталонные (типичные) участки (исходя из их репрезентативности для данной территории), для которых составлены ключи (эталоны) дешифрирования материалов аэрокосмической съемки, а полученные данные экстраполированы для аналогичных участков. По результатам разработана компьютерная база данных «Растительность Аккулинского района» в программном обеспечении ArcGIS10.1, содержащая большой объем современной информации по геоботанике, а также подготовлены материалы для проектирования районной экологической сети, обеспечивающей сохранение биоразнообразия и экологический баланс на территории Павлодарской области. База географических данных подробных геоботанических описаний и установление точного местоположения фитоценозов позволит проводить долговременный мониторинг их состояния.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Информационно-правовая система нормативных правовых актов Республики Казахстан «Әділет». Об одобрении Республикой Казахстан Конвенции о биологическом разнообразии и организации выполнения предусмотренных ею обязательств. http://adilet.zan.kz/rus/docs/P940000918 (дата обращения: 03.05.2019).

[2] Бассейн Урала: история, география, экология / А. А. Чибилёв; Отв. ред.: Ж. Т. Сивохип, О. А. Грошева; Институт степи УрО РАН. - Екатеринбург: УрО РАН, 2008. - 312 с.

[3] Динамика ресурсов лекарственных растений Павлодарского Прииртышья и их использование - Прозорова Т.А. Павлодар, 2010. – с.254.

[4] Прозорова Т.А., Черных И.Б. Биоразнообразие растительности Павлодарского Прииртышья. - Павлодар: НПФ ЭКО, 2002.- 238 с.

[5] Прозорова Т.А., Черных И.Б. Флора и ресурсы лекарственных растений поймы реки Иртыш Павлодарского Прииртышья. - Павлодар: НПФ ЭКО, 2002.- 264 с.

[6] Родман Л.С. Ботаника. - М.: Колос, 2001 г.

[7] А.К. Тулохонов, Б.З. Цыдыпов, А.Л. Волошин, Д.Ж. Батуева, Ц. Чимэддорж. Пространственно-временные характеристики растительного покрова аридной и семиаридной климатических зон монголии на основе индекса вегетации NDVI. // Аридные экосистемы. – Улан-Удэ: из-во Байкальский институт природопользования, 2014. - Т 20, № 2 (59). – С. 19-29.

[8] Лабутина И.А. Дешифрирование аэрокосмических снимков. - М.: Аспект Пресс, 2004. -184 с.

[9] Myneni R.B., Doug J., Tucker C.J.,Kaufmann R.K., Kauppi P.E., Liski J., Zhow L., Alexeyev V., Hughes M.K. A large carbon sink in the woody biomass of Northern forests // Proceedings of the National Academy of Sciences, USA PNAS. - 2001. - Vol. 98 (26). - P. 14784-14789.

[10] Виноградова А.И., Попова Т.А., Семенова Н.Н. // Аэрометоды геологических исследований. Л., 1971. С. 24-38.

[11] Лабутина И. А. Использование данных дистанционного зондирования для мониторинга экосистем ООПТ: метод. пособие / И. А. Лабутина, Е. А. Балдина. – М., 2011. – 88 с.

[12] Токарева О. С. Обработка и интерпретация данных дистанционного зондирования Земли: учеб. пособие / О. С. Токарева. – Томск: Изд-во Том. политех. ун-та, 2010. – 148 с.

[13] Флора Казахстана. Т.Т. 1-9.- Алма-Ата: АН Каз. ССР, 1956-1966 г.

Берденов Ж.Г., Мендыбаев Е.Х., Камкин В.А., Атаева Г.М., Инкарова Ж.И.

**Павлодар облысы аққулы ауданының өсімдіктер жамылғысының кеңістіктік - уақыттық сипаттамаларын зерттеуде қашықтықтан зондтау әдістерін қолдану**

**Резюме.** Ғылыми жұмыста Павлодар облысы Аққулы ауданының қашықтықтан зондылау деректері бойынша өсімдіктер жамылғысына сипаттама берілді. Жұмыста дешифрлеудің әртүрлі әдістемелерін зерделеу негізінде орташа диапазондағы ғарыштық түсірілімдерді талдау және өңдеудің негізгі әдістері сипатталды. Географиялық координаталарды бөлу бағытындағы далалық экспедициялық зерттеулердің мағлұматтары келтірілді. Қазіргі заманғы өсімдіктер жамылғысының жүйелі талдау негізінде толық сипаттамасы көрсетілді. Зерттелген аймақтың геоботаникалық сипаттамасы негізінде биоалуантүрліліктің геоақпараттық деректер қорын құру тәжірибесі қарастырылды. Зерттеулеріміздің нәтижесі ретінде Павлодар облысы Аққулы ауданының қазіргі заманғы өсімдіктер картасы жасалды.

**Түйінді сөздер:** өсімдік жамылғысы, биоалуантүрлілік, спутниктік бейнелер, өсімдіктер бірлестігі.

ӘОЖ 504.4.054

**Kabiyev E.[1], Berdenov Zh. G.[1], Musabaeva M. N.[1], Mendybayev E.H.[2], Ataeva G.M.[2]**

([1] L.N.Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan.
[2]K.Zhubanov Aktobe regional State University, Aktobe, Kazakhstan.
E-mail: yerlanustaz@gmail.com)

**GEOECOLOGICAL STATUS OF SURFACE WATERS OF THE DELTA OF THE RIVER ZHAIYK**

**Abstract:** The article deals with the hydrological regime of the Zhaiyk Delta as a result of expeditionary observations in 2016-2018. The paper presents the results of chemical analysis of surface water samples from key observation sites along the perimeter of the river Delta (study area). A geographic database on the state of surface waters has been established for the two-year collection of evidence to integrate data with published material stocks for prediction and modelling of geoecological zoning.

**Keywords:** river delta, hydrochemical parameters, geoecological state

**Кабиев Е.С.[1], Берденов Ж.Г.[1], Мусабаева М.Н.[1], Мендыбаев Е.Х.[2], Атаева Г.М.[2]**
([1] Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан.
[2]Актюбинский региональный государственный университет им. К.Жубанова, Актобе, Казахстан.
E-mail: yerlanustaz@gmail.com)

# ЖАЙЫҚ ӨЗЕНІ АТЫРАУЫ БЕТТІК СУЛАРЫНЫҢ ГЕОЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЫ

**Аңдатпа:** Мақалада 2016-2018 жж. экспедициялық бақылаулар нәтижесіндегі Жайық өзені атырауының гидрологиялық режимі қаралған. Жұмыста өзен атырауының негізгі бақылау учаскелерінен алынған су сынамаларының химиялық талдау нәтижелері келтірілген. Нақты материалдарды екі жыл ішінде жинақтауда, геоэкологиялық аудандастыруды болжау және модельдеу үшін жарияланған қор материалы мен деректерді интеграциялау мақсатында өзен атырауы суларының жағдайы бойынша географиялық деректер базасы құрылды.

**Түйін сөздер:** өзен атырауы, гидрохимиялық көрсеткіштер, геоэкологиялық жағдай.

## Кіріспе

Беттік сулар – қоршаған ортаның маңызды компоненттерінің бірі және олардың жай-күйінің көрінісі болып табылады, көбінесе экологиялық жағдайға шешуші әсер етеді. Жайық өзенінің атырауындағы сулардың желқума құбылысы процестері сулардың араласу айналымына, әсіресе, тұзды теңіз суының ағыс бойымен Атырау қаласына дейін жоғары қарай енуіне айтарлықтай әсер етеді. Соның нәтижесінде грунт суларының тұздану деңгейі артып өзеннің жоғарғы жайылмасындағы ағаш өсімдіктерінің өсуі тоқтайды [1].

Жайық өзенінің сағалық аймағының су режимі өзеннің бастауына, өзен атырауының гидрографиялық желісінің морфологиясы мен өткізу қабілетіне, гидротехникалық және мелиоративтік іс-шараларға, сондай-ақ Каспий теңізі деңгейінің ауытқуына байланысты. Жайық өзенінің беттік сулары – аймаққа келетін тұщы судың жалғыз ірі көзі болып табылады. Орта есеппен Жайық өзені жылына 8 км$^3$ тұщы су әкеледі – яғыни Каспий теңізін қоректендіруде Еділ өзенінен кейінгі екінші орында [2]. Ағынның басым бөлігі (60-80%) көктемгі су тасқыны кезінде (сәуір-мамыр) келеді. Осы уақытта өзеннің төменгі сағасындағы судың құйылуының ені он шақырымға жетуі мүмкін [3]. Жалпы бұндай процес көп уақыттарда өзен атырауы маңының өнімділігін қамтамасыз етті, бірақ теңіз деңгейінің 1970-ші жылдардың соңына дейінгі төмендеуі кезінде Жайық өзенінің арнасының шөгуі орын алып, ағындар екі ірі тарамдарға шоғырланды. Бұл жағдайдың орын алуына антропогендік факторлардың да ықпалы болғанын айта кеткен жөн.Осы кезеңде сол жағалаудағы бірқатар су ағындарының жойылуы орын алды. Бұл атыраудың шығыс бөлігі мен сағалық теңіз жағалау аймағына судың, минералды және органикалық заттардың келуінің азаюына, кейде тіптен толық тоқтауына алып келді. Сондықтан, антропогендік және табиғи факторлардың қарқынды әсері бар Жайық өзенінің әлсіз атыраулық жүйесінің беттік суларының қазіргі заманғы гидрологиялық процестерін үнемі қадағалау өзекті болып табылады және ерекше назар аударуды талап етеді.

Зерттеу аумағы. Зерттелетін аумақ Жайық-Каспий су бассейніне жатады. Гидрографиялық тор Жайық өзенін және оның су айдыны құятын Каспий теңізін құрайды. Жайық өзені Оңтүстік Орал тауларының баурайларынан бастау алады және Қазақстанның шекарасын кесіп өтіп, Батыс Қазақстан және Атырау облыстарының аумағы арқылы Солтүстік Каспиге құяды. Оның Қазақстан аумағы бойынша ұзындығы 1084 км құрайды. Жайық өзені бассейнінің жалпы ауданы 237 000 км$^2$ құрайды. Елек өзенінің құламасынан төмен Жайық ағысы айқын емес, Батыс Қазақстан облысының жоғарғы шекарасынан су ағынын шашырау (жоғалту) аймағы басталады (сурет 1) [4].

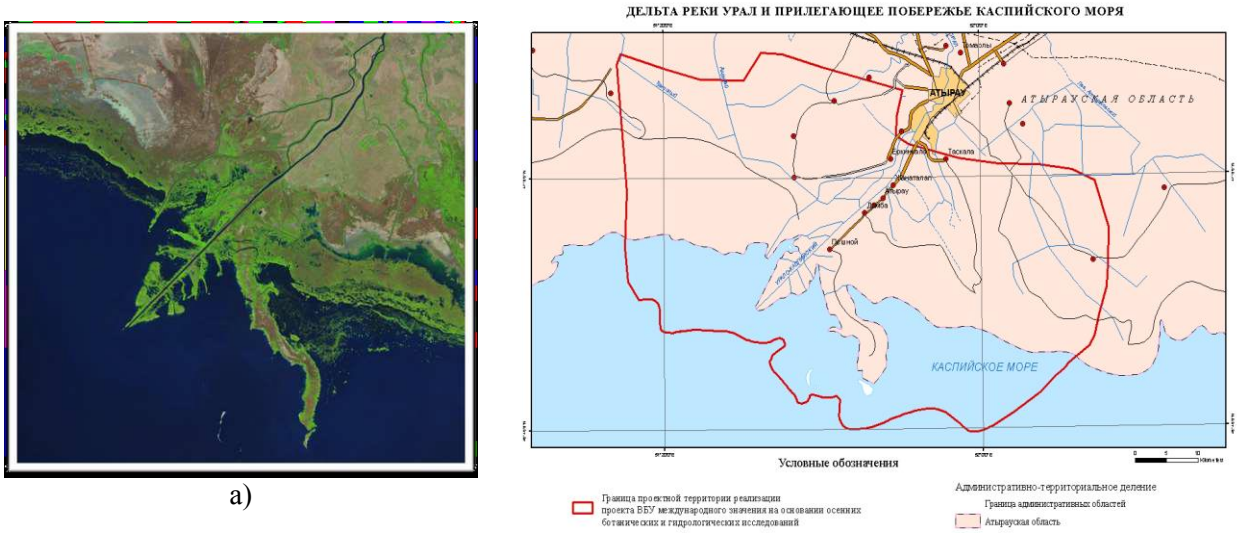



**Сурет 1.** Жайық өзені бассейнінің гидрографилық торы [5].

Зерттеу ауданы Каспий маңы ойпатының оңтүстік бөлігінде беткейдің – 27 м төмен абсолюттік шамада орналасқан. Зерттеу ауданының геологиялық қимасында іргетасы мен платформалық шөгінді тысы айқын көрінеді. Іргетастың кристалдық жыныстары аймақ шегінде 7-8 км тереңдікте орналасқан. Шөгінді қабаттың құрамында тұзасты, тұзды және тұзүсті кешендері бар. Тұзүсті кешені – жоғарғы пермдік жыныстардан бастап төрттік жыныстарды қоса алғандағы кешен. Бұл негізінен әктас пен мергельдің қабаттары бар сазды-құмды құрылымдар [6].

Каспий теңізі жағалауындағы теңіздік аллювиалды-атыраулық жазығы атыраулық және атырауаралық бөліктерге бөлінеді. Олардың ішінде Жайық өзенінің атыраулық бөлігі ерекше қызығушылық танытады. Теңіз маңы бөлігінде 100 км және жоғары 60 км-ге дейін трапециялық пішіндегі Жайық өзенінің атырауы ғарыштық түсірілімдерде жақсы көрінеді (сурет 2а).

Қазіргі заманғы Жайық өзенінің атырауы - Каспий деңгейінің ауытқуы нәтижесінде түрліше өзгеріске ұшыраған және хвалыннан кейін пайда болған түрлі жастағы өзен атырауының жүйесі. Жас атыраулар теңіздің ұзақ уақыт тұрақты болғандығын көрсетеді, ең кең аллювиальды атырау -22 м деңгейінде. Ең жас атырау, соңғы жүзжылдықта қалыптасқан және оның беті жоғары жайылма деңгейіне сәйкес келеді. Қазіргі уақытта ол теңіздің тікелей әсер ету аймағында және оның көптеген бөліктері су астында қалған, кейбірінде әлі де теңіз суы біртіндеп басуда (сурет 2б).




а) б)

**Сурет 2.** Жайық өзенінің атырауы; а) Landsat 7TM ғарыштық түсірілімінен көрініс; б) зерттеу аумағының шекара картасы.

**Зерттеу материалдары мен әдістері**. Материалдарды жинау және талдау кезінде географиялық зерттеулердің дәстүрлі әдістері қолданылды (бақылау, картаға түсіру, беттік су сынамаларын геохимиялық талдау). Зерттеу барысында балықтардың қоныс аудару мерзімі мен ұзақтығына әсер ететін маңызды экологиялық көрсеткіш болып табылатын өзеннің температуралық режимін өлшеу жұмыстары жүргізілді. Беттік су температурасы бір мезгілде жүретін бірнеше процестердің нәтижесі болып табылады: күн радиациясы, булану, атмосферамен жылу алмасу, жылудың ағыспен тасымалдануы, суды турбулентті араласуы және т.б. Су температурасы – су айдынында болатын физикалық, химиялық, биохимиялық және биологиялық процестерге әсер ететін маңызды фактор. Су температурасына оттегі режимі мен өзін-өзі тазарту процестерінің қарқындылығы айтарлықтай тәуелді.

Антропогендік әсер ету жағдайындағы су айдынының экологиялық жай-күйінің маңызды көрсеткіші судағы биогенді элементтердің шоғырлануы болып табылады. Бұл алдыменен ең оңай сіңірілетін азоттың және фосфордың минералды қосылыстарына қатысты. Биогенді элементтерге маусымдық өзгергіштік тән, олардың судағы құрамы фитопланктонның вегетациясымен тығыз байланысты. Осыған байланысты қыста фитопланктон биомассасының төмендеуі кезінде фосфордың концентрациясы артады, ал жазда керісінше – фитопланктонмен тұтынылатын фосфордың құрамы төмендейді.

Зерттеудегі маңызды мәселе гидрологиялық су шығыны болып табылады. "Қазгидромет" РМК ұсынған қор материалдарының мәліметтерінде Жайық өзенінде болған бірқатар басты су тасқындары тіркелген – 1914, 1922, 1923, 1931, 1940-42, 1946-48, 1957, 1970, 1993-95 жж. Өзендегі ең үлкен су шығыны – 14 000 $м^3$/с, 1942 жылы су тасқыны кезінде байқалған (бақылау кезеңінде судың орташа ең үлкен шығыны 3000 $м^3$/с –ке тең) [7].

Жайық өзені орта және төменгі ағысында (Атырау қаласының маңын қоспағанда) қатты бұрылып иреленденген, ескі арналар мен жайылмалық көлшіктер мол. Бұл ескі арналар мен жайылма көлшіктері құнды кәсіптік балық түрлерінің уылдырық шашатын орны ретінде маңызды рөл атқарады. Көбіне ескі арналардың жалпы ауданы Батыс Қазақстан облысының аумағындағы негізгі өзен арнасының үстіңгі беткі су ағысы өлшемінің бірлігінен асып түседі. Бірақ төменгі ағыста ескі арналардың саны (яғни, олардың ауданы) су ағысы өлшемінің бірлігіне қатысты қысқарады, ал Атырау қаласына жақындағанда олар мүлдем жоқ (мұнда арнаның иреленденуі Каспий теңізінің деңгейінің көпжылдық ауытқуының әсерінен айтарлықтай азайған).

Жайық өзенінің негізгі арнасы (біздің зерттеуіміздің аумағы шегіндегі Жайық атырауы) құмды және қиыршық тас шөгінділерімен, жағалаулары сазды және сазды шөгінділермен қалыптасқан. Көктемгі су тасқыны кезінде жағалаулардың, әсіресе оң жақ жағалаулардың қарқынды шайылуы байқалады. Жайық өзенінің оң жағалауының кейбір учаскелерде су деңгейдің едәуір көтерілуі кезінде ені бойынша шайылу жолағы жылына 10-15 м-ге артады.

Солтүстік-шығыс Каспий ағыс режимі бойынша екі негізгі ауданға бөлінеді: Жайық өзенінің теңіз жағалық сағасы және айдынның қалған бөлігі. Жайық өзенінің сағасында ағыстың бағыты өзен ағынымен анықталады. Су ағынының 80%-ын өткізетін Жайық-Каспий каналындағы су ағысының жылдамдығы су тасқынында 100-150 см/сек жетуі мүмкін, саябырланған кезінде 20-35 см/сек болады. Сағалық аймақта ағыс оңтүстік-батысқа бағытталып, содан кейін теңізге жақындағанда оңтүстік-шығысқа қарай бұрылады. 2-метрлік изобаттан аса жатқан ашық су айдындарында жел ағымдары басым болады. Су массаларының нәтижелі тасымалдануы мұнда өзен ағысы мен желдің бірлескен әрекетімен анықталады. Судың үстіңгі қабатында ағыс желдің бағытына сәйкес болады. Екі қабатты ағындар тереңдігі 5 метр және одан да көп аудандарда пайда болуы мүмкін, судың әртүрлі қабаттарында оның астындағы бағыты үстіңгі қабатқа қарама-қарсы болған кезде әртүрлі бағыттағы ағыстар да пайда болады. Желдік ағыстар тез (1-3 сағат ішінде) күшейеді және тез басылады, желдің жылдамдығы мен бағытына сәйкес өзгертеді. 5 м/с-тан кем жылдамдықтағы желдер тұрақты ағыс тудырмайды. Күшті және тұрақты желдер кезінде ағыс жел жылдамдығына және фазасына сәйкес келетін белгілі-бір бағытқа ие. Жел бағытын ауыстырған кезде ағыс схемасы күрт өзгереді. Жазда жел күші, бағыты жиі ауысқанда, тұрақты ағыстар әлсіз, тұрақсыз ағыстарға айналады [8].

**Зерттеу нәтижелері мен талқылаулар.** Біздің зерттеулеріміз 2016-2018 жылдардың ерте көктем, жаз және күзгі кезеңін қамтыды. Өзен атырауы периметрі бойынша микрокомпоненттерді құрайтын химиялық талдау жасау үшін беттік суларының сынамаларын алуға 10 бақылау учаскелері нақтылап алынды. Сынамаларды алу [9] бойынша жүргізілді. Талдау «Қазгидромет» РМК-нің сертификатталған зертханаларында жасалды (сурет 3).

Жайық өзенінің температуралық режиміне сәуір-мамыр айларында уылдырық шашу кезеңінде судың баяу қызу үрдісі тән. Жайық өзеніндегі су температурасының ең жоғарғы мәні шілде айының екінші жартысынан бастап тамыздың бірінші жартысына дейін байқалады. Тамыздың екінші жартысында су температурасының төмендеуі басталады. Сынамаларды іріктеу учаскелерінде су температурасының мәні 12,2 – 19,1 с шегінде өзгеріп отырды. Судың орташа температурасы 15,65 ˚С құрады.

Табиғи сулардың лайлануы ерімейтін немесе коллоидты органикалық емес және органикалық заттармен байланысты жұқа дисперсті қоспалардың болуымен байланысты. Сипатталуы: әлсіз опалесценция, опалесценция, әлсіз, елеулі және күшті лай.




**Сурет 3.** Бақылау нүктелерінің картасы

Судың лайлануы 82,3-12,0 NTU (47,734-6,96 мг/л) шегіндегі көрсеткіштермен сипатталды. Лайлылықтың ең төменгі көрсеткіштері (12,0 - 20,2 NTU) өзен сағасынан және офшорлық кен орындарынан неғұрлым алыс теңіздік зерттеу нүктелерінде байқалды. 33,4 – 58,9 NTU шегіндегі лайлықтың жоғары көрсеткіштері Жайық өзені мен Приморск каналының арнасындағы нүктелерге тән, бұл Жайық өзенінің су ағысының маусымдық процестеріне және өзеннің жоғарғы сағасынан келетін лайлағыш заттарға байланысты (кесте 1).

Кесте 1. **Бақылау нүктелері бойынша судың лайлану көрсеткіші**

| № б.н. | Бақылау нүктелерінің атауы | Координаттары | Лайлылық шамасы NTU (1 NTU = 0.13 мг/литр) |
|---|---|---|---|
| **1** | Ақжайық ауылы тұсындағы Жайық өзеніндегі бақылау нүктесі Өзен атырауының солтүстік жағы | 51°38’39’’В / 47°54’17’’С | 50-58,9 |
| **2** | Махамбет ауылы тұсындағы Жайық өзеніндегі бақылау нүктесі | 51°35’38’’В / 47°40’43’’С | 40-55,1 |
| **3** | Өзеннің Бақсай тармағындағы бақылау нүктесі (шығыс жағы) | 51°19’08’’В / 47°24’25’’С | 30-45,6 |
| **4** | Алга ауылы тұсындағы Жайық өзеніндегі бақылау нүктесі | 51°51’26’’В / 47°25’31’’С | 28,1-30,5 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **5** | Атырау қаласы тұсындағы Жайық өзеніндегі бақылау нүктесі | 51°53’19’’В / 47°05’47’’С | 25,7-30,4 |
| **6** | Өзен атырауының шығыс жақ арнасындағы бақылау нүктесі | 52°20’09’’В / 47°00’50’’С | 15-27 |
| **7** | Дамба ауылы тұсындағы Жайық-Каспии арнасындағы бақылау нүктесі | 51°40’28’’В / 46°55’35’’С | 12,1-17,5 |
| **8** | Өзен атырауының оңтүстік-батыс жағындағы Каспии теңізі жағалауындағы бақылау нүктесі | 51°09’43’’В / 46°55’19’’С | 12,8-20,5 |
| **9** | Пешной түбегіндегі бақылау нүктесі, Каспии теңізіндегі су сынамаларын алу. | 51°47’11’’В / 46°48’11’’С | 12,5-13,8 |
| **10** | Каспии теңізінен оңтүстік-шығыстағы өзен атырауындағы бақылау нүктесі | 52°17’51’’В / 46°48’36’’С | 12,0-17,2 |

Негізгі учаскелерден алынған сынамаларды химиялық талдаудың нәтижелері барысында ең үлкен pH (8,40 – 8,80) шамасы аумақтың тыныш қалыпты жағдайында байқалатыны анықталды. Ең төмен pH мәндері 5, 9, 10 учаскелерінде байқалды. Су тасқыны кезеңінде (сәуір, мамыр) pH шамасы 6,20-дан 8,20-ға дейін төмендейді.

Жайық өзенінің суы негізінен орташа алғанда 500-600 мг/л тең минералданған гидрокарбонатты (натрий немесе кальцийлі топтар) болып табылады. Судың минералдануы өзен суының молдылығына тығыз байланысты екені белгілі [10].

Осылайша, Жайық өзенінің төменгі сағасында орташа жылдық минералданудың ең төменгі мәні 1987 жылы (орташа жылдық 335 $м^3$/с шығын кезінде 386 мг/л) белгіленген, ал орташа жылдық минералданудың ең жоғарғы мәні 92,4 $м^3$/с шығын кезінде 664,3 мг/л құрады. Яицк каналында минералдану Золотой тарамына қарағанда біршама жоғары. Бірақ мұндай үрдіс теңізден дауыл соққан кезде бұзылады. Теңізге жақындаған сайын атыраудағы судың минералдану дәрежесі өседі. Елеулі өзгерістер аумақтың саябырланған кезеңінде байқалады. Су тасқыны кезінде бұл заңдылық сақталмайды және іс жүзінде байқалмауы мүмкін [11]. Саябырланған кезеңде минералданудың ең жоғары жылдық мәні байқалады (грунт суларының есебінен). Ал сонда да қыс мезгілінде ол жоғарғы-аллювиальды сулардың аз қатысуынан жазғы-күзгі сабырсыған кезеңіне қарағанда көп. Минералданудың қысқы мәндері 800-1500 мг/л құрайды. Жайық өзенінің– Махамбет ауылының гидрологиялық бекетінде ең көп 1260 мг/л минералдану (шығыны 75,0 – 80,0 $м^3$/с болғанда) 1984 ж. қысқы кезеңде байқалған [12].

Біздің зерттеулеріміз көрсеткендей маусым айынан бастап еріген сулардың ағуы тоқтағаннан кейін Cl - және Na+ иондарының құрамы артады, барлық негізгі учаскелерде минералданған су өз класын хлоридті-натрийлі етіп өзгертеді. Осылайша, хлоридтер мен сульфаттар концентрациясының ішкі жылдық тербелістері жалпы минералдану режимінің фазалары бойынша өзгерістермен синхронды түрде ағып өтеді және тиісінше 300-ден 20 мг/л-ға дейін және 200-ден 50 мг/л-ға дейіні шамада тыныш жағдайдан су тасқыны кезіне дейін төмендейді. Зерттеу нәтижелері бойынша судың гидрокарбонатты иондармен қанығуы жыл бойы 100-ден 300 мг/л-ге дейін өзгереді деген қорытынды жасауға болады. Беттік сулардағы кальций мен магний иондарының шоғырлануы тиісінше 50-ден 100 мг/л-ге дейінгі және 8-ден 80 мг/л-ге дейінгі шектерде өзгереді. Бақылау нүктелерінде (1, 3, 7, 8, 9) алынған су сынамаларында минералдануды тұщы деп, ал теңіз станцияларының бақылау нүктелерінде тұзды деп сипаттауға болады. Талдау нәтижелері өзен мен арналарда 0,2-ден 1,6 ppm-ге дейін және теңізде 1,9 ppm-ден 4,9-ға дейін өзгереді.

Судағы нитратты иондардың құрамын бақылау, олардың ерте көктемде 8,0 мг/л-ге дейін ұлғаюын және жазғы – күзгі кезеңде 0,05-0,5 мг/л-ге дейін азаюын көрсетеді. Кремний иондарының құрамы күз мезгілінен көктемгі-жазғы су тасқынына дейін арта отырып, үлкен өзгергіштікпен (0,1-30 мг/л) сипатталады, бұл ластанған қардың еруімен және арнаға ағуымен байланысты. Фосфаттармен қанығуы орташа есеппен 0,002-ден 0,090 мг/л-ге дейін ауытқиды. Олардың экстремалды-жоғары мәндері су тасқыны кезінде белгіленген (0,257; 0,653 мг/л). Бұл, әлбетте, олардың алаңдарда шайылуымен байланысты. Жалпы темірдің мөлшері 0-ден 2,68 мг/л аралығында ауытқиды. Су тасқыны кезеңінде оның ең үлкен мәні (5,5 мг/л дейін) байқалады, бұл техногендік аумақтарда шайылумен байланысты.

Фосфордың қосылыстары табиғи суларға өлген су организмдерінің ыдырауынан, олардың су түбіндегі шөгінділермен алмасуынан, жыныстарының еруі нәтижесінде түседі. Су айдынын шаруашылық мақсатында пайдалану минералды фосфор концентрациясының артуына әкеледі, бұл өз кезегінде су айдынының эвтрофталануын тудырады. Жоба аумағындағы табиғи ортаның экологиялық

жай-күйіне көктемгі зерттеулер жүргізу нәтижелері бойынша сынама алу нүктелерінде жалпы фосфордың құрамы 0,025-тен 0,101 мг/дм$^3$ аралығында ауытқиды. Күзгі зерттеу нәтижелері бойынша фосфордың орташа құрамы - 0,063 мг/дм$^3$ (кесте 2).

Жалпы азот азоттың минералдық және органикалық формаларының мөлшерін анықтайды. Минералдық азотқа қарағанда органикалық азоттың айтарлықтай көп болуы табиғи суларға тән құбылыс. Азот мөлшері бақылау нүктелерінде 2,008-3,083 мг/дм$^3$ шегінде ауытқып тұрды. Азоттың орташа құрамы 2,54 мг/дм$^3$ құрайды (кесте 2).

Каспий теңізі деңгейінің көтерілуі кезінде Жайық өзенінің атырауына теңіз суларының енуі байқалады. Бұл судың гидрохимиялық құрамында да өзгеріс тудыруы мүмкін. Минералдану жоғарылайды. Иондардың құрамының да өзгеруі мүмкін. $Ca^{2+}$ тұздарының мөлшері азайып, және $Mg^{2+}$ артуы мүмкін. Бұл жағдайда биологиялық заттардың тұзды суда бұзылуына байланысты нитраттар мен нитриттердің азаюы күтіледі [13].

**Кесте 2** – Негізгі иондар мен судың минералдануы (2016-2018 жж. орташа жылдық мөлшері)

| Сынама алу орны | Ингредиенттердің атауы мг/дм$^3$ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Аммоний иондары ($N_{жалпы}$) | $H_2PO_4^-$ (Жалпы фосфор) | pH | $NO_3^-$ | $SO_4^{2-}$ | $Na^+$ | $Cl^-$ |
| 1-Бақылау нүкте | 2,1 | 0,02 | 7,5 | 0,08 | 0,02 | 55 | 104 |
| 2-Бақылау нүкте | 2,02 | 0,91 | 7,8 | 0,85 | 0,4 | 59 | 100 |
| 4-Бақылау нүкте | 2,45 | 0,1 | 7,2 | 2,1 | 0,09 | 103 | 158 |
| 5-Бақылау нүкте | 2,54 | 0,02 | 8,0 | 3,4 | 0,1 | 124 | 102 |
| 7-Бақылау нүкте | 2,008 | 0,63 | 7,9 | 0,89 | 0,4 | 156 | 145 |
| 9-Бақылау нүкте | 3,0 | 0,056 | 8,2 | 4,5 | 0,35 | 148 | 156 |
| 10-Бақылау нүкте | 3,08 | 0,048 | 8,8 | 4,9 | 0,6 | 200 | 178 |

Барлық зерттеу нүктелерінде күкіртті сутегінің ($H_2S$) құрамы 0,001-ден 0,004 мг/дм$^3$ дейін ауытқиды. ШРК-ның асып кетуі (0,003 мг/дм$^3$) 7 нүктесінде белгіленді. Күкіртті сутегінің шекті рұқсат етілген 0,003 мг/дм$^3$ деңгейі 7, 9, 10 сағалық нүктелерде белгіленген. Қалған алты сағалық нүктелер күкіртсутегінің 0,002 мг/дм$^3$ тең көрсеткіштерімен сипатталады. Күкіртті сутегінің ең төменгі 0,001 мг/дм$^3$ мөлшері теңіз нүктелерінде белгіленген. Өзеннің сағалық бөлігінде күкіртті сутегінің мөлшерінің жоғары болуы органикалық заттардың көп жиналуымен түсіндіріледі. Органикалық заттардың одан әрі ыдырауы біраз мөлшердегі күкіртсутектің қалыптасуына әкеледі [14].

Синтетикалық беттік-белсенді заттар (СББЗ). Мониторинг станцияларындағы күзгі зерттеулер нәтижелері бойынша СББЗ-ның құрамы 0,005-0,01 мг/дм$^3$ шегінде болды. Орташа құрамы 0,0075 мг/дм$^3$ құрады. ШРК-нен асушылық байқалмады. Құрамында синтетикалық беттік-белсенді заттар анықтау бойынша су сынамаларын зерттеу нәтижелері 3-кестеде көрсетілген.

**Кесте 3.** Беттік сулардың гидрохимиялық көрсеткіштері (Бақылау учаскелерінде барлық зерттеу кезеңіндегі орташа мәні)

| № н.б. | Жайық өзені бойындағы учаскелердің атауы | СЛИ | Су сапасының көрсеткіштері және Ингредиенттер | Орташа концентрациясы мг/л | ШРК-дан асу еселігі |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 | Атырау қаласы тұсындағы Жайық өзеніндегі бақылау нүктесі | 0,95 | ОБТ5 | 2,2 | 0,84 |
| | | | СББЗ | 11,32 | 0,53 |
| | | | Мыс | 0,001 | 0 |
| | | | Фенол | 0,005 | 2,5 |
| | | | Мырыш | 0,001 | 0 |
| | | | Қорғасын | 0,01 | 1 |
| | | | Хром | 0,001 | 0,1 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 9 | Пешной түбегіндегі бақылау нүктесі, Каспии теңізіндегі су сынамаларын алу. | 1,55 | ОБТ5 | 3,47 | 0,87 |
| | | | СББЗ | 9,92 | 0,60 |
| | | | Мыс | 0,44 | 8,8 |
| | | | Фенол | 0,001 | 1,0 |
| | | | Мырыш | 0,157 | 1,57 |
| | | | Қорғасын | 0,065 | 6,5 |
| | | | Хром | 0,022 | 2,2 |

2018 жылдың мамыр-маусым айларында фондық бақылау кезінде судың құрамындағы 5 металға талдау жасадық: қорғасын (Pb), мырыш (Zn), темір (Fe), мыс (Cu), хром (Cr).

Жайық өзенінің сағасындағы барлық учаскелердегі қорғасын (Pb) мөлшері 0,001 мг/дм$^3$ –ден 5 нүктесінде 0,063 мг/дм$^3$ –ге дейін; мырыш (Zn) 0,001 мг/дм$^3$-тен 0,154 мг/дм$^3$ –ге дейін; темір (Fe) 0,0425 мг/дм$^3$-тен 7,1868 мг/дм$^3$ –ге дейін; мыс (Cu) 0,016 мг/дм$^3$-тен 0,047 мг/дм$^3$ –ге дейін; хром(Cr) 0,001 мг/дм$^3$-тен 0,022 мг/дм$^3$-ге дейін; (кесте 3).

Талдау нәтижелері көрсеткендей сынамалар алынған барлық нүктелерде, әсіресе теңізге жақындаған сайын қорғасын мөлшерінің (Pb) ШРК (0,03 мг/дм$^3$) артуы байқалады, тек 5, 8, 10 нүктелерінен басқа.

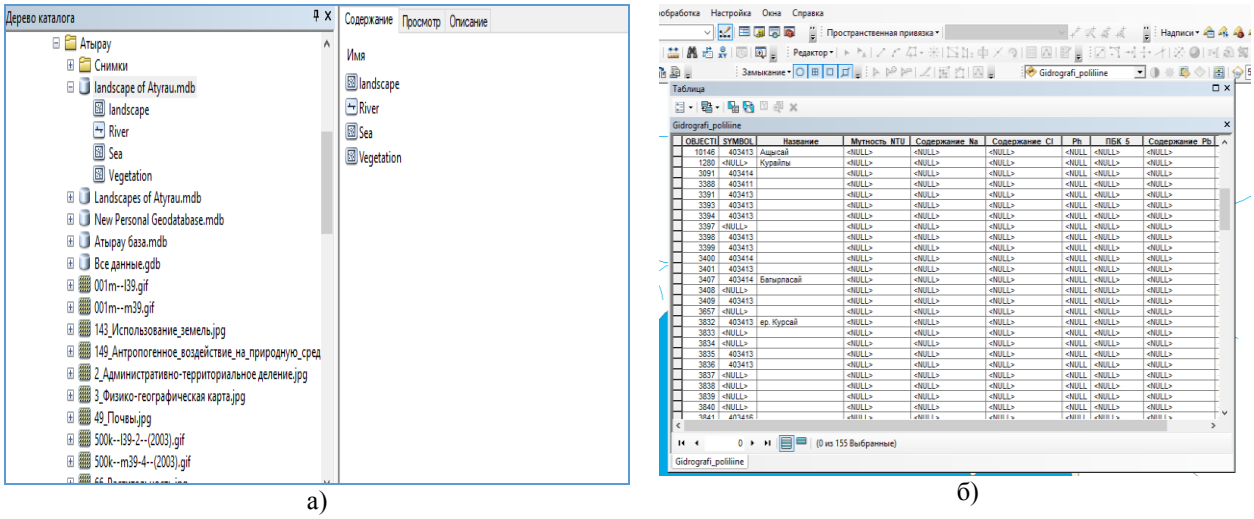
Сондай-ақ 2, 3, 5, 7 нүктелерінде және теңізге жақын учаскелерде темірдің (Fe) мөлшерінің ШРК (1,0 мг/дм$^3$) артуы байқалады.

Көктемгі зерттеулерді жүргізу кезінде фенолдар 0,005 мг/дм$^3$-тен 0,44811 мг/дм$^3$-ке дейінгі концентрацияларда белгіленген, ШРК-ның артуы 1в, 2В, 5в, 7в, 9в, 10в нүктелерінде белгіленген. Бақылау учаскелері бойынша фенолдардың орташа құрамы 3-кестеде көрсетілген.

Полиароматикалық көмірсутектер (ПАК). Сынамаларды іріктеу нүктелерінде судағы ПАК құрамы 0,00823-тен 0,4090 мг/дм$^3$ көрсеткішке дейін болды. Нафталин бойынша салыстырмалы жоғары көрсеткіштер 0,0-ден 0,0582 мг/дм$^3$–ке дейін белгіленген. Флуорен құрамы 0,0-ден 0,102 мг/дм$^3$-ке дейін көрсеткішке ие болды. Аценафтилен, фенантрен, антрацен, флуорантенбенз(а)антрацен құрамы 0,0-ден 0,3193 мг/дм$^3$ дейінгі шектерде өзгеріп тұрды.

Зерттеу кезеңінде Жайық өзенінің атырау арнасындағы судың сапасы орташа есеппен "орташа ластанған" деп сипатталды, үшінші класқа жатады, СЛИ орташа – 0,95. Зерттелетін аумақтағы теңіздегі судың сапасы "ластанған" ретінде сипатталады, төртінші класқа жатады, СЛИ орташа – 1,55. Бұл қорғасын мен фенолдардың шоғырлануының ұлғаюына байланысты, өйткені кеме қатынасы жақсы дамыған және техногендік өндірістер жақын орналасқан.

Гидрохимиялық көрсеткіштердің нәтижелерін біз, Жайық өзенінің атырауына арнап құрылған ArcGIS 10.1 бағдарламасындағы геомәліметтер базасына енгіздік (сурет 4). Бұл база өзен атырауы аумағының мерзімді мониторингі үшін, табиғи ортаның геоэкологиялық жай-күйін болжау және модельдеу үшін құрылды.




а) б)

**Сурет 4.** ArcGIS 10.1 бағдарламасындағы Жайық өзені атырауының геомәліметтер базасы

**Қорытынды.**

2016-2018 жылдар аралығында негізгі учаскелер бойынша жағалау аумақтарының суларын зерттеу нәтижесінде өзен атырауының беттік сулары "орташа ластанған" деп сипатталатыны анықталды. Теңіз акваториясына жақындаған сайын беттік сулар неғұрлым көбірек ластанған және "ластанған" деп сипатталатыны анықталды.

Белгіленген қызметті жүзеге асыру кезінде табиғи ортаның компоненттеріне кері әсерді болдырмау бағытында ҚР Экологиялық кодексінің талаптары мүлтіксіз сақталды.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Полонский В. Ф., Байдин С. С. Распределение и перераспределение стока в дельте реки Волги // Тр. ГОИН. – 1982. – Вып. 161. – С. 111–122.

[2] Байтуриева Ж. У., Бухарицин П. И. Водный режим дельты реки Урал // Вестник АГТУ. – 2006. №6 (35). С. 219-222.

[3] Беркович, К.М., Иванов, В.В. Экологическая напряженность, возникающая при антропогенных изменениях гидрологического и руслового режима рек // Проблемы оценки экологической напряженности территории России: факторы, районирование. - М.: МГУ, 1993.

[4] Биологическое обоснование целесообразности проведения мелиоративных работ на Яицком канале-рыбоходе, включая правый и левый Яицкие рукава реки Урал и прогноз ожидаемых результатов. Алматы. ТОО «КазНИИРХ», 2014.

[5] Интернет көздері. https://yandex.kz/images/search?pos=0&img_url=https%3A%2 F%2Fupload. wikimedia.org%2Fwikipedia%2Fcommons%2Fthumb. (Дата обращения 10.02.2019).

[6] Кабиев Е., Берденов Ж.Г., Мусабаева М.Н., Мендыбаев Е.Х., Инкарова Ж.И. Ландшафтный анализ дельты реки Жайык // Вестник КазНИТУ, №5 (129). – Алматы, 2018. С. 26-34.

[7] Гидрометеорология и гидрохимия морей, том VI. Каспийское море, вып.1. Гидрометеорологические условия. - СПб: Гидрометеоиздат. 1992.

[8] Отчет НИР. Предварительная оценка воздействия на окружающую среду (предовос) к ТЭО размещения пассажирского терминала на территории «Северо-Каспийской экологической базы реагирования на разливы нефти» при проведении морских нефтяных операций. СНС-087-Е-2016-12-001-003, ТОМ 3. ТОО «Центр дистанционного зондирования и ГИС «Терра». Алматы, 2016. – 266 с.

[9] ГОСТ 31861-2012. ВОДА. Общие требования к отбору проб.

[10] Каспийское море. Гидрология и гидрохимия. Отв. редакторы Байдин С.С., Косарев А.Н., Наука, 1986г.

[11] Биологическая продуктивность Каспийского моря; отв. ред. Ю.Ю. Марти и др. – М.: Наука, 1974.

[12] Экологические фоновые исследования строительства Северо-Каспийской базы Аджип ККО. Алматы. ТОО «ЦДЗ и ГИС «Терра». 2002.

[13] Шиварева С.П. Особенности гидрометеорологического режима Каспийского моря вдоль казахстанского побережья // Гидрометеорология и экология.1995. №1.

[14] Отчет о НИР «Оценка экологического состояния экосистем и растительных сообществ водно-болотных угодий (дельта реки Урал и прилегающее побережье Каспийского моря, Тенгиз-Кургальджинской системы озер и Алаколь-Сасыккольской системы озер) в пределах границ ВБУ международного значения и разработка мер по их сохранению (с использованием ГИС)», 2004, ТОО «ЦДЗ и ГИС «Терра».

[15] С.А.Абдрахманов, К.Б.Базарбаев, А.Р.Медеу. Русско-Казахский словарь географических терминов. – Алматы, 2011. – 358 с.

[16] университеті экология кафедрасының профессоры, б.ғ.к., Қазақстан, Астана.

Кабиев Е.С., Берденов Ж.Г., Мусабаева М.Н., Мендыбаев Е.Х., Атаева Г.

**Геоэкологическое состояние поверхностных вод дельты реки жайык**

**Резюме.** В статье рассмотрен гидрологический режим дельты реки Жайык в результате экспедиционных наблюдений 2016-2018 гг. В работе приведены результаты химических анализов проб поверхностных вод с ключевых участков наблюдения, заложенных по периметру дельты реки (исследуемой территории). По двухлетнему сбору фактического материала была создана база географических данных по состоянию поверхностных вод для интеграции данных с опубликованными фондовыми материала для прогнозирования и моделирования геоэкологического районирования.

**Ключевые слова:** дельта реки, гидрохимические показатели, геоэкологическое состояние.

УДК 53.06

**[1]A.A. Tolegenova, [2]N.Albanbay, [3]A.T.Zhetpisbayeva, [1]B.Zh. Medetov, [1]A.T.Isimova, [2]K.N.Taisariyeva**
([1]Al-Farabi Kazakh National University,
[2]The Kazakh National Research Technical University after K.I.Satbayev,
[3]S.Seifullin Kazakh Agro Technical University, akmaral.tolegenova90@gmail.com)

## DETERMINATION OF THE SPECTRAL CHARACTERISTICS OF TFBG TYPICAL OPTICAL FIBERS FOR THE USE AS A SENSOR BY TESTING

**Abstract.** Due to the increase in the use of sensors of inclined fiber Bragg grating (Tilted fiber Bragg grating - TFBG) to determine the refractive index, it is necessary to improve and propose new methods of calculation. This paper proposes a new calculation method. Used a TFBG with tilt angle 80 and the experiment was conducted for 24 the value of the refractive index and the dependences of the width of the spectrum bandwidth, its minimum and energy from the index of refraction.

**Key words:** optical fiber, tilted fiber Bragg grating, spectrum width, spectrum energy.

**[1]А.А.Толегенова, [2]Н. Албанбай, [3]А.Т. Жетписбаева, [1]Б.Ж. Медетов,**
**[1]А.Т.Исимова, [2]Қ.Н.Тайсариева**
([1]Әл- Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті,
[2]Қ.И.Сәтпаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті,
[3]С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, akmaral.tolegenova90@gmail.com)

## TFBG ТИПТЕС ОПТОТАЛШЫҚТАРДЫ СЕНСОР РЕТІНДЕ ҚОЛДАНУ ҮШІН ҚАЖЕТТІ СПЕКТРАЛДЫҚ СИПАТТАМАЛАРДЫ ЭКСПЕРИМЕНТ ЖҮЗІНДЕ АНЫҚТАУ

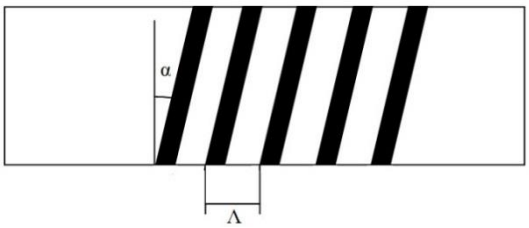
**Аңдатпа.** Талшықты көлбеу Брэгг торын (Tilted fiber Bragg grating- TFBG) сыну көрсеткішін анықтайтын датчик ретінде қолдану үшін есептеу әдістерін жақсартып, жаңа әдістерді ұсыну керек. Бұл мақалада есептеудің жаңа әдісі ұсынылады. Көлбеу бұрышы $8^0$ TFBG қолданылды, эксперимент сыну көрсеткішінің 24 мәні үшін жасалды және өткізу спектрі енінің, оның минимумының және энергиясының сыну көрсеткішіне тәуелділігі тұрғызылды.

**Түйінді сөздер:** оптоталшық, талшықты көлбеу Брэгг торы, спектр ені, спектр энергиясы.

**Кіріспе.** Қазіргі таңда талшықты көлбеу Брэгг торының (Tilted fiber Bragg grating- TFBG) көмегімен іске асқан бірнеше датчиктердің түрлері бар: аниондардың концентрациясын бақылауға арналған [1], көлбеу талшықты Брэгг торының өткізу қуатын өлшеуге негізделген сыну көрсеткішінің датчигі [2], қоршаған ортаның сыну көрсеткіші мен сұйықтық деңгейін қатар өлшейтін датчик [3], механикалық және биохимиялық датчиктер [4], талшықтың өзекшесіндегі легірлеуші қоспалардың концентрацияларының корреляциясымен сыну көрсеткішін анықтайтын датчик [5], TFBG өңдеу әдісі мен дымқыл химиялық кремнеземның біргуі арқылы алынған сыну көрсеткішінің датчигі [6] және т.б. Жоғарыда айтылған датчиктердің өзіндік ерекшеліктері бар. Алайда, TFBG оптоталшықты датчиктердің қолдану аясының кеңеюіне байланысты өлшеу әдістерін жақсартып, жаңа түрлерін ұсыну керек. Біздің жұмыста ұқсас өлшеу әдістерін қолдана отырып, есептеудің жаңа әдісін ұсындық.

Біздің есебіміздің ұқсас есептерден айырмашылығы, біз экспериментті сыну көрсеткішінің 24 мәніне жүргіздік және спектр енінің, оның минимумының және энергиясының сыну көрсеткішіне сызықты тәуелділігі алынды.

**Эксперименттік бөлім**. Экспериментте талшықты брэгг торының көлбеу бұрышы 8 градусқа тең және оның құрылымы (1- сурет) жарық сезгіш бірмодалы оптоталшыққа фазалық маска әдісі бойынша салынды. Бұл жерде TFBG тордың ұзындығы мен периоды, сәйкесінше, 10 мм және 540 нм.



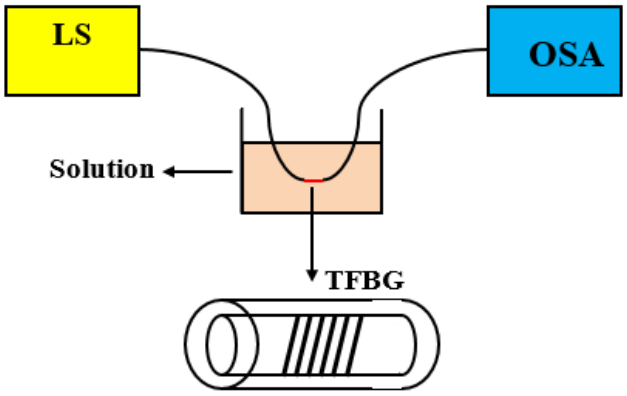

**1-сурет.** TFBG типтік құрылымы

Ортаның сыну көрсеткіші судың құрақ қанты қосылған ерітінді арқылы берілді. Ол үшін қанттың әр түрлі концентрациясымен 24 ерітінді қолданылды. Нәтижесінде ортаның сыну көрсеткіші тұрақты температурада 1,3344 пен 1,3706 аралығындағы 24 мәнді қабылдады. Ортаның сыну көрсеткіштерінің мәндері 1- кестеде келтірілген.

1-кесте. **Ортаның сыну көрсеткішінің мәндері**

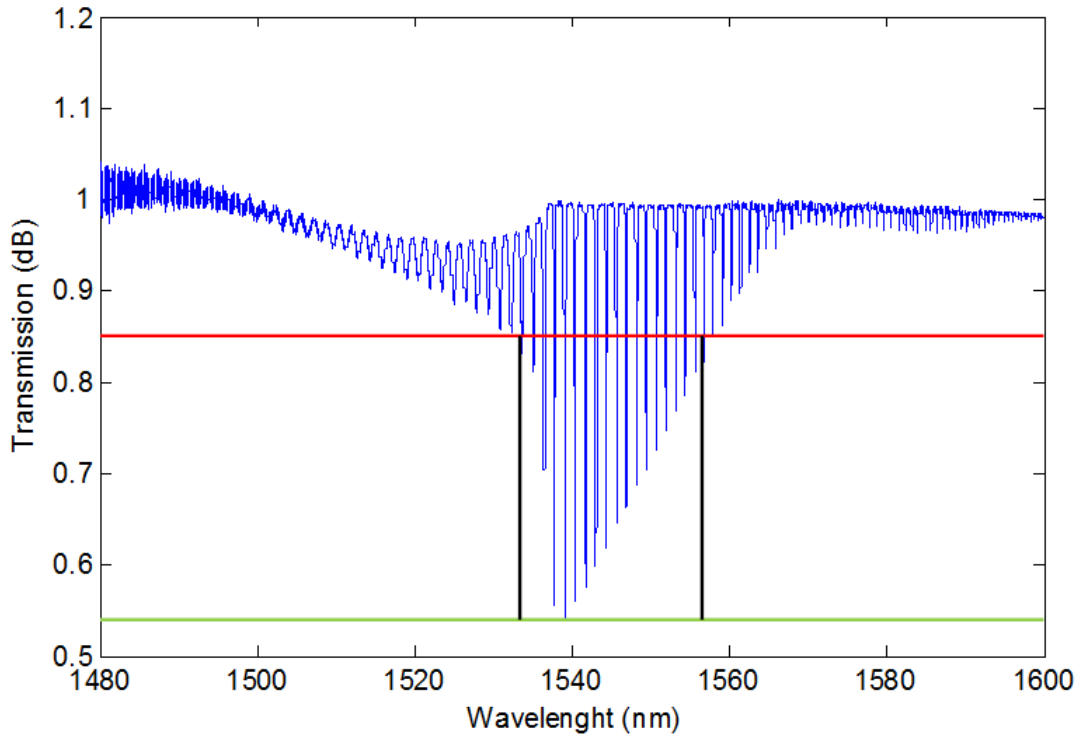
| Құрақ қантының ерітіндідегі концентрациясы % | Сыну көрсеткіші |
|---|---|
| 0 | 1.3330 |
| 1 | 1.3344 |
| 2 | 1.3359 |
| 3 | 1.3374 |
| 4 | 1.3388 |
| 5 | 1.3403 |
| 6 | 1.3418 |
| 7 | 1.3433 |
| 8 | 1.3448 |
| 9 | 1.3464 |
| 10 | 1.3479 |
| 11 | 1.3494 |
| 12 | 1.3510 |
| 13 | 1.3526 |
| 14 | 1.3541 |
| 15 | 1.3557 |
| 16 | 1.3573 |
| 17 | 1.3590 |
| 18 | 1.3606 |
| 19 | 1.3622 |
| 20 | 1.3639 |
| 21 | 1.3655 |
| 22 | 1.3672 |
| 23 | 1.3689 |
| 24 | 1.3706 |

TFBG арқылы өтетін жарық талшықты- оптикалық байланысы бар көз арқылы жіберілді, ал TFBG өткізу спектрі оптикалық анализатор көмегімен тіркелді. Эксперименталды қондырғының жалпыланған схемасы 2-суретте келтірілген.




**2-сурет.** Эксперименталды қондырғы жұмысының схемасы: LS- жарық көзі (light source), OSA- оптикалық спектр анализаторы (optical spectrum analyzer), TFBG- көлбеу талшықты Брэгг торы (tilted fiber Bragg grating), Solution- ертітінді

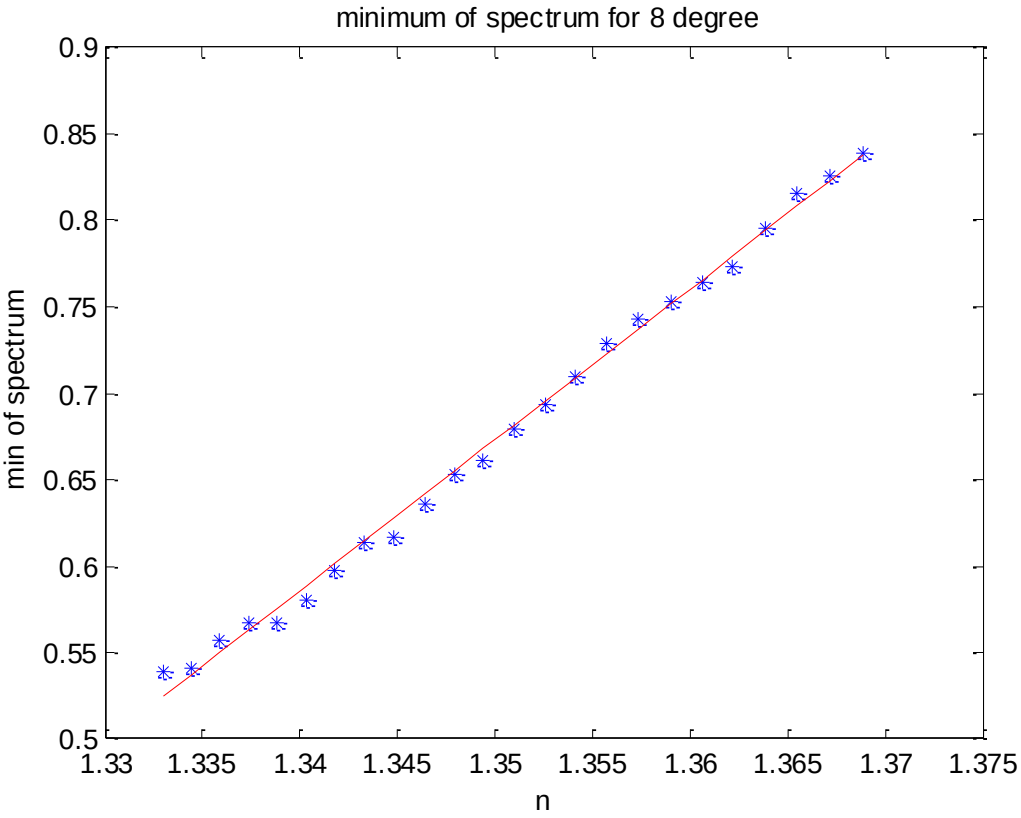
Эксперименталды зерттеудің негізгі мақсаты бойынша TFBG өткізу спектрі сипаттамаларының ортаның сыну көрсеткішіне мүмкіндігінше сызықты тәуелділігі ізделінді. Осы мақсат үшін әр түрлі сипаттамаларды қолдануға болады. Мысалы, [2] жұмыста эксперименталды мәліметтерді өңдеу кезінде өткізу спектрі қуатының сыну көрсеткішіне тәуелділігі алынған. Ал біздің жұмыста басқа тәуелділіктер қарастырылды: спектр енінің, минимумының және энергиясының сыну көрсеткішіне тәуелділіктері. 3- суретте эксперименталдық қондырғы арқылы алынған көлбеу бұрышы $8^0$ тең TFBG өткізу спектрінің минимумы мен енін анықтауға мысал келтірілген.



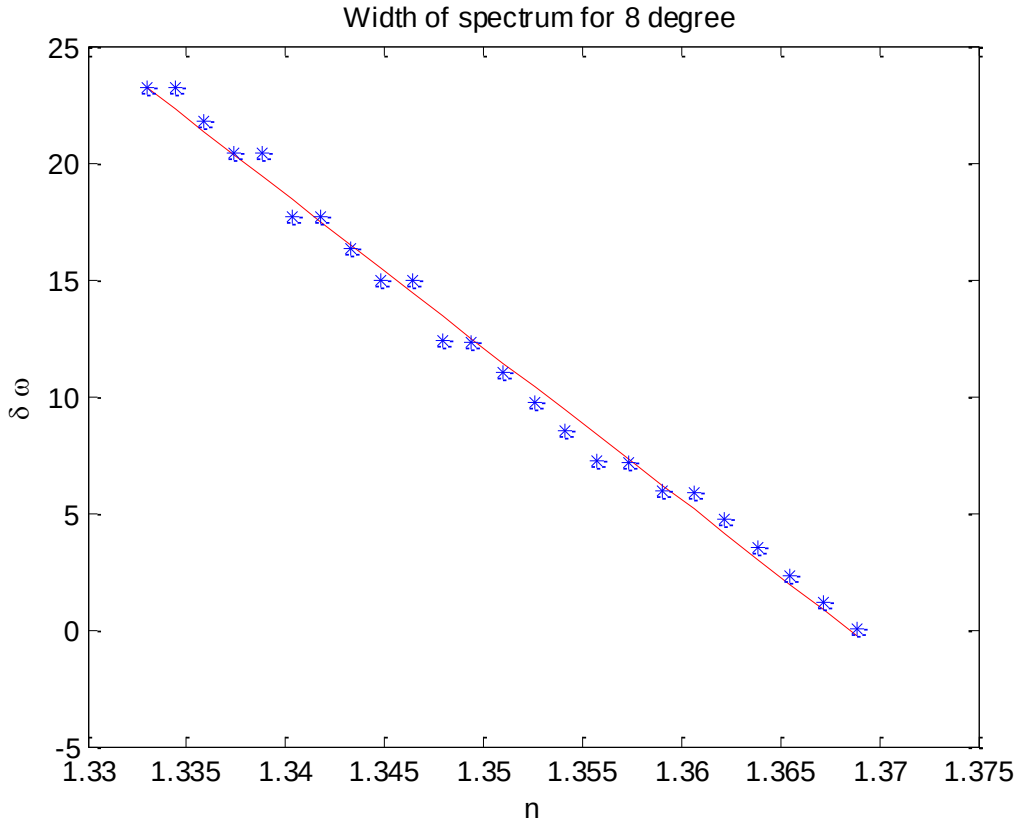

**3-сурет.** Көлбеу бұрышы $8^0$ тең TFBG өткізу спектрінің минимумы мен енін анықтауға мысал. *x* осі бойынша λ толқын ұзындығының мәндері, *y* осі бойынша өткізу коэффициенті мәндері берілген.

Бұл суретте қызыл түсті сызықпен шекті мән көрсетілген, біздің жағдайымыз үшін ол 0,85 тең. Жасыл түсті сызықпен спектр минимумының орналасуы көрсетілген, ол спектрдің ең минимал мәніне тең.

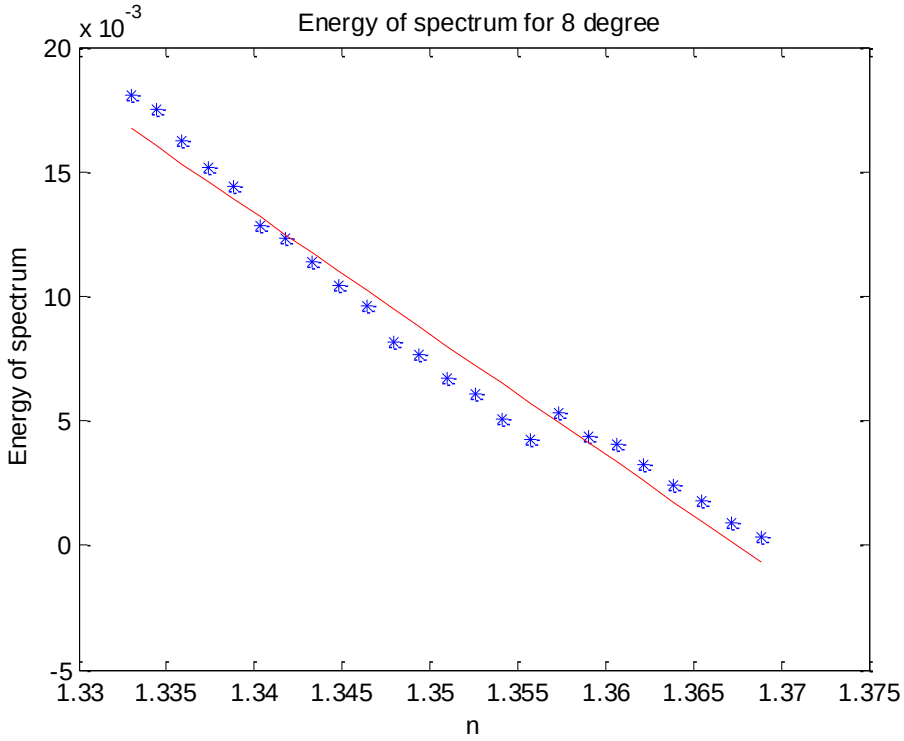
Біздің жұмыста спектр сипаттамаларының сыну көрсеткішіне сызықты тәуелділігі ізделінеді. Сол үшін эксперимент барысында алынған мәліметтерді Matlab бағдарламасының көмегімен өңделеді. Өңдеу нәтижелері 4- 6 суреттерді көрсетілген.




**4-сурет.** Спектр минимумының сыну көрсеткішіне тәуелділігі




**5-сурет.** Спектр енінің сыну көрсеткішіне тәуелділігі




**6-сурет.** Спектр энергиясының сыну көрсеткішіне тәуелділігі

4-6-суреттерде көк түсті нүктелер – эксперимент нәтижелері, ал қызыл түсті сызықтар аппроксималаушы қисыққа сәйкес келеді және тәуелділіктердің сызықтық екенін байқасақ болады.

Спектр минимумының, енінің және энергиясының сыну көрсеткішіне сызықты тәуелділік деңгейін сандық бағалау үшін бірінші ретті аппроксималаушы полиномның қателік коэффициенттері есептелді. Егер бірінші ретті аппроксималаушы полиномы

$y = a + bx$ түрінде болса, *b* коэффициентін анықтаудың орташа квадраттық қателігі келесідей формула бойынша табылады:

$$S_b = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - bx_i - a)^2}{(n-2)\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}}$$

Абсолюттік қателікті мынадай формуламен анықтаймыз:

$$\Delta b = S_b \cdot t_\alpha$$

мұндағы $t_\alpha$ - Стьюдент коэффициенті, біздің жағдай үшін (өлшеу саны 24 болғанда) 2,064 тең. Осылайша *b* коэффициентін анықтайтын қателіктер келесідей мәндер қабылдайды:

$\xi_b = 3.7\%$ - спектр ені үшін,

$\xi_b = 2.7\%$ - спектр минимумы үшін,

$\xi_b = 7.8\%$ - спектр энергиясы үшін.

*b* коэффициентін анықтаудың салыстырмалы қателіктері аз шама болғандықтан, спектрдің ені, минимумы мен энергиясы сыну көрсеткішіне сызықты тәуелді екенін байқаймыз.

**Қорытынды.** Осыған дейін жасалған көптеген эксперименттерде талшықты көлбеу Брэгг торын оптоталшықты сенсор ретінде пайдалану мақсатында, оның өткізу спектрі қуатының қоршаған ортаның сыну көрсеткішіне сызықты тәуелділігі қарастырылып келген. Алайда, осы жұмыста көрсетілгендей, өткізу спектрінің басқа да сипаттамалары сыну көрсеткішіне сызықты тәуелділікте болатындығы анықталды. Тіпті, кейбір сипаттамалар өткізу спектрінің қуатына қарағанда сызықтық заңдылықпен дәлірек сипатталатыны белгілі болды. Спектр минимумы үшін сызықтық тәуелділік дәлірек орындалады, себебі оны анықтаудың қателігі аз шамаға тең.

ӘДЕБИЕТ

[1] L.B. Melo, J.M.M. Rodrigues, A.S.F. Farinha, C.A. Marques, L. Bilro, N. Alberto, J.P.C. Tom, R.N. Nogueira. Concentration sensor based on a tilted fiber Bragg grating for anions monitoring. Optical Fiber Technology 20 (2014) pp. 422–427.

[2] Yin-ping Miao, Bo Liu, Qi-da Zhao. Refractive index sensor based on measuring the transmission power of tilted fiber Bragg grating. Optical Fiber Technology 15 (2009) pp.233–236.

[3] Qi Jiang, Debo Hu, Meng Yang. Simultaneous measurement of liquid level and surrounding refractive index using tilted fiber Bragg grating. Sensors and Actuators A 170 (2011) pp. 62– 65.

[4] Tuan Guo, Fu Liu, Bai-OuGuan, Jacques Albert. Tilted fiber grating mechanical and biochemical sensors. Optics &Laser Technology 78 (2016) pp. 19–33.

[5] F. Juelich, J. Roths - Munich University of Applied Sciences. Determination of the Effective Refractive Index of Various Single Mode Fibres for Fibre Bragg Grating Sensor Applications. SENSOR+TEST Conferences 2009. ISBN 978-3-9810993-6-2. pp 119 – 124.

[6] Wei Liang, Yanyi Huang, Yong Xu, Reginald K. Lee, Amnon Yariv. Highly sensitive fiber Bragg grating refractive index sensors. Applied Physics Letters 86(15) · April 2005.

Толегенова А.А., Албанбай Н., Жетписбаева А.Т., Медетов Б.Ж., Исимова А.Т., Тайсариева Қ.Н.

**Экспериментальное определение спектральных характеристик TFBG типных оптоволокон для применения в качестве сенсора**

**Резюме.** В связи с увеличением применения датчиков наклонной волокнной Брэгговской решетки (Tilted fiber Bragg grating- TFBG) для определения показателя преломления нужно улучшить и предложить новые методы вычисления. В данной статье предлагается новый метод вычисления. Использовался TFBG с углом наклона $8^0$ и проводился эксперимент для 24 значении показателя преломления и построена зависимости ширины спектра пропускания, его минимума и энергии от показателя преломления.

**Ключевые слова:** оптоволокно, наклонная волоконная Брэгговская решетка, ширина спектра, энергия спектра.

УДК 532.5

[1]**D. Zh. Bossinov,** [2]**T.T. Bekibayev,** [2]**A.D. Kudaibergen**

([1] Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

[2] Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev Almaty, Kazakhstan

e-mail: bossinov.daniyar@gmail.com)

## THE OIL TEMPERATURE DETECTING IN THE PIPELINE DURING COOLING AT SHUTDOWN

**Abstract.** The oil cools down in the pipeline during the shutdown of technological process pumping. In the non-stationary process of cooling, the high-congealing (waxy) oils crystallize into a solid state. This leads to difficulties in starting the pipeline and the necessity to calculate a safety shutdown time with the determination of the oil cooling temperature.

Calculations of oil temperature cooling are carried out using a modified Shukhov formula and the same value of the thermal conductivity coefficient of the soil for stationary and non-stationary modes of operation of the pipeline.

The obtained calculation results of cooling were compared with the actual data of SCADA system of JSC "KazTransOil".

**Key words:** pipeline, oil temperature cooling, high-viscosity and high-congealing oil.

[1]**Д.Ж. Босинов,** [2]**Т.Т. Бекибаев,** [2]**А.Д. Кудайберген**

([1] КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан

[2] КазНИТУ им. К.И.Сатпаева, Алматы, Республика Казахстан

e-mail: bossinov.daniyar@gmail.com)

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НЕФТИ В ТРУБОПРОВОДЕ ПРИ ОСТЫВАНИИ ВО ВРЕМЯ ОСТАНОВКИ

**Аннотация.** При остановке технологического процесса перекачки происходит остывание нефти в трубопроводе. В нестационарном процессе остывания высокозастывающие (парафинистые) нефти кристаллизуются в твердое состояние. Это приводит к трудностям запуска трубопровода и необходимости расчета безопасного времени остановки с определением температуры остывания нефти.

Расчеты остывания температуры нефти проводятся с использованием модифицированной формулы Шухова при одном и том же значении коэффициента теплопроводности грунта для стационарного и нестационарного режимов эксплуатации трубопровода.

Полученные результаты расчетов остывания были сравнены с фактическими данными СКДУ системы АО «КазТрансОйл».

**Ключевые слова:** трубопровод, температура остывания нефти, высоковязкая и высокозастывающая нефть.

**Введение.**

Высоковязкие и высокозастывающие (парафинистые) нефти имеют сложные реологические свойства, вследствие которых возникают осложнения при транспортировке по магистральным нефтепроводам.

Температура является одним из управляющих параметров при «горячей» перекачке нефти. Распределение температуры потока нефти по длине магистрального нефтепровода зависит от теплопередачи между горячей нефтью в трубе и холодным грунтом. Длина магистральных нефтепроводов исчисляется сотнями километров при диаметре трубы 0.7 – 1.0 м. и глубине залегания от 1.0 до 2.0 м. Система нефтепровод-грунт находится в неустановившемся состоянии из-за сезонных колебаний температуры грунта и воздуха, изменения физико-химических свойств окружающего грунта и реологических свойств перекачиваемой нефти.

Известно, что коэффициент теплопередачи трубопровода определяется в зависимости от: 1) конвективной теплоотдачи потока нефти с внутренней стенкой трубы; 2) теплопроводности материалов стенки и изоляции; 3) теплоотдачи наружной поверхности нефтепровода и окружающей среды (теплопроводности грунта) [1].

В данной статье исследуется нестационарный процесс остывания высокозастывающей (парафинистой) нефтесмеси для определения времени безопасной остановки трубопровода в зависимости от реологических свойств и коэффициента теплопроводности грунта.

**Постановка задачи.**

Информационная система СКДУ (система контроля и диспетчерского управления) имеет датчики для замеров параметров потока нефти (расход, давление температуры), а также грунта в отдельных пунктах участка магистрального нефтепровода по времени. На рисунке 1 фрагмент функционирования СКДУ системы АО «КазТрансОйл» (далее КТО).

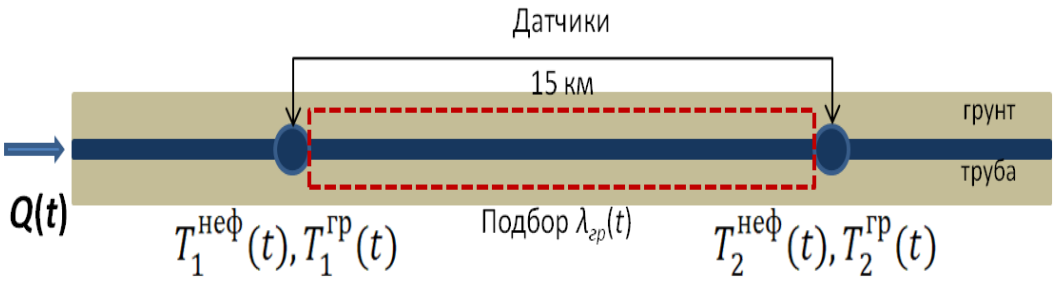



**Рис 1.** Схема расположения датчиков СКДУ

Ввиду того, что длина $L$ участка магистрального нефтепровода намного больше его внутреннего диаметра $D_1$ ($L > D_1$) задача рассматривается в одномерной постановке. Уравнение нестационарной теплопередачи потока нефти можно записать в виде [2]:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -w\frac{\partial T}{\partial x} - \frac{4k}{\rho D_1 C_p}(T - T_{гр}) \qquad (1)$$

где $T$ – температура нефти, в сечении трубопровода $x$, $T_{гр}$ – температура грунта, $\rho$ – плотность нефти, $C_p$ – теплоемкость, $w$ – скорость движения нефти, $k$ – коэффициент теплопередачи, $D_1$ – внутренний диаметр трубопровода.

В случае стационарного режима перекачки уравнение (1) запишется в виде [2]:

$$\frac{\partial T}{\partial x} = -\frac{4k}{w\rho D_1 C_p}(T - T_{гр}) \qquad (2)$$

Формула Шухова является решением последнего уравнения (3), благодаря которому рассчитывается остывание нефти в трубопроводе [3-5]:

$$T_x = T_{гр} + (T_0 - T_{гр})e^{-\frac{k\pi D_1 L}{Q\rho C_p}} \quad (3)$$

где $Q$ – объемный расход нефти, $T_0$ – начальная температура нефти, $T_x$ – температура нефти в конце трубопровода.

В уравнениях (1)-(3) скорость $W$, плотность $\rho$, теплоемкость $C_p$, объемный расход нефти $Q$ считаются известными согласно данным измерения СКДУ КТО.

Коэффициент теплопередачи $k$ от потока нефти в окружающую среду (грунт) выражается следующей формулой [6]:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + D_1\left(\frac{1}{2\lambda_{CT}} Ln\frac{D_2}{D_1} + \frac{1}{2\lambda_{ИЗ}} Ln\frac{D_{ИЗ}}{D_2}\right) + \frac{D_1}{\alpha_2 D_{ИЗ}}} \quad (4)$$

где $D_2$ – внешний диаметр трубопровода, $D_{ИЗ}$ – диаметр изоляции трубы, $\alpha_1$ – коэффициент внутренней теплоотдачи от потока нефти к внутренней стенке трубопровода, $\alpha_2$ – коэффициент внешней теплоотдачи от поверхности изоляции в окружающую среду, $\lambda_{CT}, \lambda_{ИЗ}$ – коэффициенты теплопроводности трубы и изоляции.

Внутренний коэффициент теплоотдачи от нефти к стенке трубы $\alpha_1$ определяется как [6-7]:

$$\alpha_1 = \frac{\lambda_H}{D_1} Nu \quad (5)$$

где $\lambda_H$ – коэффициент теплопроводности нефти, $Nu$ – число Нуссельта при теплоотдаче от нефти к стенке трубы.

Число Нуссельта определяется в зависимости от числа Рейнольдса [7]:

*Ламинарный режим (*$\mathrm{Re}_f$ *< 2000):*

$$Nu_f = 0.18 \cdot (\mathrm{Re}_f)^{0.305} \cdot (\mathrm{Pr}_f)^{0.42} \cdot (Gr_{окр})^{0.0931} \cdot (\mathrm{Pr}_{ср})^{-0.0218} \cdot (\theta_{внеш})^{-0.071} \quad (6)$$

*Смешанный режим: (*$2000 < \mathrm{Re}_f < 5000$)

$$Nu_f = 5.86 \cdot 10^{-5} \cdot (\mathrm{Re}_f)^{0.784} \cdot (\mathrm{Pr}_f)^{0.422} \cdot (Gr_{окр})^{0.07} \cdot (\mathrm{Pr}_{ср})^{-0.0153} \cdot (\theta_{внеш})^{0.05} \quad (7)$$

*Смешанный режим: (*$5000 < \mathrm{Re}_f < 10000$)

$$Nu_f = 5.15 \cdot 10^{-5} \cdot (\mathrm{Re}_f)^{1.418} \cdot (\mathrm{Pr}_f)^{0.438} \cdot (Gr_{окр})^{0.018} \cdot (\mathrm{Pr}_{ср})^{-0.01} \cdot (\theta_{внеш})^{0.00343} \quad (8)$$

*Турбулентный режим* ($\mathrm{Re}_f > 10000$, $0{,}5 < \alpha_2 < 10$):

$$Nu_f = 0.021 \cdot (\mathrm{Re}_f)^{0.8} \cdot (\mathrm{Pr}_f)^{0.43} \quad (9)$$

где $\mathrm{Re}_f = \frac{wD_1}{\nu}$ – число Рейнольдса потока нефти, $\mathrm{Pr} = \frac{\nu}{a} = \frac{\nu\rho C_p}{\lambda_H}$ – число Прандтля, $Gr_{окр} = \frac{D_1^3 g\beta_t(T - T_{гр})}{\nu}$ – число Грасгофа, найденное при температуре окружающей среды (грунта), $\mathrm{Pr}_{ср}$

– число Прандтля, подсчитанное при температуре $T_{ср} = \frac{T + T_{гр}}{2}$, $\beta_t$ – коэффициент температурного расширения нефти, $a$ – коэффициент температуропроводности, $\theta_{внеш} = \frac{D_1}{\left( Ins + \frac{1}{\alpha_2} \right) \lambda_{н(окр)}}$

– безразмерный параметр, характеризующий внешнюю теплоотдачу от трубопровода, $\lambda_{н(окр)}$ – коэффициент теплопроводности нефти при температуре грунта $T_{гр}$.

Сумма термических сопротивлений изоляции, отложений и стенки трубы выражается формулой:

$$Ins = \frac{D_1}{2\lambda_{СТ}} Ln\left( \frac{D_2}{D_1} \right) + \frac{D_1}{2\lambda_{ИЗ}} Ln\left( \frac{D_{ИЗ}}{D_1} \right) \tag{10}$$

Коэффициенты теплопроводности стали $\lambda_{СТ}$ и изоляции $\lambda_{ИЗ}$ находятся по данным СКДУ КТО.

Для расчета внешнего коэффициента теплоотдачи $\alpha_2$ используется формула Форхгеймера [3-6]:

$$\alpha_2 = \frac{2\lambda_{гр}}{D_{ИЗ} Ln\left[ \frac{2H}{D_{ИЗ}} + \sqrt{\left( \frac{2H}{D_{ИЗ}} \right)^2 - 1} \right]} \tag{11}$$

где $H$ – глубина заложения трубопровода в грунт до его оси, $\lambda_{гр}$ – теплопроводность грунта.

Считается, что в некоторый момент времени происходит остановка перекачки нефти в трубопроводе и начинается остывание нефти в трубе.

Процесс остывания в любом сечении трубы по длине *x* по времени можно рассчитать формулой:

$$T_t = T_{гр}(x) + (T_0(x) - T_{гр}(x)) \exp\left[ -\frac{4k_1 t}{\rho D_1 C_p} \right] \tag{12}$$

Коэффициент теплопередачи $k_1$ находится из выражения:

$$k_1 = \frac{1}{D_1 \left( \frac{1}{2\lambda_{СТ}} Ln\frac{D_2}{D_1} + \frac{1}{2\lambda_{ИЗ}} Ln\frac{D_{ИЗ}}{D_2} \right) + \frac{D_1}{\alpha_2 D_{ИЗ}}} \tag{13}$$

Теплопроводность грунта $\lambda_{гр}$ находится из выражения (4) таким образом, чтобы расчетные данные температуры нефти в пунктах $T(x,t)$ совпадали с данными измерения температуры нефти СКДУ КТО.

Фактические данные СКДУ дают возможность найти время остывания по значениям температуры грунта $T_{гр}$, температуры нефти в любом значении трубы в начальный момент $T_0(x)$ и конце остывания $T_t$.

Формула (12) позволяет найти распределения температуры в конце остывания при любом значении *x* по длине трубопровода.

**Обсуждение результатов расчета остывания**

Система СКДУ позволяет получить необходимые для проведения расчета фактические значения различных параметров. Для расчетов были выбраны определенные участки магистральных нефтепроводов и изучены на них остывания нефти. Остановка перекачки нефти определялась по падению производительности в фактических данных СКДУ. Также были получены другие фактические данные, необходимые для проведения расчета.

Были исследованы несколько участков нефтепроводов на наличие остановок, в их числе Северные Бузачи - Каражанбас, Кумколь – Джумагалиева, Каракоин – Чулак Курган и другие [8].

Расчет остывания производился при двух режимах перекачки: стационарном режиме перекачки и режиме остановки нефтепровода, чтобы получить картину остывания нефти в зависимости от времени остановки.

В стационарном расчете была найдена зависимость вязкости нефти от температуры. Определив зависимость изменения динамической вязкости от температуры, можно вычислить число Рейнольдса и внутренний коэффициент теплоотдачи от нефти к стенке трубы.

В таблице 1 приведены исходные данные участка Северные Бузачи – Каражанбас.

Таблица 1. **Исходные данные участка Северные Бузачи – Каражанбас**

| Параметры нефтесмеси | | | |
|---|---|---|---|
| Наименование параметра | Обозначение | Величина | Единица измерения |
| Плотность нефти (20°С) | $\rho$ | 938.9 | кг/м$^3$ |
| Теплопроводность нефти (20°С) | $\lambda_н$ | 0.144 | Вт/(м·°С) |
| Удельная теплоемкость (20°С) | $C_p$ | 1808 | Дж/(кг·°С) |
| Коэффициент объемного расширения нефти | $\beta_t$ | 0.000645 | 1/°С |
| Расход нефти | $Q$ | 269.7 | м$^3$/ч |
| Параметры трубопровода | | | |
| Наименование параметра | Обозначение | Величина | Единица измерения |
| Внутренний диаметр трубопровода | $D_1$ | 0.414 | м |
| Внешний диаметр трубопровода | $D_2$ | 0.426 | м |
| Глубина залегания трубопровода | $H$ | 1.207 | м |
| Теплопроводность стали | $\lambda_{СТ}$ | 58.15 | Вт/(м·°С) |
| Теплопроводность изоляции | $\lambda_{ИЗ}$ | 0.058 | Вт/(м·°С) |
| Толщина изоляции | $\delta_{ИЗ}$ | 0.0026 | м |
| Протяженность трубопровода | $L$ | 25000 | м |

Расчетные данные по распределению температуры нефти на участке Северные Бузачи – Каражанбас показаны на рисунках 2-5.

На рисунках 2, 3 показаны фактические и расчетные температуры остывания нефти в зависимости от времени после остановки перекачки на участке Северные Бузачи - Каражанбас.

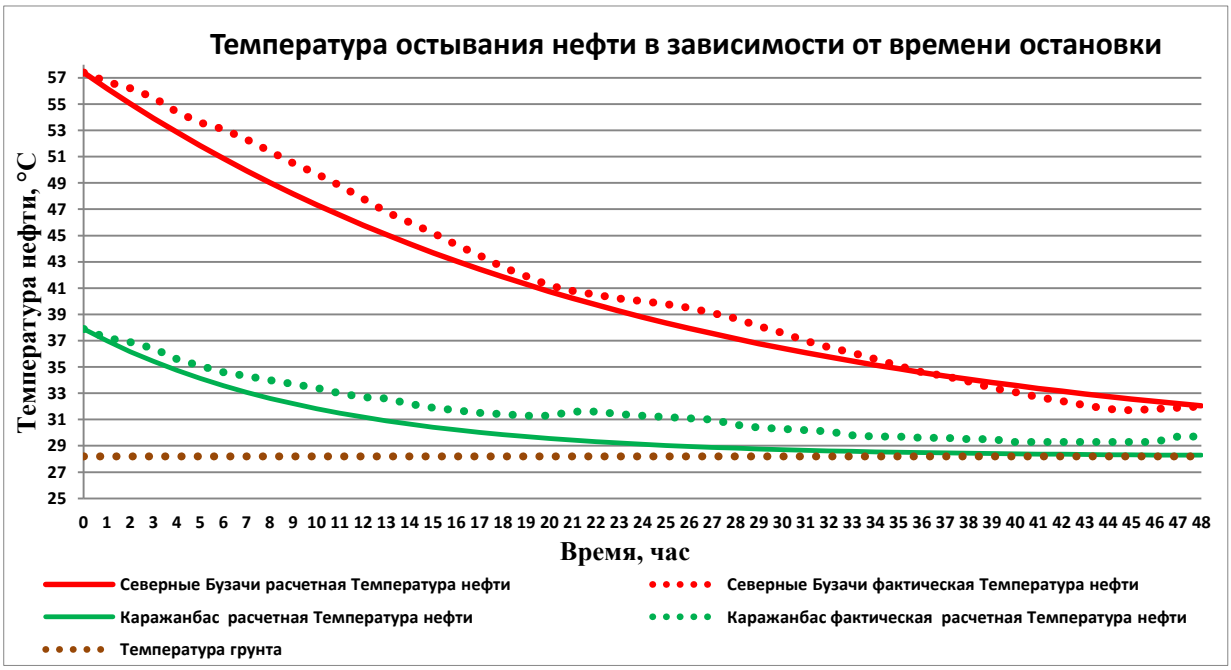



**Рис. 2.** Распределение температуры нефти на участке Северные Бузачи-Каражанбас для времени остановки 48 часов

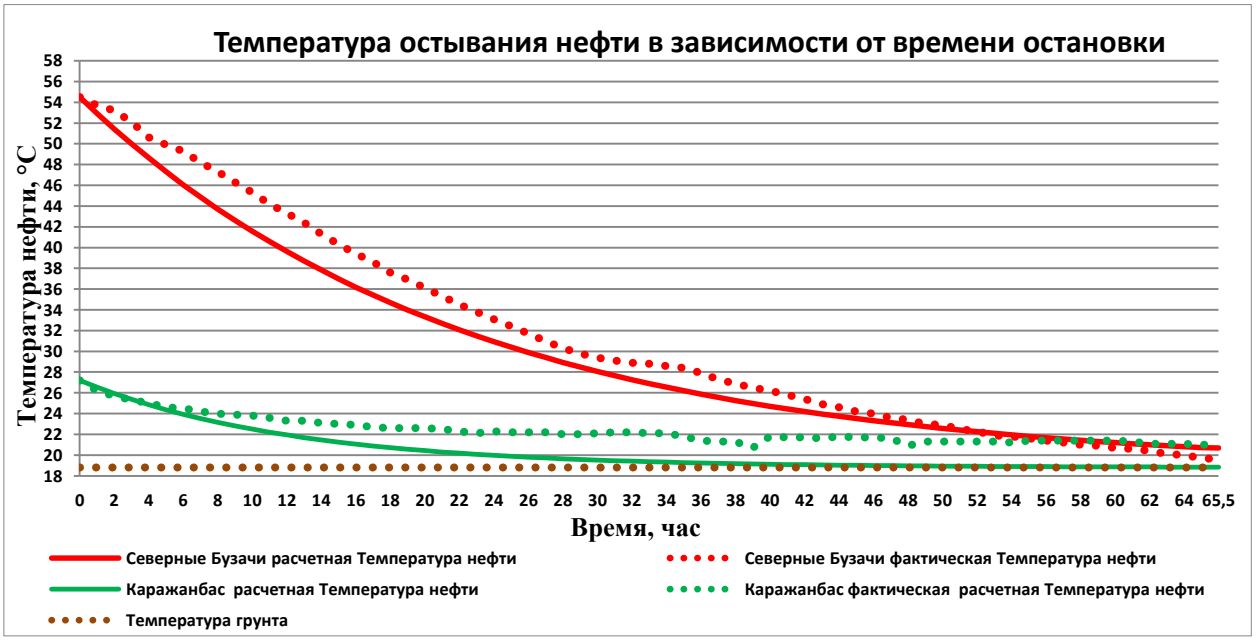



**Рис. 3.** Распределение температуры нефти на участке Северные Бузачи-Каражанбас для времени остановки 65.5 часов

На рисунке 4 показаны распределения температуры нефти при стационарном режиме и остановке трубопровода на участке Северные Бузачи – Каражанбас при температуре грунта за 25.10.2018 г. в течение 48 часов.

Аналогичные данные показаны на рис. 5 для температуры грунта 09.12.2018 г. в течение 65.5 часов.

Как видны из рисунков 4, 5 расчетные и фактические данные температуры практически совпадают.

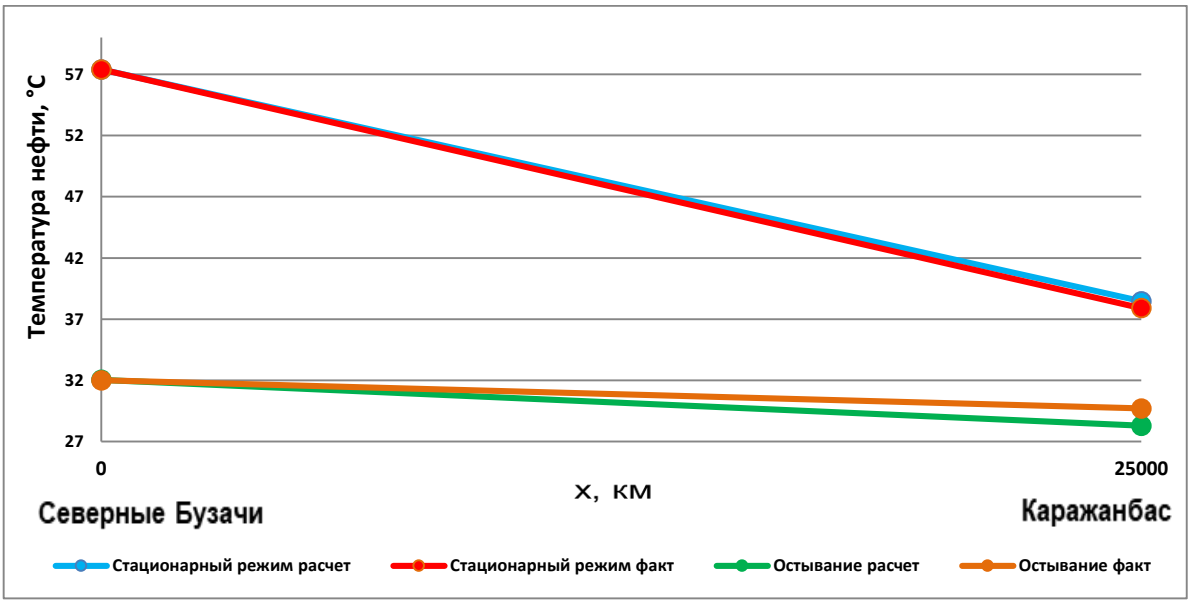



**Рис. 4.** Распределение температуры нефти при стационарном режиме и остановке участка Северные Бузачи – Каражанбас при температуре грунта 25.10.2018г. и времени остывания 48 часов

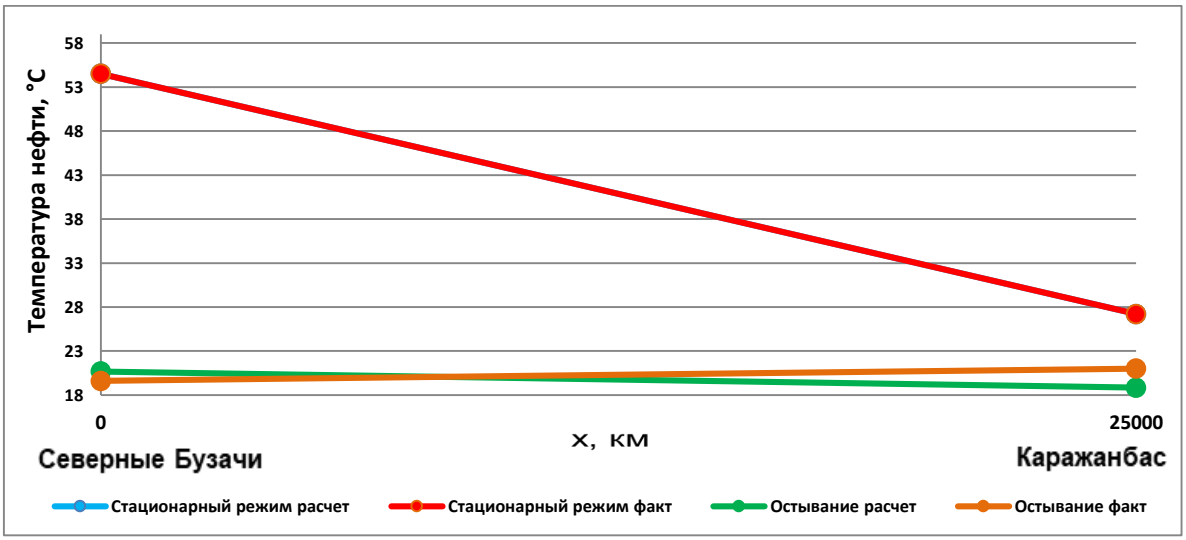



**Рис. 5.** Распределение температуры нефти при стационарном режиме и остановке участка Северные Бузачи – Каражанбас при температуре грунта 09.12.2018г. и времени остывания 65.5 часов

**Заключение**

Стационарный режим перекачки высокозастывающей (парафинистой) и высоковязкой нефти и нестационарный процесс остывания описываются путем математического моделирования тепло-гидравлических расчетов подземного трубопровода. В результате проведения расчетов остывания нефти, было установлено, что расчетные данные для различных участков (Северные Бузачи-Каражанбас, Кумколь – Джумагалиева, Каракоин – Чулак Курган и другие) хорошо согласуются с фактическими архивными данными СКДУ КТО.

Результаты исследования показывают, что настоящий способ позволяет правильно определить изменение температуры высоковязкой и высокозастывающей нефти в течение времени остывания и оценить безопасное время остановки участков магистрального трубопровода.

**Благодарность**

*Данная работа выполнена за счет средств гранта Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан по теме «Управление энергосберегающими режимами транспортировки нефти по магистральным нефтепроводам с использованием SCADA системы» №AP05130503.*

ЛИТЕРАТУРА

[1] Бейсембетов И.К., Бекибаев Т.Т., Жапбасбаев У.К., Махмотов Е.С.,Кенжалиев Б.К. Управление энергосберегающими режимами транспортировки нефтесмесей по магистральным нефтепроводам. – Алматы: КБТУ, 2016. – 209 с.

[2] Валеев А.Р. Тепловые режимы трубопроводов. Вопрос учета нагрева нефти и газа в трубопроводах // Нефтегазовое дело. – 2009, – 12 с.

[3] Тугунов П.И., Новоселов В.Ф., Коршок А.А. Типовые расчеты при проектировании и эксплуатации нефтебаз и нефтепроводов. –2-е изд. – Уфа: ООО «Дизайн-ПолиграфСерфис», 2002. – 336 с.

[4] О.А. Степанов, Б.В. Моисеев, Г.Г. Хоперский. Теплоснабжение на насосных станциях нефтепроводов. – М.: Недра, 1988. – 302 с.

[5] Новоселов В.Ф., КОРШАК А.А. Трубопроводный транспорт нефти и газа. Перекачка вязких и застывающих нефтей. Специальные методы перкачки. – Уфа: Изд.Уфимск.нефт.ин-та, 1988. – 108 с.

[6] Тонкошкуровым Б.А., Гостевым Н.М., Шутовым А.А. Методика теплового и гидравлического расчета магистральных трубопроводов при стационарных и нестационарных режимах перекачки ньютоновских и неньютоновских нефтей в различных климатических условиях. – Уфа: 1979. – 57 с.

[7] Коршак А.А., Пшенин В.В. Новые критериальные уравнения для числа Нуссельта при вынужденной конвекции в трубах // *Записки Горного института. – Т.195, – С. 78-80*

[8] https://www.kaztransoil.kz/ru/o_kompanii/shema_magistralnih_truboprovodov/

Босинов Д.Ж., Бекибаев Т.Т., Кудайберген А.Д.

**Тоқтатылған кездегі құбырдағы мұнай температурасының төмендеуін анықтау**

**Түйіндеме.** Айдаудың технологиялық процессі тоқтаған кезде құбырда мұнайдың температурасы төмендейді. Мұнай температурасының төмендеуінің стационарлық емес жағдайында тез қататын (парфинді) мұнай қатты күйге кристалданады. Бұл мұнай құбырын іске қосудың қиындықтарына және мұнайдың температурасының төмендеуін анықтайтын қауіпсіз тоқтау уақытын есептеу қажеттілігіне әкеледі.

Мұнай температурасын төмендеуінің есептері түрлендірілген Шухов формуласы арқылы және құбырды пайдаланудың стационарлық және стационарлық емес режимдері үшін топырақтың жылу өткізгіштік коэффициентінің бірдей мәнімен жүзеге асырылады.

Алынған есептеу нәтижелері АҚ «КазТрансОйл» БЖДБ (бақылау жүйесі және диспетчерлік басқару) жүйесінің нақты мұрағат деректерімен салыстырылды.

**Түйінді сөздер:** Құбыр желісі, мұнай температурасының төмендеуі, тұтқырлығы жоғары және тез қататын мұнай.

УДК 81.93.29

**R. Ospanov, A. Tulebaev, Sh. Mussiraliyeva**

**DETECTING TIES BETWEEN USERS IN THE SOCIAL NETWORK VKONTAKTE**

**Summary.** The article is devoted to the analysis of data in social networks and the problems of identifying common connections between users. As part of the study, an algorithm and implementation in the form of source code for analyzing user data from the social network VKontakte have been developed. Methods for obtaining initial data are considered. Studied the functionality of the programming interface “API VKontakte” by referring to the web interface. The article provides a detailed description of the developed program for the extraction, processing and analysis of user data.

**Key words.** Social networks, API, data analysis, extremism, VKontakte.

**Р. Оспанов, А. Тулебаев, Ш. Мусиралиева**
**(**әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы**)**
E-mail: mussiraliyevash@gmail.com

**ВЫЯВЛЕНИЕ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯМИ В СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ ВКОНТАКТЕ**

**Аннотация** Статья посвящена анализу данных в социальных сетях и проблемам выявления общих связей между пользователями. В рамках исследования разработаны алгоритм и реализация в виде исходного кода для анализа пользовательских данных из социальной сети “ВКонтакте”. Рассмотрены методы для получения исходных данных. Изучен функционал интерфейса программирования “API ВКонтакте” путём обращения к веб-интерфейсу. В статье приведено подробное описание разработанной программы для извлечения, обработки и анализа пользовательских данных.

**Ключевые слова.** Социальные сети, API, анализ данных, экстремизм, ВКонтакте.

**ВВЕДЕНИЕ**

На сегодняшний день очень сложно представить современный мир без социальных сетей. Социальные сети стали удобным средством общения между людьми, кроме того, социальные сети позволяют открыть новые возможности для анализа потоков информации и поведения людей в процессе общения. Анализ данных расположенных в социальных сетях стремительно набирает популярность по всему миру [1]. С популярностью социальных сетей связан феномен социализации персональных данных: стали доступными факты биографии, переписка, анкеты, фото, видео, аудиоматериалы, данные о расположении и т.д. [2]. Таким образом, социальные сети являются источником данных о личной жизни и интересах людей. Однако существует обратная сторона медали, ведь кроме общения в интернет пространстве и проведения досуга социальные сети стали средой для противозаконных действий начиная от продажи наркотических веществ до радикальных агитаций [3]. На сегодняшний день социальные сети являются одной из основных платформ проведения радикальных агитаций экстремистского характера. Деструктивный сетевой тип связи идет от виртуальной реальности к объективной, что позволяет радикальной группе, заложить фундаментальные основы в интернете, а затем выйти за рамки виртуальной реальности и трансформироваться в различные формы экстремистского поведения молодых людей в реальном мире.

Экстремисты активно эксплуатируют возможности интернет пространства: легкий доступ; незначительные масштабы госрегулирования и цензуры или их полное отсутствие; потенциально огромные масштабы аудитории; анонимность; быструю передачу информации; мультимедийность среды, позволяющую комбинировать различные типы информации: текстовую, графическую, аудиовизуальную [4].

**Обзор литературы**

При проведении анализа данных социальных сетей целесообразно рассматривать ряд числовых и нечисловых характеристик, отношений и множеств, которые естественным образом связаны с пользователями сети. Крайне важно, чтобы эти характеристики могли быть вычислены или построены при помощи определенных алгоритмов [5]. Социальные сети в основном основаны на отчетах, которые они получают от своих собственных пользователей [6]. Несмотря на усилия социальных сетей по приостановке многих зловредных аккаунтов, это решение не является эффективным, потому что не все аккаунты пользователей могут быть заблокированы, или они могут вернуться создав другой аккаунт [7]. В научном труде [7] была разработана схема автоматического обнаружения, которая использует три группы информации, связанной с именами пользователей, профилем, и текстовым содержанием страницы для определения принадлежности аккаунта определенному пользователю.

Последние годы стали свидетелями огромного роста угрозы радикальных экстремистских группировок, стремящихся совершить мятеж по всему миру. В то время как новые технологии использовались многими пользователями [ 8] - [9], они так же широко использовались радикальными группировками для установления контакта со своей аудиторией и набора новых членов. Социальные медиа-платформы такие как Twitter сейчас используются террористическими организациями для прямого общения со всей мировой аудиторией [10].

По данным сайта Statista [11], социальная сеть “ВКонтакте” насчитывает 55 млн активных пользователей России. Среди жителей Казахстана на долю ВКонтакте приходится 3,8 млн пользователей, Twitter используют 300 тысяч человек.

Web - интерфейсы социальных сетей являются источниками данных в реальном времени. Интерфейс предназначен для просмотра и взаимодействия со страницами социальной сети в браузере, либо для использования данных пользователей специальными приложениями. В связи с тем, что сценарии использования веб – интерфейсов социальных сетей не предполагают возможность автоматического сбора данных пользователей с целью проведения анализа возникает необходимость построения алгоритма и программного кода.

**Методы API и инструменты**

На странице официальной документации социальной сети “ВКонтакте” расположена базовая информация о принципах работы API “ВКонтакте”. API (application programming interface) - является посредником между разработчиком приложений и определенной средой, с которой приложение должно взаимодействовать. Процесс использования API упрощает создание кода, поскольку предоставляет набор готовых классов, функций или структур для работы с имеющимися данными. Алгоритм выполнения запроса к данным из социальной сети указан на рисунке 1.




**Рис.1.** Алгоритм запроса

API “ВКонтакте” является готовым интерфейсом, который позволяет получать необходимую информацию из базы данных социальной сети с помощью https – запросов к серверу. Разработчику не требуется знать в подробностях, как устроена база данных, из каких таблиц она состоит – достаточно того, что API – запрос содержит в себе все необходимые данные для обращения к серверу. Требуемый синтаксис запросов и тип возвращаемых данных определены на стороне сервиса.

В таблице 1 указаны компоненты простого запроса **users.get** который в качестве url запроса выглядит следующим образом ‘https://api.vk.com/method/users.get?user_id=210700286&v=5.92’.

Таблица – 1. **Компоненты запроса.**

| **Компонент** | **Значение** |
|---|---|
| https:// | Протокол соединения. |
| api.vk.com/method | Адрес API-сервиса. |
| User.get | Название метода API ВКонтакте. |
| ?user_id=210700286&v=5.92 | Параметры запроса. |

Методы представляют собой условные команды, которые соответствуют определенной операции с базой данных. Например, **users.get –** метод для получения информации о пользователе, **account.getinfo** – метод для возврата информации о текущем пользователе и т.д.

Все методы в системе разделены на секции. В передаваемом запросе после названия метода необходимо передать входные данные как GET-параметры в http – запросе. В случае успешной обработки запроса сервер возвращает JSON-объект с запрошенными данными. Структура ответа для каждого метода строго определена. Правила оговариваются на страницах с описанием метода в официальной документации.

Регистрация

В указанном примере выше был использован метод **users.get**, для вызова которого достаточно указать его входные параметры. Но для формирования сложного запроса с целью получения большей информации этого будет мало. Для полноценного функционирования программы и использования всех возможностей интерфейса необходима регистрация своего приложения.

Типы создаваемых в социальной сети приложений указаны в таблице 2.

Таблица – 2 . **Типы приложений.**

| Тип приложения | Описание |
|---|---|
| Standalone – приложение | Это API_ID для мобильного или десктопного клиента, внешнего сайта, где работа с API выполняется из Javascript. Концепция заключается в возможности осуществления запросов к API с устройства пользователя. В интерфейсе приложения с подобным типом доступны настройки SDK и подключение сертификатов для push – уведомлений. |
| Веб-сайт | Регистрация API_ID для внешнего сайта и работы с интерфейсом с сервера. |
| IFrame/Flash приложение | Приложения которые входят в официальный каталог приложений социальной сети, что находятся на сервере ВКонтакте. |

Авторизация

ВКонтакте является крупной социальной сетью в которой реализованы дружеские связи, настройки приватности страницы и даже черные списки. Доступность страницы зависит от предоставленных просматривающему пользователю прав по отношению к странице. В API сохраняется данный принцип. В случае если определенный пользователь скрыл список групп от пользователей, которых нет в его списке друзей, то с использованием API список групп будет недоступным. Исходя из вышеизложенного, все методы требуют авторизации пользователя перед началом работы. Иными словами, сервер должен знать, кто обращается за информацией, для предоставления информации в том же виде, что в основной версии сайта.

Для процесса идентификации в API используется специальный ключ доступа, который называется **access_token**. Токен представляет собой набор цифр и символов передаваемых на сервер вместе с запросом. Из данной строки сервер получает всю необходимую информацию. Существуют разные способы получения токена, также токен может быть выдан не только пользователю, но и сообществу, и всему приложению.

URL запрос для формирования токена указан на рисунке 2.

```
https://oauth.vk.com/authorize?
client_id=5490057&display=page&redirect_uri=https://oauth.vk.com/blank.html&scope=friends
&response_type=token&v=5.52
```

**Рис.2.** Запрос для формирования токена

Число указанное после переменной client_id в запросе необходимо заменить на API_ID созданного приложения. В случае успешного выполнения в браузере появляется окно с запросом прав, где отображаются название приложения, иконки прав доступа, и имя с фамилией владельца приложения.

Права доступа

Все используемые методы делятся на секции – friends, video, photos и т.д. Каждая секция соответствует определенному разделу в социальной сети. В большинстве случаев приложения создаются для работы с конкретным разделом. Например, для выгрузки аудиозаписей или выгрузки данных из стены пользователя. При этом логично, что приложению которое работает непосредственно с аудиозаписями, не требуется доступ одновременно к личным сообщениям пользователя. Следовательно в API права доступа приложения разграничены подобно методам.

У каждого права доступа имеется уникальное название (“groups”, “friends” и т.д.) и код (+4, +2, +4079). В поле **scope** можно перечислить названия нужных прав доступа (например, scope=friends, photos, video). Следует обратить внимание на то, что некоторые права доступа из соображений безопасности можно запрашивать исключительно в приложениях типа Standalone и только в процессе авторизации Implicit Flow.

**Постановка задачи.** Необходимо разработать программу для проведения анализа взаимосвязей между пользователями различных групп в социальной сети “ВКонтакте”, с целью выявления общих данных между пользователями в сообществах. Следует провести анализ общих данных которые находятся в свободном доступе на странице пользователя.

**Алгоритм и программная реализация**

Для разработки кода программы был выбран объектно-ориентированный язык программирования Python версии 3.6. Взаимодействие с API социальной сети выполнялось с помощью библиотеки **requests**. В качестве среды разработки было выбрано программное обеспечение PyCharm Community Edition 2018.

Схема функционирования указана на рисунке 3.

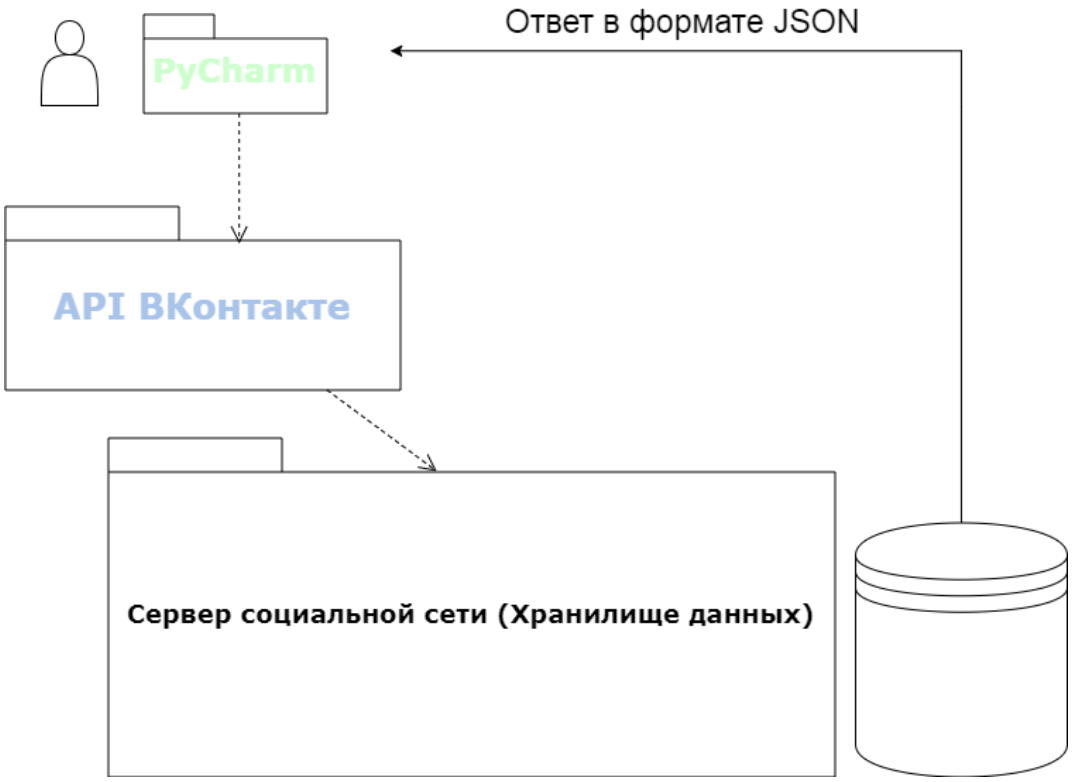



**Рис.3.** Схема функционирования

Для выполнения запроса к API “ВКонтакте” был разработан код запроса указанный ниже:

```
s = requests.get(

'https://api.vk.com/method/users.get?user_ids=**********&access_token=f9c4fd71489814a6481gthuhthtbdf730a47bbfc1f1a4f18376cd82053e3b2e450kflvfa077&v=5.92' + id +
'&fields=id,%20first_name,%20last_name,%20sex,%20bdate,%20city,%20country,%20photo_200,%20online,%20lists,%20screen_name,%20contacts,%20education,%20universities,%20schools,%20activity,%20last_seen,%20relation,%20counters,%20nickname,%20relatives,%20interests,%20movies,%20tv,%20books,%20games,%20about,%20connections').text
p = json.loads(s)
```

Следует отметить что, в указанном исходном коде в целях соблюдения конфиденциальности и целостности информации идентификатор пользователя в поле **user_ids** был заменен на другие символы, и ключ пользователя был подвержен изменениям. Для формирования запроса использовался метод **users.get,** который возвращает расширенную информацию о пользователях. В поле **fields** указан список дополнительных полей профилей, которые необходимо вернуть.

Код выполняемого цикла для данных расположенных в массиве указан на рисунке 4.

```
for x in p['response']:
    print('Имем друзей юзера ' + str(x['id']))
    w = w + '<a target="_blank" href="http://vk.com/id' + str(x['id']) + '"><div class="all all2"><div class="pic">'
    if (('photo_200' in x) and (x['photo_200'] != '')):
        w = w + '<img src="' + x['photo_200'].translate(non_bmp_map) + '">'
    w = w + '</div><div class="text">'
    if ('first_name' in x):
        w = w + '<div class="one">' + ('Имя: ' + x['first_name'].translate(non_bmp_map)) + '</div>'
    if ('last_name' in x):
        user_last_name = x['last_name'].translate(non_bmp_map)
        w = w + '<div class="one">Фамилия: ' + user_last_name + '</div>'
    if ('sex' in x):
        if (x['sex'] == 2):
            w = w + '<div class="one">' + ('Пол: мужской') + '</div>'
        if (x['sex'] == 1):
            w = w + '<div class="one">' + ('Пол: женский') + '</div>'
    if (('nickname' in x) and (x['nickname'] != '')):
        w = w + '<div class="one">' + ('Ник: ' + x['nickname'].translate(non_bmp_map)) + '</div>'
    if (('screen_name' in x) and (x['screen_name'] != '')):
        w = w + '<div class="one">' + ('Ник2: ' + x['screen_name'].translate(non_bmp_map)) + '</div>'
    if ('bdate' in x):
        user_date = str(x['bdate'])
        w = w + '<div class="one">' + ('День рождения: ' + str(x['bdate'])) + '</div>'
    if (('city' in x) and (x['city'] != 0)):
```

**Рис.4.** Цикл распределения друзей пользователя

С помощью разработанного скрипта был проведен анализ страниц нескольких пользователей которые являются участниками таких сообществ как “Расскажи мне об исламе”, “Насаат медиа”, “Muslim Альхамдулиллях Рамадан”. Были выявлены общие данные между пользователями. В целях соблюдения безопасности в соответствии с подпунктом 2) статьи 1 Закона Республики Казахстан “О персональных данных и их защите” персональные данные пользователей были скрыты. В качестве общих данных были использованы следующие поля: день рождения, город, страна, контакты, университет, школа, общие друзья, интересы, книги. В ответе на запрос помимо общих данных возвращались такие поля как: ID пользователя, имя, фамилия, пол, последняя сессия.

Результат выполнения исходного кода приводит к запуску используемого по умолчанию браузера с необходимым отчетом.

На рисунке 5 представлен отчет о двух пользователях, где связывающим звеном является место жительство. Оба пользователя живут в одном городе, у двух указанных пользователей имеются общие друзья.

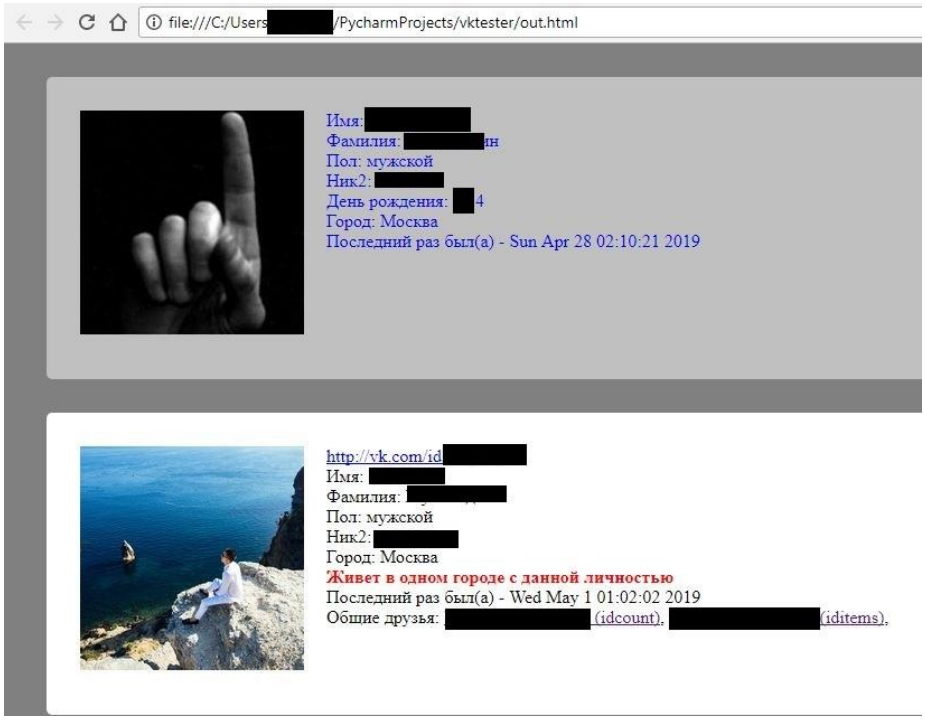



**Рис.5.** Общие данные пользователей

В отчёте представленном на рисунке 6 рассмотрен случай, когда двух пользователей объединяет “дружеская связь” в социальной сети, но конкретные общие данные не выявлены. Оба пользователя находятся в взаимном списке друзей. Несмотря на отсутствие общих данных у одного из пользователей в открытом виде заполнены дополнительные данные, благодаря которым появляется возможность проведения анализа страницы.

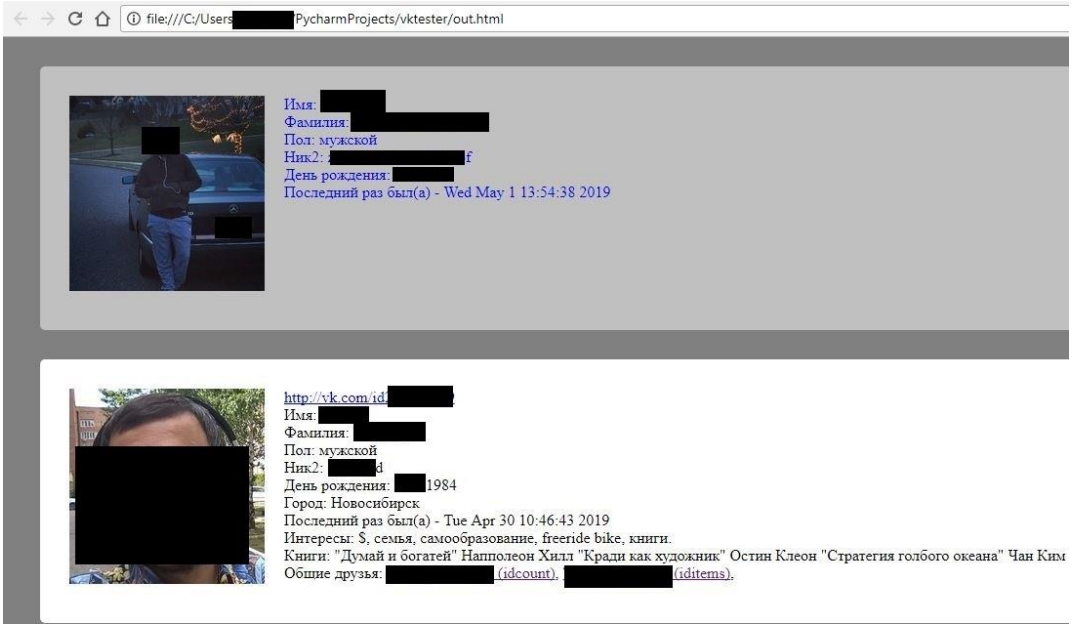



**Рис.6.** Связь пользователей

7 рисунок показывает, что выбранные пользователи учились в одном высшем учебном заведении, но имеется разница в факультетах, у пользователей так же имеются общие друзья. У основного пользователя указанного первым не заполнено поле “Интересы” в связи с чем отсутствует возможность проведения анализа и сравнения интересов двух пользователей.

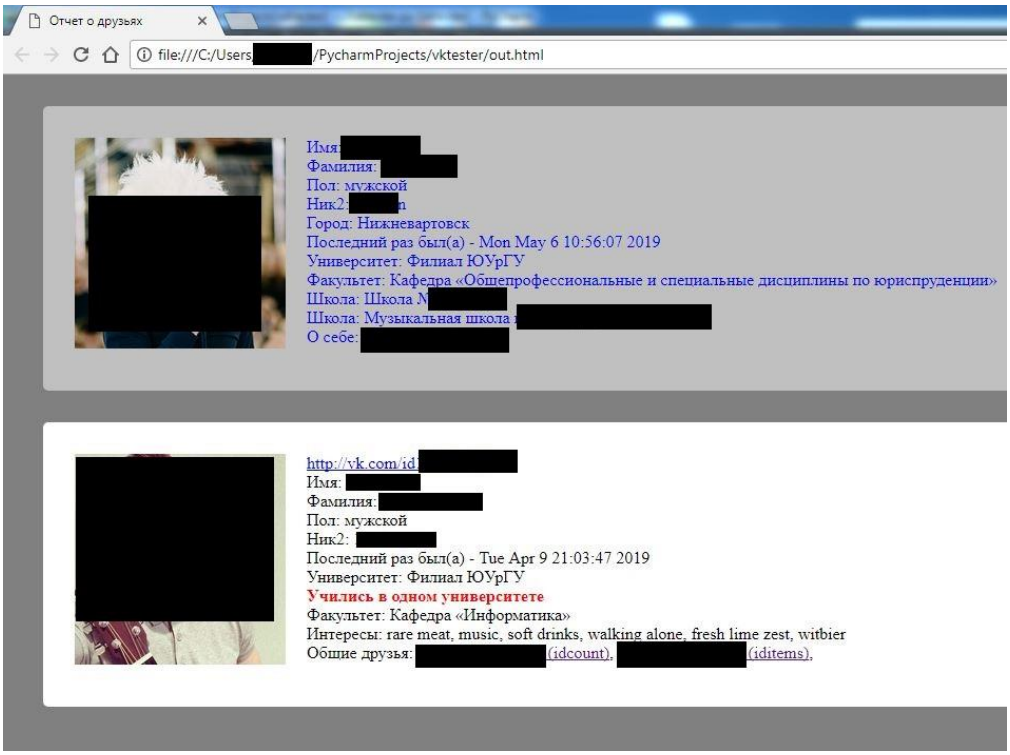



**Рис.7.** Общие данные пользователей

**Заключение**

В рамках исследования была разработана программа для анализа данных пользователей из социальных сетей. Был реализован алгоритм получения данных. Были выявлены общие данные в целях проведения последующего анализа. Интерфейс программирования “API ВКонтакте” был полностью изучен. Проанализированы страницы определенных пользователей, которые являются участниками религиозных сообществ. На основании изложенного сделаем следующие выводы. В процессе анализа социальных сетей решается большой круг задач, и могут быть применены методы из различных областей знаний. Безусловно, необходимы новые методы, алгоритмы для решения возникающих трудностей. Проведенные испытания созданного исходного кода показали его корректную работу. Извлекаемые данные из социальных сетей удобны для проведения анализа. Необходимы дополнительные исследования для проведения глубинного анализа.

ЛИТЕРАТУРА

[1] The term "social network" was first introduced to the scientific sociologist of the Manchester school J. Barnes. in 1954. See: Barnes, J. A., Class and Committees in a Norwegian Parish Islands. Human relations. 1954. Vol. 7. P. 43 -44

[2] Panfilov Yu. s. Extremism in a virtual environment as a social problem: the reflection in consciousness of youth//Almanac of modern science and education. 2014.- № 9 (87).- S. 101-104.

[3] https://informburo.kz/novosti/kazahstancev-predupredili-o-verbovke-shkolnikov-v-sistemu-rasprostraneniya-narkotikov.html

[4] Benigni, Matthew and Carley, Kathleen M. ”From Tweets to Intelligence: Understanding the Islamic Jihad Supporting Community on Twitter.” 2016 International Conference on Social Computing, Behavioral-Cultural Modeling, & Prediction and Behavior Representation in Modeling and Simulation

[5] Batura T.V., Murzin F.A., Proskuryakov A.V. A software package for a social network data analysis. Programmnye produkty i sistemy [Software & Systems]. 2015, no. 4 (112), pp. 188–197 (in Russ.); DOI: 10.15827/0236-235X.112.188-197.

[6] Andrey V.Ivanov, Timur Z. Mansuro, Andrey G. Bolshakov, Natalia A.Shibanova Network Communities of Destructive Direction in Social Networks of Runet [Helix The Scientific Explorer]. Helix Vol.8(1): 2265 – 2269; DOI 10.29042/2018-2265-2269.

[7] Hamidreza Alvari, Soumajyoti Sarkar, Paulo Shakarian Arizona State University Tempe, USA: 1902.01577v1 [cs.SI] 5 Feb 2019.

[8] Alvari, Hamidreza, Sattar Hashemi, and Ali Hamzeh. ”Detecting overlapping communities in social networks by game theory and structural equivalence concept.” In International Conference on Artificial Intelligence and Computational Intelligence, pp. 620-630. Springer, Berlin, Heidelberg, 2011.

[9] Beigi, Ghazaleh, and Huan Liu. ”Similar but Different: Exploiting Users’ Congruity for Recommendation Systems.” International Conference on Social Computing, Behavioral Cultural Modeling, and Prediction, Springer, 2018.

[10] Klausen, J., Marks, C., and Zaman, T. ”Finding Online Extremists in Social Networks.” INFORMS, 2016.

[11] Number of monthly active VKontakte users via desktop connections in Russia from December 2012 to December 2014. The Statistics Portal. 2015. Available at: http://www.statista.com/statistics/425423/number-of-monthly-active-vkontakte-users (accessed July 1, 2015).

[12] How much do Kazakhstan companies spend on advertisement in social networks? Forbes Kazakhstan. 2015. Available at: http://forbes.kz/process/internet/skolko_tratyat_kazahstanskie_kompanii_na_reklamu_v_sotssetyah (accessed July 1, 2015).

[13] Number of monthly active international Twitter users from 2nd quarter 2010 to 1st quarter 2015. The Statistics Portal. 2015. Available at: http://www.statista.com/statistics/274565/monthly-active-international-twitter-users (accessed July 1, 2015).

Оспанов Р., Тулебаев А., Мусиралиева Ш.

**Вконтакте әлеуметтік желісіндегі қолданушылар арасындағы байланысты анықтау**

**Түйіндеме.** Мақала әлеуметтік желідегі деректерді талдау мен қолданушылар арасындағы ортақ байланысты анықтау мәселелеріне арналған. Зерттеу барысында “ВКонтакте” әлеуметтік желісіндегі қолданушылар жайлы деректерді талдауға арналған алгоритм мен қолданбалы код құрастырылды. Деректерді алу әдістері қарастырылды. Веб – интерфейске сұраныс жасау арқылы “API ВКонтакте” бағдарламалау интерфейсі зерттелді. Мақалада қолданушылар жайлы деректерді алу, өңдеу және сараптау әрекеттеріне құрастырылған бағдарламаның нақтылай сипаттамасы келтіріген.

**Кілттік сөздер.** Әлеуметтік желілер, API, деректерді талдау, экстремизм, ВКонтакте.

**A.A. Kuandykov, S.Zh. Kassymkhanova, K.N. Muratova**
(International University of Information Technologies, Almaty, Kazakhstan
E-mail: abu.kuandykov@mail.ru, salta.kasymkhanova@gmail.com, muratova771@gmail.com)

## TECHNIQUE FOR SOLVING THE TASKS OF THE DIGITAL TRANSFORMATION OF THE COUNTRY ECONOMY

**Abstract.** The paper reveals the meanings of the original concepts necessary for the presentation of theoretical and applied problems of digitalization of the economy. Set out the question of creating methods for reducing the processes of digital transformation of the country's economy, which consist of a combination of methods of decomposition of the problem area and an iterative-incremental approach to automating the solution of the problem of digital transformation of the economy. Disclosed structures in the form of stages and a list of criteria and content of each stage to simplify this problem. Based on this approach, one of the relevant areas of the economy was chosen for digitalization - the area of logistics.

It is proved that the digitization of the entire economy depends on the success of solving the problem of digitalization in the field of logistics.

**Keywords:** digitalization, decomposition, incremental-iterative approach and methodology, logistics, storage, transportation, business process, automation, integration, CASE, platform.

**А.А. Куандыков, С.Ж. Касымханова, К.Н. Муратова**
(Международный университет Информационных технологий, Алматы, Казахстан
E-mail:abu.kuandykov@mail.ru, salta.kasymkhanova@gmail.com, muratova771@gmail.com)

## МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭКОНОМИКИ СТРАНЫ

**Аннотация.** В работе раскрыт смысл исходных понятий, необходимых для изложения теоретических и прикладных проблем цифровизации экономики. Изложен вопрос создания методов редукции процессов цифровой трансформации экономики страны, которые состоят из комбинации методов декомпозиции проблемной области и итеративно-инкрементный подход к автоматизации решения задачи цифровой трансформации экономики. Раскрыта структура в виде этапов и перечень критерии и содержания каждого этапа упрощения данной проблемы. На основе данного подхода для цифровизации выбрана одна из актуальной области экономики – область логистики.

Обосновано, что цифровизация всей экономики зависит от успешности решения задачи цифровизации в области логистики.

**Ключевые слова:** цифровизация, декомпозиция, инкрементно-итеративный подход и методика, логистика, хранения, перевозка, бизнес-процесс, автоматизация, интеграция, CASE, платформа.

**Определения базовых понятий**

Прежде чем изложить основной идей работы сначала введем ряд понятий.

**Определение 1.** Отметить, что цифровизация общества и есть объединение цифровизации экономики, производства, технологий и техники, а также социальной сферы.

**Определение 2.** Дадим еще следующее уточнения, что под понятием «цифровизация», понимаем «автоматизация».

**Определение 3.** Цифровизация экономики или построение цифровой экономики еще называется цифровая трансформация экономики.

**Определение 4.** Точнее «цифровизация» общества или экономики есть – автоматизация бизнес-процессов и реинжиниринг.

**Определение 5.** Деятельность человека состоит или сводится (как первый шаг формализации) представляется в виде процессов.

**Определение 6.** Бизнес-процесс является оформленным процессом. Каждый процесс с учетом цели исследования преобразуется в бизнес-процесс.

**Определение 7.** Бизнес-процесс является

- объектом внешнего (вернее реального или виртуального) мира, который выполняет функцию и роль инструментов труда, исполняющего задания, задаваемые или поступающие от плана производства (оперативно-календарного или расписания) или от ЛПР, бизнес-процессу.

Таким образом, бизнес-процесс является таким инструментом труда, который выполняет задания при определенном предмете труда и на основе имеющегося средства труда.

**Определение 8.** Содержательно бизнес-процесс – это процесс со всеми компонентами, т.е.

- логика схемы (метамодель технологии) выполнения операций бизнес-процесса из абстрактный классов и

- предметы труда;

- инфраструктура бизнес-процесса, т.е. средства труда в том числе система автоматизации бизнес-процесса.

**Определение 9.** Полная Инфраструктура бизнес-процесса, включает всякие виды средства труда и в том числе и системы автоматизации бизнес-процесса. поэтому иногда под полным бизнес-процессом понимаем снабженный полной инфраструктурой процесс.

**Определение 10.** Понятие «объект» двояко используется:

1. Объект (или объект исследования) приравнивается для всего пространства предметной или проблемной области (или пространство), т.е. объектами или предметами исследования является все пространство предметов (как общей, так и локальной) проблемной области.

2. Объект, с другой стороны, приравнивается отдельным предметам или компонентам, вещам (т.е. в самом деле объектам) или процессам, бизнес-процессам, или их компонентам, предметам и объектами большого предмета локального пространства проблемной области.

3. В частности, объектом является и бизнес-процесс, и его компоненты.

**Определение 11.** Понятие предметное пространство или предметная область, а также проблемная область или проблемное пространство, а также предмет исследования, и предметное пространство одно и то же.

11.1. Предметным пространством являются все объекты или предметы, принадлежащие к тому пространству, которая представляет определенный интерес актеру.

11.2. Проблемная область — это предметная область и задачи или проблемы, возникшие в нем.

11.3. Проблемы, которые возникают в проблемной области - возникают в результате соединения предметов (из предметного пространство) и цели из целевого пространства ektor-a.

11.4. Целевое пространства существует только в голове ektor-a.

**Определение 12.** Таким образом, основу и содержание проблемной области составляет предметное пространство, т.е. множества предметов труда, средства труда, среда производства, т.е. единое информационное пространство (ЕИП) и целевое пространство ЛПР или актера.

**Определение 13.** При таком понимании «цифровизация» общества и экономики решения задачи исследования достигаются путем упрощения по *координатам редукции задачи исследования: пространство, времени, масштаба охвата, сложности проявления задачи (компонентов задачи или подзадач).*

**Введение**

Идея цифровизации или цифровой трансформации общества и экономики в настоящее время стал одним из интенсивно развивающимся направлением научно-технического прогресса (НТП).

Не останавливаясь на смысловых тонкостях этих понятий данную проблему назовем общим понятием «цифровизация экономики», или «цифровизация экономики страны».

Задача цифровизации страны является масштабной и сложной задачей. Поэтому важно снизить сложность задачи и еще должна быть обозримой.

При автоматизации экономики страны важно разбить ее на сектора. При этом необходимо установить границы сектора так, чтобы автоматизация всех бизнес-процессов сектора можно проводить на основе одной платформы. Данная проблема решается на основе специальной методики редукции, суть которой сводится к следующему:

- сужается область исследования путем декомпозиции исходя из однородности процессов и объектов сектора,
- а затем путем построения функциональной модели на IDEF разбиение на функционально однородные процессы,
- а затем на их основе построен БП, т.е. создание бизнес-процесса;
- затем сужение задачи до одной – автоматизации бизнес-процессов.

В работе формулируется цель упрощения процесс цифровизации экономики. Метод снижения сложности задачи должна комбинировать и включать в свой состав множества других, в том числе, базовых методов. Разработка такой методологии требует множества фактов. Один из возможных методов решения этой задачи предлагается, и каждый этап которого представляется в виде задач.

Таким образом, в работе эти операции этапа методики, которые предварительно предформализованы представляются, т.е. ориентированно для формализации представляются.

Представляется так, чтобы в дальнейшим развитие исследования можно было эти операции формализовать до уровня процедур.

**1. Задачи упрощения процесса цифровой трансформации экономики**

Процесс цифровизации экономики является продолжительным, многоактным и не распределенным и многокомпонентным процессом. Поэтому важно упрощения этого процесса. При этом цель редукции процесса цифровизации экономики сводится к нахождения такого метода, который должен обеспечить выполнения условий, представленной в виде:

$$QW(S_{тек}, Z_A \in DG) = (К_{сл}, К_{кач}, К_{зт}, К_{зтвр}) = К_{сл}\downarrow К_{кач}\uparrow К_{зт}\downarrow К_{зтвр}\downarrow, \quad (1)$$

Один из возможных вариантов может иметь следующий вид:

$$QW(S_{тек}, Z_A \in DG) = \square_1 \cdot К_{сл} + \square_2 \cdot К_{кач} + \square_3 \cdot К_{зт} + \square_4 \cdot К_{зтвр} =$$
$$К_{сл}(S_{тек}, Z_A \in DG) \rightarrow \min;$$
$$К_{кач}(S_{тек}, Z_A \in DG) \rightarrow \max;$$
$$К_{зт}(S_{тек}, Z_A \in DG) \rightarrow \min;$$
$$К_{зтвр}(S_{тек}, Z_A \in DG) \rightarrow \min; \quad (2)$$

где $S_{тек}$, - текущее значение параметров экономики и состояния инфраструктуры, необходимые для автоматизации $Z_A \in DG$;

$\square_1$, $\square_2$, $\square_3$, $\square_4$ - весовые коэффициенты, для значения которых выполняются условия:

$$\square_1 + \square_2 + \square_3 + \square_4 \cdot = 1 \quad (3)$$

QW – требования к решению задачь цифровизации при текущем положении экономики $S_{тек}$ и для цели цифровизации (DG), в качестве которой выступает автоматизация ($Z_A$) целевые показатели (критерии) являются: $К_{сл}$, $К_{кач}$,$К_{зт}$, $К_{зтвр}$, значения которых должны: $К_{сл}\downarrow К_{кач}\uparrow К_{зт}\downarrow К_{зтвр}\downarrow$ или предъявляются следующие требования:

$К_{сл}$ - уменьшение (снижение) сложности задачь исследования;

$К_{кач}$ - улучшение качества (полнота и точность или завершенность) решения задач, т.е. на создания систем (1)

$К_{зт}$ - уменьшение затрат (стоимости) для решения задач, т.е. на создания систем.

$К_{зтвр}$ - уменьшение затрат времени для решения задач, т.е. на создания систем.

Данная задача может быть решена следующим путем решения ряда подзадач, последовательности решения которые составляют общую методику решения данной задачи. Она состоит из следующих шагов:

Таблица 1

| п\п | Этапы методологии | Методы этапов методологии |
|---|---|---|
| 1. | Разбивка экономики на сектора и определения их, т.е. определение границ каждого сектора (так чтобы бизнес-процессы одного сектора экономики имели единую архитектуру). | Декомпозиция с помощью IDEF/ Распределение секторов на исполнителей. Или составление плана освоения секторов. |
| 2. | В каждом секторе (т.е. в выбранном секторе) составить и выбрать основную цепочку производственно-технологического процесса. | |
| 3. | В выбранном секторе разбить основной цепочки производственно-технологический процесс на характерные участия, отличающиеся от характеристик процесс других участия. | |
| 4. | На основе выделенного участка процесса основной цепочки производственно-технологического процесса создать локальную проблемную область. | Распределение локальной проблемной области или составление плана освоения. |
| 5. | Выбор технологического процесса и специальных процессов из основной цепочки производственно-технологического процесса выбранной локальной проблемной областью сектора. | Полный цикл. БП объединяет все объекты и процессы |

| | | |
|---|---|---|
| 6. | Формирование бизнес-процесса на основе выделенного технологического процесса с помощью специальных процессов. И определение списка задач, связанные с данным бизнес-процессом. | Формирование БП содержит много задач. Распределение или Составление плана освоения сформулированных задач. |
| 7. | Из множества задач создание бизнес-процесса взять одну задачу – задачу создания системы автоматизации бизнес-процесса. | Предполагаем, что бизнес-процесс сформулирован. Ввести решение задач по ИИМ. |
| 8. | Для решения задачи автоматизации необходимо использовать средства повышения процесса разработки программного обеспечения системы такие как:<br>1. Экосистема;<br>2. Ландшафтные системы;<br>3. Платформа;<br>4. Case средства. | Решение задач на основе платформы. При этом применить ИИМ. |
| 9. | Переход исследования следующего, из реестра, локальной проблемной области данного сектора экономики. | Из реестра со своей платформы |
| 10. | Полученную систему интегрировать на основе платформы. | На основе платформы |
| 11. | Переход исследования следующего, из реестра, сектора экономики. | Из реестра |
| 12. | Интегрировать систем различных секторов экономики. | На основе платформы |

Каждый шаг является самостоятельной задачей.

Чтобы снизить задачу следует комбинировать множества методов.

Такой метод должен быть комбинированный и включать следующие базовые методы, например,

1) Метод декомпозиций, например, на основе Wpwin Erwin, IDEF, DFD.

2) одного или нескольких методов итерационно-инкрементальной методологии (ИИМ) из итерационно-инкрементального подхода (ИИП),

3) а также ряд методов автоматизации. Платформенно. Agile, scrum, Kanban,

Проектирование и разработку ПО системы автоматизации БП ввести на основе одной из методологии ИИМ ИИП – Agile.

Scrum — метод управления проектами. Следует различать SCRUM и Agile.

SCRUM используется как в сфере разработки ПО, так и в других производственных бизнес-отраслях.

Кроме управления проектами по разработке ПО, SCRUM может также использоваться в работе команд поддержки программного обеспечения, как подход к управлению разработкой и сопровождению программ, а также в ремонте.

Методология разработки программного обеспечения RUP (Rational Unified Process)

**UML** (англ. *Unified Modeling Language* — унифицированный язык моделирования) — язык графического описания для объектного моделирования в области разработки программного обеспечения,для моделирования бизнес-процессов, системного проектирования и отображения организационных структур.

UML является языком широкого профиля, это — открытый стандарт, использующий графические обозначения для создания абстрактной модели системы, называемой *UML-моделью*. UML был создан для определения, визуализации, проектирования и документирования, в основном, программных систем. UML не является языком программирования, но на основании UML-моделей возможна генерация кода.

В настоящее время популярными системами управления проектами являются Microsoft Project, OpenProj, Primavera Project Planner от Oracle, Artemis Views, Kommandcore от KommandCore LLC, TeamLab от Ascensio System SIA, MantisBT, Trac от Edgewall Software, возможно применение и сервисов Google. Каждая из них имеет определенные преимущества и недостатки. Особенностью коммерческого пакета Microsoft Project, занимающего 70% рынка, является возможность пошаговой разработки проекта с использованием предлагаемых диалогов, удобные и гибкие средства создания отчетов. Большое внимание уделяется интеграции с другими бизнес-приложениями. Групповая работа организована с использованием средств Microsoft Mail и Microsoft Exchange, web-интерфейс обеспечивается решениями на базе SharePoint и Nintex. В то же время пакет не имеет расширенных возможностей календарного или ресурсного планирования и поддержки кроссплатформенности. Характеризуется высокой стоимостью лицензии и закрытым исходным кодом.

**Заключение**

В работе предполагается, что для решения задач цифровизации экономики необходим метод упрощения исходя из критериев. Изложен вопрос применения итеративно-инкрементный методики (ИИМ) к решению проблемы цифровизации экономики страны.

На основе ИИМ было сделано ряд выводов, позволяющие упрощение задач и процессы цифровой трансформации экономики.

Сделаны выводы, определены область и предмет исследования, а также сформулированы задачи, которую предстоит решить в ходе цифровой трансформаций экономики.

На основе данной методики для цифровизации выбрана одна из актуальных областей экономики – область логистики.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Комбинаторные алгоритмы для программистов**.** Лекция 6: Последовательности (множества и мультимножества) //

[2] https://www.intuit.ru/studies/courses/65/65/info

[3] MACROECONOMICS. N. GREGORY MANKIW Harvard University// http://irfanlal.yolasite.com/resources/N.%20Gregory%20Mankiw%20Macroeconomics%2C%207th%20Edition%20%20%20%202009.pdf

[4] Своя статья ICCAS

[5] https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-transformatsiya-mirovoy-ekonomiki

[6] http://lib.broadcasting.ru/articles2/Oborandteh/tsifrovaya-ekonomika--tsifrovaya-transformatsiya-kak-opredelit--izmerit--povysit

[7] https://profit.kz/tags/digitaltransformation/

Қуандықов А.А., Қасымханова С.Ж., Мұратова К.Н.

**Өнеркәсіптік экономиканың сандық-өсірілдігінің міндеттерін шығу техникасы**

**Түйіндеме.** Баяндама экономикадағы цифрландырудың теориялық және қолданбалы мәселелерін таныстыру үшін қажетті түпнұсқа түсініктердің мағынасын ашып көрсетеді. Елді экономиканың цифрлық трансформациясы процесін төмендету әдістерін құру мәселесін қойыңыз, ол проблемалық аймақты ыдырау әдістерін және экономиканы цифрлық трансформациялау мәселесін автоматтандырудың итеративті-қосымша қадамын қамтиды. Бұл мәселені жеңілдету үшін сатылар түрінде ашылған құрылымдар мен әрбір кезеңнің критерийлері мен мазмұны тізімі. Осыған сүйене отырып, экономиканың тиісті бағыттарының бірі цифрландыру үшін таңдап алынды - логистика саласы.

Толық экономиканы цифрландыру логистика саласында цифрландыру проблемасын шешудің табысына байланысты екендігі дәлелденді.

**Түйінді сөздер:** цифрлау, ыдырау, қосымша-итеративті тәсіл және әдіснама, логистика, сақтау, тасымалдау, бизнес үдерісі, автоматтандыру, интеграция, CASE, платформа.

**K.N. Muratova, B.S. Omarov, S.Zh. Kassymkhanova**
( International Information Technologies University, Almaty, Kazakhstan
salta.kasymkhanova@gmail.com)

**ANALYSIS OF OPPORTUNITIES OF CRM-SYSTEMS FOR PERSONNEL MANAGEMENT**

**Abstract.** The article discusses the use of modern information technology CRM for the effective management of the company's personnel. The relevance of the research is related to the fact that today applied technologies play a leading role in managing customer relationships. CRM-systems increase the level of prestige of the company. On the basis of the conducted analysis of the capabilities of the CRM system, a step-by-step scheme is introduced for the implementation of this system and its application in actual practice.

**Keywords:** personnel management, management, technology, CRM system, Big Data, SaaS

**Introduction**

Any manager dreams of an ideal team of professionals, where everyone manifests himself most effectively, solving various tasks, thereby raising the company to a prestigious level. Applied technologies contribute to this development, since they are used to modernize existing industries [1]. CRM (Customer Relationship Management - customer relationship management) is software for organizations, a set of business processes and methods aimed at attracting, retaining and serving customers, designed to optimize sales,

improve marketing and analyze results [2]. Technology involves the creation of specific systems for interaction with customers, in which their needs are the leading factor for the organization. This makes it possible to be a priority for the enterprise, its employees and an innovative factor in the formation of competitive advantages [3]. We can distinguish processes that can be automated using CRM: purchasing and accounting of suppliers, sales, customer and employee bases, departments, financial transactions, scrap of goods and distribution channels [4]. For analysis, we consider the main tasks and functional features of a CRM system.

1. The ability to save the history of operations with a huge number of customers. The absence of a manager will not affect the quality of customer service;

2. Protect customer base from hacking. For this, special rights are provided that are not available to regular users;

3. Set up system events for communication with the client: reactivation, resuscitation, after-sales work, etc .;

4. Improving the quality of work with the customer and his service. This will make customers more loyal, affect the credibility and profit;

5. Collection of contacts at all points of interaction with the client. It is necessary to work with old customers and constantly attract new ones [5];

6. Differentiation of rights. The manager will have the opportunity to personally allow access to business operations to certain employees, monitor the implementation of projects and control the execution of tasks [5].

**CRM-system implementation in the company**

When choosing a CRM system, it is important to ensure that you have all the functionality that you would like to have in the process of activity, for example, for incoming calls, it is necessary that the CRM system provides integration with IP telephony [6]. If it receives most of the leads (customers who are interested in a product or service, have left a request on the site, but have not yet purchased the product) [7] through a web service, then an important criterion will be the integration of the CRM system with the CMS organization. In the practice of using this system, the following types of it are revealed:

1. Saas - system as a service. Software and data reside on the server at the service provider. The manager receives online access to the system through a browser, client program or mobile application. All processes are carried out on the side of the service provider.

2. Standalone is a license to install and use a software product. The manager receives a solution that installs on his own server, or develops to the needs provided by the supplier [8].

- The level of development of information CRM are divided into types:
- operational, used to quickly find information on the client;
- analytical - to analyze the data of the company and the client;
- collaborative - the ability of customers to influence the operations of the company as a whole [8].

Advantages of a CRM system:

- A single database appears where all actions related to the client (client base) are saved;
- the ability to influence the buyer through e-mail, SMS mailing, reminders, etc.;
- analysis of the database and making beneficial decisions [10].

The main problems in the work of CRM are not connected with the platform itself, but with

- incorrect installation and use:
- complexity of the program. It is best to show employees how the system works from the beginning of its implementation;
- stop all work when the CRM fails, because all software will be configured through the program. When choosing a CRM, it is important to find a developer who provides operational technical support [11].

In order for the CRM system to bring maximum benefit, when it is introduced, the manager must change the corporate culture of the company, openly discuss the CRM experience with the staff in order to reduce the likelihood of resistance to the use of the platform in a passive (indirect) form, otherwise employees can sabotage it use [12].

Below is a scheme for introducing a CRM system into a company that represented in the Figure 1.

1. Planning and calculation of profitability:

1.1. Identification of problems at the stages of customer management, identification of tasks solved with the help of CRM;

1.2. Determination of the budget.

2. Selection of the platform CRM and search for the executor:

2.1. The choice of CRM platform that meets your needs and wishes;

2.2. Search for a qualified software installer

3. Preparation and start-up of the CRM system:
3.1. Loading the database of other client programs;
3.2. To conduct training for company specialists
4. Collection and analysis of user recommendations to ensure the effectiveness of the company in the CRM system.

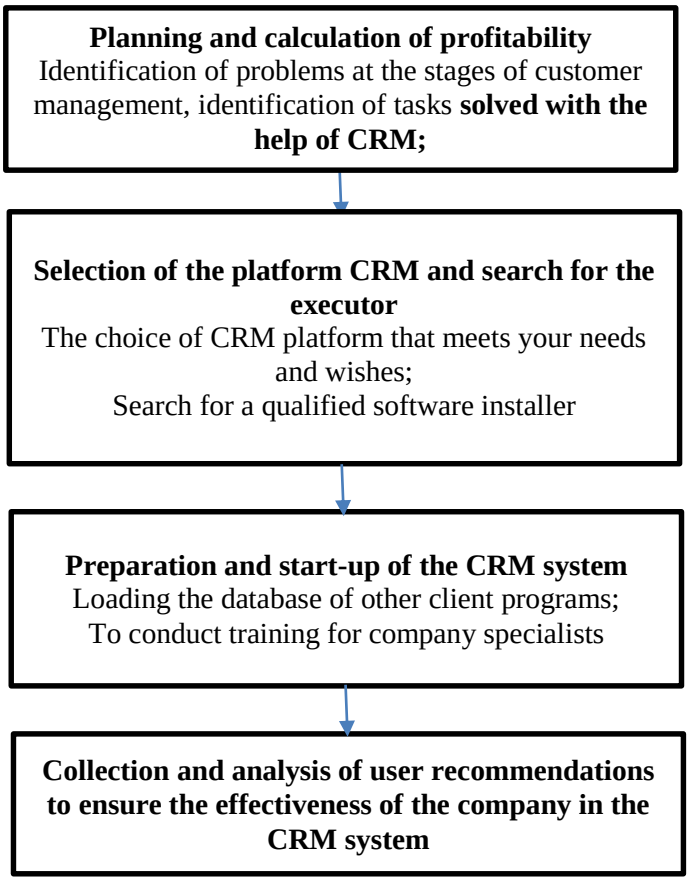



**Figure 1.** CRM-systems implementation stages in the company

The main goal of implementing CRM systems is to increase customer satisfaction by analyzing the obtained data on their behavior and needs, managing tariff policies, making effective use of marketing tools, and optimizing internal organizational processes [13]. The strategy predetermines the creation of certain mechanisms of interaction with customers, in which their needs are of great importance for the enterprise [14]. CRM allows a company to better manage customer relationships through integrated integrated technological capabilities, for example, integrate data from social media pages [15].

**Applying Big Data in CRM Systems**

The CRM (CustomerRelationsManagement) ideology is based on a “client-oriented” approach, which consists in taking into account the human needs, making it clear that it is his interests that are important for both the system and society as a whole [16].

The management of companies are beginning to understand that the most important in relations with customers is not their mass character, but their personalization, taking into account private wishes and preferences. It becomes necessary to collect, store, process and analyze large amounts of customer information, including not only information about the relationship with him, but also many additional nuances, both from the business field and everyday, psychological, that can influence the decisions of the client. This approach lies at the heart of the CRM ideology, which allows the company to develop business strategies.

CRM-systems are a computer-aided analytical system that allows you to build optimal relationships with customers [17].

- Structurally, any CRM-system includes such blocks as:
- the frontal part, which provides the primary accumulation of information when interacting directly with the client;

- operational part that provides authorization of operations and the formation of various reports in the on-line mode;

- data storage, ensuring the preservation of all entered customer information.

That data storage is one of the most important components of a CRM-system, its core, which collects, captures, stores information about the user and his relationship with the system. Almost all user's history, habits, needs, behavioral patterns, information about services and products that were in demand for him are stored in it. At the same time, the user's history is constantly analyzed, his capabilities and needs are being studied in order to predict the most effective customer service program. To do this, data warehouses are consolidated, classified, the market for services and products is segmented, users are also organized into groups. That is, rather serious analytical procedures are produced, for which various technologies are used.

Indeed, the technology of the data warehouse is quite complex. For the effective functioning of a CRM system, it is necessary to preserve and process a huge amount of information about customers [18]. In this regard, the following problems arise.

The first problem is related to the amount of stored and processed information. Indeed, the volume of information is growing exponentially. According to IDC (International Data Corporation) forecasts, by 2020 the digital universe will reach 40 zettabyte. Since the beginning of 2010, the volume of data has grown 50 times. The growth of the total amount of information occurs mainly due to automatically generated data - by 2020 their volume should increase 15 times [19].

The second problem is the data itself. For the high-quality work of the user servicing program, a variety of data is needed, presented in both a structured and unstructured form. Data sources are also diverse: open databases, social networks, blogs, measuring devices, audio and video recording devices, etc. Therefore, the issues of correct interpretation of information flows are relevant and complex.

The third problem is processing speed. Naturally, in the modern world, an important role is played not only by the reliability of the data, but also by their timeliness. "Yesterday's" data often loses its value and negatively affects the quality of the processing result.

Analysis of the problems revealed the need to introduce a new technology that allows solving the tasks of processing large data arrays. This technology appeared a few years ago. Its name was introduced by C. Lynch, the editor of Nature! in 2008, - Big data. In various sources, the concept of Big data is considered from different perspectives. Some authors associate the concept of Big data with a large amount of data, others with the type of data (structured, unstructured), and still others with the speed of data processing. However, each of these positions is not accurate, for example, the question arises - what should be considered a large volume, what is it measured in (terabyte, petabyte, exabyte, zettabyte, etc.), and what should be considered a high processing speed?

In our opinion, the most successful is the following definition.

Big data is a set of tools and methods for processing structured and unstructured data of considerable volume for obtaining human-perceptible results.

The main tasks solved by this technology are:

- storing and managing the amount of data that cannot "fit" into a standard database;

- organization of unstructured information;

- analysis of big data, generation of analytical reports and prognostic models based on new search, search for classes (finding new types of objects and behaviors), search for associations (establishing new dependencies between objects, events, customers).

Storage and data management is associated with the construction of "big data". The basis for storing and organizing Big data is a distributed file system. To track the location of a specific information item, a special "tracking card" is used. To ensure fault tolerance, reliability and security, data is duplicated.

For the analysis of "big data" you can use the well-known methods [20-21]:

- data mining methods, allowing to find hidden patterns in the data array (association rules, classification, cluster analysis, regression analysis);

- methods of crowdsourcing, based on the categorization and enrichment of data by a wide, indefinite circle of people attracted on the basis of a public offer, without entering into an employment relationship;

- methods of mixing and integrating data, representing a set of techniques that allow you to integrate heterogeneous data from a variety of sources for in-depth analysis (digital signal processing and natural language processing);

- methods of artificial neural networks using two learning paradigms - learning with a teacher and without a teacher;

- methods of spatial analysis using topological, geometric and geographical information in the data;

- network analysis methods, optimization methods, including genetic algorithms, pattern recognition methods, predictive analytics, simulation modeling, statistical analysis.

It should be noted that, using Big Data technology, a company can obtain important information in a few seconds, which will improve the efficiency of economic decisions, responding to changes in customer behavior, and identifying market trends in real time.

В основу сбора, хранения больших данных положены инновационные технологии:

• NoSQL (not only SQL)

• MapReduce

• Hadoop

NoSQL technology is based on database storage with the ability to solve scalability and availability problems due to atomicity and data consistency (non-relational databases). NoSQL-systems have a distributed architecture that allows not only to achieve horizontal scalability, but also to increase the reliability of the system by maintaining multiple copies of data.

In distributed data management systems, two approaches are used simultaneously:

• data separation - data is stored in copies on different nodes, with each node of the system contains its own part of the data and performs operations on them;

• replication, when the same data is stored on several nodes on the network, a node failure does not lead to data loss. When implementing this technology, four types of data warehouses are used:

• "Key-value" - the key is used to access the value; these repositories store images and tools for scalability.

• "Storage of families of columns" - a feature of this storage is the presentation of data in the form of a sparse matrix, the rows and columns of which are used as keys. Examples of use are content management systems, event registration. Using time stamps allows you to use this type of storage for recording and processing time-related data.

• "Document-oriented DBMS" - use hierarchical data structures for storage.

• "Graph-based Databases" - a feature of such a storage organization is a free data storage mechanism. Used to solve problems with data with a large number of links. Such tasks, for example, include the identification of fraud.

The MapReduce technology is a model for distributed computing over large data sets. The work consists of two steps: Map - data pre-processing, Reduce - convolution of pre-processed data.

Hadoop technology is a distributed computing system. It is based on a distributed file system that provides data storage on several nodes of the cluster at once. Consequently, the failure of one (several) cluster nodes minimizes the risk of information loss.

**Conclusion**

The use of innovative data warehousing technologies will allow users to gain qualitatively new knowledge through the integrated analysis of all information in a single analytical repository.

Thus, solutions implemented in CRM systems using Big Data and SaaS technology provide management of companies with an effective tool for developing business strategies based on reliable information about customer behavior and changes in market trends.

REFERENCE

1. Duque, J., Varajao, J., & Filipe, V. (2018, June). Success factors of the implementation of CRM systems—A literature review. In 2018 13th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI) (pp. 1-7). IEEE.

2. Zarzycki, H., Czerniak, J. M., Lakomski, D., & Kardasz, P. (2017). Performance comparison of crm systems dedicated to reporting failures to it department. In Software Engineering: Challenges and Solutions (pp. 133-146). Springer, Cham.

3. Ahmed, B. S., Amroush, F., & Maati, M. B. (2019). The Intelligence of E-CRM Applications and Approaches on Online Shopping Industry. In Advanced Methodologies and Technologies in Digital Marketing and Entrepreneurship (pp. 70-82). IGI Global.

4. Assimakopoulos, C., Papaioannou, E., Sarmaniotis, C., & Georgiadis, C. K. (2015). Online reviews as a feedback mechanism for hotel CRM systems. Anatolia, 26(1), 5-20.

5. Skoumpopoulou, D., & Franklin, B. (2019). Implementing a Customer Relationship Management (CRM) System. In Advanced Methodologies and Technologies in Digital Marketing and Entrepreneurship (pp. 57-69). IGI Global.

6. Wynn, M., Turner, P., Banik, A., & Duckworth, G. (2016). The impact of customer relationship management systems in small business enterprises. Strategic Change, 25(6), 659-674.

7. Legner, C., Eymann, T., Hess, T., Matt, C., Böhmann, T., Drews, P., ... & Ahlemann, F. (2017). Digitalization: opportunity and challenge for the business and information systems engineering community. Business & information systems engineering, 59(4), 301-308.

8. Chiang, W. Y. (2017). Discovering customer value for marketing systems: an empirical case study. International Journal of Production Research, 55(17), 5157-5167.

9. Kim, C., Lee, I. S., Wang, T., & Mirusmonov, M. (2015). Evaluating effects of mobile CRM on employees' performance. Industrial Management & Data Systems, 115(4), 740-764.

10. Navimipour, N. J., & Soltani, Z. (2016). The impact of cost, technology acceptance and employees' satisfaction on the effectiveness of the electronic customer relationship management systems. Computers in Human Behavior, 55, 1052-1066.

11. Sun, Z., Strang, K., & Firmin, S. (2017). Business analytics-based enterprise information systems. Journal of Computer Information Systems, 57(2), 169-178.

12. ГКОУМА, П. (2016). The role of CRM systems and processes on the performance of end users. The case of a Greek mobile telecom company.

13. Rigo, G. E., Pedron, C. D., Caldeira, M., & Araújo, C. C. S. D. (2016). CRM adoption in a higher education institution. JISTEM-Journal of Information Systems and Technology Management, 13(1), 45-60.

14. Tomić, Ž., & Jovanović, M. (2016). ERP and CRM data integration. Management: Journal of Sustainable Business and Management Solutions in Emerging Economies, 21(78), 63-72.

15. Lal, P., & Bharadwaj, S. S. (2015). ASSESSING THE PERFORMANCE OF CLOUD-BASED CUSTOMER RELATIONSHIP MANAGEMENT SYSTEMS. Skyline Business Journal, 11(1).

16. Briscoe, J. L. (2016). Adoption factors for CRM and SFA systems using the technology acceptance model (Doctoral dissertation, Capella University).

17. Härting, R. C., Moehring, M., Schmidt, R., Reichstein, C., & Keller, B. (2016, January). What Drives Users to Use CRM in a Public Cloud Environment?-Insights from European Experts. In 2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS) (pp. 3999-4008). IEEE.

18. Rodriguez, M., & Trainor, K. (2016). A conceptual model of the drivers and outcomes of mobile CRM application adoption. Journal of Research in Interactive Marketing, 10(1), 67-84.

19. http://www.tssonline.ru/articles2/fix-corp/rost-obema-informatsii—realii-tsifrovoy-vselennoy

20. Pérez-González, D., Solana-González, P., Soto-Acosta, P., Popa, S., & Trigueros-Preciado, S. (2016). Application of CRM 2.0 in Spanish Public Administration: Identifying Practical Results. In Mobile Computing and Wireless Networks: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications (pp. 1655-1673). IGI Global..

21. Cambra-Fierro, J. J., Centeno, E., Olavarria, A., & Vazquez-Carrasco, R. (2017). Success factors in a CRM strategy: technology is not all. Journal of Strategic Marketing, 25(4), 316-333.

Муратова К.Н., Омаров Б.С., Касымханова С.Ж.

**Анализ возможностей** CRM **-систем для управления персоналом**

В статье рассматривается использование современных информационных технологий CRM для эффективного управления персоналом компании. Актуальность исследования связана с тем, что сегодня прикладные технологии играют ведущую роль в управлении взаимоотношениями с клиентами. CRM-системы повышают уровень престижности фирмы. На основе проведенного анализа возможностей CRM системы приведена пошаговая схема внедрения данной системы и ее применения в реальной практике.

**Ключевые слова:** управление персоналом, менеджмент, технологии, CRM-система, Big Data, SaaS

Муратова К.Н., Омаров Б.С., Касымханова С.Ж.

**Персоналды басқаруға арналған** CRM- **жүйелерінің мүмкіндіктерін талдау**

Мақалада компанияның қызметкерлерін тиімді басқару үшін заманауи ақпараттық технологиялар CRM-ті пайдалану қарастырылады. Зерттеудің өзектілігі қазіргі кезде қолданылатын технологиялар клиенттермен қарым-қатынасты басқаруда жетекші рөл атқаратындығына байланысты. CRM-жүйесі компания беделінің деңгейін арттырады. CRM жүйесінің мүмкіндіктерін талдау негізінде осы жүйені іске асыру және оны іс жүзінде қолдану үшін кезең-кезеңмен схема енгізіледі.

**Ключевые слова:** персоналды басқару, басқару, технология, CRM-жүйесі, Big Data, SaaS

UDC 004.051

**Y. Kozak, I. Kurmashev, Y. Ushakova, L. Dolmatova**
(M.Kozybayev North Kazakhstan State University, Petropavlovsk, Kazakhstan
E-mail: k.elenochka@mail.ru)

# MODELS OF TECHNOLOGY USE OF MOBILE LEARNING IN THE EDUCATIONAL PROCESS OF THE UNIVERSITY

**Abstract.** This paper presents the main aspects of the use of mobile technologies in modern higher education. Analysis of the possibilities of mobile technologies allowed identifying three main models of their application in the educational process of the University, such as: support of the traditional educational process, full-volume mobile learning, blended learning. Schemes of variants of use of the system of management of mobile training for each model of application of mobile technologies in educational process are presented.

**Key words:** mobile technologies in the educational process, mobile learning, learning using mobile devices, mobile learning models.

**Introduction.** Mobile learning is becoming increasingly universal, highlighting the potential need for mobile learning strategies that help higher education institutions focus on growing globalization and rapid technology change. In accordance with this trend, this article emphasizes the relevance and advantages of the organization of the educational process in higher education through a variety of initiatives for mobile learning. The head of the state N. Nazarbayev in his "Address to the people of the strategy "Kazakhstan-2050" emphasizes the modernization of teaching methods and the development of online educational environment. The use of mobile technologies and training applications allows to further improve the learning process. Many scientists and educators believe that the future of ICT-enabled learning depends on the spread of mobile communications, the popularity of smartphones and gadgets, the emergence of a large number of educational applications and programs, as well as new technologies that expand the opportunities and quality of education [1]. The message of the President of the country, the Leader of the nation, directs us, teachers and researchers to its successful implementation and training of qualified specialists in accordance with the requirements of the world community and the global labor market.

At the same time, it is obvious that the new strategy cannot be implemented by the old pedagogical tools, today new educational technologies and methods are required. To achieve these goals, it is necessary to improve the forms of organization of the educational process, introduce new technologies and teaching methods, fundamentally change the position of the teacher and the student.

The analysis of publications testifies to the development of mobile learning prospects in Kazakhstan and abroad. It is well known that the prerequisites for mobile learning laid in the 70-ies of XX century., when Alan Kay proposed the idea of "computer-size book" for educational purposes. In the 90-ies with the advent of handheld personal computers begins the development and evaluation of mobile learning for students, there are the first educational projects for the mobile environment. There are fundamental studies in the field of mobile training of foreign scientists: M. Sharples studies training in the mobile era; D. Attewell stresses the need for engaging and supporting mobile learners; M. Ragusa examines the Australian mobile learning network, the introduction of mobile technology for delivery of training courses for employment; S. V. Kuvshinov considering mobile learning as a new reality in education [2-3]. Sarrab Mohamed, Al-Shihi Hafedh, Al-Khanjari in their works emphasize the importance of taking into account the human factor in the development of mobile learning applications [4]. Ortiz S., Green M. using reports generated by the learning Management System (LMS), we studied models of access to mobile devices for students and postgraduates enrolled in courses using LMS Blackboard [5]. A number of scientists (Raza Syed Ali, Umer Amna, Qazi Wasim; Shorfuzzaman M., Alhussein A., etc.) study the readiness of participants of the educational process to take M-training in higher education, analyze the impact of behavioral and psychosocial factors of students of higher education institutions on the adoption of mobile learning as a way of education. Lin X. H., Lin SJ., Yeh CH. developed and approved the mobility scale (MLR) to assess the readiness of people to adopt m-learning systems [6-8]. A. G. Cabot, E. Garcia-Lopez, L. de-Marcos, J. Abraham-Curto propose the concept of adapting educational content to mobile devices and context to improve student learning [9]; Colace F., De Santo M., Greco L. considered the possibilities of the Jini Technologies environment, in order to provide students with the opportunity to experiment with real interactions with lab tools everywhere and every time using mobile devices [10].

From the point of view of the relevance of digital reality mobile technologies in the implementation of the educational process of the University demonstrate the adaptation of the spirit of time to technology and learning. However, in the course of studying the periodical literature on this problem, it can be concluded that

the origin and formation of mobile learning system is just beginning in Kazakhstan. In Kazakhstan, the system of mobile learning is just beginning its development and implementation. Theoretical and practical issues of using mobile technologies are considered in the studies of I.N. Zhylkaidarova, K.E. Ibragimova, S.N. Toksanova; mobile learning as a new technology of Informatization of education study Mukusheva A.T., A.R. Custombuy; the role of modern mobile applications in the educational process of the University reveal in their works Amirov A.Zh., Alimbekova A.M., Temirov A.C. [11].

**Methods.** While distance learning and blended learning are often opposed to the traditional form of learning, mobile learning, while not a new form of learning, implies justified, in fact, optimal in terms of volume, balanced implementation of certain tasks with the help of mobile devices. At the present stage of development of mobile learning, even mobile applications containing a full set of course materials, in most cases, are designed not so much for self-study, but to provide convenient access to information within the framework of traditional training.

Figure 1 shows a conceptual diagram of the use of mobile technologies in the educational process for this model of learning.

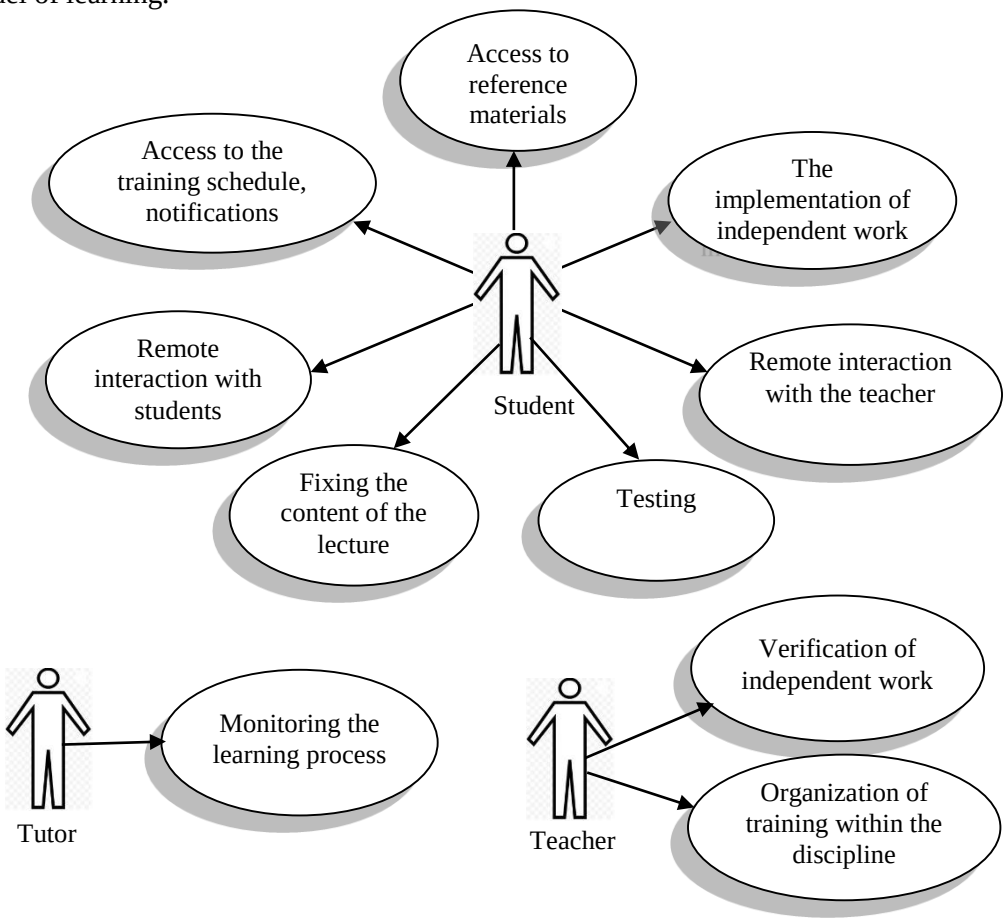



**Figure 1.** The use of mobile technology
to support the traditional educational process

Within the framework of this model of application of mobile technologies, students are given the opportunity to access educational information contained in online courses through the educational portal of the training organization, adapted for mobile devices. These resources are used by students in the mode of independent work to prepare for participation in seminars and debates, group projects, assignments and coursework, as well as self-testing, intermediate and final testing. The opportunity to receive advice by e-mail is provided throughout the learning process. In addition, students may be given the opportunity to receive on their portable computer devices notifications, reminders, as well as the results of control activities. As part of the support of the full-time educational process, mobile devices can also be used for short testing at the end of the lesson, recording important information (using the audio recording and camera function), quick access to reference and information and educational materials during classes.

Compact mobile devices complement traditional educational and methodical complexes with new formats of interactive tasks, which can be successfully carried out both within the framework of traditional

classes in the classroom and when working independently at home. In addition, this practice is necessary for the future specialist to form methodological and technological readiness for future professional activities in the global information [12].

The introduction of mobile technologies according to this model will allow:

− to ensure the continuity and integrity of the educational process through the storage of educational materials on a single medium (mobile device), as well as through the possibility of continuous access to reference materials and educational resources;

− to improve the quality of teaching through the possibility of a short test at the end of the lesson, which will allow teachers to get up-to-date information on which part of the training material is better learned by the audience, which sections should be given more attention and how much contact is maintained with the audience. Based on the information received, the teacher can adjust the presentation of the material;

− provide information and methodological support for field practical training;

− provide better services in terms of training: remote access to the training schedule, sending various news and notifications, etc.

Bing Full-volume mobile training. The principal difference of this model of using mobile technologies in the educational process is that all training is conducted exclusively through e-learning. This option does not normally provide for face-to-face contact between students and teachers, but is allowed if necessary.

Training courses in the mobile learning system are used with the help of a special software environment that performs a number of functions: protection against unauthorized access, authorization of access, structuring users into categories and giving each category certain powers, the formation of a directory of information resources in this software environment, the delivery of educational content, ensuring user interaction, etc.

Figure 2 shows the scheme of options for the use of mobile learning management system for this model of mobile technology application in the educational process.

The scheme of organization of training may vary depending on the type of training organization and features of its functioning. For example, for short-term courses, curator participation may be optional. In addition, the composition of the functions of the mobile learning management system can be reduced in accordance with the set educational goals and features of the implementation of the learning process..Full-volume mobile training. The principal difference of this model of using mobile technologies in the educational process is that all training is conducted exclusively through e-learning. This option does not normally provide for face-to-face contact between students and teachers, but is allowed if necessary.

Training courses in the mobile learning system are used with the help of a special software environment that performs a number of functions: protection against unauthorized access, authorization of access, structuring users into categories and giving each category certain powers, the formation of a directory of information resources in this software environment, the delivery of educational content, ensuring user interaction, etc.

Figure 2 shows the scheme of options for the use of mobile learning management system for this model of mobile technology application in the educational process.

The scheme of organization of training may vary depending on the type of training organization and features of its functioning. For example, for short-term courses, curator participation may be optional. In addition, the composition of the functions of the mobile learning management system can be reduced in accordance with the set educational goals and features of the implementation of the learning process.

Technological and didactic basis of full-volume mobile training is a network course (electronic educational and methodical complex and means of its delivery to the listener). The effectiveness of mobile learning depends on the quality of electronic educational and methodical complexes and the form in which the training materials are presented.

Electronic educational and methodical complex should include:

− course materials are broken into modules;

− methodological guide to the study of the course;

− laboratory and practical works, tests, tasks for individual and group projects and other control and practical activities;

− reference materials and links to additional resources.

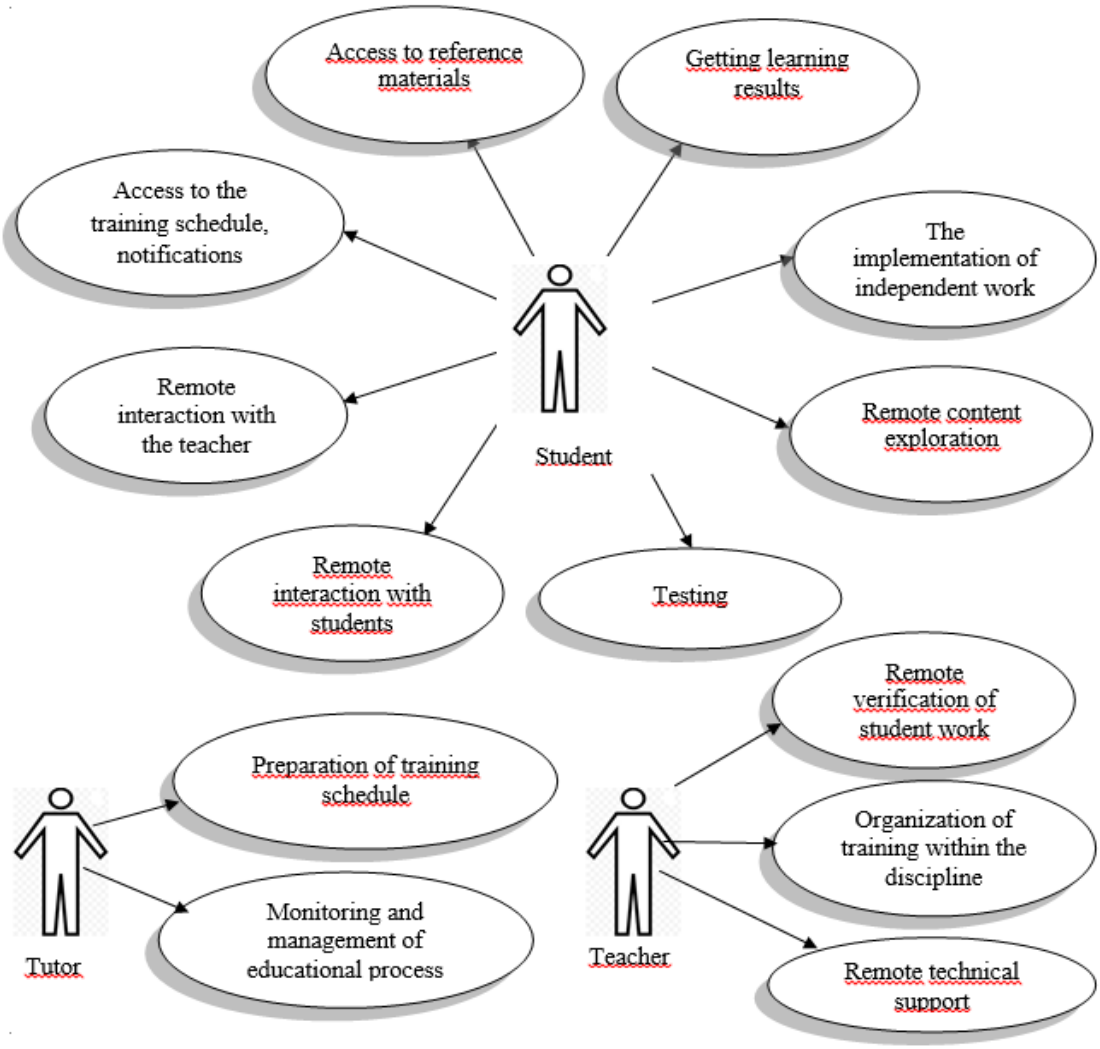



**Figure 2.** The use of mobile technology for full-volume mobile learning

Also, the most important role is played by the efficiency of communication between the student and the curator.

In the learning process, the student usually performs a standard set of academic work, such as [13]:

− work with texts of electronic hypertext textbooks posted on the educational portal of the training organization adapted for mobile devices;

− work with additional information resources posted on the Internet, access to which is provided by links in the text of electronic textbooks;

− performance of test tasks for self-control, intermediate and final control;

− participation in electronic discussions;

− implementation of practical and laboratory work, individual and group projects, creative tasks in the discipline;

− consultation with the teacher.

Blended learning. In this case, the General principles of the educational process of traditional learning are preserved. The idea of blended Learning is that one part of the disciplines students learn in traditional forms of education (full-time or part-time), the other part – on mobile learning technologies.

In mixed learning, the following learning models can be distinguished:

– model complementing the traditional classroom training – the teacher spends most of the classes in the classroom, using e-learning tools for the organization of independent work and communication with students;

– balanced model – classroom and online classes alternate in a balanced way within the approved curriculum;

– flexible model – all courses are implemented on the platform of mobile learning technologies, the teacher conducts the necessary consultations and classes in small groups in the classroom;

– elective model – classes are duplicated online and in the classroom, the student chooses the form of implementation of the educational process in the discipline.

Figure 3 shows a diagram of the use of mobile technologies in the educational process for a mixed learning model.

особенностями реализации процесса обучения.

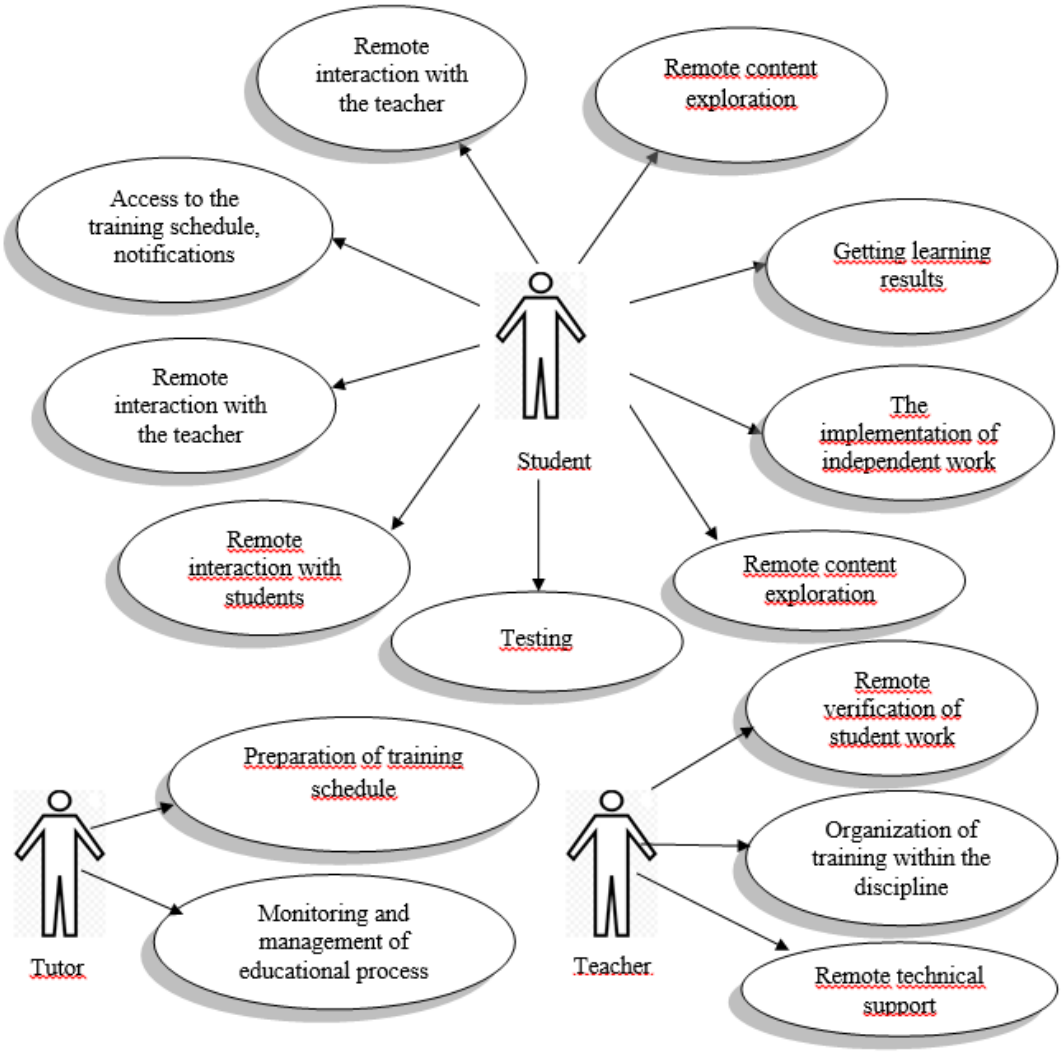



**Figure 3.** The use of mobile technology for blended learning

**Results.** The analysis of the possibilities of mobile technologies showed that there are three main models of their application in the educational process of the University:

− support of traditional educational process;

− full-volume mobile training;

−blended learning.

The use of mobile technologies to support the traditional educational process can improve the quality of education and the attractiveness of educational services for students.

Using the technology of mobile learning might be sufficient to effectively implement all the didactic cycle to study the course includes virtual lectures, seminars, practical classes, exams, etc. – short of mobile learning. Ideally, this system should provide all the traditional types of classes at the University: lectures, seminars, workshops, research, self-study, course and diploma design, tests and examinations, as well as non-traditional (for example, the method of projects).

When using a mixed model of mobile learning, the General principles of the educational process of traditional learning [14]. At the same time, students master one part of the academic disciplines in traditional forms of education (full-time or part-time), the other part – on mobile learning technologies. The ratio of shares

is determined by the readiness for such a construction of the educational process of the educational institution as a whole, as well as the desire and technical capabilities of students.

Thus, mobile learning can be characterized by the ability to maintain and ensure close interaction between students and teachers, offering a high level of learning motivation, collaboration and flexibility in learning activities.

**Discussion.** Summing up what was said above, it is necessary to note the high didactic potential of mobile devices and technologies that will help to move to a new educational model of higher education provided their competent integration. The implementation of this model in practice, as we know, is possible only with the use of new forms of training - distance and mixed, as well as innovative, interactive methods of teaching methods based on the formation of skills to extract knowledge on their own, the development of critical thinking of the student, his autonomy. New forms of educational activity (interactive slide lectures, webinars, trainings and computer simulations, telecommunication discussions with the participation of specialists from domestic and foreign universities), as well as new types of tasks and exercises (training tasks; slide presentations; training podcasts; web projects) should be used in the educational process of the new educational process.

In addition, mobile learning, based on the principle of guided interactive self-learning, will be a new form of learning that will help overcome the destructive impact of ICT on human cognitive and social activities. This refers to the practice of universal download of ready-made articles and abstracts from the network to perform tasks, ignoring the rules of copyright, the use of any mobile devices as a cheat sheet, the constant transmission of SMS messages during the learning process, Internet addiction to social networks and computer games on mobile phones, etc. Today, a modern teacher is able to transform mobile devices and technologies from a threat to learning to help and support [15].

All the considered models of mobile learning are implemented using technological innovations and the Internet, which provides students with the opportunity to acquire professional competencies on the basis of a system of multidimensional vision and the study of disciplines, taking into account their multi-aspect and continuous updating of the content. Today, education at the University should be as much as possible included in the life of the listener, be informal, and based on technologies that are now familiar to all. To keep up with the changes and growing demands of students, educational institutions must meet the following requirements: flexibility, adaptability, quality indicators, innovation. Of great importance are mobile technologies in education, on the one hand allow to optimize the costs of the University for material and technical support, on the other hand to bring to a new level the quality of educational services and products.

REFERENCES

[1] Message of the President of Kazakhstan to the people of Kazakhstan dated December 14, 2012. Strategy "Kazakhstan 2050". [Electronic resource.] – 2012. – URL: http://www.akorda.kz/ru/addresses/addresses_of_president/poslanie-prezidenta-respubliki-kazahstan-nnazarbaeva-narodu-kazahstana-14-dekabrya-2012-g (date of treatment: 26.02.2019).

[2] Kuklev V.A. Essential characteristics of mobile learning as a pedagogical innovation / V.A. Kukuev // proceedings of the southern Federal University. Pedagogical science. 2015. – № 10. – pp. 119-126.

[3] Kuvshinov S. V. M-Learning – a new reality of education // Higher education in Russia, 2007. – № 8. – pp. 75–79.

[4] Khan, Asharul Islam; Al-Shihi, Hafedh; Al-Khanjari, Zuhoor Abdullah Mobile Learning (M-Learning) adoption in the Middle East: Lessons learned from the educationally advanced countries. Telematics and informatics. Volume: 32. Issue: 1. Published: NOV 2015. pp. 909–920.

[5] Ortiz Sergio, Green Marybeth. Trends and patterns of mobile learning: a study of mobile learning management system access. Turkish online journal of distance education. Volume: 20. Issue: 1. Article number: 10. Published: JAN 2019. pp. 161-176.

[6] Lin X.X., Lin SJ, Yeh CH, Wang YS. Measuring Mobile Readiness: Developing and Testing a Scale. Volume: 26. Issue: 1, Published: May 2016, pp. 265–287.

[7] Raza Syed Ali, Umer Amna, Qazi, Wasim. The Effects of Attitudinal, Normative, and Control Beliefs on M-Learning Adoption Among the Students of Higher Education in Pakistan. Volume: 48. Issue: 3, Published: May 2014, pp. 1651–1665.

[8] Shorfuzzaman M., Alhussein A. Modeling Learners' Readiness to Adopt Mobile Learning: A Perspective from a GCC Higher Education Institution. Mobile information systems, 2016.

[9] Cabot A.G., Garcia-Lopez E., L. de-Marcos, Abraham-Curto J. Adapting Learning Contents to Mobile Devices and Context to Improve Students' Learning Performance: A Case Study. Journal of Universal Computer Science, 20(15), 2014. pp. 2032-2042.

[10] Francesco Colace, Massimo De Santo, Luca Greco "Mobile Virtual Lab" for Supporting Engineering Curricula. Journal of Universal Computer Science, 20(15), 2014. pp. 2054-2067.

[11] Amirov A. Zh., Alimbekova A. M., Temirov A. E. the Role of advanced mobile applications in the educational process of higher school // the Young scientist. – 2017. – №1. – pp. 13-15.

[12] Fedorova G. A. Virtual methodical Association of teachers of Informatics in the integrated information and educational environment "School-pedagogical University" // Siberian pedagogical journal. – 2014. – №5. – pp. 55-60.

[13] Pogulyaev D. V. Possibilities of application of mobile technologies in educational process. NOU "MFPU" Synergy». – №5. – 2006. – pp. 80-84.

[14] Jairak K., Praneetpolgrang P., Mekhabunchakij K. An acceptance of mobile learning for higher education students in Thailand, in Proceedings of the 6th International Conference on E-Learning for Knowledge-Based Society, December 2014.

[15] Venkatesh V., Davis F. D. A theoretical extension of the technology acceptance model: four longitudinal field studies, Management Science, vol. 46, no. 2, pp. 186–204, 2015.

Козак Е.А., Курмашев И.Г., Ушакова Е.В., Долматова Л.В.

**ЖОО оқу үрдісінде мобильді оқыту технологиясын қолдану модельдері**

**Түйіндеме.** Бұл жұмыста заманауи жоғары білім беруде мобильді технологияларды пайдаланудың негізгі аспектілері ұсынылған. Мобильді технологиялардың мүмкіндіктерін талдау оларды ЖОО-ның оқу үрдісінде қолданудың негізгі үш моделін бөліп көрсетуге мүмкіндік берді: дәстүрлі оқу процесін қолдау, толық көлемді мобильді оқыту, аралас оқыту. Білім беру үдерісінде мобильді технологияларды қолданудың әрбір үлгісі үшін ұтқыр оқытуды басқару жүйесін пайдалану нұсқаларының схемалары ұсынылған.

**Түйінді сөздер:** білім беру үдерісіндегі мобильді технологиялар, мобильді оқыту, мобильді құрылғыларды қолдану арқылы оқыту, мобильді оқыту үлгілері.

Козак Е.А., Курмашев И.Г., Ушакова Е.В., Долматова Л.В.

**Модели применения технологий мобильного обучения в учебном процессе вуза**

**Резюме**: В данной работе представлены основные аспекты использования мобильных технологий в современном высшем образовании. Анализ возможностей мобильных технологий позволил выделить три основные модели их применения в учебном процессе вуза, такие как: поддержка традиционного учебного процесса, полно-объемное мобильное обучение, смешанное обучение. Представлены схемы вариантов использования системы управления мобильным обучением для каждой модели применения мобильных технологий в образовательном процессе.

**Ключевые слова**: мобильные технологии в образовательном процессе, мобильное обучение, обучение с применением мобильных устройств, модели мобильного обучения.

УДК 00.004.5

[1]**Y.V.Kuharenko,** [1]**A.V.Shaporeva,** [2]**O.L. Kopnova,** [3]**O.V. Grigorenko**
([1]North Kazakhstan State University, Petropavlovsk, Kazakhstan
[2]Kazakh National University named after al-Farabi, Almaty, Republic of Kazakhstan
[3]Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russia)

**SIMULATION OF AN AUTOMATED DATA ANALYSIS AND PROCESSING DATA TO ENSURE THE QUALITY OF THE EDUCATION PROCESS WITH THE DISTANCE LEARNING TECHNOLOGY**

**Abstract.** The article presents the use of infologic modeling in the development of an automated system for supporting decision-making processes and organizing the educational process with distance learning technology. The objects, subjects, connections and components of the information system, models and approaches to managing its security are considered.

**Keywords.** Automated system for assessing the quality of the provision and organization of the educational process using distance learning technologies, system modeling, and infological modeling.

**Introduction**

When creating an AIS prototype, infological modeling is important, which allows you to distribute the roles of system actors and data flows between them. This is especially important when the system being developed can be a subsystem already in the implemented system. In this case, it is necessary to provide differentiated access to the data arrays, organized in accordance with a given ontology, on the basis of the roles acting on the final time intervals.

**Methods**

The projected AIS should accumulate a sufficiently large amount of information associated with data streams from various university services, as well as store data about documents, multimedia files, users, students, teachers and constant changes in the structure of active and accessible documents. The information

system should be able to collect, store and update data, as well as provide various categories of users with quick access to the required information [1, 4,3].

The information system can be divided into the following subsystems:

1. Registration subsystem, which allows to identify, register and factually save system events causing its possible transitions to a new state.

2. Electronic Document Management Subsystem - allows you to store and transmit with confirmation of transmission parameters (date-time, sender, recipient) data of university services.

3. Reference subsystem that provides information to system users.

4. Analytical subsystem - processes formalized data received from services and presents them in the form of visual and factographic reports [6, 8, 11].

5. The data access control system.

Data in the information system to give them the properties of integrity from the standpoint of both referential and entity integrity are structured and organized in accordance with a model that adequately displays the connections between objects, subjects, their roles relevant in finite periods of time [7].

With the help of the data model, the objects of the domain are represented and the connections between them. The considered model of information system contains descriptions of subjects, objects and roles. As subjects will be considered users of the information system who have passed the authentication procedure [2]. The objects of the information system are shown in table 1.

Table 1. **Information system objects**

| Object | Description |
|---|---|
| Electronic university administration | The group of indicators that are fixed in the Subsystem of performance and indicators |
| Subsystem fixing performance and indicators | Physical Data Provider |
| Data | Any results obtained in the analysis of indicators of the provision and organization of the educational process for distance learning |
| Application | Tasks that can convert data, thereby creating new data |
| Document | Any documents generated within the information system. Documents are various conclusions, recommendations, etc. |

Access control is a function of an open system that provides a security technology that allows or denies access to certain data types based on identifying the subject that needs access and the data object that is the target of access [12,13]

The main access control mechanisms are identification and authentication, principles for ensuring access to system components based on access control models.

In information systems used today, Username and Password are the most common form of authentication. User names and passwords are gradually being replaced by more complex authentication methods. After successful identification and authentication, the user or the system receives exactly those resources to which the system or user has the right of access, as well as permission — what actions will be allowed to be performed (start, view, create, delete, or change). [10]

When registering, user data and password information are recorded in the database — the result of the password processing by a unidirectional function — to ensure the security of the system when trying to gain access to its elements. For each of all fields, validation rules are established. If the user enters incorrect data or does not enter them at all, the system displays an error message via JavaScript.

The system uses the role-based access control approach when determining access rights: when a user is registered, the administrator assigns a role; when logging into the system, a unique user login is recorded in the session and assigned rights are assigned to it according to the role. [9].

Each subject of the information system can play one or several roles. The list of possible objects can be expanded. An explanation of these roles is given in Table 2.

Table 2. **The roles of the subjects of the information system**

| Role | Description |
|---|---|
| User | Any user who has passed the authentication procedure |
| Teacher | A user with links to documents, distance learning sector and Electronic Rector |
| Distance learning sector | A user who has teachers attached to him |
| Vice Rector for Academic Affairs | A user who can manage the distance education sector and teachers |
| System administrator | A user who can manage everything |
| Administrator of electronic administration | The user who can manage the e-Rector |
| Distance Learning Analyst | User who can manage applications. |

The rights of users in the information system for access to data are determined by the assigned roles and relationships of the "subject-object" type. It should be noted that the assigned roles or relationships have tight time frames, for example, the role of the teacher is assigned to the user for a certain time period, the same pattern is assigned to the relations between the assigned roles, for example, between the roles of "DE-teacher sector" [14].

In addition to the mentioned relations of the "subject-role" and "role-role" type, the model assumes the presence of "role-object" links, for example, a "teacher-electronic administration" or "teacher-document" link, as well as an "object-object" link, for example, communications like

"Electronic rectorate - subsystem of fixing performance and indicators". In accordance with the described model, access to data (results of measurements), for example, a teacher should take into account:

– Teacher-related elements of the e-university administration in the considered time interval

– The subsystem of fixing the performance of indicators related to the Electronic Rectorate

The reports generated by the subsystem of fixation of performance of indicators for the considered time interval. Access to other objects is implemented in the same way. When accessing data, the rules in Table 3 apply.

Table 3. **Roles and Powers**

| Role | Description |
|---|---|
| User | Has no rights. |
| Teacher | Can only view objects associated with it, in overlapping time intervals.. |
| Distance learning sector | It can view only objects related to teachers appointed to it, in overlapping time intervals. May assign access to certain actions in the Electronic Rector. |
| Vice Rector for Academic Affairs | Can only view objects associated with all teachers, in overlapping time intervals. May designate teachers for the distance learning sector. |
| System administrator | Can view all objects. |
| Administrator of Electronic Government | It can view only objects associated with the Electronic Authority. It can assign criteria in the Subsystem of performance and indicators fixation for the Electronic Government. |

Analytical subsystem - processes data received from other components of the information system and presents them in the form of graphs.

**Results**

The function of organizing analytical reporting on the data of assessing the quality of assurance and organization of the educational process is performed by the AIS. The task of the analyst is to convert data into qualitative information and knowledge used in management, by defining indicators and creating interactive

reports. Interactive reports may contain data from one system or from several, depending on data requirements and the type of analysis [15].

For the implementation of analytical reports in the developed AIS are used:

- Deployment histograms, which, when certain items are selected (click on a column), divide the data corresponding only to the selected parameters, and, if necessary, indicate the information presented, moving on to the next level of detail.

- Pie charts - allow you to visualize the volume of the analyzed part of the information from the total. In interactive reports, it can also act as a filter for analysis, which works when pointing to a selected segment.

- Indicators of growth / decline, as well as maps with a control number, allow you to see the final figure for analysis and decision making. Well suited for a common panel of common development data [16].

- Charts - allow you to visually track the dynamics of changes in one direction or another of information analysis.

- Interactive tables - implemented with the ability to search by field in the database, as well as tables allow you to sort data by the selected row.

When operating the system in real mode, it is possible to choose the best way to display data [3].

**Findings**

The number of students studying using DET increases every year, which makes it important to achieve quality and distance education. The volume of information faced by a modern university is increasing every year.

In connection with the observed dynamics in the field of distance learning, the need arises for the active development of both methods and methods of managing the DL system and providing data for making management decisions. It is advisable to submit interactive reports systematically in order to simplify the user's work with the AIS within the information space of the university. Also an important aspect of AIS is the ability to form arbitrary requests that will allow users to create and execute non-standard requests without the involvement of IT professionals.

Thus, an integrated systems approach to university management processes is relevant for both full-time and distance learning, which allows considering education management from the standpoint of integrity, total quality management and decision-making based on facts - reliable, relevant, adequate and consistent.

REFERENCES

[1] Shaporeva A.V., Kukharenko Ye.V. K voprosu o razrabotke avtomatizirovannoy sistemy otsenki kachestva obespecheniya i organizatsii uchebnogo protsessa pri distantsionnoy tekhnologii obucheniya //Vestnik KazNITU-2019. - Vyp.1 (131)/S.-S.272-276

[2] Adalbek A., Zhizhimov O. Sozdaniye modeli i prototipa informatsionnoy sistemy dlya meditsinskikh dannykh//Vestnik Vostochno-Kazakhstanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. D. Serikbayeva. Nauchnyy zhurnal. -Ust' –Kamenogorsk, Sentyabr' 2018, Tom 1, chast' 1/ S.-S.165-175

[3] Kopnova O.L. Vyyavleniye neochevidnykh zakonomernostey po sredstvam informatsionno-analiticheskoy sistemy prinyatiya administrativnykh resheniy// Yevraziyskiy Soyuz Uchenykh (YESU). Yezhemesyachnyy nauchnyy zhurnal. –Moskva, 2018 Vyp. 12(57)/S.-S.24-31

[4] L. Dallemule, T. Deyvenport, «Kak postroit' strategiyu raboty s dannymi,» Harvard business review (Rossiya), pp. 49-57, yanvar'-fevral' 2018.

[5] Isayev D.V., Analiticheskiye informatsionnyye sistemy (Uchebno-metodicheskoye posobiye), Moskva : Gosudarstvennyy universitet – Vysshaya shkola ekonomiki, Fakul'tet biznes-informatiki, Kafedra biznes-analitiki, 2008 , p. 60.

[6] «Yedinaya informatsionno-analiticheskaya sistema (YEIAS),» Ministerstvo obrazovaniya i nauki Permskogo kraya, 2018. [V Internete]. Available: http://edustat.iro.perm.ru/. [Data obrashcheniya: 12 04 2018].

[7] V.N. Vasil'yev, V.A., Gurtov,B.A. Sazonov, M.V. Surovov, «Informatsionno-analiticheskaya sistema «Obrazovaniye v regionakh Rossii,» g. Perm', [V Internete]. Available: http://gcon.pstu.ac.ru/pedsovet/fair/cat/obsh/konf/Tezis/razd1/8.htm. [Data obrashcheniya: 2018 03 11].

[8] A.I. Mitin, T.A. Filicheva, «INFORMATSIONNO-ANALITICHESKAYA SISTEMA MONITORINGA KACHESTVA PROFESSIONAL'NOY PODGOTOVKI,» OTKRYTOYe OBRAZOVANIYe, Rossiyskiy ekonomicheskiy universitet imeni G.V. Plekhanova, № 4 (99) , pp. 46-51, 2013.

[9] Terekhov Andrey, «GARTNER BI MAGIC QUADRANT 2018: OBZOR RYNKA BIZNES-ANALITIKI,» 29 04 2018. [V Internete]. Available: http://blog.atkcg.ru/gartner-bi-magic-quadrant-2018-obzor-rynka-biznes-analitiki/. [Data obrashcheniya: 02 05 2018].

[10] Alekseyeva T.V., Ameridi YU.V., Luzhetskiy M.G., «Informatsionno-analiticheskiye sistemy.,» Moskovskaya finansovo-promyshlennaya akademiya, , M.:, [Elektron. resurs]. - 2005 URL: http://www.e-biblio.ru/book/bib/01_informatika/IAS/Book.html.

[11] K. I., Trebovaniya dlya programmnogo obespecheniya: rekomendatsii po sboru i dokumentirovaniyu, M.: : Izdatel'stvo «Kniga po Trebovaniyu», 2013, p. 118 .

[12] Elizabeth Hull, Ken Jackson, Jeremy Dick, Requirements Engineering, Springer-Verlag London Limited 2011, 2011, p. 229.

[13] D. Leffingwell, Agile Software Requirements: Lean Requirements Practices for Teams, Programs, and the Enterprise (Agile Software Development Series) Scaling Software Agility Best Practices for Large Enterprises, Wesley, p. 418.

[14] K. A., Sovremennyye metody opisaniya funktsional'nykh trebovaniy k sistemam, Izdatel'stvo "Lori", 2002, p. 263.

[15] A. Cooper, The Inmates Are Running the Asylum: Why High Tech Products Drive Us Crazy and How to Restore the Sanity, Sams Publishing , 2004.

[16] B. Minto, The Pyramid Principle: Logic in Writing and Thinking, United Kingdom: Pearson Education Limited, 2009.

Кухаренко Е.В., Шапорева А.В., Копнова О.Л., Григоренко О.В.

**Қашықтықтан оқыту технологиясымен білім беру процесінің сапасын қамтамасыз ету үшін автоматтандырылған деректерді талдау және өңдеу жүйесін моделдеу**

**Түйіндеме.** Мақалада шешім қабылдау үдерістерін қолдау және қашықтан оқыту технологиясымен оқу үдерісін ұйымдастыру үшін автоматтандырылған жүйені құруда инфологиялық модельдеуді қолдану қарастырылған. Ақпараттық жүйелердің объектілері, субъектілері, қосылыстары мен компоненттері, оның қауіпсіздігін басқару модельдері мен тәсілдері қарастырылады.

**Түйінді сөздер.** Қашықтықтан оқыту технологияларын, жүйелік модельдеуді және инфологиялық модельдеуді қолдана отырып, білім беру үдерісін ұйымдастыру мен қамтамасыз ету сапасын бағалаудың автоматтандырылған жүйесі.

Кухаренко Е.В., Шапорева А.В., Копнова О.Л., Григоренко О.В.

**Моделирование автоматизированной системы анализа и обработки данных для обеспечения качества учебного процесса при дистанционной технологии обучения**

**Аннотация.** В статье представлено применение инфологического моделирования при разработке автоматизированной системы сопровождения процессов принятия решений и организации учебного процесса при дистанционной технологии обучения. Рассмотрены объекты, субъекты, связи и компоненты информационной системы, модели и подходы к управлению ее безопасностью.

**Ключевые слова.** Автоматизированная система оценки качества обеспечения и организации учебного процесса с использованием технологий дистанционного обучения, системного моделирования, инфологического моделирования.

ӨОЖ 004.051

**T. Pyatkova, E. Kukharenko**
(North Kazakhstan State University named after Manash Kozybayev, Petropavlovsk, Kazakhstan.
E-mail: tanya.pyatkova@mail.ru)

**METHODS FOR ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF THE IMPLEMENTION OF IT PROJECTS AT THE ENTERPRISE**

**Abstract.** This article discusses the main methods for assessing the effectiveness of the implementation of IT projects in enterprises. The analysis of the most commonly used methods. The proposed method of integrated analysis of the assessment of the effectiveness of the implementation of IT projects, based on previously used.

**Keywords**: IT project; methods; effectiveness of implementation.

**Т.В. Пяткова, Е.В. Кухаренко**
(М. Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті,
Петропавл, Қазақстан Республикасы, E-mail: tanya.pyatkova@mail.ru)

**КӘСІПОРЫНДАРДА АТ-ЖОБАЛАРДЫ ЕНГІЗУ ТИІМДІЛІГІН БАҒАЛАУ ӘДІСТЕРІ**

**Түйіндеме**. Берілген мақалада кәсіпорындарда АТ-жобаларды енгізудің тиімділігін бағалаудың негізгі әдістері қарастырылған. Жиі қолданылатын әдістерге талдау жүргізілді. Бұрын қолданылған кешендік талдау әдістерінің негізінде АТ-жобаларын енгізу тиімділігін бағалаудың кешенді талдау әдістемесі ұсынылды.

**Түйінді сөздер:** АТ-жоба; бағалау әдістері; енгізу тиімділігі.

**1. Кіріспе**

Көптеген кәсіпорындарда ақпараттық жүйелерді енгізу жобалары уақытты, күш-жігер және ақшаның едәуір шығынын талап етеді. Бұл ретте тәжірибе көрсеткендей, жобалардың тек 20-50% - ы ғана бірқатар себептер бойынша мақсатқа жетуі мүмкін. Осы мәселені шешумен айналысатын зерттеушілер мен тәжірибе-мамандары (АТ жобаларын енгізудің тиімділігін бағалау) осы үдеріске әсер ететін көптеген факторларды анықтады. Бұл мақалада осы саладағы зерттеулерді жүйелеу жүргізіледі.

Бірінші кезекте АТ-жобаның тиімділігі деп түсінетінімізді анықтау қажет. Кең мағынада, тиімділік-бұл жүйенің тапсырыс берушілердің, пайдаланушылардың және басқа да мүдделі тұлғалардың қажеттіліктері мен мүдделеріне сәйкестігі дәрежесін көрсететін кешенді сипаттамасы. Әдетте, жобаның тиімділігі жобаның шығындары мен нәтижелері арасындағы айырмашылықпен анықталады. Шығындар - бағдарламалық қамтамасыз етуді сатып алуға, орнатуға, күйге келтіруге және қолдауға арналған шығындарды, сондай-ақ талап етілетін техникалық құралдарды сатып алуға және қолдауға, персоналды оқытуға және т. б. негізделген шығыстарды қамтиды. Сондай-ақ ұйымдастырушылық өзгерістерге байланысты шығыстарды ескеру қажет, бірақ мұндай шығындарды бағалау қиынға соғады. Нәтижелер деп кәсіпорын үшін, оның бизнес-процестері үшін, дайындалатын өнімдер үшін және бағдарламалық қамтамасыз етуді енгізу және одан әрі пайдалану кезінде маңызды мүдделі тұлғалар үшін алынуы тиіс әсерлер түсініледі. Кейде бұл түрін бірден және тез бағалау қиын [1,2].

**2. Әдістер**

Кәсіпорындарға ақпараттық технологияларды енгізуден тиімділікті бағалауға мүмкіндік беретін әртүрлі тәсілдер бар. Бұл бағдарламалық өнімді енгізбесе, кәсіпорын шығындарына әкелуі мүмкін шығындар бағаланған кезде "қарсы" тәсілі. Тиімділікті кәсіпорыннан нақты тұлға бағалаған кезде қолданылатын басқа нұсқа, ол оған осы АТ-жоба не үшін қажет екенін нақты көрсетеді. Тапсырыс беруші оны іске асырудан болатын нәтиже үшін толық жауапкершілікті өзіне алуға дайын. Бұл тәсіл бастапқы кезеңде басқаруды жақсарту немесе құрылымдық қайта құру және т. б. сияқты өлшенбейтін немесе күрделі өлшенетін мақсаттар айқын айқындалуы тиіс дегенді білдіреді. Бұл жағдайда нәтижелерді бағалау үшін сандық әдістерді тікелей қолдану әрқашан мүмкін емес [3-5].

*Кейде инвестициялардың өзін - өзі ақтауын есептеудің жеке консалтингтік жобасы (Return On Investment-ROI) орындалады, бұл ретте мұндай жұмыстардың құны ақпараттық жүйені енгізу жобасымен мөлшерлес болуы мүмкін. Жоба басталар алдында өлшенетін мақсаттарды нақты қоюға және оның нәтижелері бойынша олардың жетістіктерін бақылауға негізделген тәсіл неғұрлым орынды болып табылады.* Екінші жағдайда сандық көрсеткіштердің көмегімен енгізу әсерін бағалау әрекеттері формальды түрде жасалады [5,7]. Бұл үшін қажет:

- Кәсіпорынның стратегиялық мақсаттарын тіркеу.
- Негізгі бизнес-процестердің құрылымын анықтау.
- Осы процестерді олардың стратегиялық мақсаттарға қол жеткізуге әсері тұрғысынан бағалау.
- Осы әсерді өлшеуге мүмкіндік беретін көрсеткіштерді анықтау.
- Әрбір процесс үшін оған оң және теріс әсер ететін факторларды анықтау.
- Осы факторлардың әсерін көрсететін сандық көрсеткіштерді таңдау.
- Бұл көрсеткіштерді құндық мәнде есептеу және оларды жүйені енгізудің экономикалық әсерінің негіздемесіне енгізу.

Сондай-ақ қолданыстағы әдістерді бағалауға қолданылатын тәсілге байланысты шартты түрде екі топқа бөлуге болады.

Апостерирлік тәсіл-жүйені пайдалану кезеңінде ақпараттық жүйелерді енгізу нәтижелерін тікелей бағалау әдістерін біріктіреді. Бұл әдістер ақпараттық жүйені енгізгенге дейінгі және одан кейінгі түрлі түйінді факторларды ескереді және жүйені енгізу жобасын іске асыруға жұмсалған күш-жігермен нәтижені салыстыруды білдіреді.

Априорлық тәсіл-инвестиция көлемін келісу және шешімді таңдау кезеңінде ақпараттық жүйені енгізу нәтижелерін бағалау және болжау әдістерін біріктіреді. Бұл әдістерде құрылған модельдер негізінде анықталатын негізгі факторлардың болжамды мәндері пайдаланылады, бұл ретте ақпараттық жүйені енгізу жобасының әсерлеріне де, шығындарына да әсер ететін тәуекелдердің әртүрлі түрлері, сондай-ақ әртүрлі айқын емес мүмкіндіктер ескерілуі мүмкін.

Аталған әдістер топтарының ерекшеліктерін толығырақ қарастырайық. Жүйені енгізу басталғанға дейін осы енгізудің өлшенетін мақсаттары тіркелген жағдайда, апостериорлық тәсіл шеңберінде тиімділікті бағалау әдістерін қолдану барлық мәлімделген нысаналы көрсеткіштер бойынша бар жоспарланған және қол жеткізілген нәтижелермен салыстырғанда жинақталады. Бұл

ретте нысаналы көрсеткіштер өзгерістерінің дәл нәтижесін, егер олардың өлшеу әдістемесі мен жүйені енгізгенге дейінгі мәндері белгілі болған жағдайда ғана алуға болады. Қарастырылып отырған тәсілдің негізгі проблемасы – кәсіпорында өзгерістер болған жағдайда, басқа факторлармен емес, енгізілетін ақпараттық жүйемен байланысты екенін дәлелдеу. Бұл ретте компанияда бірнеше ақпараттық жүйелер қатар енгізілуі мүмкін, бұл бағалау міндетін одан әрі қиындатады [8,9]. Бірақ АТ-жобаларының тиімділігін бағалау қажеттілігі бастапқы кезеңдерде туындайтынын ұмытпауымыз керек, тек енгізу шығындары мен пайданы толық талдау негізінде енгізу туралы шешім қабылданады.

Тәжірибе көрсетіп отырғандай, ақпараттық жүйелерді енгізу тиімділігін бағалаудың әртүрлі әдістерінің арасында жобаның өзін іске асырғанға дейін, техникалық-экономикалық негіздеме кезеңінде, басқаша айтқанда, априорлық тәсіл шеңберіндегі әдістерді бағалауға мүмкіндік беретін әдістер неғұрлым тартымды. Оларға IRR (пайданың ішкі нормасы Internal Rate of Return), ROI (инвестициялардың рентабельділігі Return on Investment), Tei (жалпы экономикалық тиімділік Total Economic Impact), NPV (таза келтірілген құн Net Present Value), BSC (көрсеткіштердің теңдестірілген жүйесі Balanced Scorecard), Eva (экономикалық қосылған құн Economic Value Added) және басқалар жатады.

Осы тәсіл шеңберінде жобаны іске асыру басталғанға дейін бағалау жүргізу сұраққа жауап беруге мүмкіндік береді, ал жалпы аталған АТ-жобаға инвестициялау керек пе жоқ па. Мысалы, инвестициялардың рентабельділігін есептей отырып және алынған көрсеткішті салыстыра отырып, мысалы, банктік депозиттер бойынша мөлшерлемемен немесе компанияда белгіленген кірістіліктің ішкі нормасымен салыстыра отырып, біріншісі соңғыдан асып кеткен жағдайда, жоспарланатын инвестициялар тиімді болады деп айтуға болады.

Бұл ретте, АТ-жүйесін енгізуден болжанатын әсерді бағалау осы әдістерді қолданудың негізгі сәті болып табылатынын түсіну керек. Осы әдістерде болжамды мәндер пайдаланылатындықтан, жүйені енгізуден тікелей пайда сандық бағалаулардың дұрыстығы шешім қабылдайтын менеджмент тарапынан мәселелерді тудыруы мүмкін.

Әртүрлі АТ-шешімдердің ірі вендорлары пайдаланатын ақпараттық жүйелерді енгізу әсерін бағалау әдістерін қарастырайық.

- Алдыңғы жобаларда жүйелерді енгізу тәжірибесі мен тиімділігіне негізделген бағалау әдіснамасы. Бұл әдісті априорлық әдіске жатқызуға болады. Әдістің мәні мынада: компания өз қызметінің бірқатар ұсынылған негізгі көрсеткіштерін өз бетінше бағалауды ұсынады. Содан кейін алынған көрсеткіштер жобалардың қолда бар деректер базасы бойынша немесе ашық көздерден алынған ақпарат негізінде сол саладағы басқа клиенттердің ұқсас көрсеткіштерімен салыстырылады. Осыдан кейін компания жобаны іске асыру барысында оның негізгі көрсеткіштерін салыстырмалы деңгейге жеткізу нәтижесінде қол жеткізуге болатын ықтимал экономикалық әсерге баға алады. Осылайша, бұл әсер есептік жолмен емес, нақты жобалар барысында нақты компаниялар қол жеткізген нәтижелер негізінде бағаланады. Бұл әдістің артықшылықтарына оны пайдаланудың қарапайымдылығы жатқызуға болады. Сонымен қатар, оның кемшілігі бұрын қол жеткізілген нәтижеге осы компания қол жеткізетініне кепілдіктің болмауы болып табылады [10,11].

- Total Economic Impact (TEI) әдіснамасы. TEI әдістемесінің көмегімен компаниялар ақпараттық технологияларды енгізу жөніндегі жобалардың қалыптасқан құндылығын басшылыққа және бас акционерлерге көрсете алады, негіздейді және түсінуге көмектесе алады. Егер қысқарақ айтсақ, TEI әдіснамасы инвестициялық құнды бағалаудың төрт құрауышынан тұрады: пайда, шығындар, тәуекелдер және икемділік. Модельдің нәтижесі ROI және PaybackPeriod есептелген көрсеткіштері. Модельдің артықшылықтарына жобаны қаржыландыру туралы шешім қабылдайтын әрбір тұлғаға көрнекі және түсінікті нәтижені жатқызуға болады. Модельдің негізгі қиындығы енгізуден экономикалық пайданың болжамды мәндерін анықтаудың ашық еместігі болып табылады, бұл осы әдісті әзірлеуші-компанияның ноу-хауы болып табылады [12].

- Balanced Scorecard (BSC) әдіснамасы. Теңдестірілген көрсеткіштер жүйесі Гарвард экономика мектебінің профессорлары Дэвид Нортон мен Роберт Каплан жүргізген зерттеу негізінде әзірленді. IT-ға қатысты BSC әдістемесі жалпы IT-инфрақұрылымдардың тиімділігін бағалауда, сондай-ақ енгізудің жеке жобасының тиімділігін бағалауда сапалы тәсіл болып табылады. Негізгі тірек ұйымның бизнес-мақсаттарына және оның стратегиялық даму жоспарларына байланыстыра отырып, АТ-жобасының мақсаттарын формалдауға жасалады.

BSC әдістемесін қолдану бірқатар қадамдарды жүргізуді көздейді:

- ағымдағы жобаның стратегиялық мақсатын формалдау;

- жобаның стратегиялық мақсатын іске асыру үшін қажетті қызметтің нақты бағыттарын анықтау;
- әрбір таңдалған бағыт бойынша шешілетін міндеттерді анықтау;
- орындалатын міндеттер арасындағы өзара байланысты және олардың Жоба мақсаттарына қол жеткізуге әсерін анықтау;
- әрбір міндет үшін тиімділік көрсеткіштерін формализациялау;
- әрбір міндеттерді шешу бағдарламаларын әзірлеу;
- жобаны енгізу бағдарламасын нақтылау — адами және қаржылық ресурстарды бөлу, міндеттерді орындау үшін жауапкершілік аймағын анықтау;
- жобаны енгізу;
- енгізу қорытындылары бойынша тиімділік көрсеткіштері жүйесін қайта қарау және түзету. Осы қадамда тиімділік көрсеткіштерін формалдау кезеңіне, сондай — ақ ең бірінші кезеңге-стратегиялық мақсаттарды формалдау.

BSC әдістемесі бірінші кезекте басқару стратегиясын қалыптастыру құралы болып табылады және IT-бағытталған процестерді басқару әдістемесінің құрамдас бөлігі ретінде пайдаланылуы мүмкін [13,15].

Алайда, IT-жобаларға BSC әдістемесін қолдану теңдестірілген көрсеткіштер жүйесі ұйымда пайдаланылатынын білдіреді, әйтпесе BSC пайдалану бірқатар қиындықтарды тудыруы мүмкін.

- Rapid Economic Justification (REJ) әдіснамасы. REJ-бұл экономикалық бағалау әдіснамасы, ол ұйымдарға бизнес-процестерге АТ шешімдерін енгізуге, содан кейін осы шешімдердің абсолютті қаржылық пайдасын анықтауға көмектеседі. RAD әдіснамасының мәні ақпараттық технологияларға инвестициялар осы ұйым үшін маңызды қойылған мақсаттарға сәйкес анықталатынына кепілдік береді. REJ әдіснамасы кәсіпорын қызметі тиімділігінің өсуіне барынша әсер ететін бизнес-процестерге қолданылады. REJ әдістемесінің мақсаты-бас менеджерлерге ат нақты салымдарының артықшылықтарын жақсы түсінуге көмектесетін бизнес-жоспарды әзірлеу болып табылады. REJ моделі бес қадамнан тұрады: Бизнесті бағалау, шешімді әзірлеу, пайда мен шығындарды бағалау, әлеуетті тәуекелдерді анықтау және есепке алу, қаржылық көрсеткіштерді есептеу. Өзінің мәні бойынша, REJ әдіснамасы TEI әдіснамасына ұқсас және ұқсас артықшылықтары мен кемшіліктері бар. Жоғарыда аталғандардан басқа, REJ әдістемесі АТ мамандарына және бизнес-менеджментке ортақ тілді табуға көмектеседі.

**3. Нәтижелері**

Осылайша, авторлар априорлық тәсіл шеңберінде бағалау жүргізуге жұмсалатын шығындарды толық және барынша азайту тұрғысынан әдістемелердің келесі комбинациясы барынша оңтайлы деп санайды.

1. Total Cost of Ownership (TCO) әдісін қолдану арқылы жобаның шығын бөлігін анықтау. TCO есептеу үшін мынадай көрсеткіштерді ескеру қажет:

- талап етілетін режимде жүйенің жұмыс істеуі үшін қажетті жабдықтарды сатып алу және қолдау құны;
- бағдарламалық қамтамасыз етудің құны және оны вендормен қолдау;
- өнім жасаудың барлық циклін қамтитын бағдарламалық қамтамасыз етуді енгізу құны;
- сатылған өнімді одан әрі қолдау құны;
- жүйемен жұмыс істейтін қызметкерлерді оқыту құны.

2. Жүйені енгізуден әсерлерді анықтау. Бұл жұмыс бірнеше компоненттерден тұруы мүмкін:

- Экономиканың бір секторына тиесілі компанияларда бұрын табысты іске асырылған ұқсас жобаларда қол жеткізілген нәтижелерге сүйене отырып, енгізудің әсерін болжау. Талап етілетін деректер әдетте енгізілетін бағдарламалық қамтамасыз етуді әзірлеушілер ресми сайттарда өз клиенттерінің Баспасөз-релиздері мен пікірлері, сондай-ақ басқа да ашық көздер түрінде орналастыратын ақпаратты талдауға сүйене отырып алынады. Алайда, бұл жерде қиындықтар туындайды, ол әрдайым талап етілетін ақпаратты таба алмайды, сондықтан осы мәселені шешудің әртүрлі жолдары болуы мүмкін.
- Бизнес-тапсырыс берушілердің бағасы негізінде әсерді болжау. Кейбір жағдайларда бизнес-тапсырыс берушілер мен пайдаланушыларды АТ-жүйесін енгізу әсерін бағалауға тартуға болады. Бұл компания бизнесінің ат-мәдениетінің белгілі бір даму деңгейі, жауапкершілік және бизнес тарапынан нақты міндеттер қойылған жағдайда мүмкін.

3. Енгізу жобасымен байланысты тәуекелдерді есепке алу.

**4. Талқылау**

Сипатталатын әдіс, оның ішінде, енгізудің күтілетін ең жоғары тиімділігі негізінде қарауға ұсынылатын қатардан неғұрлым қолайлы шешімді таңдау қажет жобалар шеңберінде қолданылуы мүмкін.

Қорытындылай келе, бұл мақалада АТ-жобаларды енгізудің тиімділігін бағалаудың жалпы идеялары ғана қозғалғанын атап өткім келеді. Авторлар АТ-жобаларын енгізу тиімділігін болжаудың имитациялық моделін әзірлеуді жоспарлап отыр.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Д.А. Градусов, А.В. Шутов, А.Б. Градусов. Корпоративные информационные системы, Учебное пособие. – ВлГУ, 2015.

[2] А.Б. Анисифоров, Л.О. Анисифорова, Методики оценки эффективности информационных систем и информационных технологий в бизнесе, Учебное пособие. – Санкт – Петербург, 2014 г. – С. 20 – 25.

[3] А.А. Шутов, Д.Н. Трушин Методы исследования экономической эффективности от внедрения информационных систем на предприятии // Бизнес-информатика. 2009. №4.

[4] https://www.osp.ru/cio/2002/09/172287/ (Методология оценки риска ИТ. Дата обращения: 02.01.2019 год).

[5] К.Г. Скрипкин Экономическая эффективность информационных систем. - М.: «ДМКпресс», 2002.

[6] Е.В. Кухаренко, Т.В. Пяткова, Эффективность внедрения IT-проектов, Вестник Северо-Казахстанского государственного университета им. М. Козыбаева, №1, 2018, С. 286-292.

[7] В.В. Баронов, Г.Н. Калянов, Ю.И. Попов Информационные технологии и управление предприятием - М.: «ДМКпресс», 2004. - 328с.:ил.

[8] Е.М. Клейменова и др. Метод оценки рисков в мультиагентной системе управления проектами НИР и ОКР в реальном времени – Информационно – управляющие системы, № 2(63), 2013.– С. – Петербург.

[9] Середенко Е.С., Оценка экономической эффективности аналитических информационных систем, диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук. – Москва, 2014. – С. 10 – 15.

[10] М.В. Грачева, Количественные методы в экономических исследованиях: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности экономики и управления / Под ред. Грачева М.В., - 2-е изд., перераб. и доп. - М.:ЮНИТИ-ДАНА, 2015. - 687 с.

[11] Е. В. Бунова, О. С. Буслаева, Оценка эффективности внедрения информационных систем, Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер. управление, вычисл. техн. информ., 2012, номер 1, 158–164.

[12] Г.И. Кайгородцев, А.В. Кравченко "Методика оценки эффективности информационных систем" Прикладная информатика, no. 1 (55), 2015, pp. 5-14..

[13] Charette, R. *Application Strategies for Risk Analysis, McGraw-Hill*, New York, 1991.

[14] Berry S., Lowndes V., Trovati M., Eds. 2017, Guide to Computational Modelling for Decision Processes: Theory, Algorithms, Techniques and Applications. Springer.

[15] Cash J., McFarlan W. and McKenney J. *Corporate Information Systems Management*, Irwin, Boston.1992.

Пяткова Т.В., Кухаренко Е.В.

**Методы оценки эффективности внедрения ИТ-проектов на предприятии**

**Резюме**. В данной статье рассмотрены основные методы оценки эффективности внедрения ИТ-проектов на предприятиях. Проведен анализ наиболее часто применимых методов. Предложена методика комплексного анализа оценки эффективности внедрения ИТ-проектов, на основании ранее применяемых.

**Ключевые слова:** ИТ-проект; методы оценки; эффективность внедрения.

УДК 502.65:622.276

**[1]Б.Б. Оразбаев, [1]Б.У. Асанова, [2]Б.А. Серимбетов, [2]Л.Г. Касенова, В.Е Махатова.**

([1]Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан Республикасы, Астана қ.,
[2]Қазақ Экономика, қаржы және халықаралық сауда университеті, Қазақстан Республикасы, Астана қ.,
[3]Х.Досмұхамедов атындағы Атырау мемлекеттік университеті, Қазақстан Республикасы, Атырау қ.
batyr_o@mail.ru)

## БАЯУ КОКСТЕУ ҚОНДЫРҒЫСЫ ТИІМДІ ЖҰМЫС РЕЖИМДЕРІН МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕРІ НЕГІЗІНДЕ ТАҢДАУ ЕСЕБІ ЖӘНЕ ОНЫ АЙҚЫН ЕМЕС ОРТАДА ШЕШУ ЭВРИСТИКАЛЫҚ ТӘСІЛІ

**Аннотация.** Баяу кокстеу қондырғысын математикалық модельдеу және оның тиімді жұмыс режимін таңдау есептерін шешу үшін оның жұмыс сапасын анықтайтын критерийлер мен шектеулердің қондырғының кіріс, режимдік параметрлерімен байланыстарын сиппаттайтын көпжиынды регрессиялық және айқын емес

регрессиялық модельдер жүйесі құрылады. Баяу кокстеу қондырғысы оптималды жұмыс режимдерін таңдау есептері Парето оптималдық және бас критерий тәсілдерін модификациялау арқылы тұжырымдалып, Парето оптималдық принципі айқын емес ортаға бейімдеу нәтижесінде қойылған есепті шешудің эвристикалық тәсілі құрылады. Басқару нысанының оптималды жұмыс режимін таңдау үшін тұжырымдалған есептің қойылымы мен оны шешу тәсілінің жаңашылдығы мынада: есеп айқын емес ортада қойылып, эквивалентті детерминді түрге түрлендірілмей, айқын емес ортада түрлі оптималдық принциптерін айқынсыздыққа бейімдеу жолымен шешіледі. Яғни, ұсынылған тәсіл жинақталған айқын емес ақпаратты толықтай қолдану арқылы айқын емес ортада шынайы өндірістік есептердің адекватты шешімдерін алуды қамтамасыз етеді.

**Кілттік сөздер**: баяу кокстеу қондырғысы, математикалық модель, айқын емес модель, айқын емес ақпарат, тиістілік функциясы, Парето оптималдық принципі, бас критерий тәсілі.

**1. Кіріспе**. Баяу костеу қондырғысы (БКҚ) ауыр мұнай өңдеу қалдықтырынан (мысалы гудроннан, мазуттан) түрлі мұнай өнімдерін: мұнай коксы, бензин, жеңіл және ауыр газойль, газ алуға арналған [1, 2]. Нарықтық экономика жағдайында технологиялық нысандарды тікелей басқаратын шешім қабылдаушы тұлға (ШҚТ, мысалы қондырғы басшысы, технолог, оператор) алдында тұтынушылар, тапсырыс берушілер тарапынан өндірілетін өнімдердің саны мен сапасына қойылатын талаптарды қанағаттандыратын қондырғының жұмыс режимін анықтау мен таңдау есептері жиі туындайды [3].

Бұл жағдайларда БКҚ жұмыс режимлерін таңдаудың мақсаты негізгі өнімдердің максималды көлемдерін өндіру, ал бұл өнімдердің сапа көрсеткіштері берілген мәндерінен кем емес не артық емес болуы мүмкін, немесе өнім сапаларын максималды жақсарту, ал өнімдердің саны берілген шамалардан кем болмауы керек [3, 4]. Сондықтан қазіргі уақытта өндірілетін өнімдерге қойылатын талаптарды максималды қанағаттандыруға мүмкіндік беретін өндірістік нысандардың жұмыс режимдерін, олардың математикалық модельдері көмегімен анықтау және олардың ең тиімдісін таңдау аса өзекті ғылыми және практикалық мәселе болып табылады. Бұл жұмыста осы мәселерді шешу тәсілдемелері зерттеліп, тиімді жолдары ұсынылады.

**2. Есеп қойылымы.** Жұмыста зерттеліп, шешілетін есепті математикалық тқжырымдау үшін келесі белгілеулер енгізіп, есепті формализациялаймыз: $x=(x_1,x_2,\ldots,x_9)$ – БКҚ баяу кокстеу процесіне, өндірілетін өнімдердің саны мен сапасына әсер ететін негізгі кіріс және режимдік параметрлер [3, 5]:

$x_1$ – шикізат көлемі;

$x_2, x_3$ – К-1 ректификациондық колоннасының өткір суландыру ($x_2$) мен айналымды суландыру ($x_3$) көлемдері;

$x_4, x_5$ – ретімен алғанда, жеңіл газойльды шығару температурасы мен К-1 колоннасының жоғары жағы температурасы;

$x_6, x_7$ – ретімен алғанда, БКҚ реакторлары кірісіндегі температура мен реакторлардағы қысым;

$x_8, x_9$ – рециркуляция коэффициенті мен шикізат кокстенуі.

$\mu_0(x)=(\mu_0^1(x),.\mu_0^2(x),..,\mu_0^5(x))$ – қондырғыда өндірілетін өнімдердің көлемдерін сипаттайтын нормалданған критерийлер векторы, атап айтқанда:

$\mu_0^1(x)$ – кокс көлемі (шығысы);

$\mu_0^2(x)$ – бензин шығысы;

$\mu_0^3(x)$ – жеңіл газойль шығысы;

$\mu_0^4(x)$ – ауыр газойль шығысы;

$\mu_0^5(x)$ – газ шығысы.

Өнімдердің сапалық көрсеткіштері, әдетте, келесі айқын емес шектеулермен сипатталады:

- кокс күлдігі $\varphi_1(x)$ $b_1$-ден артық болмауы тиіс: $\varphi_1(x) \tilde{\leqq} b_1$, мұнда $b_1$ айқын емес сан, мысалы ~0,35% масс;

- кокс ұшқыштығы $\varphi_2(x)$ $b_2$-дан (~11%) артпауы керек: $\varphi_2(x) \tilde{\leqq} b_2$;

- бензиннің қайнау температурасының басы (ҚБ) $\varphi_3(x)\ \ b_3$ (~160°С) кем болмағаны жақсы: $\varphi_3(x) \tilde{\geqq} b_3$;

- бензиннің қайнау соңы (ҚС) $\varphi_4(x)\ \ b_4$ (~180 °С) артық болмауы керек: $\varphi_4(x) \tilde{\leqq} b_4$;

- жеңіл газойльдің қату температурасы $\varphi_5(x)\ \ b_5$ (~-17 °С) артық болмауы керек: $\varphi_5(x) \tilde{\leqq} b_5$;

- жеңіл газойльдің от алу температурасы $\varphi_6(x)\ \ b_6$ (~70 °С) төмен болмауы тиіс: $\varphi_6(x) \tilde{\geqq} b_6$;

- ауыр газойльдің от алу температурасы $\varphi_7(x)\ \ b_7$ (~116°С) төмен болмағаны жақсы: $\varphi_7(x) \tilde{\geqq} b_7$.

БКҚ-нан алынатын газ газ қондырғының өзінде отын ретінде пайдаланылады, ал оның бір бөлігі факелге залалдансыру үшін жіберіледі, әдетте, газдың көлемі мен сапасына ерекше талаптар қойылмайды.

Келтірілген ақпарат негізінде БКҚ баяу кокстеу қондырғысы математикалық модельдерін құрып, олардың көмегімен қондырғының тиімді жұмыс режимдерін таңдауды айқын емес ортада жүзеге асыру керек. Ол үшін белгілі бір өндірістік жағдайға Парето оптималдық принципін бейімдеп келесі көпкритерийлі таңдау есебін қойылымын келтіреміз:

$$\max_{x\in X}\left(\sum_{i=1}^{m}\gamma_i\mu_0^i(x)\right) \tag{1}$$

$$X=\left\{x:\arg\max_{x\in X}\sum_{q=1}^{L}\beta_q\mu_q(x)\wedge\sum_{q=1}^{L}\beta_q=1\wedge\beta_q\geq 0,\ \ q=\overline{1,L}\right\} \tag{2}$$

мұнда $\gamma_i, i=\overline{1,m}$, $\beta_q, q=\overline{1,L}$ – локалды критерийлер мен шектеулердің өз-ара маңыздылық коэффициенттер, $\mu_0^i(x),\ i=\overline{1,m}$ – максимизацияланатын критерийлер, өнімдердің шығысы; $\mu_q(x), q=\overline{1,L}$ – айқын емес шектеулердің орындалуын сипаттайтын тиістілік функциялар; $\Omega=\left[x_i^{\min}, x_i^{\max}\right]$ – қонджырғының кіріс, режимдің параметрлерінің анықталу облысы.

Қойылымы алынған (1)–(2) есебін айқын емес ортада шешетін эвристикалық тәсіл жасақтау қажет.

**2. Есепті шешу тәсілдері.** Тұжырымдалған есепті есепті шешу үшін бірінші кезеңде регрессорларды тізбектей қосу тәсілдемесі [6] мен ең кіші квадраттар тәсілдері [7] негізінде, немесе оларды айқын емес ортаға бейімдеу арқылы жоғарыда сипатталған критерийлер мен шектеулердің БКҚ кіріс, режимдік параметрлерңнен тәуелдігін сипаттайтын модельдердің құрылымы мен параметрлерін анықтаймыз. Содан кейін, қойылған көпкритерийлік таңдау есебін (1)–(2) шешу тәсілін жасақтаймыз. Бұл кезең айқын емес жиындар теориясы тәсілдері [3,4,8] негізінде модификациялан көпкритерийлік оптимизациялау және шешім қабылдау тәсілдерін [9,11] түрлі оптимизациялау принциптерін айқынсыздыққа бейімдеу арқылы орындалады.

**4. Зерттеу нәтижелері - эвристикалық тәсілдер, нәтижелерді талқылау.**

БКҚ-сын модельдеу және оның тиімді жұмыс режимін таңдау есептерін шешу үшін жоғарыда келтірілген критерийлер мен шектеулердің $(\mu_0^i(x), i=\overline{1,5}\quad \varphi_q(x), q=\overline{1,7})$ қондырғының кіріс, режимдік параметрлермен ($x=(x_1,x_2,\ldots,x_9)$) байланыстарын сиппаттайты [3–5,11], регрессиялық және айқын емес модельдер жүйесін пайдаланамыз. Модельдер көпжиынды регресиялық (3) және айқын емес регрессиялық теңдеулер (4) түрінде, келесідей құрылымда тұрғызылған:

$$y_j^M=\alpha_{0j}+\sum_{i=1}^{9}\alpha_{ij}x_{ij}+\sum_{i=1}^{9}\sum_{k=i}^{9}\alpha_{ikj}x_{ij}x_{kj},\ j=\overline{1,5} \tag{3}$$

$$\tilde{y}_j^M=\tilde{\alpha}_{0j}+\sum_{i=1}^{9}\tilde{\alpha}_{ij}x_{ij}+\sum_{i=1}^{9}\sum_{k=i}^{9}\tilde{\alpha}_{ikj}x_{ij}x_{kj},\ j=\overline{6,12} \tag{4}$$

мұнда $y_j^M$ , $j=\overline{1,5}$ – БКҚ шығыс параметрлері; $j=\overline{1,5}$ кезінде $y_j=\mu_0^i(x), i=\overline{1,5}$ критерийлер; $j=\overline{6,12}$ болғанда $\tilde{y}_j^M$ , $j=\overline{6,12}$ айқын емес шектеулер: $\tilde{y}_j=\mu_q(x), q=\overline{1,7}$ – өндірілетін өнімнің сапалық көрсеткіштері; $x_{ij}, x_{kj}$ – кіріс, режимдік параметрлер ( $x_i, i=\overline{1,9}$ ); $\alpha_{0j}, \alpha_{ij}, \alpha_{ijk}$ $\tilde{\alpha}_{0j}, \tilde{\alpha}_{ij}, \tilde{\alpha}_{ijk}$ – идентификация-ланатын айқын және айқын емес регрессиялық коэффициентер, ретімен алғанда, регрессиялық теңдеулердің бос мүшесі, сызықтық эффект, квадраттық және жұптық әсер эффектілері. Бұл коэффициенттерді бағалау *REGRESS* және MatLab жүйесі көмегімен орындалады [11, 12].

Әр шектеуге ШҚТ, эксперттер көмегімен $\varphi_q(x) \geq (\leq) b_q, q=\overline{1,7}$ айқын емес шектеулердің орындалу тиістілік функциялары $\mu_q(x), q=\overline{1,7}$ тұрғызылған.

Айқын емес шектеулердің орындалу деңгейлерін сипаттайтын тиістілік функциялары $\mu_q(x), q=\overline{1,7}$ келесі тәсілдеме негізінде тұрғызылған:

1. ШҚТ, эксперттер пікірін ескере отырып шектік деңгейлерді $r_q$ , $q=\overline{1,7}$ анықтаймыз, және шектеулердің орындалу деңгейлерін келесідей түрде келтіреміз:

$$\mu_q(x)=\begin{cases}1, \textit{если } \varphi_q(x) \leq b_q \\ 1-[b_q+r_q-\varphi_q(x)]/r_q, \textit{если } b_q<\varphi_q(x)<b_q+r_q \\ 0, \ \textit{если } \ \varphi(x_q) \geq b_q+r_q\end{cases}$$

немесе (4) ескере отырып, келесідей жазамыз:

$$\mu_1(x)=\begin{cases}1, \textit{если } \tilde{\alpha}_{0j}+\sum\limits_{i=6}^{9}\tilde{\alpha}_{ij}x_{ij}+\sum\limits_{i=6}^{9}\sum\limits_{k=i}^{9}\tilde{\alpha}_{ikj}x_{ij}x_{kj} \leq 0{,}35 \\ 1-[0{,}35-\tilde{\alpha}_{0j}+\sum\limits_{i=6}^{9}\tilde{\alpha}_{ij}x_{ij}+\sum\limits_{i=6}^{9}\sum\limits_{k=i}^{9}\tilde{\alpha}_{ikj}x_{ij}x_{kj}]/0.05 \\ \textit{если } 0{,}35<\tilde{\alpha}_{0j}+\sum\limits_{i=6}^{9}\tilde{\alpha}_{ij}x_{ij}+\sum\limits_{i=6}^{9}\sum\limits_{k=i}^{9}\tilde{\alpha}_{ikj}x_{ij}x_{kj}<0.40 \\ 0, \textit{если } \tilde{\alpha}_{0j}+\sum\limits_{i=6}^{7}\tilde{\alpha}_{ij}x_{ij}+\sum\limits_{i=6}^{7}\sum\limits_{k=i}^{7}\tilde{\alpha}_{ikj}x_{ij}x_{kj} \geq 0.40\end{cases}$$

мұнда рұқсат етілген шек $r_1=0.005, \ i=\overline{6,9}$, кокс күлдігіне $\mu_7(x)$ режимдік параметрлер $x_6,\ldots,x_9$ әсер ететінін, ал қалғандары әсер етпейтінін, не әсерлері әлсіз екендігін, яғни оларды ескермеуге болатынын білдіреді.

Қалған шектеулердің орындалу тиістілік функциялары $r_2=2, \ r_3=5, \ \ r_4=5, \ r_5=1, \ r_7=3$ болғанда ұқсас жолмен анықталады.

2. Өнімдердің сапа көрсеткіштерін сипаттайтын шығыс парамтерлерінің кіріс параметрлеріне байланысын (модельдерді) $\tilde{y}_j$ , $j=\overline{6,12}$ тұрғызу күрделі болған жағдайда айқын емес шектеулердің орындалу тиістілік функциялары тура тәсіл арқылы құрылады.

Бұл жерде ШҚТ-ға, оператор-технологқа белгілі бір салмақ түсетінін атап өткен дұрыс. Олар әр нысанның кіріс, режимдік параметрлер мен олардың түрлі қатынастырының шығыс параметрлеріне (өнім сапа көрсеткіштеріне) әсерлерін бағалауға тиіс. Содан кейін, айқын емес жиындарға қолданылатын операцияларды, мысалы айқын емес жиындарды біріктіру, қолдана отырып, шектелердің орындалуының жалпы тиістілік функциясын табамыз:

$$\mu_q(x)=(\mu_q(x_1)\wedge\mu_q(x_2)\wedge\ldots\wedge\mu_q(x_n)=\min(\mu_q(\mu_q(x_1),..,\mu_q(x)), q=\overline{1,L}$$

Өндірісте жиі туындайтын келесі өндірістік жағдайлады қарастырайық.

1) БКҚ мақсаттық өнімдерінің: $\mu_0^i(x),\ i=\overline{1,4}$ – кокс, бензин, жеңіл және ауыр газойль көлемін, олардың сапасына қойылған талаптарды $(\mu_q(x),\ q=\overline{1,7})$ қанағаттандыра отырып, максимизациялау қажет, яғни айқын емес шектеулерді $\varphi_q(x)\tilde{<}(\tilde{>})b_q$ қанағаттандыра отырып, критерийлерді $\mu_0^i(x),\ i=\overline{1,4}$ максимизациялауға мүмкіндік БКҚ жұмыс режимдерін қамтамасыз ететін кіріс, режимдік параметрлердің $(x_i,\ i=\overline{1,9})$ мәндерін табу керек.

Сонымен, бұл жағдайда жоғарыда келтірілген (1)–(2) есебі негізінде БКҚ жұмыс режимдерін оптимизациялау есебі қойлымын келесідей жазуға болады:

$$\max_{x\in X}\left(\sum_{i=1}^{4}\gamma_i\mu_0^i(x)\right) \tag{5}$$

$$X=\left\{x:\arg\max_{x\in X}\sum_{q=1}^{7}\beta_q\mu_q(x)\wedge\sum_{q=1}^{7}\beta_q=1\wedge\beta_q\geq 0,\ q=\overline{1,7}\right\} \tag{6}$$

(5)–(6) қойылымында $\gamma,\beta$ – критерийлер мен шектеулердің өз-ара маңыздылық коэффициенттері векторы ШҚТ қатысуымен келесідей анықталған: $\gamma$=(0,45; 0,30; 0,15; 0,10); $\beta$=(0,20; 0,20; 0,10; 0,10; 0,15; 0,15, 0,10); $\mu_0^i(x),\ i=\overline{1,4}$ – максимизацияланатын локалды критерийлер (өнімдер шығысы); $\mu_q(x), q=\overline{1,7}$ – шектеулердің орындалу тиістілік функциялары; $\Omega=\left[x_i^{\min},\ x_i^{\max}\right]$ – кіріс, режимдік параметрлердің өзгеру облысы, БКҚ үшін кесте 1-де келтірілген.

БКҚ тиімді жұмыс режимін анықтау бойынша қойылған (5)–(6) есебін шешу үшін Парето оптималдық (*PO*) принципін [13–15] айқын есем ортадға (*F*) модификациялау негізінде келесі негізгі пунктерден тұратын ***FPO*** эвристикалық тәсілі ұсынылады.

***Тәсіл FPO.***

1. Эксперттік бағалау арқылы локалды критерийлердің өз-ара маңыздылықтарын бағалайтын салмақ коэффициенттерін $\gamma_1,...,\gamma_m$ векторын анықтау: $\gamma=(\gamma_1,...,\gamma_m)$.

2. Әр *q*-ші координата $q=\overline{1,L}$ бойынша қадамдар санын ендіру: $p_q, q=\overline{1,L}$

2. Шектеулер маңыздылықтары салмақ векторы $\beta=(\beta_1,...,\beta_L)$ координаттарын өзгерту үшін қадамдар шамасын есептеу: $h_q=\dfrac{1}{p_q},\ q=\overline{1,L}$.

3. Координаттарды [0,1] кесіндісінде $h_q$ қадамымын өзгерте отырып, $\beta^1$, $\beta^2$,...,$\beta^N$, $N=(\rho_1+1)(\rho_2+1)\ldots(\rho_L+1)$ салмақ векторы жиынын құру.

4. Эксперттік бағалау тәсілі негізінде айқын емес параметрлерді сипаттайтын терм-жиындарды анықтау және айқын емес шектеулердің орындалу тиістілік функцияларын $\mu_q(x),\ q=\overline{1,L}$ тұрғызу.

5. Анықталған салмақ векторы жиынында критерийлерді максимизациялау есебін (5) рұқсат етілген жиында *X* (6) шешу, нәтижесінде нысанның жұмыс режимін сипаттайтын ағымдағы шешімдерді $x(\gamma,\beta^j),\ \mu_o^1(x(\gamma,\beta^j)),\ldots,\ \mu_o^m(x(\gamma,\beta^j)),\ldots,\ \mu_1(x(\gamma,\beta^j)),\ldots,\ \mu_L(x(\gamma,\beta^j)),\ j=\overline{1,N}$ анықтау.

6. Алынған шешімдерді соңғы шешімді қабылдау үшін ШҚТ-ға ұсыну. Егер ағымдағы шешімдер ШҚТ-ны қанағаттандырса, ол тиімді шешім ретінде оларды қабылдайды, 8-пунтке өту.

.7. Егер ұсынылған ағымдағы шешімдер ШҚТ-ны қанағаттандырмаса, ол шешімді жақсарту мақсатында салмақ векторларын ($\gamma,\beta$) өзгерту үшін 1-пункте оралу.

8. Шешімді іздеудә тоқтату, ШҚТ-ны қанағаттандыратын тиімді шешімдерді шығару: локалды критерийлердің оптималды (максималды) мәндері $\mu_0^1(x^*(\gamma,\beta^j)),\ldots,\mu_0^m(x^*(\gamma,\beta^j))$ және шектеулердің орындалғандарын білдіретін тиістілік функцияларының максималды мәндері $\mu_1(x^*(\gamma,\beta^j)),\ldots,\ \mu_L$

($x^*(\gamma,\beta^j)$), $j=\overline{1,N}$ және локалды критерийлердің оптималды мәндері мен тиістілік функцияларының максималды мәндерін, яғни нысанның оптималды жұмыс режимін қамтамасыз ететін кіріс, режимдік параметрлердің мәндері $x^*(\gamma,\beta^j)$.

Кесте 1. **БКҚ параметрлері өзгеруінің рұқсат етілген интервалдары (технологиялық режим нормалары бойынша).**

| № р/б | Параметрлер атауы мен белгіленуі | Минималды рұқсат етілген мәні $x_i^{\min}$ | Максималды рұқсат етілген мәні $x_i^{\max}$ |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. | Бастапқы шикізат көлемі [т/с], $x_1$ | 75 | 105 |
| 2. | К-1 колоннасы өткір суландыру көлемі К-1 [т/с], $x_2$ | 50 | 90 |
| 3. | К-1 колоннасы айналымджы суландыру көлемі [т/с], $x_3$ | 35 | 60 |
| 4. | Жеңіл газойльды шығару температурасы [$^0$C], $x_4$ | 215 | 245 |
| 5. | К-1 колоннасының жоғары жағы температурасы [$^o$C], $x_5$ | 115 | 150 |
| 6. | БКҚ реакторлары кірісіндегі температура [$^o$C], $x_6$ | 480 | 495 |
| 7. | БКҚ реакторларындағы қысым [атм.], $x_7$ | 3,5 | 4,5 |
| 8. | Рециркуляциялау коэффициенті, $x_8$ | 1.2 | 1.8 |
| 9. | Шикізат (гудрон) кокстенуі, [%], $x_9$ | 7.0 | 11.0 |

2) Өндірісте мұнай өнімдері нарығы жағдайына, тұтынушылар мен сатып алушылар сұраныстары мен талаптарына байланысты технологиялық қондарғылардан, мысалы БКҚ, өндірілетін өнімдердің белгілі бір түрлерін (мысалы кокс, не жеңіл газойль) берілген сапада максимизациялауға, ал қалған өнімдерге шектеулер (мысалы, артық емес, не кем емес) қоюға тура келетін жағдайлар туындау мүмкін. Бұл жағдайда БКҚ жұмыс режимдерін оптисмизациялау есебін принциптер, мысалы басты критерий принципін қолданып, келесідей қоюға болады:

$$\max_{x\in X}\mu_0^1(x), \tag{7}$$

$$X=\left\{x: x\in\Omega\wedge\arg\left(\mu_q(x)\geq\mu_q^r\right)\wedge\left(\mu_0^i(x)\geq\mu_r^i\right), q=\overline{1,7}, i=\overline{2,4}\right\}, \tag{8}$$

Келтірілген (7)–(8) қойлымында келесі белгілеулер ендірілген: $\mu_q^r, \mu_r^i, q=\overline{1,7}, i=\overline{2,4}$ – өндірілетін өнімдердің сапалық көрсеткіштері мен көлемдеріне ШҚТ көмегімен ендірілетін шектік мәндері; $\mu_0^1(x)$ – бас критерий, кокс шығысы (егер БКҚ бензин шығысын максимизациялау қажет болса, онда алдын ала басымқылар қатарын $I$; шектеулер орындалуының тиістілік функцияларын $\mu_q(x), q=\overline{1,7}$ түрлендіру керек.

Соңғы (7)–(8) есебін шешу үшін бас критерий тәсілін айқын емес ортаға бейімдеу арқылы эвристикалық тәсіл жасақтауға болады.

**3. Қорытынды**. Жұмыста баяу кокстеу қондырғысының оптималдық жұмыс режимін таңдау есептерінің көпкритерийлік және бастапқы ақпараттың айқын емес болған жағдайында Парето оптималдық және бас критерий тәсілдері идеяларын айқын емес ортаға бейімдеу негізінде қойылымдары тұжырымдалып, алынған. Алынған есептер БКҚ математикалық модельдері көмегімен шешіледі. Парето оптималдық принципі негізінде қойылған БКҚ жұмыс режимдерін оптимизациялау есебін шешу үшін Парето оптималдық принципін модификациялау арқылы ШҚТ басымқыларын ескеретін эвристикалық тәсіл құрылып, ұсынылған. Ұсынылған тәсілдің айқын емес есептерді шешудің басқа тәсілдерінен артықшылығы, оның адам тәжірибесі мен білімін пайдаланылуды және бастапқы айқын емес есепті $\alpha$-деңгейлі жиын көмегімен алдын-ала эквивалентті детерминді есепке түрлендірусіз, айқын емес ортада адеуватты шешімді қамтамасыз етуінде. Яғни бұл тәсілдемеде бастапқы есеп идеалдандырылмай бастапқы күйінде, жинақталған айқын емес ақпаратты максималды пайдалану арқылы, белгілі тәсілдемелермен салыстырғанда, жоғары адекваттықпен шешеді.

ӘДЕБИЕТ

[1] Шкодин Ю.К., Седов П.С. Интенсификация работы установки замедленного коксования 21-10/6 Атырауского НПЗ // Исследование в области производства нефтяного кокса. -Уфа: 2014, Сб.научн.трудов БашНИИНП. -С.12-25.

[2] Технологический регламент установки замедленного коксования УЗК 21-10/6 Атырауского НПЗ. – Атырау: 2016, -217 с.

[3] Оразбаев Б.Б. Методы моделирования и принятия решений для управления производством в нечеткой среде. –Астана: ЕНУ им. Л.Н. Гумилева. 2016. -398 с.

[4] Rykov A.S., Orazbaev B.B. Application of Fuzzy Sets Theory for Dialogue Modeling of Petroleum Coking Process. International AMSE Conference “Signal & systems”, Warsaw, Poland, July 15-17. 1991. –P. 12-23.

[5] Рыков А.С. Математическое моделирование процесса получения кокса на установках замедленного коксования. -Известия ВУЗов, Черная металлургия, №8, 1991, -С.66-69.

[6] Валеев С.Г. Регрессивное моделирование при обработке наблюдений. -М.: Наука. 1991. -272 с.

[7] Дилигенская А.Н. Идентификация объектов управления. –Самара: СГТУ. 2009. -142 с.

[8] D. Dubois. The role of fuzzy sets indecision sciences: Old techniques and new directions // Fuzzy Sets Systems, 2011. -V.184. № 5. -P.3-28.

[9] Оразбаева К.Н., Надиров Н.К., Сармурзина Р.Г. Мұнай өңдеу, мұнай химиясы технологиялық кешендерінің математикалық модельдерін ақпараттың жетіспеушілігі және айқын еместігі жағдайында құру тәсілі // Доклады НАН РК. Сер. физ-мат. №2, 2010. –С.77-81.

[10] B.B. Orazbayev, K.N. Orazbayeva, L.T. Kurmangaziyeva, V.E. Makhatova

[11] Multicriteria optimisation problems for chemical engineering systems and algorithms for their solution based on fuzzy mathematical methods // EXCLI Journal 2015; vol.14: P.984-998.

[12] Оразбаева К.Н., Утенова Б.Е. Разработка математических моделей и моделирование химико-технологической системы в условиях неопределенности// Теоретические основы химической технологии. 2014, Т. 48, № 2, -С. 152–162.

[13] Леоненков А. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб.: БХВ Петербург, 2003, -736 с.

[14] Оразбаев Б.Б., Рыков А.С. Задачи многокритериального нечеткого выбора при управлении технологическим комплексом и алгоритмы их решения // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. -М.: 1995. №9. -С.15-20.

[15] Рыков А.С. Задачи многокритериального нечеткого выбора при управлении технологическим комплексом и алгоритмы их решения // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. -М.: 1995. №9. -С.15-20.

[16] Рыков А.С., Оразбаев Б.Б. Системный анализ и исследование операций. Задачи и методы принятия решений. Многокритериальный нечеткий выбор. - М.: МИСиС, 1995. -124 с.

Оразбаев Б.Б., Асанова Б.У., Серимбетов Б.А., Касенова Л.Г., Махатова В.Е.

**Задачи выбора эффективного режима работы установки замедленного коксования на основе математических моделей и эвристический метод ее решения в нечеткой среде**

**Резюме:** Для решения задач математического моделирования и выбора оптимального режима работы установки замедленного коксования разрабатываются система моделей множественной регресии и нечетких регрессионных моделей, которые описывают зависимости критериев и ограничений, определяющие качества работы установки от его входных, режимных параметров. Задачи выбора оптимальных режимов работы установки замедленного коксования сформулированы путем модификации принципа Парето оптимальности и метода главного критерия. В результате адаптации принципа Парето оптимальности для работы в нечеткой среде разработан эвристический метод для определения и выбора оптимальных режимов работы объекта. Новиза постановки задачи выбора оптимального режима работы объекта управления и метода ее решения заключается в том, что задача ставится и не преобразуя ее в эквивалентные детерминированные задачи (как в известных методах) решается в нечеткой среде путем адаптации для работы в нечеткой среде разных принципов оптимальности. Таким образом, предложенный метод обеспечивает адекватное решение реальных производственных задач в нечеткой среде на основе более полного использования собранной нечеткой информации.

**Ключевые слова**: установка замедленного коксования, математическая модель, нечеткая модель, нечеткая инфопмация, функция принадлежности, принцип Парето оптимальности, метод главного критерия.

Orazbayev B.B., Assanova B.U., Serimbetov B.A., Kassenova L.G., Makhatova V.Y.

**The tasks of choosing an effective mode of operation of a delayed coking unit based on mathematical models and a heuristic method for solving it in a fuzzy environment**

**Abstract.** To solve the problems of mathematical modeling and the choice of the optimal mode of operation of a delayed coking unit, a system of models of multiple regression and fuzzy regression models is developed, which describe the dependencies of the criteria and constraints that determine the quality of the installation from its input, operating parameters. The tasks of choosing the optimal operating modes of a delayed coking unit are formulated by modifying the Pareto principle of optimality and the method of the main criterion. As a result of adapting the Pareto principle of optimality to work in a fuzzy environment, a heuristic method has been developed to determine and select the optimal

operating modes of an object. The novelty of the statement of the problem of choosing the optimal operating mode of the control object and the method of its solution lies in the fact that the problem is posed and not transforming it into equivalent deterministic tasks (as in well-known methods) is solved in a fuzzy environment by adapting to work in a fuzzy environment of different optimality principles. Thus, the proposed method provides an adequate solution of real production problems in a fuzzy environment based on a more complete use of the collected fuzzy information.

**Key words** delayed coking unit, mathematical model, fuzzy model, fuzzy information, membership function, Pareto principle of optimality, method of the main criterion.

УДК 539.217.1/5

**Sh.A. Zhumatova, S.M. Manakov, Ye. Sagidolda, R.M. Azamat**
(Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan)

## DEPENDENCE OF MORPHOLOGY AND OPTICAL PROPERTIES OF POROUS SILICON FILMS ON THE TECHNOLOGICAL MODES OF MANUFACTURING

**Abstract**. The structure and optical properties of porous silicon films obtained by the method of electrochemical etching of p-type crystalline silicon in a mixture of hydrofluoric acid and ethyl alcohol are investigated. The samples were studied using the methods of scanning probe and electron microscopy, Raman spectroscopy and photoluminescence. It is shown that by changing the technological parameters and conditions of the etching process, it is possible to control the morphology and optical properties of nanostructured porous silicon films.

**Keywords:** porous silicon, electrochemical etching, optical properties, photoluminescence, nanocrystallites.

**Ш.А. Жуматова, С.М. Манаков, Е. Сагидолда, Р.М. Азамат**
(КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан
shyryn.zhumatova@gmail.com)

## КЕУЕКТІ КРЕМНИЙ ҚАБЫҚШАЛАРЫНЫҢ ОПТИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ МЕН МОРФОЛОГИЯСЫНЫҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ РЕЖИМДЕРІНЕ ТӘУЕЛДІЛІГІ

**Түйіндеме.** Кеуекті кремний қабықшаларының құрылымы мен оптикалық қасиеттері еріткіштік қышқыл мен этил спиртінің қоспасындағы р-типті өткізгіштегі монокристалды кремнийді электрохимиялық еріту әдісімен алу арқылы зерттелді. Жасалған үлгілер сканерлеуші зондтық және электронды микроскопия, Раман спектроскопия және фотолюминесценция әдістерін қолдану арқылы зерттелді. Технологиялық параметрлері мен еріту үрдісінің шарттарын өзгерту арқылы наноқұрылымды кеуекті кремний қабықшаларының морфологиясы мен оптикалық қасиеттерін бақылауға болатындығы көрсетілді.

**Түйінді сөздер:** кеуекті кремний, электрохимиялық еріту, оптикалық қасиеттері, фотолюминесценция, нанокристаллитер.

**Кіріспе.** Кеуекті кремний (КК) өзінің ерекше құрылымдық қасиеттеріне және оның химиялық құрамы мен өндіру технологиясының өзгеруіне байланысты қажетті қасиеттерге ие болу мүмкіндігіне қарасты кеңінен пайдаланып, зерттеледі [1]. Сонымен қатар, КК-дің әртүрлі қасиеттерін кеңінен зерттеу фотовольтаика, фотоника, биотехнология, сенсорика сияқты көптеген салаларда қолдануға мүмкіндік берді [2,3]. Кремнийді өңдеудің электрохимиялық еріту әдістері оның физикалық қасиеттерін оңтайландыру үшін кеуекті қабат параметрлерін өзгертуге мүмкіндік береді. Кеуекті кремний қабықшаларының морфологиясы, құрылымдық және оптикалық қасиеттері бастапқы кремний төсенішіндегі қоспаның концентрациясы мен типіне, электролиттің құрамы мен температурасына, анодтау тоғының шамасы мен оның өңдеу ұзақтығына және басқа да факторларға байланысты [4].

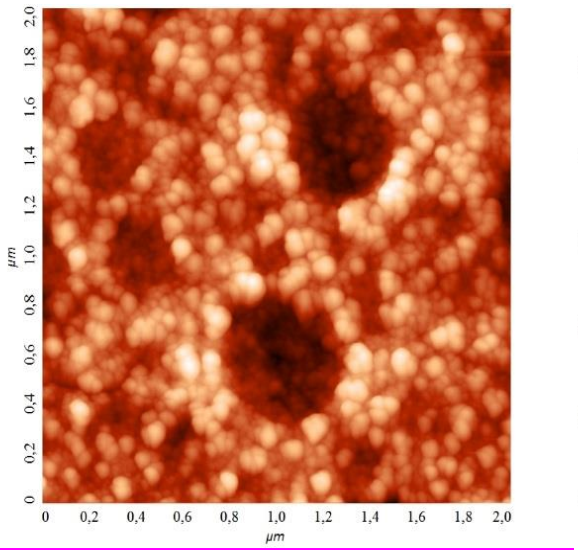
Раман әдісі кеуекті кремнийдегі нанокристаллиттерге тән өлшемдерді және олардың КК дайындаудың технологиялық режимдеріне тәуелділігін бағалауға мүмкіндік береді. Жартылайөткізгіш қабықшалардың морфологиясы туралы толығырақ ақпаратты атомдық күштік микроскопия әдісімен алуға болады [5, 6].

Жұмыста анодтау тоғының ұзақтығы мен шамасының әр түрлі мәндеріндегі р-типті кристаллдық кремний (c-Si) төсеніштерінде өсірілген кеуекті кремний қабықшаларының құрылымын, морфологиясын және фотолюминесценттік қасиеттерін зерттеу нәтижелері ұсынылған. КК дайындау үшін концентрациясы $10^{15}$ $см^{-3}$ және кристаллографиялық бағдары (100)бормен қапталған р-типті монокристалды кремний төсеніштері қолданылды. КК алу алдында кремний қабықшалары трихлорэтиленде майсыздандырылып, деионизацияланған суда жуылды, содан кейін 10 минут бойы

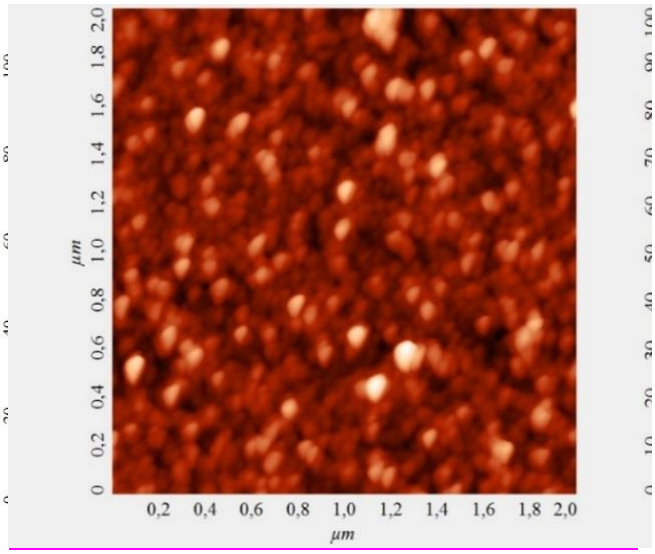
температурасы 90°C $H_2SO_4$: $H_2O_2$ (4:1) ерітіндісіне батырылып, HF және $H_2O$ (1:50) қоспасында 10 секунд ерітіліп, деионизацияланған суда мұқият жуылды. Еріту 1:1.5 қатынасындағы еріткіштік қышқыл мен этил спиртінен тұратын электролитте жүргізілді.

КК құрылымы мен қасиеттерінің айырмашылығын анықтау үшін анодтаушы токтың тығыздығы мен өңдеу ұзақтығы әртүрлі кезіндегі үлгілердің үш тобы дайындалды: 1 – J = 1 мА/см$^2$, t = 20 минут; 2 - J = 10 мА/см$^2$, t = 2 минут және 3 - J = 20 мА/см$^2$, t = 1 минут. Үлгілердің барлық топтары үшін қорек көзінің кернеуі өзгеріссіз 10 В құрады. Бұл режимдер КК ~250 нм тең бірдей қалыңдықты қамтамасыз етті. КК үлгілерінің құрылымы мен қасиеттерін өлшеу оларды ауада 10 күн сақтағаннан кейін жүзеге асырылды.

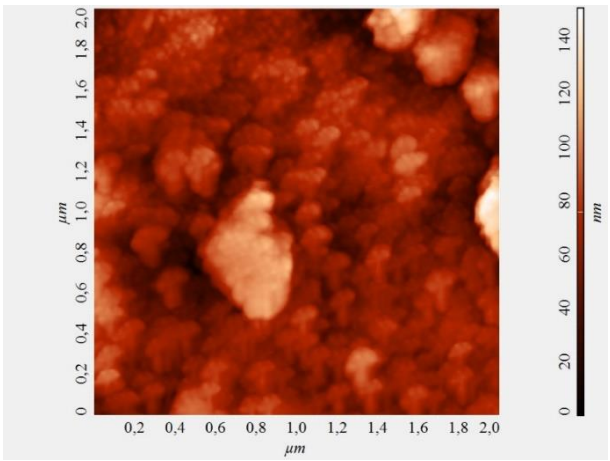
**Тәжірибелік нәтижелер және оларды талқылау.** Қабықшалардың морфологиясы NT-MDT NtegraTherma сканерлеуші зондтық микроскоптың көмегімен зерттелді. КК морфологиясын сканерлеуші зондтық микроскопия (СЗМ) әдісімен зерттеу өңдеу режимдерінен айтарлықтай өзгерістер байқамады. 1суретте 20 минут ішінде 1 мА/см$^2$ кезінде өсірілген зерттелетін КК қабықшасының бет бейнесі көрсетілген. Орталық сызық бойымен қима пішіні 1в суретте көрсетілген.




1а

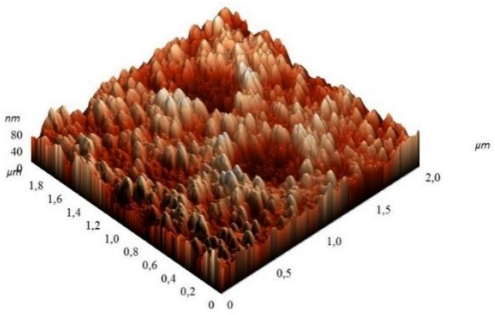



2а

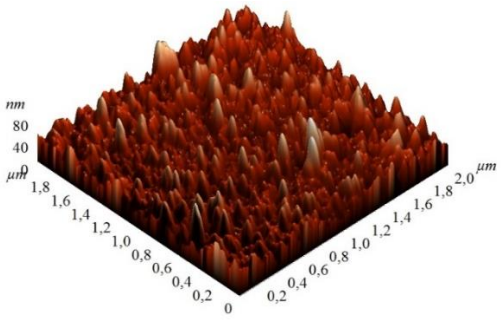



3а

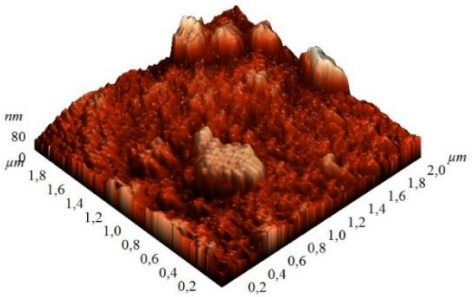
а)




1б

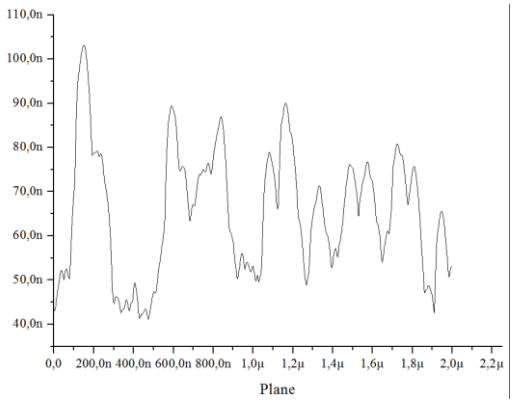



2б

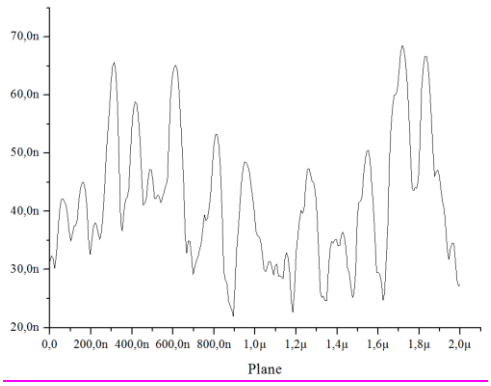



3б

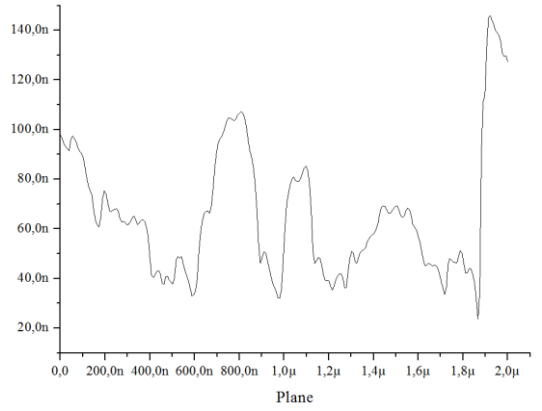
б)




1в




2в




3в

в)

**1-сурет.** СЗМ кеуекті кремний үлгісінің бейнесі:

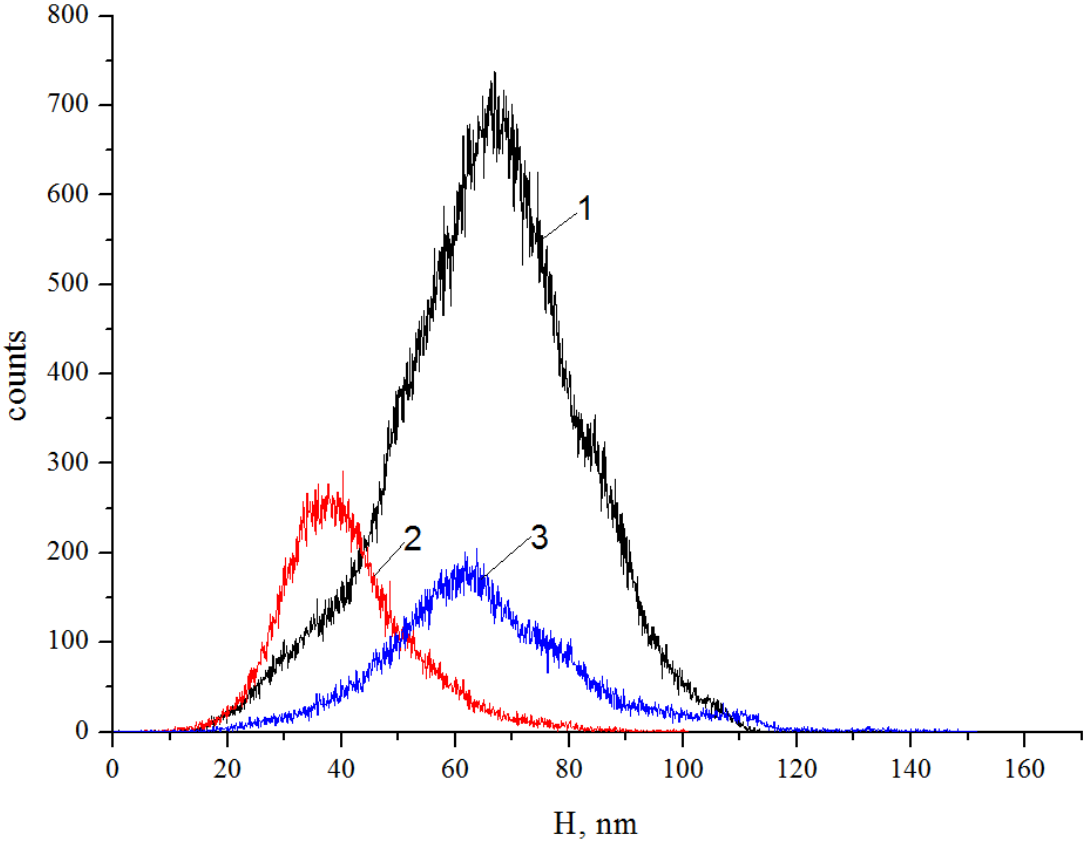
а) екі өлшемді сурет; б) үш өлшемді сурет; в) орталық сызықбойымен қим апішіні

Кеуекті кремний морфологиясы мен ерітудің электрлік режимдері арасындағы корреляцияны орнату үшін $S_q$ орташа квадраттық кедір-бұдырлығы қолданылды:

$$S_q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}\left(H_i - \widehat{H}\right)^2}{N}}, \quad (1)$$

мұндағы $N$ - өлшенген нүктелер саны, $\widehat{H}$ - орташа биіктік (нөлдік деңгей), $H_i$ - і нүктесінің биіктігі. Өлшеу нәтижелері 1 топтағы үлгі үшін орташа квадраттық кедір – бұдырлықтың $S_q$=16,1 нм, 2 - $S_q$=28,55 нм, 3 - $S_q$=20,9 нм құрағанын көрсетті.

СЗМ кескінін өңдеу модулін пайдалана отырып, 2-суретте зерттелетін КК қабықшалары үшін профиль биіктігін бөлу функциясы құрылған. Есептеу өлшемі 2х2 мкм көлеміндегі беткі аудандар үшін орындалды.



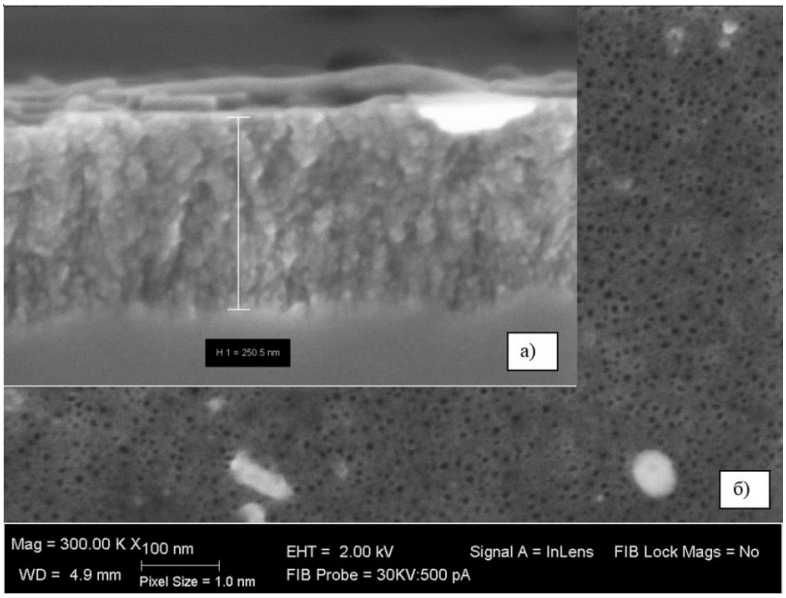

1 - $J$ = 1 мА/см$^2$, t = 20 мин; 2 - $J$ = 10мА/см$^2$, t = 2 мин; 3 - $J$ = 20мА/см$^2$, t = 1 мин

**2-сурет.** КК қабықшалар профилінің биіктігін таралу функциясы

Зерттелетін үлгілер бетіндегі біртектіліктің таралуы 1, 2, 3 үлгілері үшін H1=65 нм, H2=39 нм, H3=62 нм максимумдарымен гаусстық қисықтармен жақсы аппроксимацияланды. 2 үлгі үшін біркелкі емес өлшем аз болды.

КК беттік кескіндерін СЗМ зерттеуі көрсетілген шектерде КК еріту режимдерінің өзгеруі жасалған қабықшалардың беткі құрылымының елеулі айырмашылықтарына әкеп соқтырмайтынын көрсетті.

FEI Quanta 200i 3D электронды микроскоптың көмегімен КК үлгілерінің беті мен көлденең қимасының микросуреттері алынды. 3суретте тоқ тығыздығы аз режимінде өсірілген көлденең қима (а) мен КК (б) беті көрсетілген. 3суретте көрсетілгендей, КК кеуекті құрылымға ие. Кеуектердіңбеті бойынша шоғырлануы біркелкі, ал кеуектердіңөлшемдері 7 - 9 нм аралығында өзгереді. Токтың үлкен тығыздығы кезінде алынған үлгілер КК бетіндегі кеуектердің аз шоғырлануымен сипатталады.

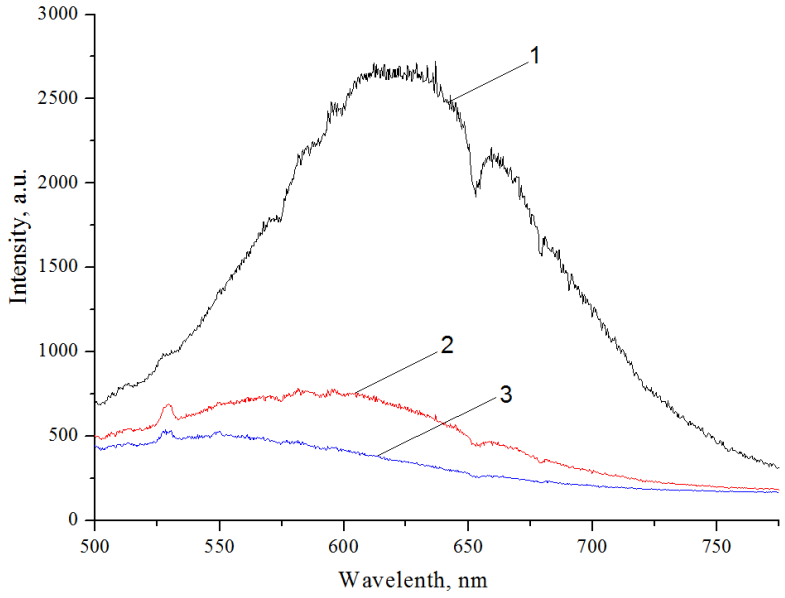



а - үлгінің қырынынан алынған микросурет; б-үлгінің бетінен алынған микросурет

**3-сурет.** Кеуекті кремнийдің 20 мин ішінде J= 1 мА/см$^2$өсірілген СЭМ бейнесі

Қабырғалардың бойында кеуектерді қалыптастыратын наноөлшемді кремний кластерлерінің болуына байланысты КК тыйым салынған аймағы ұлғаяды, оған дәлел КК фотолюминесценциясы болып табылады. Фотолюминесценция спектрлері бөлме температурасында NT-MDT NtegraSpectra спектрометрін пайдалана отырып, 477 нм толқын ұзындығында қуаты 20 мВт лазермен өлшенген. Үлгідегі лазерлік дақтың диаметрі шамамен 2 мм.4суретте КК үлгілерінің үш түріне арналған фотолюминесценция (ФЛ) спектрлері көрсетілген. Суретте көрсетілгендей, ең аз тоқ тығыздығы кезінде алынған 1 үлгі үшін ФЛ қарқындылығы барынша жоғары, 2 және әсіресе 3 үлгі үшін ФЛ қарқындылығы айтарлықтай төмен.1 үлгінің максимум сәулеленуі 620-630 нм диапазонында жатыр, бұл ° 2 эВ (спектрдің қызыл аймағы) фотон энергиясына сәйкес келеді және кванттық шектеу моделінің негізінде түсіндіріледі [9].

ФЛ шыңдарының қарқындылығы еріту ұзақтығына байланысты, ең жоғары қарқындылығы 1 үлгіде байқалды, бұл үлкен кеуектілікпен, беттің неғұрлым дамыған морфологиясымен және кремний матрицасында оқшауланған нанокристаллдардың концентрациясының ұлғаюымен түсіндіріледі.



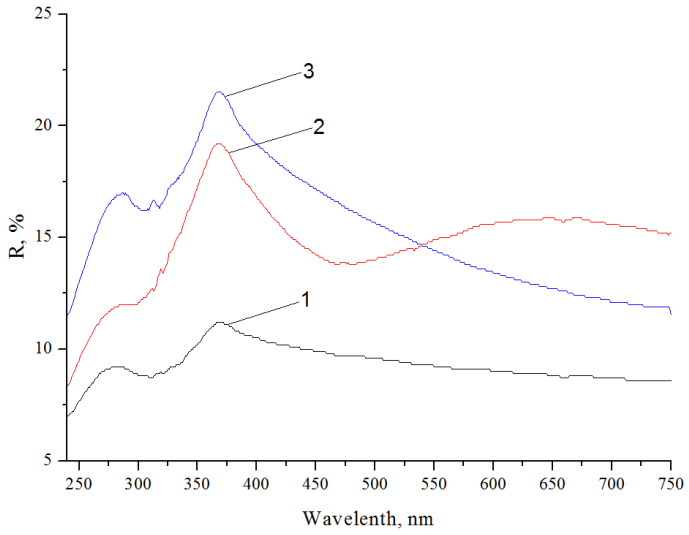

1 - *J* = 1 мА/см$^2$, t = 20 мин; 2 - *J* = 10мА/см$^2$, t = 2 мин; 3 - *J* = 20мА/см$^2$, t = 1 мин

**4-сурет.**Әртүрлі режимдерде алынған КК үлгілерінің фотолюминесценция спектрлері

Үлгілердің барлық үш тобына арналған спектрлер Shimadzu UV-3600 спектрофотометрінде түсірілді және нәтиже 5-суретте көрсетілген. Интерференция минимумы мен максимумдарының позициялары барлық үлгілер үшін жеткілікті түрде сәйкес келмейді, бұл олардың бірдей қалыңдықта емес екенін көрсетеді. 1 үлгі үшін спектрдің көрінетін аймағында (< 10%) ең аз көрініс байқалатынын атап өткен жөн.

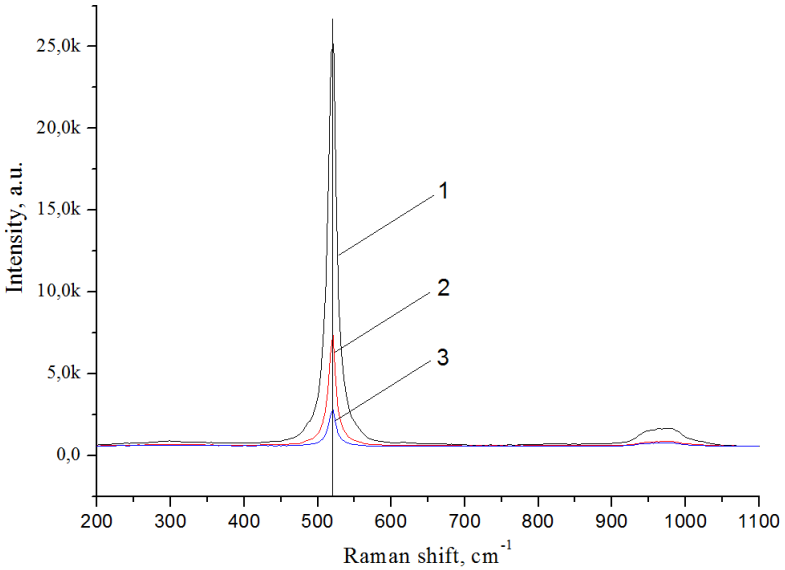
Кеуекті кремнийдің Раман спектрлері КК құрылымдық фазаларды зерттеуде жақсы диагностикалық құрал болып табылады және нанокристаллиттерге тән өлшемдерді бағалауға мүмкіндік береді. Осыған орай, бойлық оптикалық режимдерімен байланысты Раман шыңының спектрінің төменгі энергетикалық аймағына ығысуын монокристалды кремнийде 520 $см^{-1}$ жиіліктегі тар шыңға қатысты өлшейді. Алынған үлгілердің Раман спектрі NT-MDT-NtegraSpectra спектрометрімен алынып, 6-суретте көрсетілген.

520 $см^{-1}$ шыңы үлгілердің барлық үш тобы үшін монокристалды кремний сияқты өзгеріссіз қалды. Раман спектрінде кеңею және максималды ығысу байқалмады, бұл зерттелген КК үлгілерінің қалыңдығының жеткіліксіз екенін көрсетеді. Сондай-ақ фотолюминесценция спектрлері сияқты, Раман спектрі үшін де шыңның қарқындылығы ұзақ уақытқа созылған үлгі үшін максималды болды.




1 - $J$ = 1 мА/$см^2$, t = 20 мин; 2 - $J$ = 10мА/$см^2$, t = 2 мин; 3 - $J$ = 20мА/$см^2$, t = 1 мин

**5-сурет.** Әртүрлі режимдерде алынған КК үлгілерінің шашырату коэффициентінің спектрлік тәуелділігі




1 - $J$= 1 мА/$см^2$, t = 20 мин; 2 - $J$= 10 мА/$см^2$, t = 2 мин; 3 - $J$= 20мА/$см^2$, t = 1 мин

**6-сурет.** Әртүрлі режимдерде алынған КК үлгілерінің Раман спектрі

**Қорытынды**. Жұмыста кеуекті кремний қабықшаларын алудағы технологиялық режимдерінің оның құрылымдық және фотолюминесценттік қасиеттеріне әсері зерттелді.Кеуекті кремнийдің сканерлеуші зондық микроскоппен алынған суреттерін зерттеу оның1мА/см$^2$-ден 20мА/см$^2$-ге дейінгі анодтау тогының тығыздығының өзгеру қалыңдығы шамамен 250 нм болатынын, сонымен қатар, қабықшалардың беткі құрылымында айтарлықтай айырмашылықтар туғызбағанын көрсетті. Бөлме температурасында Раман спектрі мен фотолюминесценция шыңдарының қарқындылығы 20 минут ішінде алынған ток тығыздығы 1мА/см$^2$ тең кеуекті кремнийдің үлгілері үшін максималды мәнге жететіні анықталды.

ӘДЕБИЕТ

[1] Anil K. Behera, R. N. Viswanath, C. Lakshmanan, K. K. Madapu, T. MathewsSynthesis, microstructure and visibleluminescenceproperties of vertically aligned lightly doped porous siliconnanowalls // Microporous and Mesoporous Materials, Volume 273, 1 January 2019, Pages 99-106.

[2] Mihir Kumar Sahoo, Paresh Kale. Integration of silicon nanowires in solar cell structure for efficiency enhancement: A review // Journal of Materiomics, Volume 5, Issue 1, March 2019, Pages 34-48.

[3] S. Praveenkumar, D. Lingaraja, P. MahizMathi, G. Dinesh Ram., An experimental study of optoelectronic properties of porous silicon for solar cell application, Optik, Volume 178, February 2019, Pages 216-223.

[4] Martha Ramesh, H. S. Nagaraja. Effect of current density on morphological, structural and optical properties of porous silicon // Materials Today Chemistry, Volume 3, March 2017, Pages 10-14.

[5] R. S. Dariani, Z. Ahmadi. Study of porous silicon structure by Raman scattering // Optik, Volume 124, Issue 22, November 2013, Pages 5353-5356.

[6] Manakov S.M., TaurbayevT.I.Morphology and Structural Properties of a-Si:H and a-SiC:H Films Controlled in Nanoscale // J. Nanoelectron. Optoelectron. – 2012. – Vol. 7. – P. 619-622.

[7] Jan Fait, Jan Čermák, JiříStuchlík, BohuslavRezek, Complex nano-patterning of structural, optical, electrical and electron emission properties of amorphous silicon thin films by scanning probe // Applied Surface Science, Volume 428, 15 January 2018, Pages 1159-1165.

[8] A Daami, G Bremond, L Stalmans, J Poortmans. Efficient luminescence from porous silicon // Journal of Luminescence, Volume 80, Issues 1–4, December 1998, Pages 169-172.

[9] A. S. Lenshin, P. V. Seredin, B. L. Agapov, D. A. Minakov, V. M. Kashkarov. Preparation and degradation of the optical properties of nano-, meso-, and macroporous silicon // Materials Science in Semiconductor Processing, Volume 30, February 2015, Pages 25-30.

[10] Feng Z.C., Tsu R., et. al. (1994). Porous Silicon. // Singapore: World Scientific. – 1994. – P. 465.

Жуматова Ш.А., Манаков С.М., Сагидолда Е., Азамат Р.М.

**Зависимость морфологии и оптических свойств пленок пористого кремния от технологических режимов изготовления**

**Резюме**. Исследованы структура и оптические свойства пленок пористого кремния, полученного методом электрохимического травления монокристаллического кремния р-типа проводимости в смеси плавиковой кислоты и этилового спирта. Изготовленные образцы исследовались с применением методов сканирующей зондовой и электронной микроскопии, рамановской спектроскопии и фотолюминесценции. Показано, что путем изменения технологических параметров и условий процесса травления можно контролировать морфологию и оптические свойства пленок наноструктурированного пористого кремния.

**Ключевые слова**: пористый кремний, электрохимическое травление, оптические свойства, фотолюминесценция, нанокристаллиты.

УДК 66.011; 61.35.29; 53.39.31; 87.53.15

**M. Utegenova, M. Sadenova, B. Azamatov, D. Dogadkin**

(Advanced Devalopment Center «VERITAS», D.Serikbayev East-Kazakhstan State Technical Uneversity, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan; E-mail: mika004@mail.ru)

**OPTIMIZATION OF TECHNOLOGICAL TOOLING FOR SYNTHESIS OF CERAMIC MATERIALS BASED ON MODELING**

**Abstract:** In this work used modeling techniques for the synthesis of ceramic block carriers for catalysts from natural raw materials of the East Kazakhstan region and industrial wastes (metallurgical slags) using powder metallurgy methods. For visualization of the process of synthesis of ceramic materials using the program SolidWorks Flow Simulation module simulated the extrusion process. For calculations, a model of the flow of a non-Newtonian fluid was chosen. On the basis of the obtained data, the technological tooling has been improved. Experimentally obtained prototypes of block ceramics. The results of the study can be used to simulate and optimize the extrusion process.

**Key words:** Modeling, extrusion, matrix, block ceramics, catalyst carrier

**М. Утегенова, М. Саденова, Б. Азаматов, Д. Догадкин**
(Центр Опережающего Развития «VERITAS», Восточно-Казахстанский Государственный Технический Университет им. Д.Серикбаева, Усть-Каменогорск, Республика Казахстан; E-mail: mika004@mail.ru)

# ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ ДЛЯ СИНТЕЗА КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ

**Аннотация:** В работе использованы приемы моделирования для синтеза блочных керамических носителей для катализаторов из природного сырья Восточно-Казахстанской области и техногенных отходов (металлургических шлаков) методами порошковой металлургии. Для визуализации процесса синтеза керамических материалов с помощью программы SolidWorks модуля Flow Simulation выполнено моделирование процесса экструзии. Для расчетов была выбрана модель течения Неньютоновской жидкости. На основании полученных данных усовершенствована технологическая оснастка. Экспериментально получены опытные образцы блочной керамики. Результаты исследования могут быть использованы для моделирования и оптимизации процесса экструзии.

**Ключевые слова:** Моделирование, экструзия, матрица, блочная керамика, носитель катализатора

**Введение.** Математическое моделирование как способ исследования сформировалось в последние десятилетия 20 века и служило для решения теоретических и практических проблем в инженерных областях науки. Необходимость решения сложных задач, возникающих в технологических процессах, которое совпало со стремительным развитием компьютерных технологий позволило с помощью компьютерных симуляций химико-технологического процесса выявлять основные закономерности исследуемых явлений [1]. Использование способов моделирования позволяет учитывать различные химические и физические параметры процесса и создавать компьютерную модель, описывающую состояние системы с высокой степенью точности. Современные программные продукты различных физико-химических процессов позволяют не только прогнозировать и оценивать показатели качества продукции, но и управлять технологическими процессами, определять наилучшие технологические параметры, режимы и др. [2]. Особенно важным является решение этих вопросов для производственных линий, имеющих многостадийную организационную структуру, к которым, относится синтез широкого ассортимента каталитических керамических материалов. Сложность управления и исследования свойств различных типов каталитических материалов обусловлена выбором метода изготовления, многообразием физико-химических процессов переработки сырья, чувствительностью при выборе управляющих воздействий на ключевых стадиях (гранулирование, экструзия, сушка, прокаливание, пропитка) [3]. Для экологического катализа, включающего очистку выбросных газов наиболее перспективными считаются катализаторы блочной структуры [4]. Блочные катализаторы преимущественно изготавливают на керамическом носителе. Роль носителя заключается в улучшении структуры катализатора (повышение пористости, удельной поверхности). Одной из главных причин использования блочной формы в экологическом катализе являются лучший массообмен, низкий перепад давления, термическая стабильность и хорошая механическая прочность по сравнению с другими каталитическими структурами, такими как гранулы, таблетки или порошки [5]. Блочные системы представляют собой однородные блоки, состоящие из параллельных каналов, которые получают методом экструзии [6]. Известно, что характерной особенностью экструзии как промышленного метода изготовления различного рода материалов является применение исходного сырья в виде порошков, которые затем продавливаются через специальную технологическую оснастку (матрицу) и формуются в изделия заданных размеров [7]. Сложность соблюдения требований стандартов качества к блочным катализаторам обусловлена зависимостью от множества технологических параметров. Это требует большого количества экспериментов и теоретических исследований. При этом одной из важнейших задач является обработка и анализ экспериментальных данных, что зачастую представляет серьезную проблему из-за большого объема данных, сложных методов их обработки и интерпретации результатов. Важнейшим инструментом решения задач исследования является математическое моделирование. Возможности моделирования, то есть перенос результатов, полученных в ходе исследования модели, на оригинал, основаны на том, что модель в определенном смысле отображает (воспроизводит, моделирует, описывает, имитирует) интересующие исследователя черты объекта, что позволяет проводить всесторонние исследования и изменять базовые параметры модели в широком диапазоне [8].

В настоящей работе в основу технологии синтеза блочных керамических носителей положены классические методы порошковой металлургии. С одной стороны, прогресс в технологии порошковой металлургии позволяет постоянно разрабатывать современные материалы, такие как композиты - материалы, образованные из двух (или более) компонентов (например, металлические, интерметаллические или керамические) с различными физическими и химическими свойствами, которые вместе дают улучшенные характеристики по сравнению с исходными компонентами, с другой - технология порошковой металлургии включает различные приемы формования, что открывает широкие возможности по разработке керамических изделий новых геометрических форм для разных целей, в том числе и для катализа.

Для изготовления керамических блочных носителей катализаторов методами порошковой металлургии предлагается использовать природные алюмосиликаты и техногенное сырье (шлаки металлургических производств) по методике, предложенной авторами [9]. Возможность использования природных алюмосиликатов Казахстана в составе катализаторов комплексной очистки газа ранее изучена в работе [10]. В последнее время, уникальные химические свойства металлургических шлаков привлекли внимание к производству материалов для применения в окружающей среде для использования в качестве адсорбентов, катализаторов или источника активных веществ в инженерии окружающей среды [11]. Однако использование как природных алюмосиликатов, так и техногенных материалов ограничивается из-за непостоянства химического состава и недостаточность знаний физико-химических свойств [12].

В практической деятельности часто требуется оценить параметры, то есть построить математическую модель и найти численные значения параметров этой модели. В качестве исходных данных для построения модели служат результаты эксперимента, который представляет собой совокупность нескольких измерений, выполненных по определённому плану. В настоящей работе синтез носителей осуществляется методами порошковой металлургии, поэтому в качестве варьируемых параметров использовали состав формовочной массы, температуру термической тренировки, величину давления прессования и другие характеристики процесса синтеза.

Поскольку в Казахстане отсутствует промышленное производство катализаторов, наряду с разработкой технологии изготовления каталитической керамики необходимо было смоделировать аппаратурное оформление процесса, в том числе технологический инструментарий – технологическую оснастку (матрица, пуансон).

На основании вышеизложенного можно заключить, что разработка и внедрение в опытно-промышленную эксплуатацию системы моделирования процессов получения керамических материалов является актуальной и экономически обоснованной задачей.

**Методология проведения исследований.** В работе для производства керамических носителей катализаторов использовалось глинистое сырье - цеолит месторождения Тайжузген и бентонит месторождения Таганское, а также представительные технологические пробы шлаков медного и свинцового производств.

Использование природного и техногенного сырья требует разработки новых технологических приемов для массоподготовки и формования. Сложность производства сотовых блоков керамических катализаторов обусловлена тем, что на процесс экструзии порошка в матрице влияет ряд факторов, включая размер частиц, форму, состав, а также конструкционные особенности технологической оснастки и другие [13]. Поэтому в данной работе предлагается использование системы моделирования для изучения влияния факторов на процесса экструзии.

Для получения блочных керамических материалов методом экструзии, основанным на продавливании пластической массы через формующую головку с каналами, была изготовлена техническая оснастка из конструкционной легированной стали с высокой прочностью, вязкой сердцевиной и высокой поверхностной твердостью, предназначенная для изготовления изделий, работающих при больших скоростях и повышенных удельных давлениях под действием ударных нагрузок, включающую матрицу с формующим пуансоном (рисунок 1).



**Рис.1.** Общий вид технической оснастки для экструзии (матрица)

Формование блочных керамических носителей осуществляли на универсальной машине Shimadzu Autograph AG-Xplus [14]. Мощность машины 10кН. Используемое программное обеспечение TRAPEZIUM X, позволяющее полностью контролировать процесс испытания через ПК. Исследование шероховатости внутренней полости технической оснастки проводили с использованием бесконтактного 3d профилометра «Micron-beta» [15]. «Micron-beta» («Micron-alpha») позволяет получить 2D и 3D профили поверхности; количественно оценивать характеристики поверхности; вычислять объем выступа (впадины); наблюдать интерференционные картины; проводить металлографические исследования. «Micron-alpha» («Micron-beta») имеет следующие характеристики: поле сканирование, мкм - 100х90; разрешение по горизонтали, мкм - 0,16; по вертикали, нм – 3; время получения 3D топографии, мин - 0,5 – 5. «Micron-alpha» («Micron-beta») позволяет регистрировать топографию поверхности путем обработки последовательности интерференционных данных (картин), регистрируемых цифровой камерой при смещении опорного (эталонного) зеркала [16].

Разработка модели технологической оснастки и процесса экструзии проводили методом компьютерного моделирования с использованием САПР SolidWorks, а именно с помощью модуля Flow Simulation. Продукт Flow Simulation базируется на принципе использования расчетной прямоугольной сетки, пересекающей произвольным образом поверхность модели, созданной в системе графического проектирования. Преимущества такой технологии – универсальность, надежность, простота использования [17]. Flow Simulation имеет ряд особенностей: имеет единую среду проектирования; работает с 3D моделями; решает различные задачи (стационарные и нестационарные; сжимаемые и несжимаемые среды, до-, транс- и сверхзвуковые, ламинарные, турбулентные и переходные течения; учет неньютоновских жидкостей, шероховатости стенок, свободной, вынужденной или смешанной конвекции и многие другие); имеет возможность задавать разнообразные граничные условия (скорость, давление, массовый и объемный расход; температура, примеси, турбулентность); имеет средства управления расчетной сеткой и управления результатами; имеет средства визуализации результатов [18]. Исходя из особенностей и преимуществ этого продукта именно он и был выбран для решения поставленных задач. Для проведения моделирования была создана 3D модель технологической оснастки.

Для расчетов была выбрана модель течения Неньютоновской жидкости. При использовании данного метода задаются условия проскальзывания, которые применяются ко всем стенкам модели, а также предел текучести. Моделирование проводилось при следующих параметрах: предел текучести – 5,8 Па; шероховатость – 10 мкм; скорость подачи пуансона – 0,5 мм/с (30 мм/мин); давление на выходе – 101 325 Па.

**Результаты и обсуждение.** Процесс синтеза керамических материалов из смеси природного и техногенного сырья в виде сотовых блоков, предназначенных для использования в качестве носителей катализаторов для экологического катализа является многоступенчатым и зависит от многих технологических факторов. Для планирования экспериментальной части работы необходимо ограничить количество варьируемых величин для оценки воздействия каждого параметра в отдельности и в совокупности. Технологические схемы производства керамических материалов в зависимости от виды исходного сырья, аппаратурного оформления и последовательности стадий отличаются большим разнообразием. В настоящей работе проведено исследование отдельных ключевых стадий процесса синтеза в различных режимах функционирования.

На первом этапе проводился поиск состава шихты на основе отечественных природных алюмосиликатов и металлургических шлаков с высокими показателями пластичности для получения блоков сотовой структуры с требуемыми характеристиками. Формование блочных носителей катализаторов проводили с использованием технологической оснастки, представленной на рисунке 1. Несмотря на высокие показатели пластичности формовочной массы, полученной путем варьирования в широком диапазоне количества исходных компонентов (цеолитов и бентонитов различных месторождений, а также шлаков свинцового и медного производств) обеспечить получение керамических материалов с заданными свойствами не удалось. Основная проблема заключалась в разрушении целостности синтезируемой массы на выходе из фильеры. При изготовлении опытной партии методом экструзии по разрабатываемой технологии (ранее описанной в [9]) с использованием специально изготовленной технической оснастки наблюдались деформация и разрушение 2/3 формируемого на выходе из фильеры части образца керамики. Только 1/3 часть полученного образца керамики соответствовала ожидаемым результатам (рисунок 2).

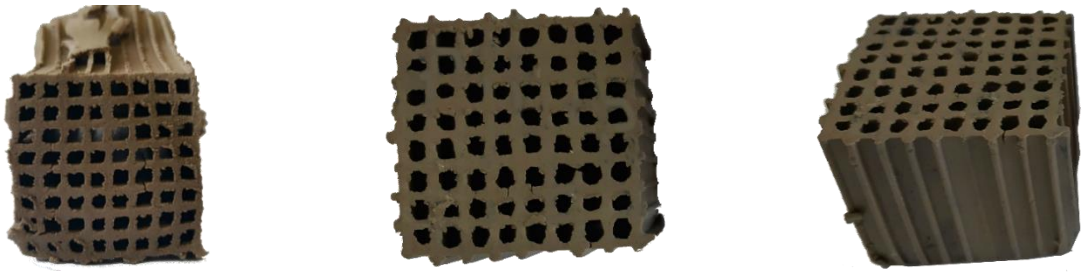


**Рис.2.** Опытный образец блочной керамики

Известно, что в процессе прессования увеличивается контакт между частицами порошка, уменьшается пористость, деформируются или разрушаются отдельные частицы, и прочность получаемого материала обеспечивается силами механического сцепления частиц порошка, силами притяжения и трения. С увеличением давления прессования прочность заготовки выдавливаемой через фильеру в процессе экструзии также возрастает. Фильера, использованная в работе, была изготовлена по индивидуальному заказу авторов. От качества фильеры зависит не только производительность оборудования, но и качество готового изделия.

На основании обзора научной литературы и практических данных установлено, что важнейшей характеристикой технологической оснастки, используемой для экструзии и прессования керамических материалов является качество внутренней поверхности матрицы.

На следующем этапе проведено исследование внутренней поверхности изготовленной металлической матрицы, которое показало наличие шероховатости на внутренней стенке. Предположено, что выявленные дефекты оснастки могут являться причиной неравномерного распределения нагрузки и как следствие препятствовать формированию заданной структуры синтезируемого материала. Для выявления причин разрушения было проведено исследование технической оснастки с применением бесконтактного 3d профилометра «Micron-beta». Были сделаны снимки рельефа поверхности технической оснастки (матрицы). В качестве поверхности были выбраны стенки по которым производилась выдавливание керамической массы. Анализ поверхности показал, что шероховатость поверхности сильно различается между собой и составляет значения для: Rz – 7,674; 7,420; 6,003; 3,710; 2,301; Ra – 2,049; 2,130; 2,02; 0,712; 0,595. Среднее значение шероховатости по Rz 5,4216 и Ra 1,5012. Результаты анализа показали, что причиной деформации и разрушения являются заусенцы вследствие недостаточной чистоты поверхности матрицы. Предположено, что из – за пульсации давления в угловых областях формующей головки происходит периодическое проскальзывание смеси, которое влияет на величину давления в выходном сечении фильеры. В связи с этим изготовленную технологическую оснастку необходимо довести до требуемых характеристик, так как для экструзии особое значение имеет обеспечение стабильного качества формируемого изделия в процессе работы. Для удаления обнаруженных с помощью профилометра неровностей и царапин на поверхности фильеры проведена полировка поверхности с последующей финишной очисткой в ультразвуковой ванне.

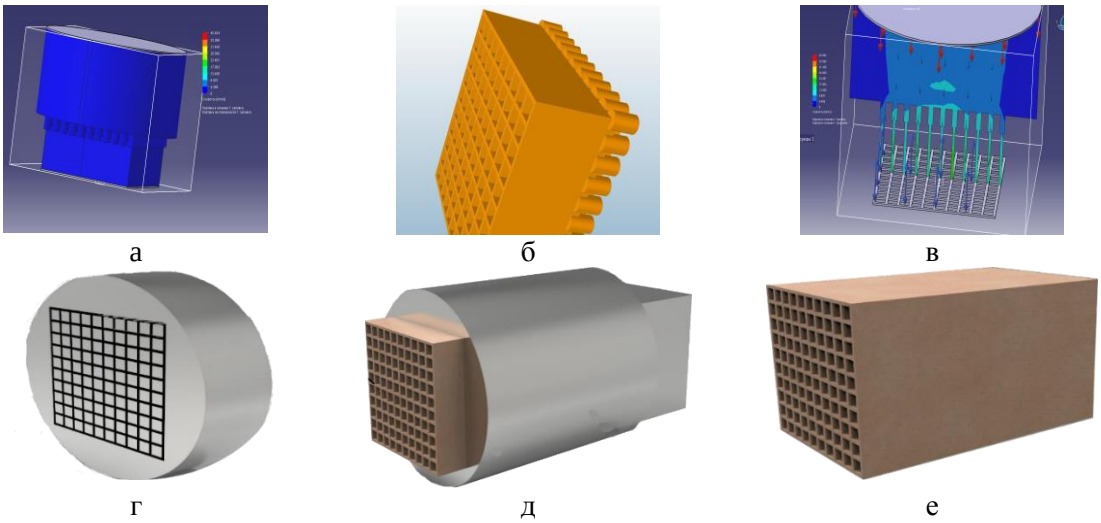



**Рис.3.** Моделирование процесса экструзии для производства блочной керамики

Разработка компьютерного моделирования процесса синтеза позволила повысить информативность и эффективность процесса получения новых керамических материалов. Созданный виртуальный прототип изделия (электронная модель изделия), содержит в себе всю информацию о его геометрии, требования к изготовлению и контролю. Так, для визуализации процесса получения новых керамических материалов методом экструзии с помощью программы SolidWorks была получена трехмерная (3D) модель (рисунок 3).

На основании полученных данных, был экспериментально выполнен процесс экструзии на натуральном материале из смеси глинистого сырья - цеолита месторождения Тайжузген и бентонита месторождения Таганское, а также технологических проб шлаков медного и свинцового производств при заданных параметрах для Неньютоновской жидкости на универсальной машине Shimadzu Autograph AG-Xplus. Готовый образец блочного носителя катализатора показан на рисунке 4.



**Рис.4.** Опытный образец блочной керамики при скорости 30 мм/мин.

**Заключение**. Разработка компьютерной модели основных стадий изготовления керамики способствовала выявлению параметра, требующего доработки и обеспечила синтез нового материала с заданными свойствами в результате усовершенствования технологической оснастки (матрицы) путем дополнительной полировки внутренней поверхности матрицы. Расчеты показали, что необходимым условием для обеспечения качества синтезируемого продукта является скольжение шихты по стенке фильеры. Моделирование процесса экструзии позволило рассчитать скорость подачи пуансона (30 мм/мин) для равномерной экструзии при которой пластичная масса, проходящая через матрицу, формируется в соответствующую конструкцию без разрушения. Полученные опытные образцы блочной керамики отвечают теоретически рассчитанным моделям. Величина погрешности между теоретическим моделированием и практическим изготовлением модели составила 8%. Таким образом, обоснована целесообразность предварительного компьютерного моделирования процесса изготовления образцов блочной керамики различных форм и размеров для сокращения затрат и исключения ошибок при последующем синтезе материалов. Результаты исследования могут быть использованы для моделирования и оптимизации процесса экструзии.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Дворжак Е. Ю. Трехмерное компьютерное моделирование в условиях глобализации // Международный научный журнал «символ науки». – 2016. - №4. – С. 92-95.

[2]. Корниенко И.Г. Система компьютерного моделирования для исследования и управления качеством высокотемпературных керамических материалов: автореф. … канд. техн. наук: 05.13.18. – Санкт-Петербург, 2014. – 16 с.

[3]. Govender S., Friedrich H.B. Monoliths: A Review of the Basics, Preparation Methods and Their Relevance to Oxidation // Catalysts. – 2017. – № 62. – P. 1-29. doi:10.3390/catal7020062.

[4]. Nosewicz S., Rojek J., Chmielewski M., Pietrzak K. Discrete Element Modeling of Intermetallic Matrix Composite Manufacturing by Powder Metallurgy // Materials (12). – 2019. – № 281. – P. 1-18. doi:10.3390/ma12020281 P.1-18.

[5]. Boger T. Monolithic Catalysts for the Chemical Industry // Ind. Eng. Chem. Res. – 2004. - № 43. – P. 4602-4611.

[6]. Sylvester O. Omole*, Abel A. Barnabas, John F. Akinfolarin. Production and evaluation of ceramic and metal matrix composite by powder metallurgy // Res. Eng. Struct. Mat. (1). – 2015. - № 2. – P. 73-79.

[7]. Fan P.M., Zhen K.F., Zan Z.Y., Chao Z., Jian Z., Yun J.Z. Preparation and development of porous ceramic membrane supports fabricated by extrusion technique // Chemical Engineering Transactions. – 2016. - № 55. – P. 277-282. doi:10.3303/CET16550472016.

[8]. Крючков Д.И., Залазинский А.Г. Моделирование и выбор оптимальной формы матрицы на основе оценки поврежденности для прессования биметаллических проводников // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 11 (часть 3) – С. 619-624.

[9]. Саденова М.А., Клемеш И.Я., Варбанов П.С., Утегенова М.Е., Жакупова Г.Б. Особенности синтеза новых материалов из отечественного природного и техногенного сырья // Материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 60-летию образования ВКГТУ им. Д. Серикбаева, «Роль университетов в создании инновационной экономики». - Усть-Каменогорск, 2018. - С. 292-298.

[10]. Sadenova M.A., Abdulina S.A., Tungatarova S.A. The use of natural Kazakhstan zeolites for the development of gas purification catalysts // Clean Techn Environ Policy. – 2016. - № 18. – P. 449-459. doi:10.1007/s10098-015-1018-6.

[11]. Montoya-Bautista C.V., Avella E., Ramírez-Zamora R.M., Schouwenaars R. MetallurgicalWastes Employed as Catalysts and Photocatalysts for Water Treatment: A Review // Sustainability. – 2019. - № 11. – P. 1-16. doi:10.3390/su11092470.

[12]. Wózniak J., Pactwa K. Overview of Polish Mining Wastes with Circular Economy Model and Its Comparison with Other Wastes //Sustainability. – 2018. - № 10. – P. 1-15. doi: 10.3390/su10113994.

[13]. Rojek J., Nosewicz S., Jurczak K., Chmielewski M., Bochenek K., Pietrzak K. Discrete element simulation of powder compaction in cold uniaxial pressing with low pressure // Comp. Part. Mech. – 2016.- № 3. – P. 513–524 doi:10.1007/s40571-015-0093-0.

[14]. Официальный сайт компании «Shimadzu» (Япония) мирового производителя аналитического и испытательного оборудования для лабораторий [Электронный ресурс] / Оборудование. – Режим доступа: https://www.shimadzu.ru/ag-xplus.

[15]. Оборудования лаборатории передовой науки и техники ЦОР “VERITAS” ВКГТУ им.Д.Серикбаева [Электронный ресурс] / Оборудование. – Режим доступа: https://nmetau.edu.ua/file/ktechmah.

[16]. Невлюдов И. Ш., Жарикова И. В., Перепелица И. Д., Резниченко А. Г. Анализ методов контроля шероховатости подложек для изделий электронной техники // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. - № 68. - С. 25-30.

[17]. Сотник С.В., Малафеев Д.А. Современные средства проектирования технологической оснастки // Технология приборостроения. – 2013. - № 1. - С. 30-34.

[18]. Лозбенева А. Д., Лошкарев А. Н. Исследование закономерностей истечения газа из Т-образного наконечника // Теплотехника и информатика в образовании, науке и производстве. - 2015. - С. 88-92.

Утегенова М., Саденова М., Азаматов Б., Догадкин Д.

**Катализаторларға арналған блокты керамикалық тасымалдаушылар синтезінің сапасын басқару үшін үлгілеу әдістерін қолдану**

**Аннотация.** Жұмыста ұнтақты металлургия әдісімен Шығыс Қазақстан облысының табиғи шикізаты мен техногенді қалдықтарынан (металлургиялық қож) алынған катализаторларға арналған блокты керамикалық тасымалдаушылар синтезі үшін үлгілеу әдістері қолданылған. Керамикалық материалдардың синтезделу үрдісін визуализациялау үшін Flow Simulation модульді SolidWorks көмегімен экструзия үрдісін үлгілеу жүзеге асырылды. Есептеу барысында Ньютондық емес сұйықтық ағымының үлгісі таңдап алынды. Алынған мәліметтер негізінде технологиялық жарақтандыру жетілдірілді. Блокты керамиканың тәжірибелік үлгілері алынды. Зерттеу нәтижелері экструзия үрдісін үлгілеу және оңтайландыру үшін қолданылуы мүмкін.

**Кілт сөздер:** Үлгілеу, экструзия, матрица, блокты керамика, катализатор тасымалдаушысы

УДК: 66.011.

**[1]G.R. Burumbayeva, [1]R.M. Dyussova, [1]G.Zh. Seitenova, [2]Y.N. Ivashkina**
([1]S.Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, Kazakhstan
[2]Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russian Federation
E-mail: burumbaeva.galiya@gmail.com**)**

## DEVELOPING TECHNIQUES TO INCREASE PETROL CUT AND GAS DISTRIBUTION IN THE CLINICAL TECHNOLOGY OF VACUUM GASOIL

**Abstract.** A mathematical model of the catalytic cracking process of vacuum gas oil has been developed, focused on predicting the yield and composition of cracking products, coke content on the catalyst, propane-propylene (PPF) and butane-butylene (BBF) cuts of fatty gas, taking into account the composition of the feedstock, catalyst activity, and reversibility of chemical reactions depending on current concentrations and process temperature. It is shown that during the processing of vacuum gas oil with a ratio of saturated and aromatic hydrocarbons to 2.2 units, the temperature increase to 529.8 ° C due to an increase in the catalyst circulation ratio to 6.4 t / t of raw material reduces the coke content on the catalyst from 0.92 to 0.82% of the mass and an increase in the conversion of raw materials by 8.1%. The total selection

of gas and gasoline increases by 7.6% of the mass, and the yield of gasoline increases by 1.3% of the mass. (82.1 t / day), with an octane rating of 91.7, the ratio of PPF: BBF in fat gas increases from 0.84 to 0.92 units.

**Key words:** catalytic cracking, gasoline cut, octane number, fat gas, coke, catalyst, mathematical modeling of catalytic cracking process.

**[1]Г.Р. Бурумбаева, [1]Р.М. Дюсова, [1]Г.Ж. Сейтенова, . [2]Е.Н. Ивашкина**
([1]С. Торайгыров атындағы Павлодар мемлекеттік уничерситеті, Павлодар, Қазақстан Республикасы
[2]ФМБ ЖКББМ «Томск политехникалық ұлттық зерттеу университеті», Томск, Ресей;
E-mail: burumbaeva.galiya@gmail.com)

## ВАКУУМДЫҚ ГАЗОЙЛЬДІҢ КАТАЛИТИКАЛЫҚ КРЕКИНГІ ТЕХНОЛОГИЯСЫНДА БЕНЗИН ФРАКЦИЯСЫ МЕН ГАЗДАРДЫҢ ШЫҒУЫН АРТТЫРУ ҮШІН ТЕХНИКАЛЫҚ ШЕШІМДЕРДІ ӘЗІРЛЕУ

**Аннотация** Вакуумдық газойльдің каталитикалық крекингі процесінің математикалық моделі әзірленді, крекинг өнімдерінің шығуы мен құрамын болжауға, катализатордағы кокстың, пропан-пропилен (ППФ) және бутан-бутилен (ББФ) фракцияларының қайта өңделетін шикізаттың құрамын, катализатордың белсенділігін, сондай-ақ процестің ағымдағы концентрациясы мен температурасына байланысты химиялық реакциялардың қайтымдылығын ескере отырып, май газының құрамын болжауға бағытталған. Вакуумдық газойльді қанықкан және хош иісті көмірсутектердің арақатынасымен өңдеу кезінде 2,2 бірлік катализатордың айналым еселігін 64 $т/т_{шикізат}$ дейін арттыру есебінен реактордағы температураның 529,8°С дейін көтерілуі катализатордағы кокс құрамының 0,92-ден 0,82%-ға дейін төмендеуін және шикізат конверсиясын 8,1%-ға ұлғайту қамтамасыз етеді. Газ бен бензин бойынша жиынтық іріктеу салмағы 7,6%-ға өседі, ал бензиннің шығуы 13% массаға артады (82,1 т/тәул.) зерттеу әдісі бойынша октан санымен 91,7, майлы газдағы ППФ: ББФ қатынасы 0,84-тен 0,92 бірлікке дейін өседі.

**Түйінді сөздер:** каталитикалық крекинг, бензиндік фракция, октандық сан, майлы газ, кокс, катализатор, каткрекинг процесін математикалық модельдеу.

### 1. Кіріспе

Бүгінде Ресейдің мұнай өңдеу өнеркәсібі мұнай шикізатын тереңдетіп өңдеу үдерістерінің тиімділігін арттыруға бағытталған [1-5]. Ғылыми қауымдастық пен өнеркәсіп секторының айтарлықтай күш-жігері қолданыстағы каталитикалық крекинг қондырғыларын жаңғыртуға және өндіріс мақсаттарына байланысты көмірсутек шикізатын тереңдете өңдеудің жаңа катализаторларын әзірлеуге бағытталған [6-9].

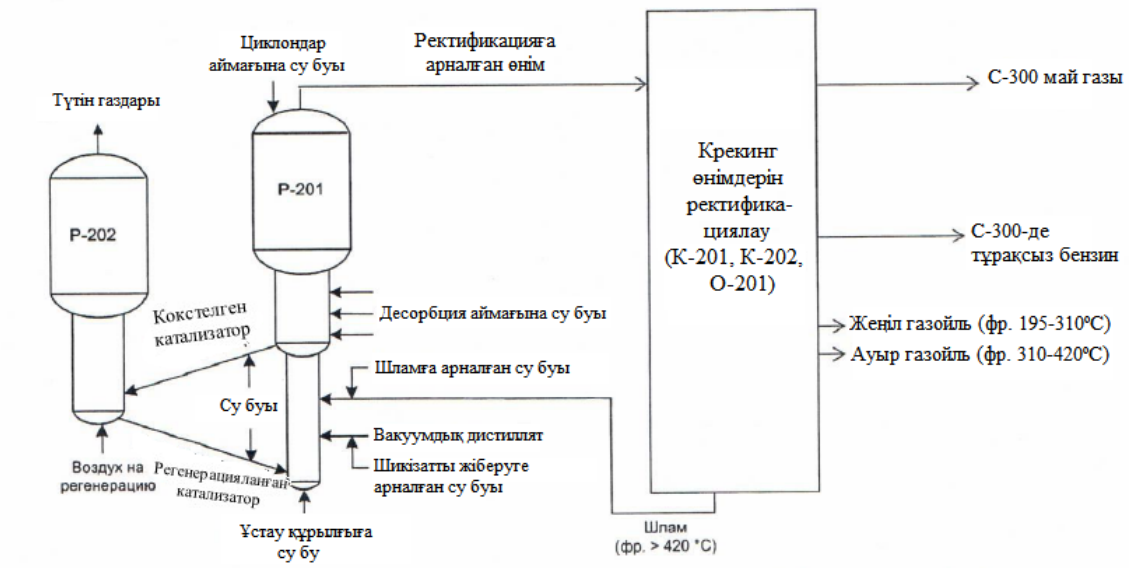
Жоғары октандық сипаттамалары бар бензинді фракциялардың және мұнай - химия процестері үшін жеңіл олефин – шикізаттың шығуын ұлғайтуға-каталитикалық крекинг қондырғысының реакторлық блогы жұмысының технологиялық режимін оңтайландыру жолымен қол жеткізуге болады[8-9]. Реакциялық аппараттың биіктігі бойынша аморфты Кокс шөгуінің салдарынан катализатор белсенділігінің төмендеуі мақсатты өнімдердің шығуының төмендеуіне және регенераторға жүктемесінің артуына ықпал етеді , бұл ретте Кокс мөлшері "реактор-регенератор" жүйесінің жылу балансын қамтамасыз ету үшін жеткілікті болуы тиіс.

Каталитикалық процесті адекватты сипаттайтын математикалық модель [10-12] каталитикалық крекинг өнімдерінің шығуын және сапа көрсеткіштерін болжау, катализатордағы коксолдану қарқындылығы және катализаторларды дезактивациялау дәрежесі, шикізат құрамын, катализаторлардың белсенділігін, жабдықтың технологиялық ерекшеліктерін және т.б. ескере отырып, Өнеркәсіптік қондырғыларды пайдалану режимін оңтайландыру сияқты мұнай шикізатын өңдеуді тереңдету бойынша көптеген зерттеулер жүргізуге мүмкіндік береді.

Бұл жұмыстың мақсаты – математикалық үлгілеу әдісімен катализаторда коксолдану төмендегенде вакуумдық газойльдің каталитикалық крекинг технологиясында бензин фракциясы мен газдардың шығуын арттыру үшін жағдайларды анықтау.

### 2. Каталитикалық крекинг лифт-реакторының математикалық моделін әзірлеу

Процестің математикалық моделін әзірлеу кезінде мазутты терең өңдейтін құрамдастырылған қондырғының құрамына кіретін вакуумдық газойльдің каталитикалық крекингінің өнеркәсіптік қондырғысының жұмысы пайдаланылды. Каталитикалық крекинг блогының жеңілдетілген техникалық сұлбасы **1-суретте** көрсетілген.




**Сурет-1.** КТ-1/1 қондырғысының вакуумдық газойльдің каталитикалық крекингі секциясының схемасы (С-200 секциясы):
Р-201 – лифт-реактор, Р-202 – регенератор, К-201 – ректификация бағанасы, К-202 – бу бағанасы, С-300 – абсорбция және газофракциялау секциясы.

Крекинг микросфериялық цеолит бар катализатордың жоғары ағынында лифт-реакторда жүзеге асырылады.

Төменде регламентке сәйкес қондырғының реакторлық-регенераторлық блогы жұмысының технологиялық режимінің негізгі параметрлері келтірілген.

Қондырғыға шикізат шығыны, м³/сағ.....160-425
Реакторға кіретін шикізаттың температурасы, ºС.....240-350
Шикізатты жіберуге су буының жиынтық шығысы, кг/сағ ..... 2000 кем емес
Лифт-реактордың басып алу құрылғысына бу шығыны, кг/сағ .... 4000 кем емес
Реакторға шлам шығысы, м³/сағ..... 14-тен көп емес
Процестің температурасы, ºС.....495-542
Тұндырғыш аймақтағы қысым, МПа:
реактор.....0,078-0,16
регенератор.....0,05-0,21
Регенератордың ортасында қайнаған қабаттың температурасы, 630-700 ºС
Регенерацияланған катализатордың температурасы, 730-дан ºС жоғары емес

Деректерді талдау қондырғы жұмысының технологиялық режимінің параметрлері талап етілетін сапаға және крекинг өнімдерінің арақатынасына қол жеткізу үшін кең ауқымда өзгеретінін көрсетті. Бұдан әрі шикізатқа % каталитикалық крекинг қондырғысынан өнімдерді іріктеу бойынша өзгерістер диапазоны келтірілген:

Майлы газ.....16,0-24,0
Бензин фракциясы.....49,5-59,0
Жеңіл газойль (фр. 195-310ºС).....10,7-16,5
Ауыр газойль (фр. 310-420ºС).....8,0-10,0
Күйдірілетін кокс.....3,9-5,0

Каталитикалық крекинг процесінің математикалық моделі мінсіз ығыстыру реакторы үшін материалдық және жылу баланстарының қарапайым дифференциалдық теңдеулерінің жүйесі ұсынылған $C_i = C_0$, $T_0 = T_{н.р.}$:

$$\begin{cases} \dfrac{dC_i}{d\tau} = \psi W_i \\ \rho_{см} c_{см} \dfrac{dT}{d\tau} = \sum_{j=1}^{n} \left(\pm \Delta H_T^0\right)_j \psi W_j \end{cases}$$

мұнда, $dC_i$ – **1-кестеге** сәйкес көмірсутектер $i$-тобының шоғырлануының өзгеруі, моль/л; $\tau$ – контактілік уақыты, с; $\psi$ – кокспен және ауыр металдармен активтендіруді ескеретін, катализаторды дезактивациялау параметрлері; $W_j$ – химиялық реакцияның жылдамдығы; $dT$ – ағын температурасының өзгеруі, К; $\left(\Delta H_T^0\right)$ – [11]-мен сәйкес, шикізат пен катализатордың жылу тепе-теңдігінің температурасы кезіндегі химиялық реакцияның жылулық әсері, кДж/моль; $\rho_{см}$, $c_{см}$ – ағынның тығыздығы мен жылу сыйымдылығы, кг/м$^3$, кДж/кг*К; $T_{н.р.}$ – шикізаттың және катализатордың жылу тепе-теңдігінің температурасы, К.

Катализаторды дезактивациялау параметрлері $\psi$ мыналар ескеріледі:

♦ никель әсерімен $(\gamma)$ катализатордың түзету қабілетін өзгерту:

$$\gamma = 0{,}142 \cdot e^{1.1554 C_{Ni}}, \quad (1)$$

мұнда, $C_{Ni}$ –к рекинг процесінің шикізатындағы никельдің құрамы, ppm.

♦ Y (2) цеолитпен және ZSM-5 (3) цеолитпен катализацияланатын реакцияларға қатысты, цеолит [10, 18] компоненттерінің қышқылдық және құрылымдық қасиеттерін ескере отырып, кокс әсерінен катализатор белсенділігінің төмендеуі:

$$A_Y = A_0 \cdot e^{-0.077 C_k} \quad (2)$$

$$A_{ZSM-5} = A_0 \cdot e^{-0.113 C_k}, \quad (3)$$

мұнда, $A_Y$, $A_{ZSM-5}$ – Y және ZSM-5 цеолиттермен катализацияланатын реакцияларға қатысты лифт-реактордағы катализатордың салыстырмалы ағымдағы белсенділігі; $A_0$ – катализатордағы қалдық, коксқа байланысты регенерацияланған катализатордың салыстырмалы белсенділігі крекинг шикізатына ауыр металдардың әсері; 0,77*10$^{-1}$ және 0,113 – қышқылдық және құрылымдық қасиеттер негізінде эксперименталды анықталған дезактивация константалары; $C_k$ – катализатордағы кокс құрамы, % масс.;

♦ катализатордың ванадий қышқылымен [7] өзара әрекеттесуі арқылы болатын регенерацияланған катализатор белсенділігінің төмендеуі. Соңғысы ванадий оксидінің су буымен [5] түйіскен кезде пайда болады, бұл ретте никельдің тежейтін әсері [6] ескерілді. Ванадий оксиді, өз кезегінде, металл органикалық қосылыстардың катализаторының бетінде адсорбцияланған [4]:

$$2Ni + O_2 = 2NiO,\ 4V + 5O_2 = 2V_2O_5 \quad (4)$$

$$V_2O_5 + 3H_2O = 2H_3VO_4 \quad (5)$$

$$2NiO + 2H_3VO_4 = Ni_2V_2O_7 + 3H_2O \quad (6)$$

$$2H_3VO_4 + Al_2O_3 = 2AlVO_4 + 3H_2O. \quad (7)$$

Кесте 1. **Каталитикалық крекинг процесіндегі көмірсутектердің өзгеру схемасындағы псевдокомпоненттердің сипаттамасы**

| Айналдыру схемасындағы топ | | Сипаттамасы |
|---|---|---|
| Шикізат, жеңіл және ауыр газойль | ВМ парафиндері | $C_{14}$-$C_{40+}$ |
| | ВМ нафтендері | Ұзын орынбасарлары бар моно- және бициклдік $C_1$-$C_{25}$ (орташа сақина саны – 1,7-2,3 бірл.) |
| | Хош иісті ВМ көмірсутектері | Ұзын орынбасарлары бар моно- және поли құрылымдар (орташа хош иісті сақиналар саны – 1,6-2,8 бірлік, нафтендік сақиналар – 1,3-1,5 бірлік.) |
| | НАС | Жоғары молекулалы көп ядролы нафтенді-хош иісті қосылыстар |
| Бензинді фракция | Парафиндер | $C_5$-$C_{11+}$ |
| | Изопарафиндер | $C_5$-$C_{11+}$ |
| | Олефиндер және диеналар | $C_5$-$C_{9+}$ |

| | | |
|---|---|---|
| | Нафтендер | $C_5$-$C_{10+}$ |
| | Хош иісті көмірсутектер | $C_6$-$C_{10+}$ |
| Газдар | ППФ | Пропан-пропилен фракциясы $C_3$ |
| | ББФ | Бутан-бутилен фракциясы $C_4$ |
| | Газдар | $C_1$, $C_2$, $C_{5+}$ |
| | Кокс | Коксогенді қосылыстар (С/Н қатынасы 0,2-ден 1,5-ке дейін) |

Барлық реакциялардың жылдамдығына арналған өрнектер қолданыстағы массалардың заңына сәйкес, тура және кері бағытта жазылған, өйткені әдебиетке сәйкес [13] кез келген уақытта реакциялардың жүру бағыты айналуға қатысушылардың ағымдағы парциалды қысымына және процесс температурасына байланысты өзгеруі мүмкін. Осылайша, есептеудің әрбір қадамында реакциялардың термодинамикалық қайтымдылығының пайда болу критерийін тексеру орындалады:

$$A_{rij} = -\Delta_r G_{ij} = \mu_i - \mu_j > RT ,$$

мұнда, $A_{rij}$ – химиялық реакция туыстық мәні, Дж/моль; $R$ – әмбебап газды тұрақты – 8,314 Дж/(моль*К); $T$ – ағымдағы температура, К; $\Delta_r G_{ij}$ – Гиббс потенциалының ағымдағы мәні, Дж/моль; $\mu_i$ – химиялық потенциалының ағымдағы мәні, Дж/моль ( $\mu_i = \mu_i^0 + RT \ln p_i$ , мұнда $\mu_i^0$ – стандартты химиялық потенциал, Дж/моль, $p_i$ – компоненттің парциалды қысымы, Па).

Математикалық модельдің барабарлығы өнеркәсіптік қондырғыдан өнімдерді іріктеу, майлы газдағы пропан-пропилен және бутан-бутилен фракцияларының құрамы бойынша есептік және тәжірибелік деректерді салыстыру жолымен тексерілді **(кесте. 2).**

Кесте 2. **Математикалық модельдің верификациясы**

| Орнату ағыны | Эксп. | Есептеу | Δ абс. | Δ сал. | Эксп. | Есептеу | Δ абс. | Δ сал. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Бензин | 58,4 | 57,6 | 0,8 | 1,4 | 56,6 | 57,4 | 0,8 | 1,4 |
| Жеңіл газойль | 11,5 | 12,0 | 0,5 | 4,0 | 12,7 | 12,3 | 0,4 | 3,3 |
| Ауыр газойль | 9,4 | 9,2 | 0,3 | 2,7 | 9,2 | 9,4 | 0,2 | 2,4 |
| Кокс | 4,3 | 4,5 | 0,2 | 3,5 | 4,4 | 4,3 | 0,1 | 2,0 |
| Майлы газ, оның ішінде: | 16,4 | 16,9 | 0,5 | 2,9 | 17,0 | 16,6 | 0,4 | 2,4 |
| ППФ | 31, 33 | 30,5 | 0,8 | 2,7 | 28,7 | 30,4 | 1,7 | 6,0 |
| ББФ | 34,6 | 35,58 | 0,98 | 2,8 | 37,0 | 35,7 | 1,3 | 3,5 |

Каталитикалық крекинг процесінің әзірленген кинетикалық моделі барабар (есептеулердің салыстырмалы қателігі 6% - дан аспайды) болып табылады, демек, болжамдық және оптимизациялық есептеулер үшін пайдаланылуы мүмкін. Модель бензинді фракцияның топтық құрамын, май газындағы пропан-пропилендік және бутан-бутилен фракцияларының құрамын болжауға бағытталған және өңделетін шикізаттың құрамын, катализатордың белсенділігін, сондай-ақ процестің ағымдағы шоғырлануы мен температурасына байланысты микросфериялық цеолит бар катализатордың бетінде өтетін химиялық реакциялардың қайтымдылығын ескереді.

**3. Катализаторда артық коксолдану төмендеген кезде вакуумдық газойль каткрекинг технологиясында бензин фракциясы мен газдардың шығуын арттыру**

Каталитикалық крекингтің вакуумдық газойль-шикізатының құрамы (КТ-1/1 қондырғысының С-200 секциясы) – кең диапазонда өзгереді, бұл процесс өнімдерінің шығуы мен сапасына, оның ішінде катализатордағы кокссыздық динамикасына айтарлықтай әсер етеді. Қаныққан және хош иісті көмірсутектердің жоғары арақатынасымен қатар шикізат ($C_{ну}$:$C_{ау}$ 2,2 бірліктен) шайырдың жоғары құрамымен – 4% массамен сипатталады. Модель бойынша есептеулер үшін шикізаттың компоненттік құрамы, сондай-ақ процестің технологиялық режимінің нақты параметрлері төменде берілген.

Шикізат құрамы, % масс.:

қаныққан көмірсутектер..... 65,9

хош иісті көмірсутектер.....30,1
шайыр..... 4,0
Процесс режимі:
шикізат шығыны, м$^3$/сағ.....382,0
шикізат температурасы, °С .....319,4
шлам шығыны, м$^3$/сағ.....7,67
катализатор: шикізат, т/т ..... 5,12
регенерациядан кейінгі катализатор ағынының температурасы, °С..... 688,7
регенерацияға дейін және кейін катализатордың салыстырмалы белсенділігі, % ..... 77,8
процесс температурасы, °С..... 517,0

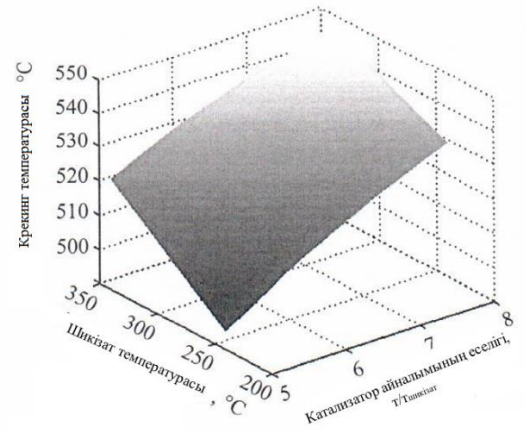
Мұндай шикізатты өңдеу кезінде катализаторда қарқынды кокстеу байқалады (катализатордағы кокстың шығуы мен құрамы тиісінше 4,74 және 0,925% құрайды). Бұл ретте аппараттың биіктігі бойынша катализатор белсенділігінің төмендеуі мақсатты өнім – бензинді фракцияның (56,81% масса) және майлы газ (15,6% масс.) шығуын төмендетуге ықпал етеді. Бұдан басқа, қарқынды коксалдану кезінде регенераторға жүктеме артады, регенерацияланған катализатордың берілген белсенділігін және "реактор-регенератор" жүйесінің жылу режимін қамтамасыз ету үшін реактордың жұмыс режимін қамтамасыз ету үшін регенерациялау процесінің технологиялық режимін түзету талап етіледі.

Осылайша, оңтайландыру есептері катализаторда артық коксалдану төмендеген кезде қанықкан және хош иісті көмірсутектер арақатынасы 2,2 бірлік шикізатты өңдеу кезінде бензин фракциясы мен майлы газдың шығуын ұлғайтуға бағытталған. Бұл ретте бензинді фракцияның шығу қисығы экстремалды сипатқа ие және газ тәрізді көмірсутектер түзіле отырып, бензинді фракцияның көмірсутектері крекингінің реакцияларының өтуі және кокс хош иісті көмірсутектердің конденсациясы салдарынан жоғары температура аймағында төмендеуін ескеру маңызды. Бензинді фракцияның максималды шығуы (58,1% масс.) крекинг температурасында 529,8%ºС, катализатордың айналу жиілігін шикізатқа қатысты 6,4 және шикізат температурасы 310ºС **(сур. 2-4).**

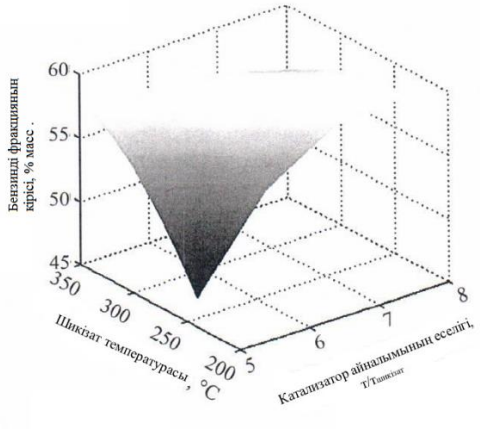
Барлық реакциялардың жылдамдығына арналған өрнектер қолданыстағы массалардың заңына сәйкес, тура және кері бағытта жазылған, өйткені әдебиетке сәйкес [13] кез келген уақытта реакциялардың жүру бағыты айналуға қатысушылардың ағымдағы парциалды қысымына және процесс температурасына байланысты өзгеруі мүмкін. Осылайша, есептеудің әрбір қадамында реакциялардың термодинамикалық қайтымдылығының пайда болу критерийін тексеру орындалады:

$$A_{rij} = -\Delta_r G_{ij} = \mu_i - \mu_j > RT ,$$

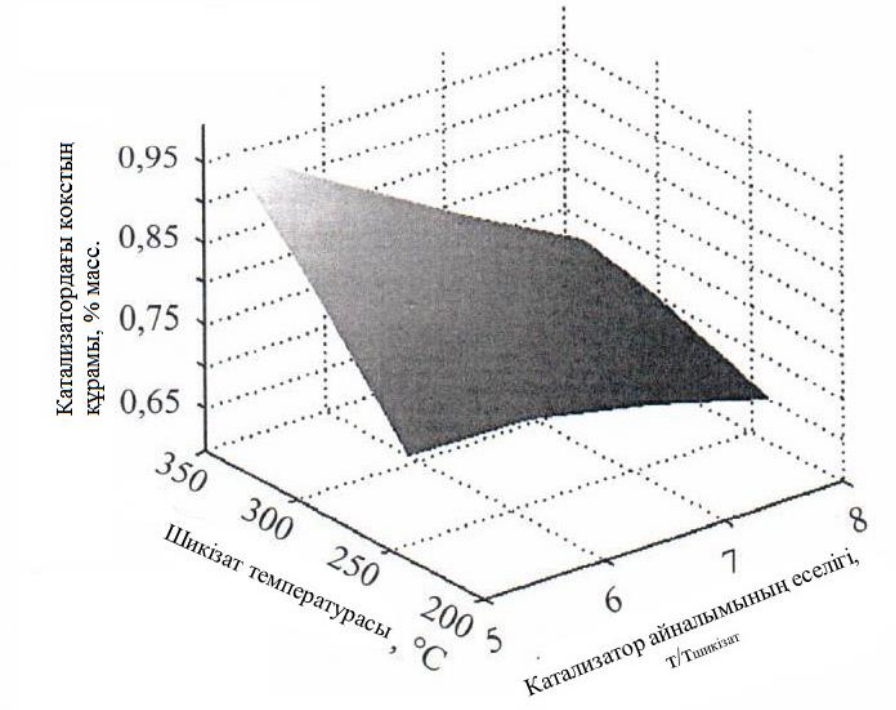
мұнда, $A_{rij}$ – химиялық реакция туыстық мәні, Дж/моль; $R$ – әмбебап газды тұрақты – 8,314 Дж/(моль*К); $T$ – ағымдағы температура, К; $\Delta_r G_{ij}$ – Гиббс потенциалының ағымдағы мәні, Дж/моль; $\mu_i$ – химиялық потенциалының ағымдағы мәні, Дж/моль ( $\mu_i = \mu_i^0 + RT \ln p_i$ , мұнда $\mu_i^0$ – стандартты химиялық потенциал, Дж/моль, $p_i$ – компоненттің парциалды қысымы, Па).




**Сурет 2.** Крекинг температурасының шикізат температурасына тәуелділігі және катализатор айналымы еселігі




**Сурет 3.** Бензинді фракцияның шығуының температуралық шикізатқа және катализатордың айналу жиілігіне тәуелділігі




**Сурет 4.** Катализатордағы кокс құрамының шикізат температурасына және картализатор айналымы жиілігіне тәуелділігі

Катализатордағы кокс құрамы лифт-реакторға кіре берістегі шикізат температурасының жоғарылауы кезінде катализатор айналымының тұрақты еселігі кезінде (6,4 т/$т_{шикізат}$) үздіксіз 0,712-ден 0,853%-ға дейін өседі және лифт-реакторға катализатор шығынын ұлғайту және оның реакторда болу уақытын азайту есебінен шикізаттың тұрақты температурасы (310°С) кезінде катализатор айналымының еселігі ұлғайған кезде 949-дан 0,706%-ға дейін төмендейді.

Модель бойынша есептеулер "катализатор: шикізат" жаппай арақатынасының 5,12-ден 6,4 т/ $т_{шикізат}$-ға дейін артуы есебінен крекинг температурасын 529,8°С деңгейінде ұйымдастыру катализатордағы Кокс құрамының 0,92-ден 0,82%-ға дейін төмендеуін қамтамасыз еткенін көрсетті. Жүйедегі катализатор белсенділігінің артуы және процесс температурасының артуы шикізаттың конверсиясының 8,1%-ға артуын қамтамасыз етті. Газ және бензин бойынша жиынтық іріктеу

7,6% масса. бензин шығуының артуы 1,3% массаға сәйкес келеді. (82,1 т/тәул). Бензинді фракцияның зерттеу әдісі бойынша октандық саны 91,7 тармақты құрайды, ППФ: ББФ арақатынасы 0,84-тен 0,92 бірлікке дейін өседі.

Каталитикалық крекинг процесінің математикалық моделін қолдану технологиялық режимнің негізгі параметрлерін, шикізат құрамын, регенерацияланған катализатордың белсенділігін және реакциялық аппараттың биіктігі бойынша оның дезактивация дәрежесін ескере отырып өнімнің шығуы мен сапасын болжауды қамтамасыз етеді.

**4. Қорытынды**

1. Каталитикалық крекинг процесінің бағдарламалық – іске асырылған математикалық моделі өңделетін шикізаттың сипаттамасын, катализатордың белсенділігін және реакциялық аппараттың биіктігі бойынша оның дезактивация дәрежесін ескере отырып, өнімнің шығуы мен құрамын болжауға бағытталған. Модель бойынша есептеулердің қателігі 6%-дан аспайды, бұл модельді болжау және оңтайландыру есептеулеріне пайдалануға мүмкіндік береді.

2. Қаныққан және хош иісті көмірсутектердің арақатынасымен сипатталатын шикізатты өңдеу кезінде конверсияның 8,1%-ға ұлғаюына катализатордың айналу жиілігін 5,12-ден 6,4 т/$т_{шикізат}$-ға дейін арттыру және реакторға кіре берістегі шикізат температурасының 320-ден 310°С-ға дейін төмендету есебінен крекинг температурасын 529,8°С деңгейінде ұстап тұру кезінде қол жеткізіледі.

3. Ұсынылатын технологиялық режим катализатордағы Кокс құрамының 0,92-ден 0,82%-ға дейін төмендеуін қамтамасыз етеді. Бұл ретте газ бен бензинді фракцияның жиынтық шығуы 7,6%-ға артты, бензин шығуының артуы 1,3% массаға сәйкес келеді. (82,1 т/тәул.).

4. Бензин фракциясы зерттеу әдісі бойынша жоғары октан санымен сипатталады және 91,7 пунк. құрайд., ППФ:ББФ арақатынасы майлы газдағы 0,84-тен 0,92 бірлікке дейін өседі.

ӘДЕБИЕТ

[1] Sorokina T.P., Buluchevskaya L.A., Potapenko O.V., Doronin V. P. Conversion of nickel and vanadium porphyrins under catalytic cracking conditions // Petroleum Chemistry. – 2010. – V. 50 (1). – P. 51-55.

[2] Висалиев М.Я., Шпирт М.Я., Кадиев Х.М., Дворкин В.И., Магомадов Э.Э., Хаджиев С. Н. Комплексная переработка тяжёлых высоковязких нефтей и нефтяных остатков с извлечением ванадия, никеля и молибдена // Химия твёрдого топлива. – 2012. – № 2. – С. 32-39.

[3] Хаджиев С.Н., Капустин В.М., Хавкин В.А., Соляр Б.З., Пресняков В.В., Бабынин А.А., Калимуллин А. К. Освоение установки каталитического крекинга в ОАО «ТАИФ-НК» – достижение нефтепереработчиков Татарстана // Мин нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. – 2014. – № 1. – С. 16-17.

[4] Kapustin V., Chernysheva E., Maximova A., Zinchenko Y. Development of new catalytic processes for processing petroleum feedstock // Pure and Applied Chemistry. – 2017. – V. 89 (10). – P.1579-1585.

[5] Kazakov M.O., Nadeina K.A., Danilova I.G., Dik P.P., Klimov O.V., Pereyma V.Y., Gerasimov E.Y., Dobryakova I.V., Knyazeva E.E., Ivanova I.I., Noskov A. S. Hydrocracking of vacuum gas oil over NiMo/Y-$A_1O_2$: Effect of mesoporosity introduced by zeolite Y recrystallization // Catalysis Today. – 2018. – V. 305. – P. 117-125.

[6] Капустин В.М., Герзелиев И.М., Арсланов Р.М., Седгхи Рухи Б.Ф., Карманов А. Г. Оптимизация процесса каталитического крекинга вакуумного газойля с добавлением отходов полиэтилена высокого давления // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2012. - № 9. – С. 48-51.

[7] Седгхи Рухи Б.Ф., Капустин В.М., Герзелиев И.М., Третьяков В.Ф. Изучение влияния добавок ZSM-5 к катализаторам крекинга на выход лёгких олефинов и пропилена // Катализ в промышленности. – 2012. – № 6. – С. 33-38.

[8] Герзелиев И.М., Дементьев К.И., Хаджиев С. Н. Влияние модифицирования катализатора и сырья ультрадисперсными частицами дисульфида молибдена на показатели каталитического крекинга //Нефтехимия. – 2015. – Т. 55, № 4. – С. 331-336.

[9] Доронин В.П., Сорокина Т.П., Потапенко О.В., Липин П.В., Дмитриев К.И., Короткова Н.В., Гурьевских С. Ю. Возможности современной технологии производства катализаторов крекинга в АО «Газпромнефть-ОНПЗ» // Катализ в промышленности. – 2016. – Т. 16, № 6. – С. 71-76.

[10] Bartholomew C. H. Mechanisms of catalyst deactivation // Applied Catalysis A: General. – 2001. – V. 212 (1-2). – P. 17-60.

[11] Magomedov R.N., Popova A.Z., Maryutina T.A., Kadiev Kh.M., Khadzhiev S. N. Current status and prospects of demetallization of heavy petroleum feedstock // Petroleum Chemistry. – 2015. – V. 55 (6). – P. 423-443.

[12] Sorokina T.P., Buluchevskaya L.A., Potapenko O.V., Doronin V. P. Conversion of nickel and vanadium porphyrins under catalytic cracking conditions // Petroleum Chemistry. – 2010. – V. 50 (1). – P. 51-55.

[13] Rautiainen E., Pimenta R., Ludvig M., Pouwels C. Deactivation of ZSM-5 additives in laboratory for realistic testing // Catalysis today. – 2009. – V. 140 (3 4). – P. 179-186.

УДК 669. 043

**Zh.D. Zholdubayeva, A.Zh.Shakarim, S.T.Seilova, M.A.Orynbasarov**
(Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan. E-mail: zhuma-77@mail.ru)

## IMPROVING THE QUALITY OF FERROALLOY

**Abstract**. The article presents a method for cleaning a ferroalloy melt from non-metallic inclusion and dissolved impurities.

In order to identify the effectiveness of the deposition of harmful impurities of ferromanganese on a solid-phase surface, during the processing of its melt with adsorbents, the activity of dissolved oxygen was measured using the electromotive force method.

As a result of the experiments, it was found that the concentration of oxygen dissolved in ferromanganese is reduced by 28.1 when in contact with filters of MgO, SiO2 and Al2O3; 32.1 and 18.4%, respectively.

**Key words**: adhesion, filtration, epigastric mechanism, dissolved impurity, oxygen activity.

**Ж.Д. Жолдубаева, Ә.Ж. Шәкәрім, С.Т. Сейлова, М.А. Орынбасаров**
(Карагандинский государственный технический университет, Караганды, Республика Казахстан
Электронная почта: zhuma-77@mail.ru)

## ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ФЕРРОСПЛАВА

**Аннотация**. В статье представлен способ очистки расплава ферросплава от НВ и растворенных примесей. С целью выявления эффективности осаждения вредных примесей ферромарганца на твердофазной поверхности, при обработке его расплава адсорбентами, измеряли активность растворённого кислорода методом ЭДС.

В результате экспериментов выяснено, что концентрация растворенного в ферромарганце кислорода при контакте с фильтрами из MgO, $SiO_2$ и $Al_2O_3$ снижается на 28,1; 32,1 и 18,4% соответственно.

**Ключевые слова:** адгезия, фильтрование, подложечный механизм, растворенная примесь, активность кислорода.

Прогресс в создании новых сталей и других сплавов на основе железа базируется на введении в их состав различных легирующих элементов.

Легирующие элементы обладают более высокой стоимостью, чем матричный элемент - железо. Поэтому перед металлургами стоят такие задачи как высокоточное введение легирующего элемента в расплав без его перерасхода, а также максимально полезное усвоение (растворение) легирующего элемента жидким металлом. Практика показала, что наилучшим способом эти задачи решаются с помощью ферросплавов, которые представляют собой сплавы железа с одним или несколькими легирующими элементами.

Ферросплавное производство является важной частью современной черной металлургии. Качество сталей определяется в значительной степени их химическим составом. На эксплуатационные, технологические и механические свойства сталей и других сплавов очень большое влияние оказывает качество используемых ферросплавов, которое во многом определяется содержанием: вредных примесей (S, P, C), цветных металлов (Cu, Pb, Zn, Sb, As, Bi, Cd), неметаллических включений и газов (кислорода, водорода, азота и др.) [1].

Для рафинирования ферросплавов используют обработку расплавов окислительными шлаками, шлаковыми смесями, продувку расплава кислородом с применением различных агрегатов: индукционная печь, конвертер, вакуумная печь сопротивления, печи спецэлектрометаллургии – ЭШП, ВДП, ЭЛП, плазменные печи и др.

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.

Фильтрационный метод очистки металлических расплавов, не уступая известным методам по рафинирующей способности, обладает рядом отличительных особенностей и технологических преимуществ:

во-первых, при фильтровании рафинированию подвергается последовательно весь объем жидкого металла (при этом сам процесс может быть осуществлён непосредственно при разливке металла из печи в ковш, при заливке металла в кристаллизатор, изложницу или литейную форму);

во-вторых, простотой конструкции фильтра и технологии фильтрования.

При фильтровании жидких металлов рафинирующий эффект обусловлен осаждением на поверхности фильтра суспензированных в расплаве неметаллических частиц, а также выделением неметаллической фазы непосредственно из расплава.

Суспензированные неметаллические частицы могут задерживаться фильтром по сеточному и адгезионному механизмам.

Наряду с сеточным и адгезионным механизмами, при реализации которых обеспечивается рафинирование расплава от химически связанной примеси в виде неметаллических частиц, при фильтровании реализуется также механизм рафинирования расплава от сверх равновесно растворенной примеси [2].

Механизм фильтрационного рафинирования от сверх равновесно растворенной примеси назван подложечным, так как поверхность фильтра служит подложкой для выделения неметаллической фазы непосредственно из расплава.

Для выявления подложечного механизма фильтрационного рафинирования моделировали процесс взаимодействия жидкого металла с фильтром в его отдельном поровом канале. Для этого зернистый фильтр с извилистыми каналами переменного сечения представили как фильтр с прямыми цилиндрическими каналами. В связи с этим в качестве элементарной ячейки фильтра рассматривали цилиндрические трубки из огнеупорного материала.

В качестве удаляемой примеси рассматривали растворенный кислород. Такой выбор был обусловлен тем, что для определения его активности разработан надежный метод, основанный на

использовании датчиков окисленности – твердо-электролитных кислородно-концентрационных элементов (к.к.э.). Для определения активности растворенной в расплаве серы разрабатываются аналогичные зонды, однако надежность их пока значительно ниже кислородных зондов. Процессы оксидо- и сульфидообразования протекают сходным образом, а это значит, что если эффективность обработки расплава твёрдофазными адсорбентами будет доказана на примере очистки от растворенного кислорода, то она будет адекватна и для рафинирования сплава от сверхравновеснорастворенной серы [3].

Определение кислорода методом ЭДС основано на возникновении в к.к.э., погружаемом непосредственно в жидкий металл, ЭДС, пропорциональной логарифму активности (парциального давления) кислорода в нём.

ЭДС этого к.к.э. определяется уравнением Нернста:

$$Å = \frac{R \cdot T}{2 \cdot F} \cdot \ln \frac{a_O^{cm.}}{a_O^X} \qquad (1.1а)$$

или

$$Å = \frac{R \cdot T}{4 \cdot F} \cdot \ln \frac{P_{O_2}^{cm.}}{P_{O_2}^X} \ , \qquad (1.1б)$$

Где Т – температура, К;

Е – ЭДС к.к.э., мВ;

F – газовая постоянная, 8,313 Дж/К моль;

R – электрохимическая постоянная, 96580 кулон/г-экв;

$à_O^{cm.}, a_O^X$ - соответственно активность кислорода в электроде сравнения и в анализируемом жидком металле, % по массе;

$P_{O_2}^{cm.}, P_{O_2}^X$ - соответственно парциальное давление кислорода в электроде сравнения и в анализируемом жидком металле, Па.

Основной составной частью к.к.э. является твёрдый электролит, выполненный из стабилизированной окисью кальция, магния или иттрия двуокиси циркония. Выбор указанного материала основан на практически 100 %-ной его ионной (по кислороду) проводимости [4].

Электрод сравнения представляет собой вещество с известным парциальным давлением кислорода. В качестве электродов сравнения обычно используют смеси Mo + 10% (по массе) $MoO_2$ и Cr + 2-5 % (по массе) $Cr_2O_3$.

Парциальное давление кислорода в этих электродах сравнения для смеси Cr – $Cr_2O_3$ рассчитывается по уравнению:

$$P_{O_2} = 10^{(-\frac{39425}{T}+8{,}94)}; \qquad (1.2)$$

а для смеси Mo – $MoO_2$ – по уравнению:

$$P_{O_2} = 10^{(-\frac{27550}{T}+7{,}38)}; \qquad (1.3)$$

Пересчёт величин $P_{O_2}$, рассчитанных по уравнениям 2.2 и 2.3, в соответствующие значения $à_O^{cm.}$ и подстановка их в уравнение 2.1а позволяет получить формулу расчёта $a_O^X$ для электрода сравнения из смеси Cr – $Cr_2O_3$:

$$a_O^X = 10^{4{,}62-\frac{10{,}086Å+13580}{Ò}}; \qquad (1.4)$$

а для электрода сравнения из смеси Mo – $MoO_2$:

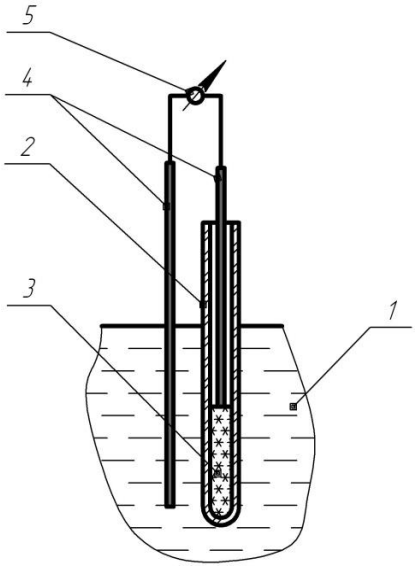
$$a_O^X = 10^{2{,}658-\frac{10{,}086Å+5661}{Ò}}. \qquad (1.5)$$

Молибденовые токосъёмники служат для съёма электрического потенциала электрода сравнения и анализируемого расплава.

Схематично процесс измерения окисленности жидкого сплава методом ЭДС представлен на рисунке 1.

В качестве вторичного прибора для регистрации ЭДС к.к.э. могут быть использованы цифровые вольтметры, потенциометры и другие измерители напряжения с верхним пределом измерения не менее 750 мВ.

Целесообразно использовать потенциометры с непрерывной записью показаний, например КСП-4 с диапазонами измерения 0 – 10 мВ, 0 – 20 мВ и др. Для расширения диапазона измеряемого напряжения на вход этих приборов необходимо поставить делитель напряжения с общим сопротивлением 8 – 12 кОм.



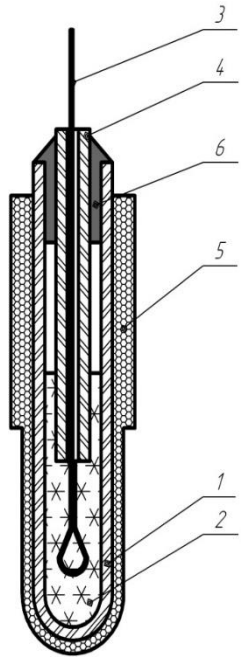

*1 – жидкий металл; 2 – твёрдый электролит к.к.э.;*
*3 – электрод сравнения к.к.э.;*
*4 – молибденовые токосъёмники; 5 – вторичный прибор ЭДС.*

**Рис.1.** Схема измерения окисленности расплава методом ЭДС.

При постановке эксперимента исходили из того, что при постоянной температуре и неизменном составе металла изменение концентрации растворенного в нём кислорода эквивалентно изменению его активности.

Таким образом, для выявления эффективности осаждения вредных примесей ферромарганца на твердофазной поверхности, при обработке его расплава адсорбентами, измеряли активность растворённого кислорода методом ЭДС [5].

Конструкция датчика окисленности представлена на рисунке 2.

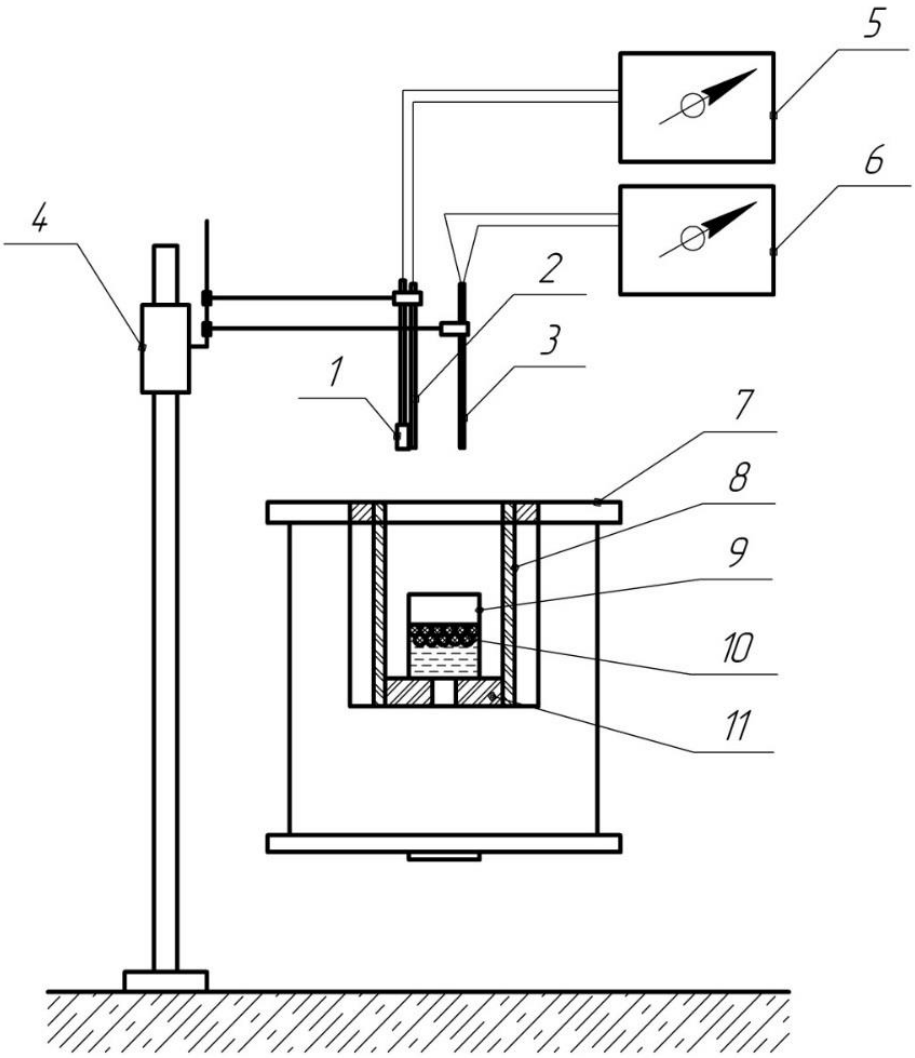



*1 – твёрдый электролит ($ZrO_2 \cdot Y_2O_3$); электрод сравнения $Mo + MoO_2$;*
*3 – токовывод, молибденовая проволока диаметром 0,3 мм;*
*4 – керамическая трубка; 5 – пористое покрытие; 6 – огнеупорная цементирующая масса.*

**Рис.2.** Электрохимический датчик окисленности

Отличительной особенностью датчика окисленности является наличие на его наружной поверхности пористого покрытия, смягчающего термический удар в момент погружения устройства в жидкий сплав. В электрод сравнения введена молибденовая проволока, соединяемая вне датчика с молибденовым выводом.

В качестве токосъёмников потенциала использовали молибденовые стержни. Активометр закрепляли на конце алундовой трубки, внутри которой проведена молибденовая проволока, и, вместе с молибденовым стержнем, крепили на кронштейне механизма подъёма и опускания датчиков, с помощью держателя [6] (рисунок 3).




*1 – датчик окисленности (активометр); 2 – токосъёмник молибденовый;*
*3 – термопара ВР 5/20; 4 – механизм подъёма и опускания датчика и термопары;*
*5 – потенциометр КСП-4; 6 – потенциометр цифровой; 7 – печь сопротивления Таммана;*
*8 – нагреватель; 9 – тигель алундовый с металлом;*
*10 – фильтрующие гранулы; 11 – подставка.*

**Рис.3.** Схема экспериментальной установки для фиксации изменения активности кислорода в расплаве при контакте с фильтрующим материалом

Значения ЭДС активометра фиксировали потенциометром КСП-4 со шкалой деления 2,5 мВ. Температуру расплава измеряли термопарой ВР 5/20 с использованием в качестве вторичного прибора цифрового потенциометра. При этих условиях, относительная систематическая ошибка косвенного измерения активности составляет ±2,5%, а случайная ошибка определения не превышает ±4%. Схема установки для замера активности кислорода, растворённого в расплаве ферромарганца, приведена на рисунке 3.

Первоначально определяли исходную активность кислорода ($E_{исх.}$), после чего в расплав вводили на ту же глубину пакет из огнеупорных трубок одного химического состава с датчиком внутри с последующим снятием потенциограммы ($E_ф$). После того как показания потенциометра стабилизировались (на потенциограмме – прямая линия при одном значении ЭДС), КСП-4 отключали, а датчик поднимали из расплава.

Температурный режим работы печи выдерживали постоянным в течение опыта.

В качестве объекта исследования использовали ферромарганец марки ФМн78. Материалом фильтра служили кварцевые и алундовые трубки, температуру расплава поддерживали на уровне $1300^0$С.

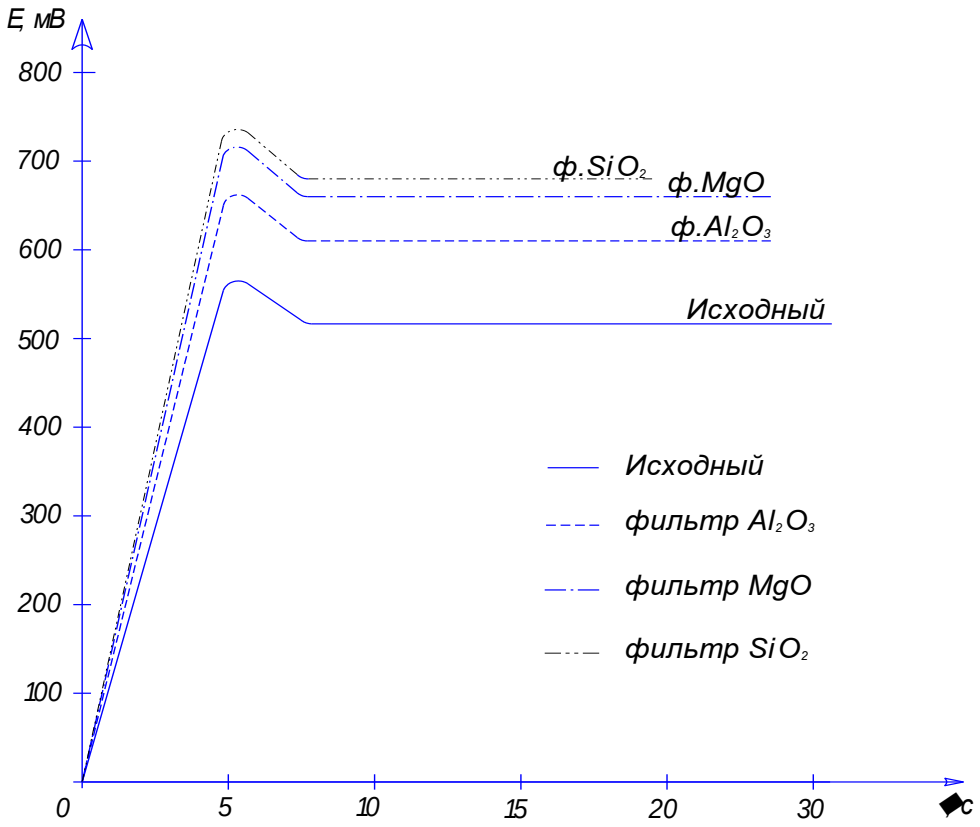



**Рис.4.** Влияние фильтрующего материала на изменение активности кислорода в ферромарганце.

Согласно методике измерения активности растворённого кислорода в расплаве металла, получены следующие потенциограммы активности кислорода (Е, мВ) в исходном ферромарганце и после контакта расплава с фильтрами из MgO, $SiO_2$ и $Al_2O_3$, приведённые на рисунке 4 и таблице 1.

Таблица 1. **Активность кислорода в ферромарганце до и после контакта.**

| Варианты расплавов | Материалы фильтра | Е, мВ | ΔЕ, мВ | ΔЕ, % |
|---|---|---|---|---|
| Исходный | - | 515 | - | - |
| Фильтрованный | $Al_2O_3$ | 610 | +95 | 18,4 |
| | MgO | 660 | +145 | 28,1 |
| | $SiO_2$ | 680 | +165 | 32,1 |

Из приведенной выше таблицы следует, что концентрация растворенного в ферромарганце кислорода при контакте с фильтрами из MgO, $SiO_2$ и $Al_2O_3$ снижается на 28,1; 32,1 и 18,4% соответственно.

Таким образом, экспериментально на модели элементарной ячейки фильтра доказано существование подложечного механизма рафинирования от растворенной примеси.

ЛИТЕРАТУРА

[1] А. Ф. Каблуковский. Производство электростали и ферросплавов . М. : Академкнига, 2003 .-511 с.

[2] Киманов Б.М. Исследование механизма фильтрационного рафинирования металлов от растворённого кислорода // Труды университета. –Караганда: КарГТУ, 2010.- С. 27 – 29.

[3] Киманов Б.М., Тен Э.Б., Ким В.А.,Жолдубаева Ж.Д. Исследование влияния фильтрования кремния на активность кислорода// Материалы междунар. научно-практич. конф. Металлургический кремний-2012 «Физико-химические процессы и технологии получения металлургического кремния». – Караганда: ХМИ, 2012. - С. 139-142.

[4] Тен Э.Б., Киманов Б.М. Ким В.А. и др. Фильтрационное рафинирование металлических расплавов от растворённой примеси // Труды междунар. научно-практич. конф. «Инновационная роль науки в подготовке современных технических кадров». - Караганда: КарГТУ.- 2008.- С.327-330.

[5] Киманов Б.М. Исследование механизма фильтрационного рафинирования металлов от растворённого кислорода // Труды университета. –Караганда: КарГТУ.- 2010.- С. 27 – 29.

[6] Киманов Б.М., Тен Э.Б., Ким В.А., Жолдубаева Ж.Д. Исследование влияния фильтрования кремния на активность кислорода// Матер. междунар. научно-практич. конф. Металлург. кремний-2012 «Физико-хим. процессы и технологии получения металлургич. кремния». – Караганда, 2012. - С. 139-142.

Жолдубаева Ж.Д., Шәкәрім Ә.Ж., Сейлова С.Т., Орынбасаров М.А.

**Ферроқортпа сапасын жақсарту**

**Резюме.** Мақалада ферроқорытпа балқымаларын метал емес ену және еріген қоспалардан тазарту әдісі көрсетілген.

Ферромарганецтің қатты фазалық бетіне зиянды қоспаларын алудың тиімділігін анықтау үшін оның балқымасын адсорбенттермен өңдеу кезінде электр қозғаушы күш әдісімен ерітілген оттегінің белсенділігі өлшенді.

Эксперименттердің нәтижесінде MgO, SiO2 және Al2O3 сүзгілерімен байланысқан кезде ферромарганецте ерітілген оттегінің концентрациясы 28,1 азайғаны анықталды; Тиісінше 32,1 және 18,4% құрады.

**Түйінді сөздер:** адгезия, сүзгі, эпигастрлық механизм, ерітілген қоспалар, оттегі белсенділігі.

УДК 004.9

**[1,2]F.U. Malikova, [1]A.T. Toleushova**
(KazNU named after Al-Farabi[1], Almaty University of Energy and Communications[2],
Almaty, Kazakhstan E-mail: feruza-malikova@mail.ru)

## SIMULATION OF HANDWRITING RECOGNITION PROCESS

**Abstract.** The existing approaches to modeling the process of handwriting creation are considered. A model of the handwriting creation process is proposed, which is a tuple of generating finite automata and matrices defining their connection. The model allows you to take into account the impact of not only the current but also the previous state of the system on the subsequent. An example of the use of the model in the study of the signature is given.

**Key words:** hand bronze recognition, Markovy model, handwriting verification, visualization.

**[1,2]Ф.Ө. Маликова, [1]А.Т. Төлеушова**
([1]Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті,
[2]Алматы Энергетика және Байланыс Университеті,
Алматы, Қазақстан Республикасы. E-mail: feruza-malikova@mail.ru)

## ҚОЛЖАЗБА МӘТІНІН ТАНУ ПРОЦЕССІН МОДЕЛЬДЕУ

**Түйіндеме.** Қазіргі уақытта қолжазба мәтінін жасау процесін үлгілеудің қазіргі заманғы тәсілдері қарастырылады. Соңғы автоматтар мен матрицаларды құрастыратын кортеж болып табылатын қолжазба мәтінін жасау процесінің моделі ұсынылады. Модель тек ағымдағы ғана емес, сонымен қатар жүйенің алдыңғы жағдайының кейінгі жағдайына әсерін ескеруге мүмкіндік береді. Қолтаңбаны зерттеу кезінде модельді пайдалану мысалы келтіріледі.

**Кілт сөздер**: Қолтаңбаны тану, Марковтық модель, қолтаңбаны верификациялау, визуализация.

Қолжазба мәтінін жасау процесін ақпаратты беру жүйесіндегі ақпаратты кодтау процесі ретінде, ал қолжазба мәтінінен ақпаратты алу процесін – ақпаратты декодтау процесі ретінде қарастыруға болады. Сол себепті қолжазба мәтінін зерттеу кезінде ақпаратты беру жүйелерінде пайдаланылатын әдістер мен технологиялар жиі қолданылады. Алайда осы әдістер мен технологиялар негізінен осы салаға қолжазба мәтінін жасау процесінің ерекшеліктерін есепке алусыз тасымалданады.

Қолжазба мәтінін зерттеудің компьютерлік жүйелерін жасау кезінде маңызды орын қолжазба мәтінін жасау процесінің моделін құруға беріледі. Жоғарыда айтып өткендей , қолжазба мәтінін жасау процесі ақпаратты беру процесі болып табылады. Ақпаратты беру моделі ақпаратты берудің күрделі жүйелерінің көбісінде ақпаратты келтірудің әр түрлі деңгейлеріне сәйкес келетін бірнеше қабаттан тұрады (мысалы, ISO/IEC 7498-1:1994(E) стандартының OSI желілік моделі). Қолжазба мәтінін жасау моделінде қолжазба ақпаратын келтірудің бірнеше қабатын бөліп көрсету ұсынылады.

Қолжазба мәтінін жасау процесінің модельдерін құру кезінде Жасырын Марков модельдерін (Hidden Markov Model - HMM) пайдалану және нейрондық желілерді пайдалану қазіргі уақытта ең кең тараған тәсілдер болып табылады.

HMM пайдалану кезінде қолжазба мәтінін жасау процесі Марков процесінің, әдетте, дискретті (Марков тізбегі) процесі көмегімен модельденеді. Марков тізбегінің мәнін модель жай-күйі немесе жасырын айнымалының мәні деп атайды, бұл ретте қолжазба мәтінінің параметрлері Марков тізбегі мәндерінен алынған функциялар болып саналады, уақыттың белгілі бір сәтіндегі параметрлердің мәні бақылау деп атайды, сонымен қатар, тек бақылаулар ғана белгілі болып саналады [1]. Атап өтетін жайт, Марков процесінің анықтамасына сәйкес [2], бір жай-күйден екінші жай-күйге өту ықтималдығы тек ағымдағы жай-күйден тәуелді және бұрынғы жай-күйден тәуелді емес.

HMM модельді құру жай-күйлер санын таңдауға, топологияны анықтауға (яғни жай-күйлер арасындағы мүмкін ауысуларды анықтауға) және оқытуға (жаттығу кезеңінде енгізілген қолжазба мәтінінің үлгілеріне сәйкес келетін бақылаулар реттіліктерінің тиістілік ықтималдығы максимал болатын $A$ ауысулар ықтималдықтарының матрицасын, $B$ бақылаулар ықтималдықтарының матрицасын және $\pi$ ықтималдықтың бастапты үлестірімін таңдауға) негізделеді. Ең жиі пайдаланылатын солдан-оңға ауысуларға ие топология (left-to-right topology), бұл топологияның ауысулар ықтималдықтарының матрицасы диагональ үстілік болып табылады. Жай-күйді өткізуге ие солдан-оңға ауысулары бар топологияны (left-to- right topology with skipping state transition) [3,4] және жай-күйді өткізусіз солдан-оңға ауысулары бар топологияны (left-to- right topology without skipping state transition) [5] ажыратады, бұл ретте ауысулар графасында ілмектердің болуына жол беріледі. Сонымен қатар ауысулар графалары толық байланысқан болып табылатын топологиялар пайдаланылады [6].

HMM пайдалану кемшіліктеріне модельденетін процестің кездейсоқтық сипатына қойылатын қатаң шектеулерді, жіктеу үшін әлсіз бейімділігін жатқызуға болады [7]. Осылайша, мысалы, HMM пайдалану кезінде жай-күйлер арасында ауысу ықтималдығының бұрынғы жай-күйден тәуелсіздігі ұйғарылады, ал қолжазба мәтінін тану процесінде мұндай тәуелділік әрекет етеді [8,910].

Нейрондық желіні пайдалану кезінде қолжазба мәтінін тану процесі қолжазба мәтіні элементтерінің үлгілер жиынының қолжазба мәтінінің элементтер жиынына кейіптелуімен модельденеді. Еске сала кетейік, нейрондық желіге оқытудың үш негізгі парадигмасы бар: мұғаліммен оқыту (supervised learning), мұғалімсіз оқыту (unsupervised learning) және бекітумен оқыту (reinforcement learning). Мұғаліммен оқыту кезінде кіріс жиыны элементтерінің шығыс жиыны элементтеріне сәйкестік жұптарының мысалдары белгілі. Мұғалімсіз оқыту кезінде кіріс деректері белгілі және шығыс нейрондарының және кіріс деректерінің мәндерінен тәуелді болатын құн функциясы бегіленеді, құн функциясын барынша азайту талап етіледі. Бекітумен оқыту кезінде кіріс деректері белгіленбейді, олар белгілі бір ортамен өзара әрекеттесетін агентпен генерацияланады және бұл ретте орта бақылау агентінің әсерлерінен тәуелді құнды да генерациялайды. Жалпы құннан минимал өлшеммен әсерлер реттілігін табу бекітумен, оқытудың мақсаты болып табылады. Элементтердің әрқайысы үшін қолжазба мәтіні элементтерінің үлгілері алдын ала белгілі болғандықтан, қолжазба мәтінін зерттеу кезінде көп жағдайда мұғаліммен оқыту пайдаланылады.

Қолжазба мәтінін зерттеу үшін тікелей тарату желілері (feedforward neural network) және рекуррентті нейрондық желілер (recurrent network) ең жиі пайдаланылады. Тікелей тарату желілерінде нейрондар арасындағы барлық байланыстар кіріс нейрондарынан шығыс нейрондарына бағытталған. Осы типтегі ең көп пайдаланылатын желілер перцептрон (perceptron) және радиалды-базистік функция негізіндегі нейрондық желілер (radial basis function network). Рекурентті желілерде нейрондар арасындағы кері байланыстар пайдаланылады. Нейрондық желілерді пайдалану мысалы ретінде [11,12] жұмыстарды келтіруге болады.

Нейрондық желілерді пайдалану кемшіліктеріне қолжазба мәтінін тану процесі уақыт ішінде жүзеге асатынын есепке алудың мүмкін еместігін және, атап айтқанда, жүйенің бұрынғы жай-күйінің кейінгі жай-күйге ықпалын есепке алудың болмауын жатқызуға болады.

Осы жұмыста көрсетілген кемшіліктерді қамтымайтын модель ұсынылады. Бұл модель қолжазба мәтінін жасау процесі уақыт ішінде жүзеге асатынын есепке алуға, кейінгі жай-күйге ағымдағы жай-күйдің ғана емес, сондай-ақ жүйенің бұрынғы жай-күйінің тигізетін ықпалын есепке алуға мүмкіндік береді.

Ұсынылатын модель тудырушы ақырғы автоматтардың және олардың қосылысын белгілейтін матрицалардың кортежі болып табылады:

$$M = \left(A_0, A_1, A_2, ..., A_k, L, B\right), \tag{1}$$

мұндағы $M$ – қолжазба мәтінін жасау процесінің моделі;

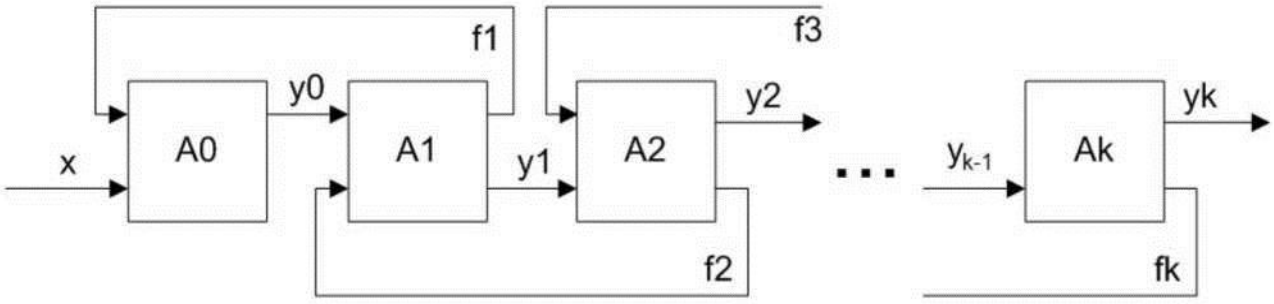
$A_0, A_1, A_2, \ldots, A_k$ – тудырушы автоматтар;

$$L = \begin{pmatrix} l_{00} & l_{01} & \ldots & l_{0k} \\ l_{10} & l_{11} & \ldots & l_{1k} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ l_{k0} & l_{k1} & \ldots & l_{kk} \end{pmatrix}, \tag{2}$$

$l_{ij} = \begin{cases} 0, \text{кезінде } j \neq i+1, \\ 1, \text{кезінде } j = i+1 \end{cases}$ - автоматтардың қосылысын белгілейтін матрица, бұл ретте жол нөмірі байланыс шығыс болып табылатын автомат нөміріне, ал бағана нөмірі – байланыс кіріс болып табылатын нөмірге сәйкес келеді;

$$B = \begin{pmatrix} b_{00} & b_{01} & \ldots & b_{0k} \\ b_{10} & b_{11} & \ldots & b_{1k} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ b_{k0} & b_{k1} & \ldots & b_{kk} \end{pmatrix}, \tag{3}$$

$b_{ij} = \begin{cases} 0, \text{кезінде } j \neq i-1, \\ 1, \text{кезінде } j = i-1 \end{cases}$ - автоматтар арасындағы кері байланыстарды белгілейтін матрица, бұл ретте жол нөмірі байланыс шығыс болып табылатын автомат нөміріне, ал бағана нөмірі – байланыс кіріс болып табылатын нөмірге сәйкес келеді. Модель құрылымы 1-суретте көрсетілген.



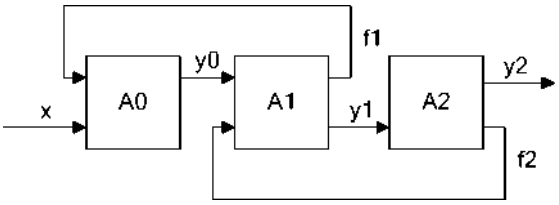

**1-сурет.** Қолжазба мәтінін жасау процесінің жалпыланған моделі

Әрбір кейінгі және бұрынғы автомат арасында кері байланыс болады. Автоматтар бейнелерді қалыптастырады. Бейнелер абстракция деңгейінің кемуі бойынша реттелген. «Абстракция деңгейі» термині арқылы бейнелер детализациясы мен олардың күрделілігінің дәрежесін түсінуге болады: абстракцияның төмен деңгейі – қарапайым бейнелер, детализациясының жоғары деңгейі; абстракцияның жоғары деңгейі – күрделі бейнелер, детализациясының төмен деңгейі. $A_0$ автоматы абстракцияның ең жоғары деңгейіне сәйкес келеді, $A_k$ автоматы – ең төмен деңгейіне. Әр автомат жоғарырақ деңгейдегі бейнені төменірек деңгейдегі бейнелердің реттілігіне түрлендіреді.

Осы мақалада бейнелер абстракциясының төрт деңгейімен шектелу ұсынылады:

- нөлдік деңгей (абстракцияның ең жоғары деңгейі) – қолтаңба немее қолжазба мәтінінің сөзі;
- бірінші деңгей – әріптер және декоративті элементтер;
- екінші деңгей – әріптердің элементтері және декоративті элементтер;
- үшінші деңгей – әріптердің элементтерін және декоративті элементтерді құрайтын сегменттер.

Осылайша, қолжазба мәтінін жасау процесі үш автоматты $A_0, A_1, A_2$ құрайды (2-сур.).




**2-сурет.** Қолжазба мәтінін жасау процесінің моделі

Тудырушы автомат $A_0$ қолтаңба немесе қолжазба мәтінінің сөзі негізінде әріптерді және декоративті элементтерді синтездейді:

$$A_0 = (S_0, X_0, Y_0, \delta_0, \lambda_0), \tag{4}$$

мұндағы $S_0 = \{s_1^0, s_2^0, ..., s_{m_0}^0\}$ - автомат жай-күйлерінің жиыны;

$X_0 = \{(x, f_1) | x \in X, f_1 \in F_1\}$ - кірістерді белгілейтін кортеждер жиыны;

$X = \{x_1, x_2, ..., x_w\}$ - қолтаңбаға немесе қолжазба мәтінінің сөздер жиынына сәйкес келетін кіріс міндеттерінің (бағдарламаларының) жиыны;

$F_1 = \{0,1\}$ - ауысу жүзеге асырылатындығын анықтайтын кіріс жалауларының жиыны;

$Y_0 = \{y_1^0, y_2^0, ..., y_{m_0}^0\}$ - әріптерге және декоративті элементтерге сәйкес келетін абстракцияның ең жоғарғы деңгейінің кіші міндеттерінің жиыны;

$$\delta_0 : X_0 \times S_0 \to S_0, \tag{5}$$

$s_0(t+1) = \delta((x(t), f_1(t)), s_0(t))$ – ауысулар функциясы, $\Delta_0$ матрицасымен сипатталады:

$$\Delta_0 = \begin{pmatrix} s_1^0 & s_2^0 & \dots & s_{m_0}^0 \\ \Delta_{11}^0 & \Delta_{12}^0 & \dots & \Delta_{1m_0}^0 \end{pmatrix}, \tag{6}$$

бұл функцияда бірінші жол $f_1 = 0$, екінші жол – $f_1 = 1$ сәйкес келеді, бағана нөмірі ағымдағы жай-күй нөміріне сәйкес келеді, осылайша, жаңа жай-күйге ауысу тек $f_1 = 1$ кезінде жүзеге асырылады, бұл ретте:

$$\Delta_{1i}^0 = (s_1^i \quad s_2^i \quad \cdots \quad s_w^i), \tag{7}$$

мұндағы $s_j^i = s_0(t+1) | s_0(t) = s_i^1, x(t) = x_j, f_1(t) = 1;$ (8)

$$\lambda_0 : S_0 \to Y_0, \tag{9}$$

$y_0(t+1) = \lambda_0(s_0(t))$ – шығыс функциясы, $M_0$ матрицасымен сипатталады:

$$M_0 = \begin{pmatrix} y_1^0 & y_2^0 & \dots & y_{m_0}^0 \\ y_{11}^0 & y_{12}^0 & \dots & y_{1m_0}^0 \end{pmatrix}, \tag{10}$$

бұл функцияда бірінші жол $f_1 = 0$, екінші жол – $f_1 = 1$ сәйкес келеді, бағана нөмірі ағымдағы жай-күй нөміріне сәйкес келеді, осылайша, шығыстың жаңа жай-күйіне ауысу тек $f_2 = 1$ кезінде жүзеге асырылады.

Тудырушы автомат $A_1$ әріптердің элементтерін және декоративті элементтерді әріптер мен декоративті элементтердің негізінде синтездейді:

$$A_1 = (S_1, X_1, Y_1, \delta_1, \lambda_1), \tag{11}$$

мұндағы $S_1 = \{s_1^1, s_2^1, ..., s_{m_1}^1\}$ – жай-күйлер жиыны;

$X_1 = \{(y_0, f_2) | y_0 \in Y_0, f_2 \in F_2\}$ – кірістерді белгілейтін кортеждер жиыны;

$Y_0 = \{y_1^0, y_2^0, ..., y_{n_0}^0\}$ – абстракцияның ең жоғарғы деңгейінің кіші міндеттерінің жиынына сәйкес келетін кіріс міндеттерінің жиыны;

$F_2 = \{0,1\}$ - ауысу жүзеге асырылатындығын анықтайтын кіріс жалауларының жиыны;

$Y_1 = \{(y_1', f_1) | y_1' \in Y_1', f_1 \in F_1\}$ – шығыстарды белгілейтін кортеждер жиыны;

$Y_1' = \{y_1^1, y_2^1, ..., y_{m_1}^1\}$ – абстракцияның 1-деңгейінің кіші міндеттерінің жиыны, әріптердің элементтеріне және декоративті элементтерге сәйкес келеді;

$F_1 = \{0,1\}$ – $A_0$ кіріске жиынына берілетін шығыс жалауларының жиыны;

$$\delta_1 : X_1 \times S_1 \times S_1 \to S_1, \tag{12}$$

$s_1(t+1) = \delta_1((y_0(t), f_2(t)), s_1(t), s_1(t-1))$ - ауысулар функциясы, $\Delta_1$ матрицасымен сипатталады:

$$\Delta_1 = \begin{pmatrix} s_1^1 & s_2^1 & ... & s_{m_1}^1 \\ \Delta_{11}^1 & \Delta_{12}^1 & ... & \Delta_{1m_1}^1 \end{pmatrix}, \tag{13}$$

бұл функцияда бірінші жол $f_2 = 0$, екінші жол – $f_2 = 1$ сәйкес келеді, бағана нөмірі ағымдағы жай-күй нөміріне сәйкес келеді, осылайша, жаңа жай-күйге ауысу тек $f_2 = 1$ кезінде жүзеге асырылады; бұл ретте:

$$\Delta_{1i}^1 = \begin{pmatrix} s_{11}^{'i} & s_{12}^{'i} & ... & s_{1m_1}^{'i} \\ s_{21}^{'i} & s_{22}^{'i} & ... & s_{2m_1}^{'i} \\ ... & ... & ... & ... \\ s_{m_1 1}^{'i} & s_{m_1 2}^{'i} & ... & s_{m_1 m_1}^{'i} \end{pmatrix}, \tag{14}$$

мұндағы

$$s_{jk}^{'i} = s_1(t+1) | s_1(t) = s_i^1, \tag{15}$$

$$s_1(t-1) = s_k^1, y_0(t) = y_j^0, f_2(t) = 1; \tag{16}$$

$$\delta_2 : X_2 \times S_2 \times S_2 \to S_2, \tag{17}$$

$y_1(t+1) = \lambda_1((y_0(t), f_2(t)), s_1(t), s_1(t-1))$ - шығыс функциясы, $M_1$ матрицасымен сипатталады:

$$M_1 = \begin{pmatrix} (y_1^1, 0) & (y_2^1, 0) & ... & (y_{m_1}^1, 0) \\ M_{11}^1 & M_{12}^1 & ... & M_{1m_1}^1 \end{pmatrix}, \tag{18}$$

бұл матрицада бірінші жол $f_2 = 0$, екінші жол – $f_2 = 1$ сәйкес келеді, бағана нөмірі ағымдағы жай-күй нөміріне сәйкес келеді, бұл ретте:

$$M_{1i}^1 = \begin{pmatrix} y_{11}^{'i} & y_{12}^{'i} & ... & y_{1m_1}^{'i} \\ y_{21}^{'i} & y_{22}^{'i} & ... & y_{2m_1}^{'i} \\ ... & ... & ... & ... \\ y_{m_1 1}^{'i} & y_{m_1 2}^{'i} & ... & y_{m_1 m_1}^{'i} \end{pmatrix}, \tag{19}$$

мұндағы

$$y_{jk}^{'i} = y_1(t+1) | s_1(t) = s_i^1, \tag{20}$$

$$s_1(t-1) = s_k^1, y_0(t) = y_j^0, f_2(t) = 1. \tag{21}$$

Тудырушы ықтималдылықты автомат $A_2$ әріптердің элементтерін және декоративті элементтерді синтездейді, әріптердің элементтері және декоративті элементтер негізінде:

$$A_2 = (S_2, X_2, Y_2, \delta_2, \lambda_2), \tag{22}$$

мұндағы $S_2 = \{s_1^2, s_2^2, ..., s_{m_2}^2\}$, – жай-күйлер жиыны;

$X_2 = Y_1 = \{y_1^1, y_2^1, ..., y_{n_1}^1\}$ – абстракцияның 1-деңгейінің кіші міндеттерінің жиынына сәйкес келетін кіріс міндеттерінің жиыны;

$Y_2 = \{(y_2^{'}, f_2) | y_2^{'} \in Y_2^{'}, f_2 \in F_2\}$, – шығыстарды белгілейтін кортеждер жиыны;

$Y_2^{'} = \{y_1^2, y_2^2, ..., y_{n_2}^2\}$ – абстракцияның 2-деңгейінің кіші міндеттерінің жиыны, әріптердің элементтеріне және декоративті элементтерге сәйкес келеді

$F_2 = \{0,1\}$ - $A_1$ кіріс жиынына берілетін шығыс жалауларының жиыны;

$$\delta_2 : X_2 \times S_2 \times S_2 \to S_2, \tag{23}$$

$s_2(t+1) = \delta_1(y_1(t), s_2(t), s_2(t-1))$ - ауысулар функциясы, $\Delta_2$ матрицасымен сипатталады:

$$\Delta_2 = \begin{pmatrix} \Delta_{11} & \Delta_{12} & ... & \Delta_{1m_2} \\ \Delta_{21} & \Delta_{22} & ... & \Delta_{2m_2} \\ ... & ... & ... & ... \\ \Delta_{n_1 1} & \Delta_{n_1 2} & ... & \Delta_{n_1 m_2} \end{pmatrix}, \tag{24}$$

бұл матрицада жол нөмірі ағымдағы кіріс міндетінің нөміріне, ал баған нөмірі – ағымдағы жай-күй нөміріне сәйкес келеді, бұл ретте $\Delta_{ij} = (p_1^{ij} \;\; p_2^{ij} \;\; ... \;\; p_{m_2}^{ij})$,
мұндағы

$$y_{jk}^{'i} = p(s_2(t+1) = s_k^2 | s_2(t) = s_i^2, \tag{25}$$

$$s_2(t-1) = s_k^2, x_2(t) = y_j^1); \tag{26}$$

$$\lambda_2 : X_2 \times S_2 \times S_2 \to Y_2, \tag{27}$$

$y_2(t+1) = \lambda_1(y_1(t), s_2(t), s_2(t-1))$ - шығыс функциясы, $M_2$ матрицасымен сипатталады:

$$M_2 = \begin{pmatrix} M_{11} & M_{12} & ... & M_{1m_2} \\ M_{21} & M_{22} & ... & M_{2m_2} \\ ... & ... & ... & ... \\ M_{n_1 1} & M_{n_1 2} & ... & M_{n_1 m_2} \end{pmatrix}, \tag{28}$$

бұл матрицада жол нөмірі ағымдағы кіріс міндетінің нөміріне, ал баған нөмірі – ағымдағы жай-күй нөміріне сәйкес келеді, бұл ретте:

$$M_{ij} = \begin{pmatrix} M_{11}^{ij} & M_{12}^{ij} & ... & M_{1m_2}^{ij} \\ M_{21}^{ij} & M_{22}^{ij} & ... & M_{2m_2}^{ij} \\ ... & ... & ... & ... \\ M_{n_2 1}^{ij} & M_{n_2 2}^{ij} & ... & M_{n_2 m_2}^{ij} \end{pmatrix}, \tag{29}$$

$$M_{kl}^{ij} = (p_{kl}^{'ij} \;\; p_{kl}^{''ij}),$$

мұндағы

$$p_{kl}^{'ij} = p(y_2(t+1) = (y_k^2, 0) | s_2(t) = s_i^2, \tag{30}$$

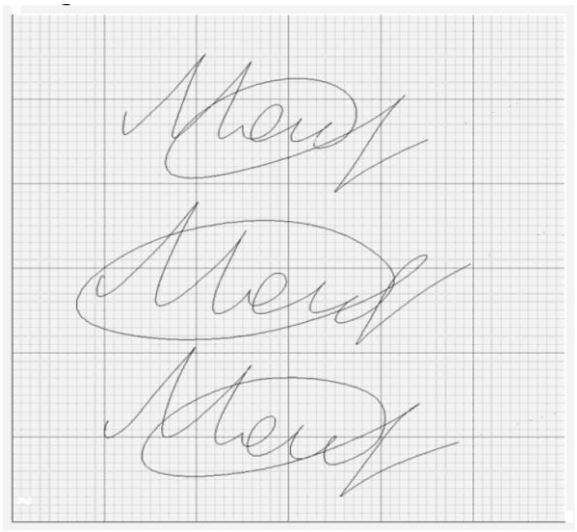
$$s_2(t-1) = s_l^2, x_2(t) = y_i^1); \tag{31}$$

$$p_{kl}^{''ij} = p(y_2(t+1) = (y_k^2, 1) | s_2(t) = s_j^2, \tag{32}$$

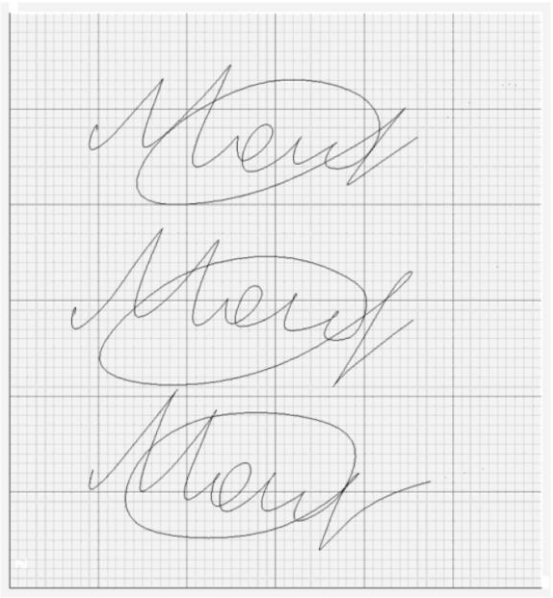
$$s_2(t-1) = s_l^2, x_2(t) = y_i^1). \tag{33}$$

Модельді тексеру жазып жатқан адамның жеке қасиеттерін көрсетеді. Жазып жатқан адамның жеке қасиеттері қолтаңбада жақсы байқалады. Ұсынылатын модель негізінде қолтаңбалардың

енгізілген үлгілерін талдау (3-сур.) және содан соңғы осы үлгілердің негізінде қолтаңбаларды синтездеу (4-сур.) жүргізілді. Көрініп тұрғандай, синтезделген қолтаңбалар осы жазып жатқан адамға тән ерекшеліктерді және жазудың мүмкін вариацияларын қамтып көрсетеді.



**3-сурет.** Қолтаңбаның енгізілген үлгілері



**4-сурет.** Синтезделген қолтаңбалар

**Қорытынды.** Ұсынылған модельдің негізінде модельді тексеру жазушының жеке қасиеттерін көрсетеді. Жазушының жеке қасиеттерін қол қоюда жақсы көруге мүмкіндік береді. Қолжазба мәтіндерін, ақпаратты беру жүйелерінде қолданылатын әдістер мен технологияларды жиі пайдаланылады.

ӘДЕБИЕТ

[1] Корн Г., Корн Е. Справочник по математике для научных работников и ин- женеров. – М.: Наука, 1974

[2] Liu C. et al. On-line Signature Verification Using Local Shape Analysis. // Proceedings of the Seventh International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR 2003) – Edinburgh, Scotland, UK. IEEE Computer Society. – 2003. – Vol. 1. – PP. 314-318.

[3] Liu C. et al. On-line Signature Verification Using Local Shape Analysis. // Proceedings of the Seventh International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR 2003) – Edinburgh, Scotland, UK. IEEE Computer Society. – 2003. – Vol. 1. – PP. 314-318.

[4] Rabiee H., Shafiei M. A New OnLine Signature Verification Algorithm Using Variable Length Segmentation and Hidden Markov Models // Proceedings of the Seventh International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR 2003) – Edinburgh, Scotland, UK. IEEE Computer Society. – 2003. – Vol. 1. – PP. 443-448.

[5] Fierrez J. et al. HMM-based on-line signature verification: feature extraction and signature modeling // Pattern Recognition Letters. – 2007. – Vol. 28, №16, pp. 2325-2334.
[6] Zhong-Hua Q., Kun-Hong L. Online Signature Verification Based on the Hybrid HMM/ANN Model // IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security. – 2007. – Vol. 7. №3, pp. 313-322.
[7] Gori M., Trentin E. A survey of hybrid ANN/HMM models for automatic speech recognition. // Neurocomputing. – 2001. – Vol. 37, pp. 91-126.
[8] Бернштейн Н.А. О построении движений. – М.: Медгиз, 1947.
[9] Бернштейн Н.А. Очерки по физиологии движения и физиологии активности. – М.: Медицина, 1966.
[10] Физиология человека. / Под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. – М: Медицина, 2001.

Маликова Ф.У., Төлеушова Т.А.

**Моделирование процесса распознавания рукописного текста**

**Резюме:** Рассматриваются существующие в настоящее время подходы к моделированию процесса создания рукописного текста. Предлагается модель процесса создания рукописного текста, являющаяся кортежем порождающих конечных автоматов и матриц, задающих их соединение. Модель позволяет учесть влияние не только текущего, но и предыдущего состояния системы на последующее. Приводится пример использования модели при исследовании подписи.

**Ключевые слова:** распознавание подписи, Марковские модели, верификация подписи, визуализация.

УДК 004.032.2

**S.T. Amanzholova, A.A. Bulgakbayeva**
(International information technology university, Almaty, Kazakhstan, shokataeva@gmail.com, baa.alua@gmail.com)

**INFORMATION SECURITY SYSTEMS IN THE DISTRIBUTED STORAGES**

**Abstract.** Nowadays everyone around us is becoming digital or heavily dependent on technology - starting with devices like radio and television, going through healthcare, even most of our memories. Today, there is a huge amount of digital data that is created daily and accumulated to invisible amounts. Data storage has evolved over the years to meet the needs of companies and individuals. We have now reached a tipping point where the traditional approach to storage - using a stand - alone dedicated data warehouse -no longer works, for both technical and economic reasons. Not only do we need faster drives and networks, we need a new approach, a new storage concept.

**Keywords:** information, distributed, storage, protection, security, data.

**С.Т. Аманжолова, А.А.Булгакбаева**
(Международный университет информационных технологий, Алматы, Республика Казахстан, shokataeva@gmail.com, baa.alua@gmail.com)

**СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ХРАНИЛИЩАХ**

**Аннотация.** В нашем современном мире все вокруг нас становятся цифровыми или сильно зависят от технологий - начиная с таких устройств, как радио и телевидение, проходя через здравоохранение, даже большинство наших воспоминаний. На сегодняшний день существует огромное количество цифровых данных, которые создаются ежедневно и накапливаются до невидимых сумм. Хранение данных за эти годы сформировалось с целью удовлетворения потребностей компаний и частных лиц. Сейчас мы достигли переломного момента, когда традиционный подход к хранению - использование автономного специализированного ящика для хранения - больше не работает, как по техническим, так и по экономическим причинам. Нам нужны не только более быстрые диски и сети, нам нужен новый подход, новая концепция хранения данных.

**Ключевые слова:** информация, распределенные, хранилище, защита, безопасность, данные.

**Введение.** В настоящее время наилучшим подходом к удовлетворению текущих требований к хранению данных, по-видимому, является распределенное хранилище. Распределенная система хранения (DSS) данных представляет собой расширенную форму концепции «Программное обеспечение, предназначенное для хранения» [1]. В отличие от старомодных SDS-решений:

- распределенные системы хранения могут запускать вычислительные рабочие нагрузки на одних и тех же физических серверах, т.е. они могут построить эффективную Hyper-Converged Infrastructure (HCI);

- DSS может масштабироваться, т. е. делает одну общую систему хранения из многих, многих узлов. Старомодные решения SDS были масштабируемыми системами, которые образовали 2 кластера узлов в активной пассивной или зеркальной конфигурации;
- системы DSS могут достичь производительности, что невозможно для решений SDS 1.0. и эта производительность достигается при чрезвычайно низком использовании вычислительной мощности (CPU и RAM). Это одна из причин, почему DSS может работать с гиперконвертированным способом, в отличие от старомодных SDS-решений.

Наконец, удобство и функциональность хорошо распределенной системы хранения качественно отличаются от использования SDS поколения 1. Чтобы дать ему аналогию - SDS 1.0 имеет удобство использования кнопочной ячейки/мобильного телефона. Системы DSS имеют удобство использования современного смартфона с сенсорным экраном [2].

Распределенная система хранения может относиться к любому из трех типов хранения: блок, файл и объект. В случае блочных систем хранения «распределенное хранилище данных» обычно относится к одной системе хранения в узкой географической области, обычно расположенной в одном центре обработки данных, поскольку требования к производительности очень высоки [3]. Невозможно создать распределенную систему хранения, обеспечивающую высокую производительность на большие расстояния, просто потому, что законы физики ее не позволяют - для синхронизации системы, которая распространяется на 3 континентах, требуется слишком много времени.

В случае систем хранения объектов - они могут находиться как в одном месте, так и в нескольких местах, и здесь географически распределенная система хранения может работать, так как требования к производительности не такие высокие, как для хранения на уровне блоков. Хранилище файлов находится между ними, в зависимости от рабочей нагрузки пользователя системы [4].

Почему распределенная система хранения становится настолько важной? Основная причина заключается в том, что нынешний подход к хранению больше не работает: он недостаточно гибкий, достаточно быстрый или стоимость непомерно высока. Во многих случаях все одновременно. По дизайну распределенная система хранения одновременно решает все эти проблемы.

**Методы исследования и материалы.** В распределенных системах хранения используются стандартные серверы, которые в настоящее время достаточно мощные (в ЦП, ОЗУ, а также сетевые подключения/интерфейсы), поэтому они позволяют хранилищу стать программным приложением, как базы данных, операционные системы, виртуализация и все другие приложения. Это больше не требует специализированной коробки для обработки только функции хранения. Разрешение стандартного сервера на запуск хранилища, помимо других приложений, является крупным прорывом - это означает упрощение IT-стека и создание единого строительного блока для центра обработки данных - просто серверов, подключенных к «плоской» сети. Больше нет отдельных ящиков для хранения. Это позволяет масштабировать, добавляя больше серверов и тем самым увеличивая производительность и производительность линейно. Это также означает, что у вас могут быть серверы, которые удваиваются как хранилища и вычислительные узлы (конвергентная / гиперконвертированная инфраструктура) [5].

Если вы посмотрите на специализированный массив хранения, вы обнаружите, что он по существу является сервером - он имеет процессор, оперативную память, сетевые интерфейсы и диски. Однако это «заблокированный» сервер, который можно использовать только для хранения [6]. Чтобы иметь быструю систему хранения, вам нужен высокопроизводительный ящик для хранения, который стоит очень дорого. Также даже сегодня в большинстве систем, когда вы добавляете больше ящиков для хранения в систему хранения, это не увеличивает производительность всей системы, так как весь трафик проходит через «главный узел» или главный сервер, который действует как узел управления. Это становится узким местом.

**Результаты и их обсуждение.** В распределенной системе хранения на любом сервере есть процессор, ОЗУ, диски и сетевой интерфейс, и все они ведут себя как одна группа. Поэтому в любое время, когда вы добавляете сервер, вы увеличиваете общий пул ресурсов и, следовательно, скорость всей системы. Давайте перейдем к сути: с распределенными организациями хранения мы минимизируем стоимость их инфраструктуры на 90%. Это связано с тем, что распределенное хранилище больше не относится к хранению - оно оказывает положительное влияние во всем IT-стеке - оно использует стандартные серверы, диски и сеть, которые дешевле. Он сходится к хранению и вычислению, тем самым увеличивая использование этих стандартных серверов. Следовательно, в центре обработки данных требуется меньше энергии, охлаждения, пространства и.т.д. Проще управлять распределенной системой хранения, что означает, что для запуска IT-инфраструктуры потребуется меньше персонала. Например, Matt Ayres, генеральный директор сервис-провайдера

ToggleBox, объясняет, что его компания достигла более высокой производительности и снизила общую стоимость владения (TCO) после того, как обратилась к распределенной системе хранения.

Ожидается, что большинство компаний, которые управляют своей собственной инфраструктурой, будут управлять своими предприятиями в распределенной системе хранения менее чем за 3 года, чтобы оставаться конкурентоспособными.

Распределенное хранилище уже доказало свою ценность, но есть компании, которые не решаются хотя бы оценить это. Это стало неожиданностью при правиле эмпирического правила: для любых денег потраченных на серверы, компании тратят 5$ на хранение. И, таким образом, хранилище является самой дорогой частью в центре обработки данных. Сокращение стоимости хранения на 90% имеет эффект изменения игры на общую стоимость инфраструктуры.

Но что могут сделать поздние усыновители через пару лет, когда их конкуренты уже упростили свою IT-инфраструктуру? Смогут ли они догнать или они уйдут из бизнеса? Время покажет, но в технологии, как и в жизни, те, кто принимает изменения и адаптируются, обычно являются теми, кто быстрее развивается и выживает.

В течение последних десятилетий хранилище постоянно обновлялось. Мы должны следить за тем, что происходит в отрасли сегодня, чтобы быть готовым к тому, что будет завтра [7].

Выбор программного обеспечения для хранения данных - правильное решение на сегодня. Системы хранения SDS и DS имеют две основные цели. Во-первых, чтобы вы могли создавать быстрые и масштабируемые облака. Таким образом, вы эффективно управляете взрывом данных. А во-вторых, резко сократить общие затраты на решение (TCO) до 10 раз.

Есть также множество других преимуществ, которые компания получит, приняв решение распределенного хранилища. Очевидным преимуществом является то, что оно более эффективно и гибко, чем ограничение физической системы. И это достигается тем, что данные отделены от основного оборудования и начинают жить в программном слое [8]. Многие физические ограничения старой архитектуры хранилища исчезают. Программное обеспечение заботится о сбоях оборудования, расширениях, доступности данных, миграции данных и обновлениях.

SDS - все о совершенствовании бизнеса и преимуществах. В некоторых случаях переход от традиции к инновациям может быть затруднен, бизнес должен иметь реальные доказательства преимуществ и возможных улучшений. Эффекты детонации являются широкомасштабными и включают в себя лучшую прибыль, большую прибыль и более высокую чистую прибыль. Оптимизация затрат по всему стеку включает экономию затрат на персонал, так как SDS намного проще управлять и обеспечивает большую гибкость инфраструктуры. Улучшен опыт конечных пользователей, что приводит к меньшему оттоку и уменьшению рабочей нагрузки с точки зрения поддержки [9].

В качестве относительно новой технологии хранения SDS должна развиваться и проявляться. Это прошло долгий путь, как с точки зрения зрелости, надежности и функциональности. В настоящее время хорошее решение SDS может заменить высокопроизводительную SAN или all-flash-матрицу со всеми функциями и возможностями, ожидаемыми от такого решения.

Две наиболее распространенные проблемы, которые мы наблюдаем на рынке [10]:

1. Воспитание рынка: за последние 5 лет было много контента, написанного в отношении программного обеспечения, определенного хранилищем, а также о распределенном хранилище. Теперь конечный пользователь, как представляется, относительно хорошо осведомлен о концепциях SDS и DS. Детали, которые отсутствуют, представляют собой более практичные детали реализации, лучшие сравнения между различными решениями. Например, What Matrix делает очень хорошую работу, сводя ее к минимуму. Большой кредит для их команды, поскольку это чрезвычайно сложная и трудоемкая задача.

2. Построение доверия : нам нужны дополнительные истории успеха и практические примеры и детали реализации.

Любая инфраструктура как услуга предлагает организовать как минимум три ресурса: вычисление (способность запускать программное обеспечение), сетевое подключение (способность вычислить ресурсы для связи друг с другом и внешним миром), а также хранение (хранилище программного обеспечения и связанные данные). Это эквивалент ЦП, сетевой карты и дисковода на физическом сервере. Хранение оказывается сложнее, чем вы думаете.

Обычные виртуализированные среды и многие облачные среды часто используют централизованное хранилище (например, SAN или NAS) для хранения данных. Каждый из вычислительных узлов обращается к централизованному хранилищу по сети с использованием протокола, такого как iSCSI или NFS. Это испытанная и испытанная модель, которая используется на

предприятиях и поставщиках услуг уже много лет и полностью поддерживается Flexiant Cloud Orchestrator. Поставщики хранилищ применили большое количество воображения, разработки программного обеспечения и настраиваемого оборудования для оптимизации устойчивости и производительности. Однако он имеет три недостатка: масштабируемость, расход и режим отказа [11].

Сначала возьмем масштабируемость. Традиционная SAN или NAS имеет быструю объединительную плату между дисками, но связана с сетью через одно (или небольшое число) сетевых портов. Эти сетевые порты могут представлять собой узкое место в потоке данных между вычислительными ресурсами и дисками в системе хранения. Хотя узкое место менее важно, чем можно подумать, поскольку оно смягчается кешированием и тот факт, что необработанные данные в секунду часто менее важны, чем IOPS и время поиска, в некотором масштабе (в зависимости от архитектуры) это станет проблемой [12]. Поставщики хранилищ реализовали технологии, чтобы продвинуть эту точку дальше (например, pNFS, которая позволяет группе блоков хранения совместно обслуживать группу вычислительных ресурсов). В равной степени, те, которые развертывают облака, часто разбивают их на логические единицы (иногда называемые кластерами или контейнеры), каждый из которых имеет собственное централизованное хранилище. Хотя эти стратегии эффективны, они добавляют сложность и стоимость [13].

Во-вторых, рассмотрим расходы. Централизованное хранилище часто создается из традиционных корпоративных SAN или NAS, которые достигают своей производительности с использованием специального оборудования, объединительных плат и ASIC. Они необходимы как для поддержки требуемых уровней производительности, так и для уровней избыточности и устойчивости, необходимых оператору. Несмотря на то, что возможно создание SAN или NAS из товарного оборудования и программного обеспечения с открытым исходным кодом, такие решения обычно не дают производительности или устойчивости [14].

А централизованное хранилище может страдать от плохих режимов отказа или проблемы с «слишком большим количеством информации в одной корзине». Поскольку хранилище централизовано, если оно терпит неудачу, все, что полагается на него, будет затронуто. Исторический подход, предпринятый для минимизации этого эффекта, заключается в том, чтобы сконструировать в блок хранения максимальный объем внутренней избыточности, чтобы сделать такой отказ маловероятным. Это связано не только с использованием таких технологий, как RAID, ZFS или WAFL для защиты от отказа отдельных дисков, а также с помощью избыточных объединительных плат, блоков питания и нескольких «головных устройств» с отказом [15]. Тем не менее, все это добавляет к стоимости единиц хранения. Кроме того, несмотря на то, что когда-либо много денег вы вкладываете в устойчивое оборудование, все еще существует возможность отказа, сколь бы тонкой она ни была. Использование контейнеров или кластеров смягчает это, но снова вводит сложность и стоимость [16].

**Заключение.** Разумеется, централизованное хранилище не является единственным доступным вариантом. В локальной модели хранения данные хранятся на жестких дисках в самих вычислительных узлах. Это сравнительно недорого, поскольку не требует специального оборудования, а режимы отказа гораздо более приемлемы. Также нет узкого места сетевого ввода-вывода. Многие реализации страдают от отсутствия гибкости при выполнении функций, которые могут быть выполнены с легкостью с использованием централизованного хранилища. Они также часто страдают от чрезмерной задержки резервирования, поскольку изображение необходимо скопировать на локальный жесткий диск. Обе эти проблемы связаны с улучшенным локальным хранилищем Flexiant Cloud Orchestrator. Однако, независимо от того, какая реализация выбрана, виртуальная машина и вычислительный узел становятся неразрывно связанными: виртуальная машина не может быть запущена на другом узле, потому что ее диск все еще находится в первом узле. Это может вызвать серьезные проблемы с размещением рабочей нагрузки, а также предотвращать эффективную работу таких операций, как живая миграция. Вместе они, как правило, приводят к сравнительно низкому распределению ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Хорошевский В.Г. Распределённые вычислительные системы с программируемой структурой.монография / Хорошевский В.Г. - М.: Изд-во Вестник СИБГУТИ, 2010. 39 с.

[2] Влацкая И.В. Прием и обработка информации в сложных информационных системах [Текст]. - Казань: Изд-во Казан.ун-та, 20 - .Вып. 23. 2010. 145 с.

[3] Влацкая И.В. Распределенная обработка информации [Текст] : учеб.пособие / И.В. Влацкая, С.И. Сормов. - Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2010. 146 с.

[4] Andreas, Eberhart Java Tools: Using XML, EJB, CORBA, Servlets and SOAP / Andreas Eberhart, Stefan Fischer. - M.: Wiley, 2002. - 510 с.

[5] Dan, Fox Building Distributed Applications with Visual Basic.NET / Dan Fox, Quilogy Inc. - Москва: Огни, 2017. - 954 с.

[5] David, A. Ruble Practical Analysis and Design for Client/Server and Gui Systems (Yourdon Press Computing Series) / David A. Ruble. - Москва: Машиностроение, 2017. - 338 с.

[6] Андреев Д.В. Универсальные логические модули для обработки многозначных и континуальных данных [Текст]: монография / Д. В. Андреев. - Ульяновск: УлГТУ, 2010. 234 с.

[7] Бухаров М.Н. Перспективные информационные системы и технологии. Практические аспекты [Текст]: монография / М.Н. Бухаров. - М.: Изд-во МГУЛ, 2008. 215 с.

[8] Inc., Syngress Media MCSD Visual C++ Distributed Applications Study Guide / Inc. Syngress Media. - Москва: Высшая школа, 2003. - 628 с.

[9] Ваныкина Г.В. Алгоритмы компьютерной обработки данных [Текст]: учеб.пособие / Г. В. Ваныкина, Т. О. Сундукова. - Тула: Изд-во ТГПУ им. Л. Н. Толстого, 2011. 218 с.

[10] Е. Баранова, А. Бабаш «Информационная безопасность и защита информации» 3-е изд., И: КДУ, 2015. -734 с.

[11] Ю. Родичев «Нормативная база и стандарты в области информационной безопасности», И: Питер, 2017. - 256 с.

[12] А. Бабаш, Е. Баранова, Д. Ларин «Информационная безопасность. История защиты информации в России», И: КДУ, 2015. - 736 с.

[13] С. Нестеров «Основы информационной безопасности», И: Лань, 2016. 324 с.

[14] Бирюков, А.А. Информационная безопасность: защита и нападение / А.А. Бирюков. - М.: ДМК Пресс, 2013. - 474 с.

[15] Шаньгин, В.Ф. Информационная безопасность компьютерных систем и сетей: Учебное пособие / В.Ф. Шаньгин. - М.: ИД ФОРУМ, НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 416 с.

[16] Шаньгин, В.Ф. Информационная безопасность и защита информации / В.Ф. Шаньгин. - М.: ДМК, 2014. - 702 с.

Аманжолова С.Т., Булгакбаева А.А.

**Таратылған қорда ақпараттарды сақтау жүйесі**

**Түйіндеме.** Біздің заманауи өмірімізде бізді қоршағанның барлығы сандық форматқа көшірілуде, басқаша айтқанда технологияларға тәуелді болып барамыз, ол радио мен теледидардан бастап, денсаулық сақтау, түрлі естеліктерге дейін жалғасады. Бүгінде сандық ақпараттар саны көп, олар күнде құрылып жатыр, тіпті санауға келмейді. Осы уақытқа дейін ақпаратты сақтау тек жеке тұлғалар мен компания қажеттіліктері үшін ғана қолданылатын. Ал қазір біз ақпараттарды арнайы автономды ақпарат сақтау жәшіктерін қолдану жағдайына жеттік. Бізге тек қана желі мен диск қана емес, ақпаратты сақтаудың жаңа әдістеріне деген қажеттілік туындады.

**Кілттік сөздер:** ақпарат, таратылған, сақтау қоры, қорғау, қауіпсіздік, мәлімет.

**[1]A.A. Sharipbai, [2]Y.Beibitkhan**

([1] Eurasian National University named after L.N. Gumilev, Astana, Kazakhstan.
[2]Kazakh National University named after al-Farabi, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: beibitkhan.yerkegul.b@gmail.com)

**MODELS AND ALGORITHMS OF GRAPHIC TEXTS MATCHING BASED ON FUZZY MODELING**

**Abstract:** The relevance of the research topic is determined by the introduction of computer technology and artificial intelligence systems in various fields of human activity. These studies rely on fundamentals such as text matching based on fuzzy modeling.

**Key words:** graphic text matching, fuzzy modeling, fuzzy models, fuzzy logic methods.

**[1]А.А.Шарипбай, [2]Е.Бейбитхан**

([1] Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Республика Казахстан
[2]Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан
E-mail: Beibitkhan.yerkegul.b@gmail.com)

**МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ГРАФИЧЕСКИХ ТЕКСТОВ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

**Аннотация.** Актуальность темы исследования определяется внедрением компьютерных технологий и систем искусственного интеллекта в различные сферы деятельности человека. Эти исследования опираются на фундаментальные основы такие, как распознавание текстов на основе нечеткое моделирование.

**Ключевые слова:** распознавания графических текстов, нечеткое моделирование, нечеткие модели, методы нечеткой логики.

**Введение**

Методы нечеткой логики, теории нечетких множеств и отношений в настоящее время широко применяются при моделировании систем управления и распознавания, то есть там где необходимо оценивать ситуацию и принимать решение в условиях неточной информации или при наличии нечетких целей и ограничений. Аппарат нечеткой математики позволяет формализовать и преобразовывать количественно нечеткие (качественные) понятия, которыми оперируют эксперт при описании своих представлений о реальной системе, своих пожеланий, рекомендаций, целей управления. По утверждению Л. Заде: “Чем глубже мы анализируем реальную задачу, тем неопределеннее становится ее решение”. Предпосылкой создания теории нечетких множеств явилось то, что человеческий разум, в отличие от машинного оперирует при оценке ситуаций нечеткими категориями. Поэтому при разработке и создании автоматизированных систем управления, распознавания и принятия решений использование нечеткого подхода дает ряд преимуществ, а иногда является единственно возможным.

Нечеткие модели имеют ряд особенностей [1] по сравнению с традиционными, наиболее существенными из них являются:

– нечеткие модели являются более гибкими, поскольку в большей степени позволяют учитывать опыт и интуицию специалиста в определенной области;

– нечеткие модели управления и распознавания сложных систем являются более адекватными моделируемой реальности и позволяют получать решение по точности соотносимое с исходными данными;

– нечеткие модели в ряде случаев требуют меньше времени для получения результата;

– нечеткие модели позволяют увеличить скорость обработки качественной информации при использовании относительно несложных специализированных устройств;

– нечеткие модели создаются в тех случаях, когда построение четких невозможно или затруднительно.

Нечеткий подход к моделированию систем управления и распознавания имеет следующие отличительные черты:

– в нем используются, так называемые, “лингвистические” переменные, вместо числовых переменных или в дополнение к ним;

– простые отношения между переменными описываются с помощью нечетких высказываний;

– сложные отношения описываются нечеткими алгоритмами [2].

Теоретической основой использования нечетких подходов при моделировании систем управления и распознавания является хорошо разработанный к настоящему времени аппарат нечеткой математики, включающий нечеткую арифметику, нечеткую и лингвистическую логику, теорию возможностей.

*Нечеткое моделирование.*

Самым замечательным фактом о нечеткой логике является то, что это прежде всего *логика*. Из начал мат-логики известно, что любая логическая функция может быть представлена дизъюнктивной или конъюнктивной нормальной формой, из чего следует, что для реализации исчисления высказываний достаточно всего трех операций: конъюнкции (&&), дизъюнкции (||) и отрицания (!). В классической логике каждая из этих операций задана таблицей истинности:

```
a b ||  a b &&  a !
--------  --------  ----
0 0 0   0 0 0   0 1
0 1 1   0 1 0   1 0
1 0 1   1 0 0
1 1 1   1 1 1
```

В нечеткой логике, в отличие от классической, вместо величин *истина* и *ложь* используется величина *степень истинности*, принимающая любые значения из бесконечного множества от 0 до 1 включительно. Следовательно , логические операции уже нельзя представить таблично. В нечеткой

логике они задаются фукнциями. Есть два способа реализации дизъюнкции и конъюнкции: #Максиминный подход:

a || b => max(a, b)
a && b => min(a, b)
#Колориметрический подход:
a || b => a + b - a * b
a && b => a * b

Отрицание задается единственным способом (не трудно догадаться):

!a => 1 - a

Легко проверить, что для крайних случаев — когда значения переменных исключительно 1 или 0 — приведенные выше функции дают таблицы истинности операций классической логики. Готово! Теперь у нас есть расширенная логика, обладающая невероятной мощью, простотой и при этом полностью совместимая с классической логикой в предельных случаях. Значит везде, где мы [программисты] используем логические выражения, мы можем использовать выражения нечеткой логики? Не совсем.

Дело в том, что все операторы языков программирования требуют четких условий, поэтому в какой-то момент всегда приходится из нечеткой степени истинности получать четкий критерий срабатывания. Это похоже на то, что происходит в квантовом мире: до тех пор, пока система эволюционирует в соответствии с уравнением Шредингера, ее квантовое состояние изменяется детерминированно и непрерывно, но как только мы прикасаемся к системе, происходит квантовый скачок, и система сваливается в одно из дискретных состояний. В нечеткой логике это называется дефаззификацией. Природа просто превращает квантовое состояние в вероятность и бросает кости, но вообще говоря методы дефаззификации бывают разные. Я не буду углубляться в эту тему, потому что объем ее тянет на отдельную статью. Упомяну лишь только, что метод дефаззификации следует выбирать, учитывая семантику задачи [3].

Для примера представим себе систему управления ракетой, использующую нечеткую логику для обхода препятствий. Представим себе, что ракета летит точно в гору, и система управления вычисляет решение: лететь вправо — 0.5, лететь влево — 0.5. Если использовать дефаззификацию методом центра масс, то система управления даст команду — лететь прямо. Бум! Очевидно, что в этом случае правильное решение — бросить кости и получить команду «влево» или «вправо» с вероятностью 50%.

В простейшем случае, когда нужно принять решение на основании степени истинности, можно разбить множество [0,1] на интервалы и использовать if-else-if.

Если нечеткая логика используется для поиска по нечеткому критерию, то дефаззификация вообще может быть не нужна. Производя сравнения, мы будем получать некоторое значение степени равенства для каждого элемента пространства поиска. Мы можем определить некоторую минимальную степень равенства, значения ниже которой нас не интересуют; для оставшихся элементов степень равенства будет релевантностью, по убыванию которой мы будем сортировать результаты, и пускай пользователь решит, какой результат правильный.

В качестве примера приведу использование нечеткой логики для решения задачи, которой я развлекался еще в институте — это задача поиска китайского иероглифа по изображению.

Я сразу отбросил идею распознавать любой каракуль, нарисованный пользователем на экране (тогда это был экран КПК). Вместо этого программа предлагала выбрать тип черты из порядка 23-х, определенных правилами японской каллиграфии. Выбрав тип черты, пользователь рисовал прямоугольник, в который вписывалась черта. Фактически, иероглиф — и введенный, и хранимый в словаре — представлялся в виде множества прямоугольников, для которых был определен тип.

Как определить равенство иероглифов в таком представлении? Для начала сформулируем критерий в четкой постановке:

*Иероглифы A и B равны тогда и только тогда, когда для каждой черты в A существует равная ей черта в B и для каждой черты в B существует равная ей черта в A.*

Неявно предполагается, что иероглифы не содержат черт-дубликатов, то есть, если некоторая черта совпала с чертой в другом иероглифе, то ни с одной другой чертой в том же иероглифе она совпасть не может. Равенство черт можно определить следующим образом:

*Черты равны тогда и только тогда, когда относятся к одному типу и их прямоугольники занимают одну и ту же площадь.* Эти два определения дают нам систему утверждений, которой достаточно для реализации алгоритма поиска.

Для начала построим матрицу E[n,n] следующим образом:

```
    for i in 1..n
  for j in 1..n
    E[i,j] = A[i] == B[j]
    end
  end
```

#A и B - это иероглифы; A[i] и B[j] - это их черты, и оператор '==' вычисляет их нечеткое равенство.
#Предполагается, что оба иероглифа имеют одинаковое количество черт - n.

Затем сомкнем эту матрицу в вектор M[n]:

```
for i in 1..n
  M[i] = E.max_in_row(i)
end
```

#Метод max_in_row вычисляет максимальное значение в строке матрицы.

Я использую максиминный подход, потому что на практике, колориметрический дает слишком маленькие значения для конъюнкций. Если вспомнить, что max — это дизъюнкция, то получается, что мы вычисляем утверждение, что i-я черта A равна первой черте B или второй или третьей и т.д. Таким образом M — это вектор совпадений черт A с чертами.

Далее, нам нужно превратить вектор совпадений в одно единственное значение, и это можно сделать двумя способами:

```
#Просто нечеткой конъюнкцией.
e = M.min
#Либо так:
e = M.sum / M.length #(отношение суммы элементов к длине вектор.
```

Оба способа работают, но по-разному, причем второй способ работает даже если сравнивать черты четко. Какой из них правильней — вопрос философский [4].

Еще пару слов стоит сказать о сравнении черт. В соответствии с определением, равенство черт — это конъюнкция двух условий: равенства типов и равенства прямоугольников. Черты некоторых типов очень похожи. Вводя, пользователь легко может их перепутать, поэтому стоит иметь таблицу похожести, значения которой будут отражать насколько черта i похожа на черту j (на главной диагонали, естественно, будут единицы). Как степень равенства прямоугольников можно брать отношение площади их пересечения к площади большего из прямоугольников.

**Вывод**

В общем, область применения нечеткой логики весьма обширна. В любом алгоритме, в любой системе правил попробуйте заменить истину и ложь на степень истинности и, возможно, эта система правил или алгоритм станут более точно отражать реальность. В конце концов, мы живем в мире, который фундаментально нечеток [10].

ЛИТЕРАТУРА

[1] Мелихов А.Н., Баронец В.Д. Проектирование микропроцессорных средств обработки нечеткой информации. - Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского университета, 1990.

[2] Заде Л. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений. - М.: Знание, 1974. - С.5-49.

[3] Мищенко В.А. Алгоритм распознавания графических образов / В.А.Мищенко // Вестник Воронежского гос. техн. ун-та, 2009, Т. Вып. 5, № 12.-С. 103-105.

[4] Мищенко В.А. Принципы нечеткой логики на примере нечетких нейронных сетей / В.А.Мищенко, А.А.Коробкин // Современные проблемы науки и образования. 2012. - № 1; URL: www.science-education.ru/101-5321

[5] Мищенко В.А. Обучение искусственных нейронных сетей / В.А. Мищенко // Современные проблемы науки и образования. -Воронеж: ВГПУ, 2009. № 6. - С. 9-10.

[6] Мелихов А.Н., Баронец В.Д. Проектирование микропроцессорных средств обработки нечеткой информации. - Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского университета, 1990.

[7] Заде Л. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений. - М.: Знание, 1974. - С.5-49.

[8] Мелихов А.Н. Функционально-структурное исследование ситуационно-фреймовой сеи экспертной системы с нечеткой логикой. М.: Техническая кибернетика. - 1994. - №2. - С.97-112.

[9] Мелихов А.Н., Мелихова О.А. О логическом выводе в интеллектуальных системах на основе нечеткой аналогии // Теория и системы управления. - М, 1995. - №5. - С.112-123.

[10] Мелихов А.Н., Берштейн Л.С., Коровин С.Я. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. -М.: Наука, 1990.

Шәріпбай А.Ә., Бейбітхан Е.

**Анық емес моделдеуге негізделген графикалық мәтіндерді тану моделі мен алгоритмдері**

**Резюме.** Зерттеу тақырыбының өзектілігі адам қызметінің түрлі салаларында компьютерлік техника мен жасанды интеллект жүйелерін енгізу арқылы анықталады. Бұл зерттеулер, анық емес модельдеуге негізделген мәтінді тану сияқты іргелі негіздерге негізделген.

**Кілт сөздер**: графикалық мәтінді тану, анық емес модельдеу, анық емес модельдер, айқын логикалық әдістер.

ӘОЖ 004.4

**Zh. Kemelbekova, M. Sagindik, M. Sakipbekova**
(M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
E-mail: kemel_zhan@mail.ru)

**WRITING A LEARNING APPLICATION "LANGUAGES AND SOFTWARE TECHNOLOGIES" IN THE ANDROID SYSTEM**

**Abstract.** The article is devoted to the most urgent problem today, the basics and best practices for creating learning applications for programming languages for the Android system. Currently, the creation of mobile applications for Android is one of the most successfully developing programs. Since, the Android operating system is installed on several smartphones. In Kazakhstan, not many companies are engaged in the creation and implementation of mobile applications. For this reason, exploring the creation of applications for the Android system identified some features in the creation of learning applications using programming languages and a special program creating applications.

**Keywords:** Android system, educational programs, mobile applications, Google tools, social networks, programming languages.

**Ж.С. Кемельбекова, М.Е. Сагындык, М.Ж. Сакыпбекова**
(М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент,
Қазақстан Республикасы. E-mail: kemel_zhan@mail.ru)

**АНДРОИД ЖҮЙЕСІНДЕ «БАҒДАРЛАМАЛАУ ТІЛДЕРІ ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ» ҮЙРЕТУШІ ҚОСЫМШАСЫН ҚҰРУ**

**Аңдатпа.** Мақалада қазіргі таңдағы ең өзекті мәселе және алдыңғы қатарлы қолданыстағы Android жүйесінде бағдарламалау тілдерін үйретуші қосымша құру негіздері мен тиімді жолдары қарастырылған. Қазіргі таңда Android мобильдік қосымшаларын құру жақсы дамып келе жатқан бағдарламалардың бірі болып саналады. Android операциялық жүйесі бірнеше смартфондарда орнатылған. Қазақстанда мобильді қосымшаларды жасау және ендірумен айналысатын компаниялар көп емес. Сол себепті осы саланы зерттеп, үйретуші қосымша құру үшін бағдарламалау тілдерін пайдалану арқылы және арнайы стандратты қосымша құру бағдарламалары арқылы құрудың артықшығы мен кемшілігі айқындалып көрсетілген.

**Кілттік сөздер:** Android жүйесі, білім беру бағдарламалары, мобильді қосымшалар, Google құралдары, әлеуметтік желілер, бағдарламалау тілдері.

**Кіріспе.** Қазіргі таңда мобильді білім беру қосымшаларының барлық түрлері алдыңғы орында және жүздеген мың пайдаланушылардың сұранысына ие.

Білім беру бағдарламалары - бұл әртүрлі жастағы және әртүрлі оқу деңгейлерінде түрлі пәндерді оқып үйренуге көмектесетін көмекші болып табылады. Ол несімен тиімді[1-3]:

• Бір бағдарламада қажетті бағдарламалар мен әдістер жиынтығы;

• Мұғалімдерге деген уақыт пен ақшаны үнемдеңіз;

• Сабақты өзіңізге ыңғайлы уақытта және ыңғайлы жерде оқу;

• Оқудың динамикасы мен пайдаланушының деңгейі туралы статистика.

Күтілетін нәтиже:

• Білімді сынау және материалды біріктіру үшін интерактивті жаттығулар.

• Сабақтар мен жаттығулардың түсіндірмелері бар аудио және бейне материалдар.

• Әр түрлі тақырыптағы сабақтарды санаттау: сауда, саяхат, жұмыс, отбасылық және т.б.

• Үлкен және ыңғайлы сөздік (суреттер және дауыстық сөздік). Тілдік техникалық қолдау.

• Оқу динамикасы туралы статистика.

• Белгілі бір тақырыпты зерттегеннен кейін тест тапсыру.

• Оқу материалдары интернетті пайдаланбауға мүмкіндік беретін мобильді құрылғыда орналасқан.

Бүгінгі күні дәстүрлі және қашықтықтан оқытудағы мобильді құрылғылар мен тесттерді сәтті интеграциялаудың көптеген мысалдары бар және оларды оқу процесін оңтайландыруға оң әсер ететіні сөзсіз. Себебі қазіргі жастар қоғамын мобильді телефонсыз елестету мүмкін емес және де олардың оқу үдерісінде мобильді қосымшалардың көптеген түрін тиімді пайдаланатыны айқын. Мобильді қосымшалардың екі негізгі тобы бар[4]: олар жаттығу іс-шараларын ұйымдастыру және мобильдік жаттығулар, тесттер, тапсырмалар мен қосымшаларды жасау үшін қолданылатын түрі:

1. Мобильдік қосымшалар білім беру мақсаттарына арналмаған:

- анықтамалық қосымшалар: іздеу машиналары, сөздіктер, энциклопедиялар, аудармашылар;

- коммуникативтік қосымшалар: Google құралдары, әлеуметтік желілер, моблогтар, микроблогтар, сауалнамалар және кері байланыс жүйелері;

- мультимедиялық материалдар: мобильді форматтың подкасттары мен бейнежазбалары;

- оқуға арналған өтініштер;

- жобалық қызмет үшін ойын қосымшалары.

2. Білім беру түрін дамыту үшін ұялы қосымшалар арқылы оқыту:

- кәсіби топтар және коммерциялық ұйымдар жасайтын мобильді қосымшалар (мысалы, MacMillan тегін бағдарламалары, ESL Apps интерактивті ағылшын тілі - Apple, Android);

- модельдер үшін дайын алаңдар негізінде мұғалімдер жасаған мобильдік жаттығулар мен тапсырмалар (мысалы, Mobile Study, Bloom, Unite, Mobl21);

- әртүрлі операциялық жүйелерге арналған қосымшаларды пайдаланып мұғалімдер жасаған білім беру мобильді қосымшалары (мысалы, Android App Inventor немесе Moodle).

Мобильді жаттығуларды енгізу мақсаты - бірінші кезекте жедел хабардар етуді жүзеге асыру арқылы оқушылардың ынталылығын арттыру және екіншіден, осы материалдарға тез және кең қол жеткізу. Мобильдік жаттығулар мен тапсырмалардың тиімділігіне материалды ұсыну икемділігі арқылы кез келген уақытта, қолайлы жерде және қажетті көлемде қол жеткізе алуы. Оқу үрдісін ұйымдастыру тұрғысынан мобильдік жаттығулар оқушылардың оқу автономиясын дамытады, өзін-өзі бақылау және өзін-өзі көрсету мүмкіндігін анықтайды. Сонымен қатар, оқыту кеңістігі кеңейіп келеді, өйткені мобильдік жаттығулар студенттерге ыңғайлы кез келген орында - дәстүрлі тілдік сыныпта, көлік, үйде және т.б. Үй тапсырмаларында мобильдік жаттығуларға келсек, оқу процесінің қарқындылығы, сондай-ақ бірнеше тапсырмалардың мүмкіндіктері және жедел кері байланыс пен қолдау алу мүмкіндігі бар. Әрбір жаңа техникалық құралдарды / оқу үрдісіндегі оқу процесін интеграциялау, қолданушыға қажетті материалдар мен нұсқауларды өзімізге қолайлы бағдарламалау тілінде жазған дұрыс[5-6].

**Материалдар мен зерттеу әдістері.** Сонымен Android жүйесінде үйретуші қосымша жасау үшін, біз Android Studio бағдарламасына тоқталып, осы жүйеде қолданылатын бағдарламалау тілдеріне қысқаша шолу жасайық.

Java тілі Android Studio әзірлеу ортасы қолдайтын ресми бағдарламалау тілі. Stackoverflow ресурстарын жыл сайынғы зерттеуге сәйкес 2018 жылы Java ең танымал бағдарламалау тілдерінің бірі болып табылды. Live Typing арқылы жасалынған көптеген Android қосымшалары Java тілінде жазылған. Бұл Android жүйелерінің мүмкіндіктерін толық көлемде пайдалана отырып, түрлі жобаларды іске асыруға мүмкіндік берді[7]. Сондай-ақ, Java тілін білу компанияны әзірлеушілерге жаңа қосымшаларды жасаумен қатар, қолданыстағы бастапқы кодымен жұмыс істеуге мүмкіндік береді. Алайда, Java тілінің күрделілігі кез-келгенге оны бағдарламалауды қиындатады. Объектілі-бағдарланған бағдарламалау тілі сияқты, ол класстық конструкторлар түрінде көптеген ерекшеліктерге ие, пайдалану кезінде қосымшалардың апатқа ұшырауына жол бермейтін ерекшеліктері және әрдайым дамуы кезінде ескерілетін басқа да ерекшеліктері бар. Дегенмен, жобалауды қабылданған стандарттарға сай жасаған жағдайда, Java коды оңай оқылады және құрылымдалады.

Kotlin тілі ресми түрде 2017 жылдың мамырында Google Android жүйесіне енгізілген және Google-дегі Java тілінен кейінгі екінші ресми Android бағдарламалау тілі ретінде анықталған. Kotlin тілінің принциптері мен тілдің жалпы құрылымын және оның ерекшеліктерін түсіну үшін Java тілін білу қажет[8]. Java тілінен айырмашылығы - бұл кодты кемірек талап етеді, сондықтан қарапайым және жеңіл оқылады.

C / C ++ тілдері Java NDK көмегімен Android Studio-да қолдау көрсетілетін төменгі деңгейдегі тілдер. Бұл ойындарды немесе басқа ресурсқа негізделген бағдарламаларды жасау үшін пайдалы болатын түпнұсқа қосымшаларды жазуға мүмкіндік береді. Android Studio C / C ++ тілдері қолдауын Android NDK (Native Development Kit) арқылы ұсынады[9]. Бұл дегеніміз, Java Virtual Machine арқылы орындалмайды, бірақ құрылғы арқылы тікелей жады, датчиктер, қаңылтыр және т.б. сияқты жүйелік элементтерді бақылауға мүмкіндік береді, сондай-ақ Android құрылғыларынан барынша ресурстарды қысу мүмкіндігіне ие. Сондай-ақ C немесе C ++ тілдерінде жазылған кітапханаларды пайдалану қажет болады және төменде аталған бағдарламалау тілдерінің логотиптері көрсетілген (сурет 1).




**Сурет 1.** Бағдарламалау тілдері.

Жалпы алғанда, Android қосымшаларын кез келген танымал тілде жасауға болады - шеңберлер мен утилиталар бәріне арналған[10]. Дегенмен, сіз кәсіби Android әзірлеуші болғыңыз келсе, амалдық жүйенің барлық мүмкіндіктерін қолданыңыз және жаңа Android функцияларына қол жеткізе аласыз, содан кейін Java немесе Kotlin сіздің сенімді серіктестеріңіз болады. Тіпті бұл тілдер сізге таныс емес және күрделі болып көрінсе де, оларды Android операциялық жүйесі үшін әртүрлі, әдемі және функционалдық қосымшаларды жазуды үйрену керек.

**Зерттеу нәтижелері.** Сонымен біз ең алдымен Android жүйесіндегі дайын қосымшалар құрудың стандартты бағдарламаларында үйретуші қосымша жасау жолдарын қарастырайық. Үйретуші қосымшаның мақсаты жоғарғы оқу орындарындағы «Бағдарламалау тілдері және технологиялары» пәніне арналып жасалған студенттерге қосымша көмекші құрал.

Android Studio бағдарламасын жүктейміз және орнатамыз (сурет 2).

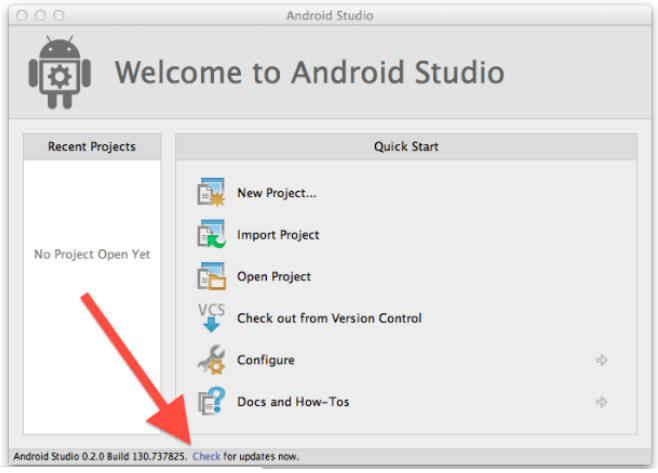



**Сурет 2.** Android Studio бағдарламасы

Android бағдарламалауында жаңадан бастағандар үшін уақытты үнемдеу және жүйелі түрде әрбір қадамды орындау өте маңызды. Тіпті қадамдарды дұрыс орындаған болсаңыз да, жүйенің

конфигурациясына немесе өнімнің нұсқасына байланысты қоршаған ортаны орнату кезінде кішкене мәселені шешу қажет болуы мүмкін[11-14]. Ол үшін іздеу қызметтерін пайдаланамыз. Басты мақсатыңызға кедергі келтірмеудің кез келген бұрмалауын алдын-алу - Android бағдарламаларын үйрену маңызды. Белгілі болғандай, тіпті кәсіпқойлар да жұмыс ортасын құруда белгілі бір қиындықтарға тап болады. Мұндай жағдайларда командалық жолды білу маңызды.

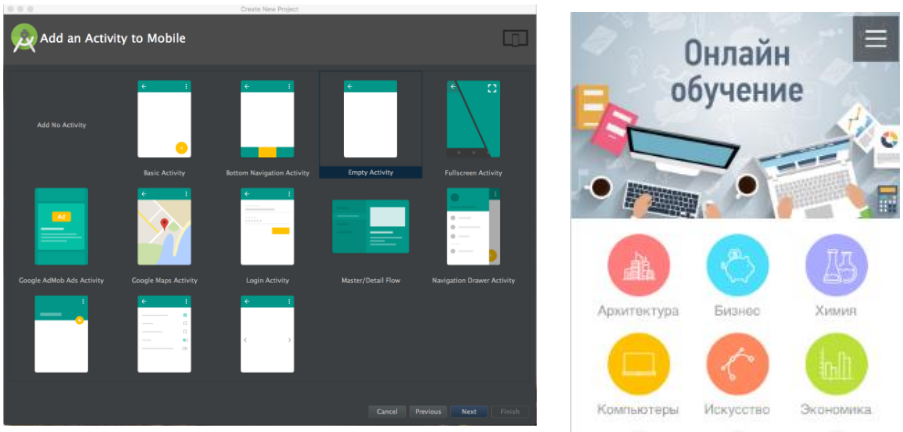
Бастау экранында «Жаңа жоба» түймешігін басыңыз (сурет 3):




**Сурет 3.** Жаңа жоба құру терезесі.

Экранның төменгі жағындағы ескертуді алып тастау үшін бума атауындағы «мысал» дегенді ауыстырыңыз. Сондай-ақ, жобаның орнын қатты дискідегі кез-келген қалтаны көрсете отырып орнатуға болады. Ашық SDK нұсқасы үшін тілқатысу терезесінің төменгі жағындағы «Сипаттама» бөлімін қараңыз. Ол әрбір параметрдің қандай екенін түсіндіреді.

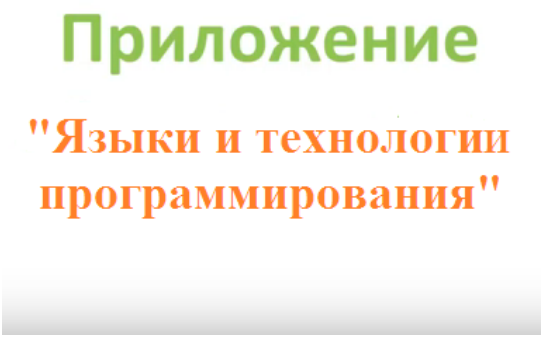
Өзімізге қажетті нұсқаны таңдағаннан кейін бастапқы үлгіні таңдау үшін экран ашылады. Біздің мысалымызда «Бос әрекет» таңдап және «Келесі» түймешігін басамыз (сурет 4).




**Сурет 4.** Қосымша түрін таңдау терезесі

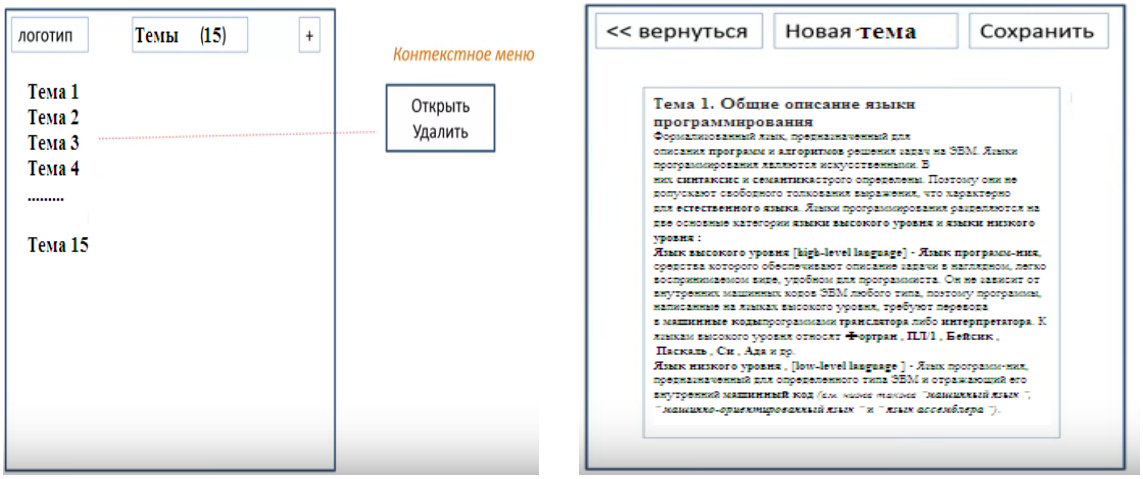
Енді сіз қосымшаларды жасау процесінің соңғы сатысында тұрмыз. Аяқтауды бастамас бұрын кейбір нәрселерге назар аударамыз. Мұнда алғаш рет кез-келген өтінімнің негізгі сәулет компоненттеріне сілтеме жасаймыз. Әрекет атауы бірінші болып табылады, бірақ белсенділік туралы соңғы еске салады. Android контекстінде, Әрекет әдетте қолданбаңыздағы «экран» ретінде қарастырылады. Бұл тармақ өте икемді. Android Studio студиясы MainActivity сыныбын жасаған кезде, оны Android SDK-ден белсенділік сыныпынан алады[15]. Нысанаға бағдарланған бағдарламамен таныс адамдар бұл тұжырымдаманы түсінеді, бірақ жаңадан бастағандар үшін, бұл MainActivity сіздің қызметіңіздің реттелетін нұсқасы болатынын білдіреді.

Сонымен біздің қосымшамыз (сурет 5.). Әзірге біз қосымшаны тек бір тілде жасаудамыз, орыс тілінде, алдағы уақытта оны екі тілді қазақ және орыс тәлдерінде жасаймыз деген мақсаттамыз.




**Сурет 5.** Қосымшаның сыртқы көрінісі

Қосымшаның міндетті түрде логотипі болады, соған сілтеме жасау арқылы қсымшаның негізгі кіру-шығу процедуралары орындалады. Үйретуші қосымшада «Бағдарламалау тілдері және технологиялары» пәнінің типтік оқу бағдарламасына сәйкес 15 тақырыбы және әрбір тақырып соңында мысалымен қарастыралған (сурет 6). Әрбір тақырыптан соң бақылау сұрақтары қойылған.




**Сурет 6.** Қосымшаның негізгі беті

**Қорытынды.** Қорытындылай келе, қазіргі таңның өзекті мәселерінің бірі мобильді қосымшаларды құру, оларды мейлінше түсінікті пайдалану. Бұл мақалада Android мобильді қосымшалары сіздің өміріңізді жеңілдететінін көрсетеді және бұл сансыз бағдарламалардың бірі ғана. Математика немесе бағдарламалау тілдері секілді сандық және жоғары құрылымдық пәндер мобильді оқытуға ыңғайлы әрі қызықты болып табылады. Әлбетте, бағдарламалау мобильді оқыту технологиялары үшін де жақсы. Бұл осы ортадағы инновацияларға арналған мүмкіндіктер (және шектеулер) әлі де ашылуын білдіреді. Мысалы, әзірлеушілер адамдарға барлық жаңа түрлерін үйрету үшін барлық жаңа түрлерді түрлендіреді. Бұл шынында да қызықты инновация. Ұялы оқыту - бұл салыстырмалы түрде жаңа құбылыс, сондықтан осы жаңа платформаның призмасы арқылы білім беруді зерттеу мен инновациялау өте қызықты.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Варакин М.В. - Разработка мобильных приложений под Android – УЦ «Специалист» 2012 г.-592с

[2] Head First. Программирование для Android. — СПб.: Питер, 2016. — 704 с.: ил. — (Серия«Head First O'Reilly»).

[3] The Mobile Learning Network (MoLeNET) [Электронный ресурс] / Режим доступа: URL: http://www.molenet.org.uk/ (дата обращения 03.04.2019 г.).

[4] The MOBI learn project [Электронный ресурс] / Режим доступа: URL: http://www.mobilearn.org (дата обращения 03.04.2019 г.).

[5] Официальный сайт Android [Электронный ресурс] // URL: http://android.com (дата обращения 03.04.2019 г.).

[6] Ed Brunette Hello Android 3e; Corvina Kiado - Москва, 2010. - 300 с.

[7] Голощапов Алексей Google Android. Программирование для мобильных устройств; БХВ-Петербург - Москва, 2012. - 448 с.

[8] Дэрси Лорен, Кондер Шейн. Android за 24 часа. Программирование приложений под операционную систему Google; Рид Групп - Москва, 2011. - 464 с.

[9] Колисниченко Денис. Программирование для Android. Самоучитель; БХВ-Петербург - Москва, 2012. - 272 с.

[10] Майер Рето Android 2. Программирование приложений для планшетных компьютеров и смартфонов; Эксмо - Москва, 2011. - 672 с.

[11] Майер Рето Android 4. Программирование приложений для планшетных компьютеров и смартфонов; Эксмо - Москва, 2013. - 816 с.

[12] Медникс Зигард, Дорнин Лайрд, Мик Блэйк, Накамура Масуми Программирование под Android; Питер - Москва, 2013. - 560 с.

[13] Немцова Т. И., Голова С. Ю., Абрамова И. В. Программирование на языке высокого уровня. Программирование на языке Object Pascal (+ CD-ROM); Форум, Инфра-М - Москва, 2015. - 496 с.

[14] Ретабоуил Сильвен Android NDK. Разработка приложений под Android на C/C++; ДМК Пресс - Москва, 2012. - 496 с.

[15] Цехнер Марио Программирование игр под Android; Питер - Москва, 2012. - 688 с.

Кемельбекова Ж.С., Сагындык М.Е., Сакыпбекова М.Ж.

**Создание учебного приложения «Языки и технологии программирования» в системе Android**

**Аннотация.** Статья посвящена самой актуальной проблеме на сегодняшний день, основы и оптимальные методы создания обучающей приложений языков программирования для системы Android. В настоящее время создание мобильных приложений для Android является одной из самых успешно развивающихся программ. Так как, операционная система Android установлена на нескольких смартфонах. В Казахстане созданием и внедрением мобильных приложений занимаются не многие компаний. По этой причине исследуя создания приложений для систему Android определили некоторые особенности в создании обучающихся приложений с использованием языков программирования и специальной программы создающие приложений.

**Ключевые слова:** система Android, образовательное программы, мобильные приложения, инструменты Google, социальные сети, языки программирования.

УДК 53

**B.A. Khaniyev, M.K. Ibraimov, M.B. Darmenkulova, Zh.D. Kembayeva, M. Alimova**
(Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan. khaniyev.bakyt@gmail.com )

**DEVELOPMENT OF POROUS SILICON BASED AMMONIA AND ETHANOL VAPORS SENSOR**

**Abstract.** In this work, we studied the sensitivity of samples of porous silicon obtained by the method of electrochemical etching to ammonia and ethanol vapor. The volt-ampere characteristics and the time dependence of the current intensity of porous silicon were obtained in the room state, then under the influence of ammonia and ethanol vapors using a modular NI ELVIS II + device and the programming environment LabVIEW. The mechanism of changing the conductivity of porous silicon under the influence of vapors of various liquids was considered.

**Keywords:** porous silicon, gas sensor, nano particles, electro chemical etching.

**Б.А. Ханиев, М.К. Ибраимов, М.Б. Дарменкулова, Ж.Д. Кембаева, М. Алимова**
(әл-Фарабиа атындағы ҚазақҰлттық университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы қ. khaniyev.bakyt@gmail.com )

**КЕУЕКТІ КРЕМНИЙ НЕГІЗІНДЕГІ АММИАК ЖӘНЕ ЭТАНОЛ БУЛАРЫНЫҢ СЕНСОРЫН ЖАСАУ**

**Аннотация.** Берілген жұмыста электрохимиялық жемігу әдісімен алынған кеуекті кремнийдің аммиак пен этанол буларына сезгіштік қабілеті зерттелді. NI ELVIS II+ модульдік құрылғысы мен LabVIEW программалау ортасында кеуекті кремнийдің бөлме жағдайында, аммиак және этанол булары әсер еткендегі вольт-амперлік сипаттамалары мен ток күшінің уақыттық тәуелділігі алынды. Әртүрлі сұйықтық булары әсерінен кеуекті кремнийдің өткізгіштігінің өзгеру механизмі талқыланды.

**Кілттік сөздер:** кеуекті кремний, газ сенсоры, нано бөлшектер, электрохимиялық жемігу.

**КІРІСПЕ**

Кеуекті кремнийді ең алғаш рет АҚШ-да, Белл зертханасында 1956 жылы Артур мен Индеборг Улир кремний пластинасын HF еріткіш қышқылға негізделген ерітіндіде электрлік тазалау процессі барысында алды. Олар әртүрлі жемігу жағдайларына байланысты кремний пластинасының бетінде қара, қоңыр және қызыл дақтардың пайда болатындығын анықтаған [1-4]. Кейін Фуллер мен Дитценбергер аталған қабыршақтарды $HF\text{-}HNO_3$ ерітінділерінде сырттан ешқандай электрлік кернеу бермей-ақ алуға болатындығын анықтады [3]. Дегенмен, аталған ғалымдар алынған қабыршақтарды байқамай алынған ғылыми қателік деп тауып, аса көңіл бөлмеді, олар оның наноөлшемді кеуекті табиғаты туралы білмеді. III және V валентті тура зоналы шалаөткізгіштің тиімділігімен шамалас тиімділікке ие кеуекті кремнийден көрінетін фотолюминесценцияның (ФЛ) анықталуы (Л. Кэнхэм, 1990 жыл) ғылыми ортада үлкен қызығушылық тудырды, себебі оларды фотоэлектроника құрылғыларын, әсіресе, әртүрлі газдарды анықтайтын сенсорлық құрылғыларды дайындауда қолданылу мүмкіндігі айқын болды [4-6]. Кеуекті кремнийдің бағасының төмен болуы, салыстырмалы түрде оңай дайындалуы олардың практикада кеңінен таралуына себеп болды және негізгі материал кристалдық кремний болғандықтан, кремнийлік микроэлектроника мен наноэлектроника арасында байланыс орнату ықтималдығы бар [7-9].

Кеуекті кремнийдің бетінің көлемге қатынасының үлкен болуы және қышқылдануға бейім болуының әсерінен соңғы жылдары кеуекті кремний негізіндегі сезгіштігі жоғары сенсорлық құрылғыларды жасау, олардың қасиеттерін зерттеу бағыттары бойынша көптеген жұмыстар атқарылуда. Кеуекті кремний негізінде дайындалған газ сенсорларының жұмысын сипаттау үшін қолданылатын негізгі төрт сипаттама бар: сезімталдық, селективтілік, газды сезу уақыты, кеуекті кремний бетінің тұрақтылығы.

Аммиак ($NH_3$) маңызды химиялық өнімдердің қатарына кіреді, жылына 180 млн тоннадан астам аммиак өндіріледі. Сонымен қатар, аммиак тірі ағзалар үшін маңызды болып табылады, себебі азоттың атмосферада кең таралғанындығына (75 %-дан астам) қарамастан, оны еркін, нейтрал екі атомды газ түрінде бойына сіңіре алатын тірі ағзалар аз. Дегенмен, аммиак ағзаға тигізетін физиологиялық әсері жағынан өкпенің ісінуі мен жүйке жүйесінің бұзылуына алып келетін тұншықтырғыш және нейтротропты болып табылады. Аммиак булары көз бен тыныс алу органдарының шырышты қабаттары мен теріні қатты тітіркендіреді. Қоршаған ортада аммиак дозасының артып кетуінен көз қатты жасаурап, көздің ішкі құрылымы химиялық күйікке ұшырап, нәтижесінде көз көрмей қалуы мүмкін. Қазіргі кезде өндірісте, техникада, медицинада кең қолданылатын тағы бір сұйықтық – этанол (этил спирті). Оның артық мөлшерде ағзаға түскен кездегі тигізетін әсері белгілі – психоавтивті дене, депрессант болғандықтан, ол адамның орталық жүйкеі жүйесінің жұмысын бұзады. Сонымен қатар, этанол кейбір транспорт түрлерінде отын ретінде қолданылады. Сондықтан, қоршаған ортадағы аммиак булары мен этанолдың өз деңгейлерінен артып кетуінің алдын алу үшін оларға сезімтал, жылдам анықтай алатын сенсорлық құрылғыларды жасау маңызды мәселе болып табылады.

Кеуекті кремнийді қолданып, аммиак пен этанолға сезімтал сенсорлық құрылғыларды дайындау, зерттеу бойынша бірнеше мақалалар жарық көрген. Атап айтсақ, Милованов және басқалары этанолды анықтайтын сенсорлық құрылғы дайындау үшін кеуекті кремний/көміртек құрылымын қолданған [10]. Минг Ху және басқалары кеуекті кремний/палладий/вольфрам оксиді құрылымға ие аммиакқа сезімтал сенсор жасап, сипаттамаларын зерттеген [11].

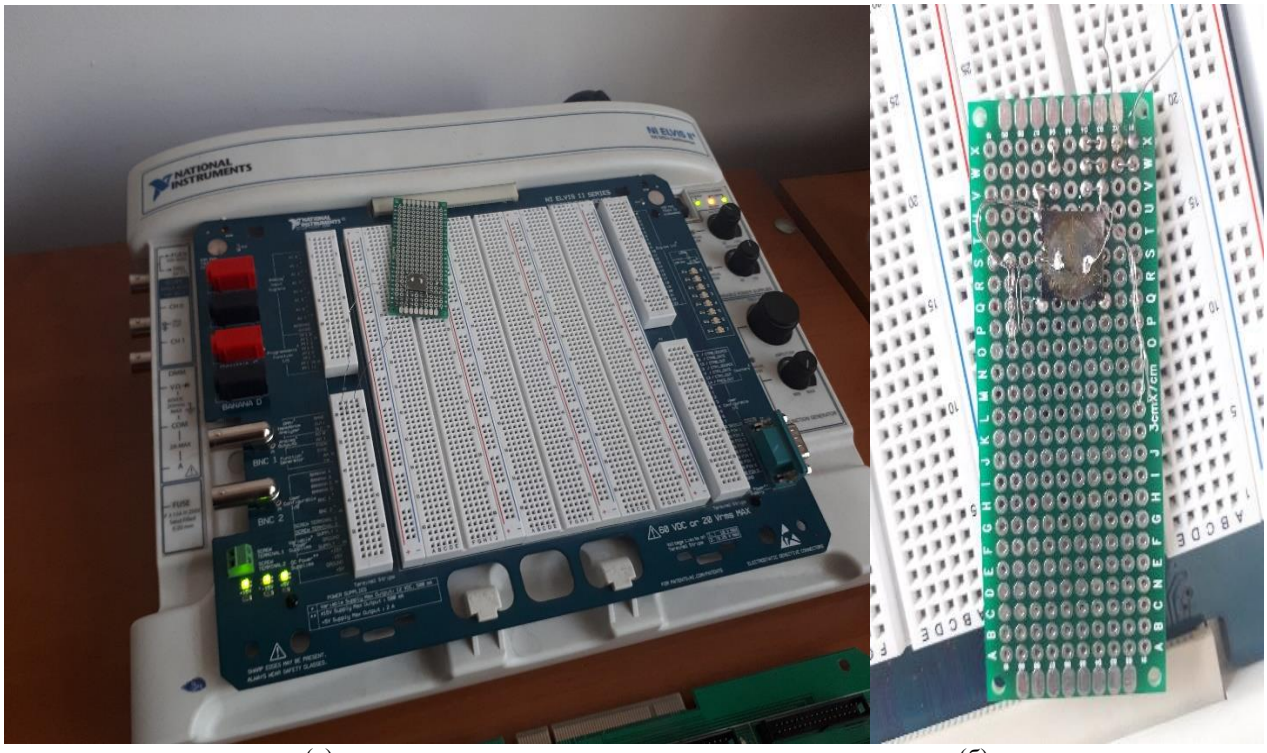
Берілген жұмыста кеуекті кремнийдің жоғарыда сипатталған этанол және аммиак буларын сезу қабілетін мен вольт-амперлік сипаттамасын зерттеу мақсаты қойылды.

**Тәжірибелік мәліметтер**

Тәжірибелік жұмыстарды жүргізу үшін бағыты (100), өлшемі 1 х 1 $см^2$ болатын р-типті кремний пластинасы алынды. Жалпы, кеуекті кремнийді алудың практикада кең таралған жолы – HF еріткіш қышқыл негізіндегі ертіндіде кремний пластиналарын электрохимиялық жеміктіру әдісі болып табылады. Электрохимиялық жемігу процессі орындалатын ұяшыққа кремний пластинасын орналастырмас бұрын, кремнийдің астыңғы бетіне металл қабатын (Ni) отырғызу керек. Ол үшін жұмыс беті, яғни кеуекті қабат пайда болатын беті алдын ала жабылған кремний пластиналарын 50-60 ºС температураға дейін қыздырылған никельдік ерітіндіде 5-7 минут аралығында ұстау қажет. Астыңғы бетінде металл қабаты орнағаннан кейін, кремний пластинасын тефлоннан жасалған ұяшыққа салып, үстіне құрамында 1:1 қатынасындай HF еріткіш қышқыл мен спирт бар ерітінді – электролит құйылады. Катод ретінде платиналық пластина қолданылады, себебі платина – HF еріткіш қышқыл әсерінен ешқандай өзгеріске ұшырамайтын металдардың бірі. Анод кремнийдің никель отырған бетіне жалғанады. Аталған тәжірибелік жұмыста зерттелген кеуекті кремний келесі параметрлерде алынды: U = 10 В, I = 5 мА, t = 20 мин.

Кеуекті кремнийдің электрлік сипаттамаларын алу үшін әртүрлі электрондық құрылғылар қолданылады. Бірақ кеуекті кремний мен құрылғылардың арасында байланыс болу үшін, кеуекті кремний бетіне галлий мен индий металдарының қоспасынан контакт орнатылады.

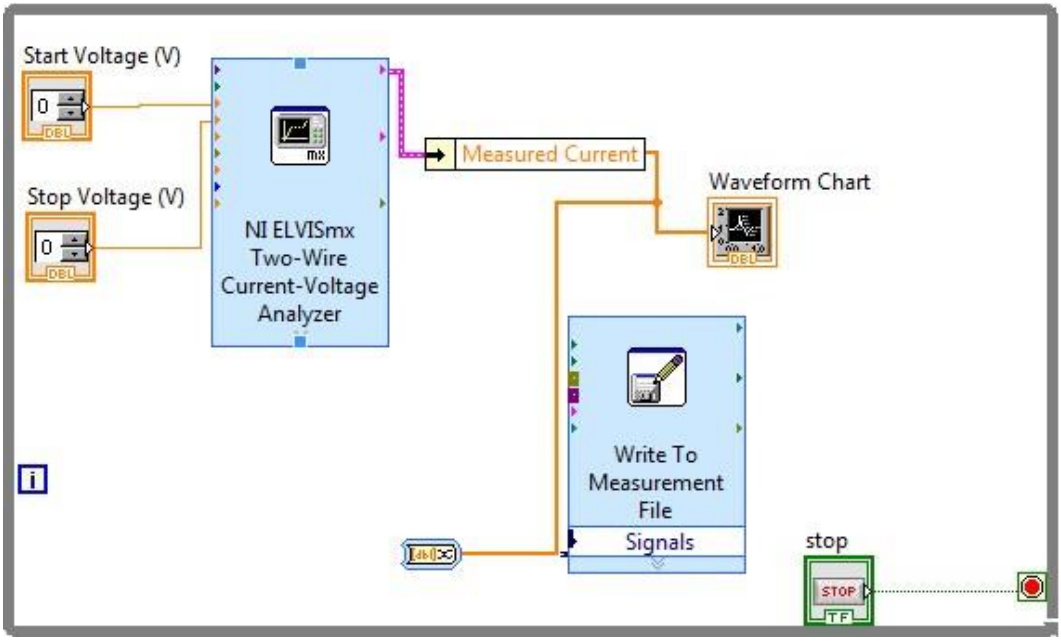
Кеуекті кремнийдің сезімталдық қабілеті мен вольт-амперлік сипаттамалары NI ELVIS II+ модульдік құрылғысымен зерттелді (1-сурет).



(а) (б)

**1-сурет.** Тәжірибелік жұмыстар жүргізілген NI ELVIS II+ стенді (а) мен кеуекті кремний орнатылған плата (б)

LabVIEW программалау ортасында арнайы схема жиналып, кеуекті кремнийдің вольт-амперлік сипаттамалары алынды (2-сурет). Вольт-амперлік сипаттамада белгілі бір кернеу мәнінде ығысу байқалды, осы ығысу кернеу мәнінде аммиак пен этанолды жақындатқан кездегі ток амплитудасы алынды.



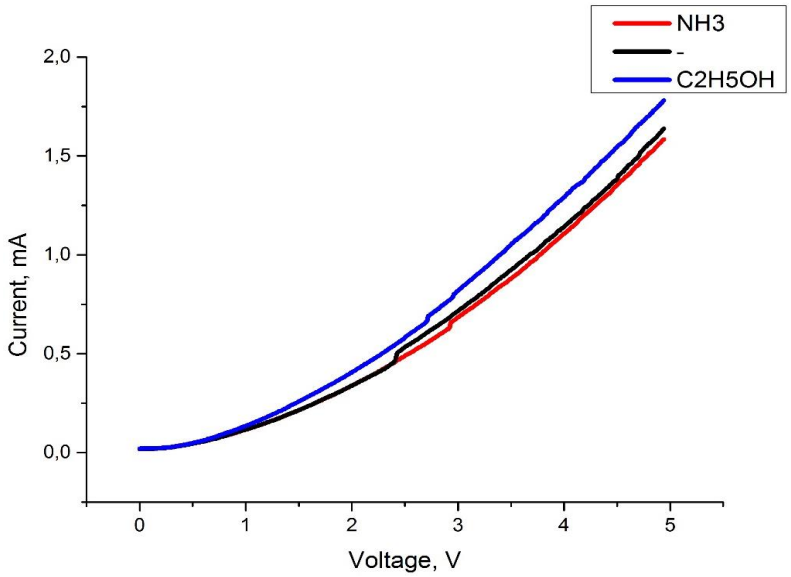

**2-сурет.** Тәжірибелік жұмыстар жүргізілген LabVIEW бағдарламасында жиналған схема

**Нәтижелер мен талқылау**

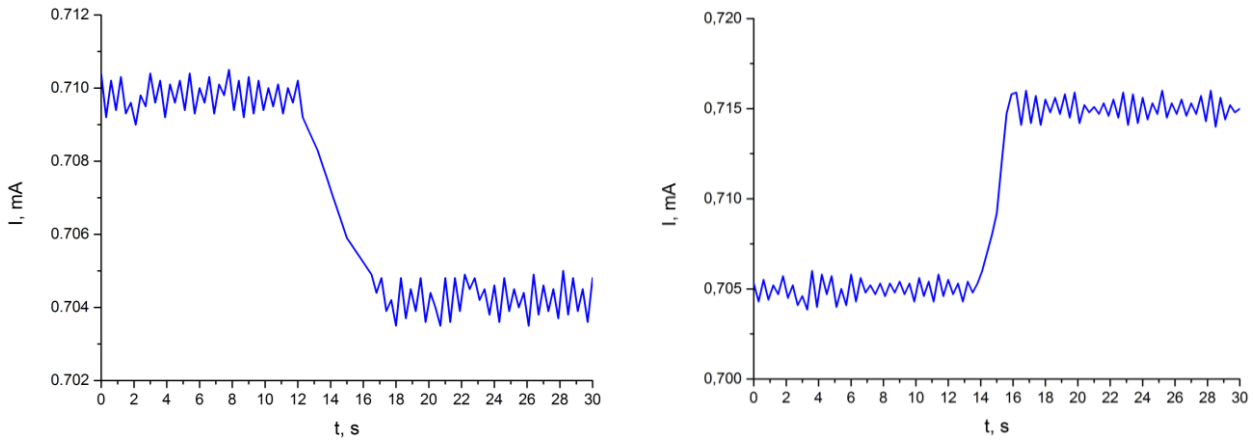
Сенсорлық құрылғылардың кез келген газды анықтау принципі газ молекулалары қосылғанда кеуекті кремнийдің электрлік немесе оптикалық қасиеттерінің өзгерісіне негізделген [3-11].

3-суретте кеуекті кремнийдің аммиак пен этанол сұйықтықтары жақындатқанға дейінгі және кейінгі вольт-амперлік сипаттамалар көрсетілген. Графиктен U = 2 - 3 В кернеу аралығында ығысу байқаймыз. Сонымен қатар, этанолды жақындатқаннан кейін ток мәнінің, демек өткізгіштің артқандығын көруге болады. Ал, аммиакты жақындатқанда ток мәнінің 50-60 мкА-ге азайғандығын, демек дифференциалдық кедергінің артқандығы байқалады.

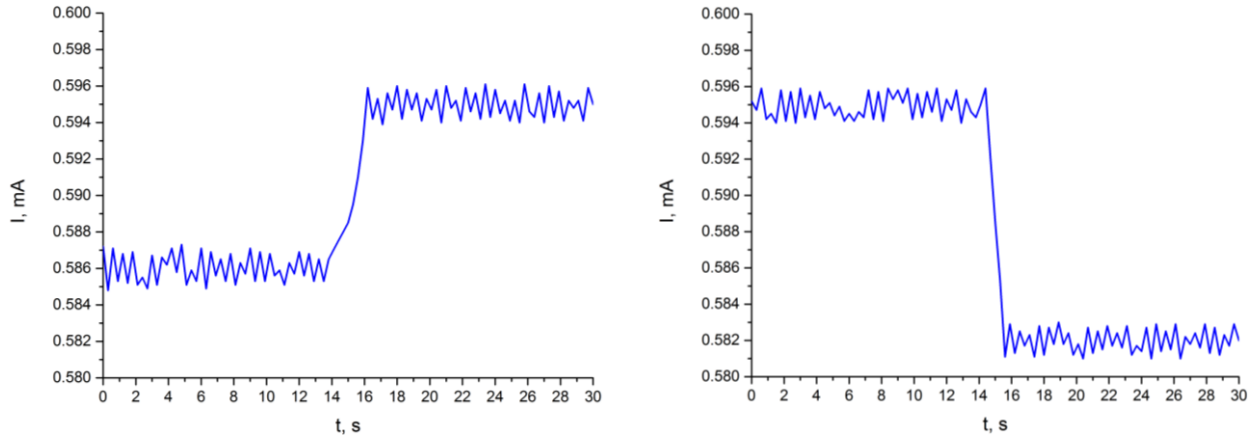
4- және 5-суреттерде тұрақты кернеу мәнінде ток амплитудасының уақытқа тәуелді графигі көрсетілген. Көріп тұрғанымыздай, аммиакты жақындатқанда, ток мәні 0,71 мА-ден 2 с уақыт ішінде 0,704 мА-ге дейін, яғни 60 мкА-ге төмендеп тұр. Аммиакты алып тастасақ, салыстырмалы түрде бірден бастапқы қалпына келеді. Демек, аммиак молекулаларының әсерінен кеуекті кремнийдің өткізгіштігі төмендеп, кедергісі артқан. Дәл осылай, этанолды жақындатқанда, 2,67 А тұрақты кернеу мәніндегі ток амплитудасының 0,586 мА-ден 0,595 мА-ге дейін шамамен 1 мкА-ге артқанын көреміз.




**3-сурет.** Кеуекті кремнийдің аммиак (қызыл сызық), спирт (көк сызық) жақындатқандағы және бастапқы (қара) қалыптағы вольт-амперлік сипаттамалары




**4-сурет.** Кеуекті кремнийге аммиакты жақындатқан кездегі ток күшінің өзгерісі (U = 2,92 В):
а) жақындатқанда; б) алып тастағанда;




(а) (б)

**5-сурет.** Кеуекті кремнийге этанолды жақындатқан кездегі ток күшінің өзгерісі (U = 2,67 В):
а) жақындатқанда; б) алып тастағанда;

Кеуекті кремнийдің газды сезу механизмі газ молекулаларының кеуекті кремний бетіне адсорбциялануының нәтижесінде өткізгіштіктің (кедергі) өзгеруіне негізделген. Демек, тұрақты кернеуде кеуекті кремний бойындағы ток амплитудасының өзгерісі газ молекулалары әсер еткендігін көрсете алады. Этанол буларын кеуекті кремнийден алыстатқанда, ток амплитудасының қайтадан бастапқы қалпына келуі, яғни өткізгіштің төмендеуі этанол молекулаларының физикалық адсорбциясын көрсетеді. Кеуекті кремнийдің құрылымын үлкейтіп қарайтын болсақ, наноөлшемдік жиналған молекулалардың арасы бос кеңістік, кеуек екендігін байқаймыз. Этанол мен аммиакты кеуекті кремний бетіне жақындатсақ, газ буларының атомдары кремний бетінің реакцияға бейімдігі мен беттік ауданының үлкендігінің әсерінен кеуектерге орналасады. Осылайша, кеуекті кремний құрылымындағы электрондардың тасымалдану механизмі өзгереді. Ал, ол өз кезегінде кеуекті кремнийдің электрлік сипаттамаларының өзгеруіне алып келеді [10-11].

**Қорытынды**

Сонымен, берілген жұмыста кеуекті кремнийді аммиак пен этанол буларын анықтайтын сенсорлық құрылғыны дайындауда қолдану мүмкіндігі зерттелді. Кеуекті кремнийдің ауадағы, аммиак пен этанол булары әсер еткендегі вольт-амперлік сипаттамалары, ток күшінің уақыттық өзгерісі алынды. Газ молекуаларының әсерінен кеуекті кремнийдің өткізгіштігінің өзгеру механизмі қарастырылды. Этанолды жақындатқанда, үлгінің өткізгіштігінің артып, аммиакты жақындатқанда, өткізгіштіктің кемитіндігі анықталды. Алынған вольт-амперлік сипаттамадан кеуекті кремнийдің кернеу берілгендегі аса сезгіш аймағы анықталды. Анықталған аймақта терең зерттеулер жүргізілді, яғни берілген кернеу аймағында ток күшінің уақыт бойынша өзгерісі және сыртқы ортаға әсері зерттеліп, газ сенсорының аталған сұйықтықтар буына сезгіштігі бойынша тиімді параметрлері анықталды.

ӘДЕБИЕТ

[1] Кашкаров П.К. Необычные свойства пористого кремния // Соросовский образовательный журнал, Том 7, №1, 2001.

[2] Зимин П.С. Пористый кремний – материал с новыми свойствами // Соросовский образовательный журнал, Том 8, №1, 2004.

[3] Kayahan E. Porous silicon based on CO2 sensors with high sensitivity // Optics 164 (2018) 271-276-p.

[4] Zouadi N., Messaci S., Sam S., Bradai D., Gabouz N., CO2 detection with CNx thin films deposited on porous silicon // Materials Sci. Semicond. Process. 29 (2015) 367–371.

[5] Ozdemir S., Gole J.L. The potential of porous silicon gas sensors // Current Opinion in Solid State and Material Science 11 (2007) 92-100.

[6] Holec T., Chvojka T., Jelinek I. Determination of sensoric parameters of porous silicon in sensing of organic vapors // Material Science and Engineering C 19 (2002) 251-254.

[7] Zouadi N., Belhousse S., Cheraga H., N. Gabouze. Influence of temperature on electrical characteristics of CHx/porous silicon/Si sensing device. //Surface and Interface Analysis, 2006, p. 805-807.

[8] Gabouze N., Belhousse S., Cheraga H., Ghellai N. CO2 and H2 detection with a CHx/porous silicon-based sensor // Vacuum, V.80, 2006, p. 986-989.

[9] Seekaew Y., Wongchoosuk C. A novel graphene-based electromunescent gas sensor for carbon dioxide detection // Apllied Surface Science, 2019, V.479, 525-531.

[10] Milovanov Y.S., Skryshevsky V.A., Gavrilchenko I.V. Ethanol gas sensing performance of electrochemically anodized freestanding porous SiC // Diamond and related materials. 2019, p. 84-89.

[11] Ming Hu, Xiaoyong Qiang. Preparation of porous silicon/Pd-loaded WO3 nanowires for enhancmenet of ammonia sensing properties at room temperature // Material Science in Semiconductor Processing, 2018, p.113-118.

[12] Hamid G.S. Efficient room temperature hydrogen gas sensing based on graphene ozide and decorated porous silicon // International Journal of Hydrogen Energy, 2017, p.15966-15972.

[13] Uday M.N., Intisar M.K. Study of porous silicon humidity sensor vapors by photoluminescence quenching for organic solvents // Optik, 2017, p.169-173.

[14] Ibraimov M. K., Sagidolda Y., Zhanabaev Z. Zh., Rumyantsev S. L. and Shur M. S. Selective Gas Sensor Using porous silicon and silicon nanowires // 2015 Advanced Research Workshop «Future Trends in Microelectronics». – Mallorca, Spain. – 2015. – P.56.

[15] Gole J. L, Lewis S., Seungwoo L. Nanostructures and porous silicon: activity atinterfaces in sensors and photocatalytic reactors // Phys. Stat. Sol. A. – 2007. – Vol. 204. – P.1417 – 1422.

Ибраимов М.К., Ханиев Б.А., Дарменкулова М.Б., Кембаева Ж.Д., Алимова М.

**Разработка сенсора паров аммиака и этанола на основе пористого кремния**

**Резюме.** В данной работе была исследована чувствительность образцов пористого кремния, полученных методом электрохимического травления, к парам аммиака и этанола. Были получены вольт-амперные характеристики и временная зависимость силы тока пористого кремния при комнатном состоянии, затем при воздействии паров аммиака и этанола с помощью модульного устройства NI ELVIS II+ и среды программирования LabVIEW. Был рассмотрен механизм изменения проводимости пористого кремния при воздействии паров различных жидкостей.

**Ключевые слова:** пористый кремний, газовый сенсор, наночастицы, электрохимическое травление.

ӘӨЖ 530.1

**Z.Zh. Zhanabayev, T.Yu. Grevtseva, S.B. Ikramova, S.M. Manakov**
(al-Farabi KazNU, NNLOT, Almaty, Kazakhstan, E-mail: mptl449a@gmail.com, saltanat.ikramova@gmail.com)

## DYNAMICAL CHAOS IN SURFACE STRUCTURE OF NANOSTRUCTURED SILICON

**Abstract.** Structure of the nanocluster silicon film obtained by chemical etching has been investigated. The surface structure of the film is theoretically described in terms of fractal representations of distribution of clusters in the film. Model of the surface of porous silicon has been constructed on the base of the equation for fractal evolution of measure. Also phase portraits of charge carrier distribution have been plotted for in the film and its model. Experimental and theoretical results qualitatively correspond to each other.

**Keywords:** porous silicon, nanostructure, fractal, fractal dimension, phase portrait.

**З.Ж. Жаңабаев, Т.Ю. Гревцева, С.Б. Икрамова, С.М. Манаков**
(әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, АТҰНЗ, Алматы, Қазақстан Республикасы
E-mail: mptl449a@gmail.com, saltanat.ikramova@gmail.com)

## НАНОҚҰРЫЛЫМДЫ КРЕМНИЙДІҢ БЕТКІ ҚҰРЫЛЫМЫНДАҒЫ ДИНАМИКАЛЫҚ ХАОС

**Аңдатпа.** Химиялық жеміру әдісі арқылы алынған нанокластерлі кремнийлік қабықша құрылымы зерттелінді. Теориялық тұрғыда қабықшалардың беттік құрылымы, оларда кластерлік құрылымдардың фракталдық көрініске ие болу қасиеті сипатталды. Өлшемдердің фракталдық эволюциясы теңдеуі негізінде қабықшаның беттік моделі алынды, қабықшада заряд тасымалдаушылар таралуының фазалық портреті және олардың модельдері тұрғызылды. Тәжірибелік және теориялық нәтижелер сапалы түрде бір-біріне сәйкес келеді.

**Кілттік сөздер:** кеуекті кремний, нанокұрылым, фрактал, фракталдық өлшемділік, фазалық портрет.

### Кіріспе

Соңғы жылдарда нанокұрылымды шалаөткізгіш қабықшаны зерттеу ғылымның әр түрлі облысында, соның ішінде наноэлектроника, сенсорика, оптоэлектроника, биология, медицина және т.б. салалардағы зерттеулер үшін қызығушылық тудыруда. Басты қызығушылық нанокластерлік материалдардың қолдану мүмкіндіктерінің орасан әртүрлілігі болып табылады [1-6].

Наноқұрылымды шалаөткізгіштердің физикалық қасиеттері, электрлік және оптикалық заңдылықтар нанокластерлердің, кеуектердің формаларына тәуелді. Кеуекті шалаөткізгіш қабықшаның айрықша электрлік қасиеті болып теріс дифференциалдық кедергінің болуы, вольт-амперлік сипаттаманың гистерезисі, ток пен кернеу тәуелділігі қисығының тербелмелі сипаты жатады.

Осылайша, наноқұрылымды шалаөткізгіш қабықшаның беттік құрылымын зерттеу нақты ғылыми қызығушылық тудырады. Тепе-теңсіздік (бір қалыпты еместік), бейсызықтық және тұйықсыздық шарттары негізінде қалыптасқан наноқабықшалардың масштабты-инварианттық, иерархиялық-өзұқсастық, яғни фракталдық және мультифракталдық қасиеттері болады. Мұндай қабықша құрылымы дәреженің бөлшек көрсеткіші бар теңдеу көмегімен сипатталуы мүмкін [7-9]. Нанокластерлі қабықшаның фракталдық құрылымға ие болуы көптеген тәжірибемен расталған [10-12]. Сондықтан зерттелініп отырған қабықша бетінде нанокластер мен кеуектің өзара таралуы ондағы электрлік және оптикалық қасиеттерді сипаттау мәселелерін шешуде көмектесуі мүмкін.

Жұмыстың мақсаты өлшемдердің фракталдық эволюциясы теңдеуі негізінде кеуекті кремнийдің нанокластерлі қабықшаларының құрылымдарын сипаттау, алынған теориялық нәтижелерді сәйкес тәжірибелік мәліметтермен салыстыру болып табылады.

**Зерттеудің теориялық негіздері**

Өткізгіштік электрон концентрациясы өлшемдердің фракталдық эволюциясы теңдеуі арқылы сипатталды [12]:

$$n_{i+1}=\left(\frac{1}{C}+\mu_i\right)\left|\frac{n_i}{n_0}\right|^{-\frac{1}{\gamma}};\ \mu_{i+1}=-\frac{1}{\gamma}\left(\frac{1}{C}+\mu_i\right)\left|\frac{n_i}{n_0}\right|^{-\frac{1}{\gamma}-1}. \quad (1)$$

мұнда $n-$ шалаөткізгіш қабықшадағы еркін электрондардың айнымалы концентрациясы, $C-$ сигнал (күрделілігі) базасына теңдес параметр, $\gamma-$ фракталдық және топологиялық өлшем айырмасы, $\mu-$ таңбалық функция, $i=1,2,3...-$ кеңістіктік қадам. (1)-теңдеу және бірөлшемді мәліметтер тізбектілігі бойынша динамикалық хаосты қайта құру ( өткізгіштік электрон концентрациясының кеңістіктік қадамнан тәуелділігі сипатында қарастырылатын) әдісі негізінде әр түрлі кванттық нүктелер, кванттық наножіптер, кванттық шұңқырлар сияқты кванттық-өлшемдік құрылымдарды құрайтын шалаөткізгіш қабықшаның беттік құрылымын сипаттауға болады. Ортаның наноқұрылымдылығы өзұқсас және өзаффиндік объект үшін теориялық тұрғыда анықталған фракталдық өлшемділік арқылы сипатталады.

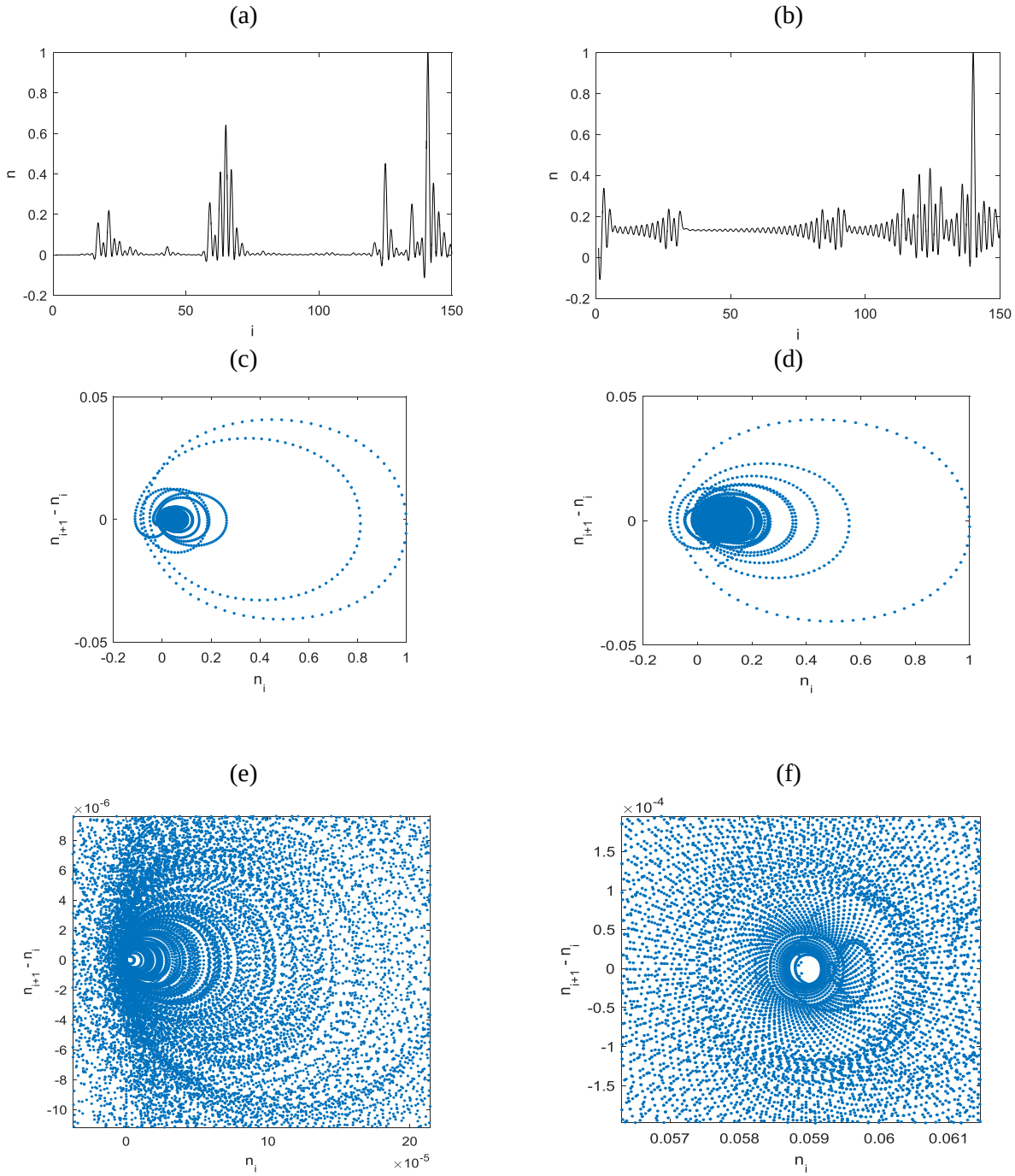
(1)-бейнелеудің сандық талдауы ретінде $n(i)$ қатары (реализациясы) құрылған. $\mu_i$ мультипликатордың бөлшек бөлігі ғана қолданылды. Сол үшін «rem» функциясы қолданылды. Амплитуда бойынша қатар $10^4$ нүктеден тұратын мәліметтердің үлкен массивінен таңдалынып алынған максималды мәндері арқылы нормаланды. Реализацияны тегістеу үшін сплайн-интерполяция қолданылды. Нәтижесінде бастапқы қатардан нүкте саны 30 % артты. (1)-бейнелеуге кездейсоқ құраушы енгізілмеді.

$n_0$ концентрацияның мәні 1-ге тең деп алынды. Бұл электрон мен кемтік концентрациясы өзара тең, меншікті шалаөткізгішке сәйкес келеді. $n_0>1$ жағдайында қабықшадағы өткізгіштік электрон саны ондағы кемтік санынан көп, яғни шалаөткізгіш $n-$ типті шалаөткізгіш болады. $n_0<1$ кезінде шалаөткізгіш кемтіктік өткізгіштік арқылы сипатталады, яғни шалаөткізгіш $p-$ типті шалаөткізгіш болады.

Сплайн-интерполяция қолданылғаннан кейінгі қатар бойынша фазалық портреттер құрылды. Фазалық портреттер қабықшада өткізгіштік электрондардың күйін сипаттайды. 1(a) және 1(b) суреттерде $\gamma=1.194$ және $\gamma=3.806$ мәндері үшін қатарлар, ал 1(c) және 1(d) суреттерде оларға сәйкес фазалық портреттер көрсетілген. $\gamma$ параметрі артқан сайын қатарда тербеліс жиілігі және кластерлер санының артуы байқалды. Фазалық портреттер құрылымы күрделі. Оны 1(e) және 1(f) суреттерден көруге болады. 1(c) және 1(d)-суреттерде фазалық портреттегі нүктелер жиыны үлкейтілген түрде көрсетілген. Нүктелер жиыны $\gamma$ параметрі артқан сайын артып отырды. Фазалық портреттер жүйеде динамикалық хаостың бар екендігін дәлелдеуші аттракторлар байқалды. Жүйеде тұйық сызықтардың бар болуы қабықшадағы заряд тасымалдаушылардың таралуының периодтық сипатын дәлелдейді.

**Сандық талдау нәтижелерін тәжірибелік мәліметтермен салыстыру**

(1)-теңдеу көмегімен алынған сандық талдау нәтижелері тәжірибелік мәліметтермен салыстырылды. Химиялық жеміру әдісі арқылы n-типті кристалдық кеуекті кремнийдің нанокластерлі қабықша бетінің құрылымы тәжірибелік зерттеу нәтижесінде алынды. 2(a)-суретте атомдық-күштік микроскопиясымен (АКМ) алынған қабықшалардың микрофотографиясы көрсетілген. 2(b)-суретте Такенс әдісі мен өлшемдердің фракталдық эволюциясы теңдеуі негізінде алынған қабықшаның моделі көрсетілген. Такенс әдісі үшөлшемді суретті бірөлшемді тізбектіліктен құруға негізделген. Мәліметтердің бірөлшемді тізбектілігі ретінде (1)-формула көмегімен алынған реализация қолданылды. 1(a) және 1(b) суреттерді салыстырудан көріп тұрғандай, қолданған әдіс қабықша бетіндегі нанокұрылым формасын және олардың өзара орналасуын дұрыс сипаттауға мүмкіндік береді.

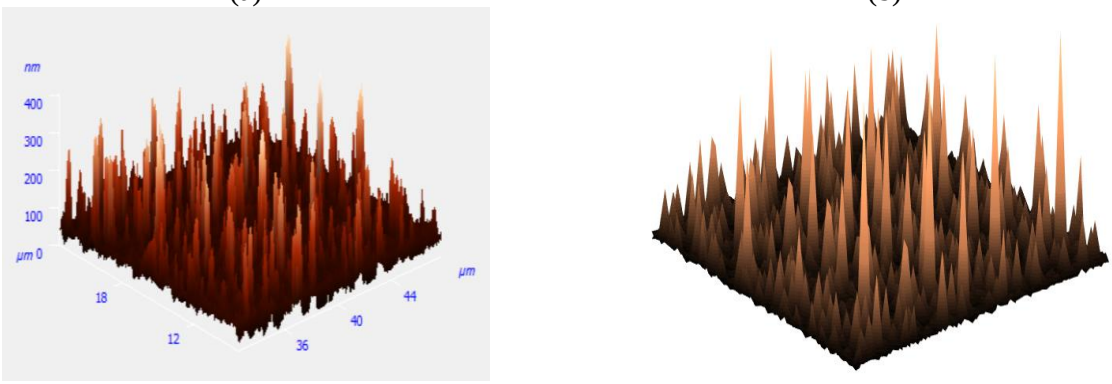



**1-сурет.** Шалаөткізгіш қабықшада өткізгіштік электронның таралуын сипаттайтын реализациялар ((a), (b)) және фазалық портреттер (c),(f)

$C = 1.1;\ n_1 = 0.25;\ \mu_1 = -1;\ n_0 = 1$

(a), (c) – $\gamma = 1.194$; (b), (d) – $\gamma = 3.806$.

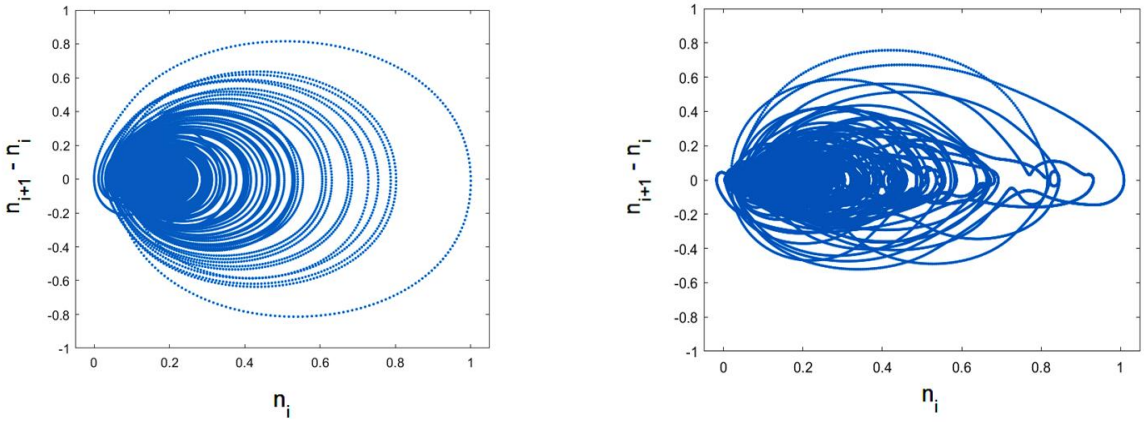
(a) (b)




**2-сурет.** Нанокластерлі кеуекті қабықшаның АКМ-бейнесі (a) және оның моделі (b)
$\gamma = 1.5,\ C = 1.15,\ n_0 = 1.00,\ n_1 = 0.25.$

3(a) және 3(b) суреттерде қабықша құрылымын және оның сәйкес моделін сипаттайтын фазалық портреттер көрсетілген. Бұл суреттерден көрініп тұрғандай, фазалық портреттер күрделі фазалық траекториялардан құралған. Соның негізінде жүйеде динамикалық хаостың бар екендігі жөнінде қорытынды жасауға болады. Траекториялардың тұйықталуы нанокұрылым орналасуында қандай да бір периодтылықтың бар екендігін дәлелдейді.

(a) (b)




**3-сурет.** Нанокластерлі кремний қабықшасының (a) және оның моделінің (b) фазалық портреттері
$\gamma = 1.5,\ C = 1.15,\ n_0 = 1.00,\ n_1 = 0.25.$

Кремний қабықшасының теориялық және тәжірибелік фазалық портреттері және оның морфологиялары сапалы түрде бір-біріне сәйкес келеді. Бұл сәйкестік нанокластерлі шалаөткізгіш құрылымдарының бетін сипаттау үшін қолданылған әдістің дұрыс екендігін дәлелдейді.

**Қорытынды**

Нанокластерлі кеуекті кремнийдің құрылымы таралуының фракталдық негізде сипатталуы мүмкін. Мұндай қабықша құрылымдары өлшемдердің фракталдық эволюциясы теңдеуімен теориялық сипатталатыны көрсетілген. Қабықша бетінің морфологиясын модельдеу және оның фазалық портреттері сапалы түрде тәжірибелік мәліметтермен сәйкес келеді. Фазалық портретте күрделі фазалық траекториялардың болуы қарастырып отырған жүйеде динамикалық хаостың бар екендігін дәлелдейді. Ал сол траекториялардың тұйықтылығы қабықша бетінде нанокұрылым орналасуының қандай да бір периодтылығын көрсетеді.

Жұмыста алынған нәтижелер тәжірибелік зерттеулерді жеңілдетуге, сонымен қоса наноэлектронды құрылғылардың жұмысын оңтайландыруға ұсыныстар жасау үшін қолданылуы мүмкін.

Жұмыс ҚР БжҒМ AP05132854 гранты негізінде орындалды.

ӘДЕБИЕТ

[1] L. Wei, B. Sun, W. Zhao, H. Li, P. Chen. Light regulated I–V hysteresis loop of Ag/$BiFeO_3$/FTO thin film // Applied Surface Science. – 2017. – Vol. 393. – P. 325-329.

[2] B. Wang, J. Qiu, H. Feng, E. Sakai, T. Komiyama. KOH-activated nitrogen doped porous carbon nanowires with superior performance in supercapacitors // Electrochimica Acta. – 2016. – Vol. 190. – P. 229–239.

[3] Zh. J. Chew, L. Li. A discrete memristor made of ZnO nanowires synthesized on printed circuit board // Materials Letters. – 2013. – P. 298-300.

[4] Sh. Wena, X. Xie, Zh. Yan, T. Huang, Zh. Zeng. General memristor with applications in multilayer neural networks // Neural Networks. – 2018. – Vol. 103. – P. 142-149.

[5] T. Yousefi, R. Davarkhah, A.N. Golikand, M.H. Mashhadizadeh. Synthesis, characterization, and supercapacitor studies of manganese (IV) oxide nanowires // Materials Science in Semiconductor Processing. – 2013. – Vol.16. – P. 868-876.

[6] M. Kateb, S. Safarian, M. Kolahdouz, M. Fathipour, V. Ahamdi. ZnO–PEDOT core–shell nanowires: An ultrafast, high contrast and transparent electrochromic display // Solar Energy Materials & Solar Cells. – 2016. – Vol. 145. – P. 200-205.

[7] Zhanabaev Z.Zh., Grevtseva T.Yu., Danegulova T.B., Assanov G.S. Optical Processes in Nanostructured Semiconductors // Journal of Computational and Theoretical Nanoscience. –2013. - Vol. 10, No 3. – P.673-678.

[8] Zhanabaev Z.Zh., Grevtseva T.Yu. Physical Fractal Phenomena in Nanostructured Semiconductors // Reviews in Theoretical Science. – 2014. – Vol. 2, No 3. – P. 211-259.

[9] Zhanabaev Z.Zh., Grevtseva T.Yu., Ibraimov M.K. Morphology and Electrical Properties of Silicon Films with Vertical Nanowires // Journal of Computational and Theoretical Nanoscience. – 2016. – Vol. 13. – P. 615-618.

[10] S. Prabhu, B. K. Vinayagam. Fractal dimensional surface analysis of AISI D2 tool steel material with nanofluids in grinding process using atomic force microscopy // Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering. – 2011. – Vol. 33, No 4. – P. 459-466.

[11] R.D. Peng, Y.C. Yang, Y. Ju, L.T. Mao, Y.M. Yang. Computation of fractal dimension of rock pores based on gray CT images // Chinese Sci Bull. – 2011. – Vol. 56, No 31. – P. 3346-3357.

[12] L.M. Anovitz, D.R. Cole. Characterization and analysis of porosity and pore structures // Reviews in Mineralogy & Geochemistry. – 2015. - No 80. – P. 61-164.

Жанабаев З.Ж., Гревцева Т.Ю., Икрамова С.Б., Манаков С.М.

**Динамический хаос в поверхностной структуре наноструктурированного кремния**

**Аннотация.** Исследована структура нанокластерной кремниевой пленки, полученной методом химического травления. Поверхностная структура пленки теоретически описана с точки зрения фрактальных представлений о распределении в ней кластеров. На основе уравнения фрактальной эволюции меры получена модель поверхности исследуемой пленки, построены фазовые портреты распределения носителей заряда в пленки и ее модели. Экспериментальные и теоретические результаты качественно соответствуют друг другу.

**Ключевые слова:** пористый кремний, наноструктура, фрактал, фрактальная размерность, фазовый портрет.

УДК 662.997

**S.B. Zhaksylykova, D.R. Umyshev, S.A. Minazhova**
(Institute of architecture, construction and power engineering named after T.K. Bassenov, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan. E-mail: zhaksylyk_@mail.ru)

## ANALYSIS OF THE USE OF THE SOLAR COLLECTOR FOR HEAT SUPPLY OF PRIVATE HOUSING

**Abstract.** Numerous laws adopted in our country show that we look to improve and promote the production of electricity and heat through the use of renewable energy sources. In terms of electricity, the Concept for the transition to a ‘green economy’ expects to produce 50% of all energy at the expense of renewable energy source by 2050. However, in terms of heat production, the central supply remains relevant due to low prices and availability. This rule is applied only to large cities, in rural and urban-type settlements stove heating is the main one. Therefore, the use of renewable energy in places without central heating is of considerable interest.

**Key words**: solar collector, efficiency, solar radiation, coolant.

**С.Б. Жаксылыкова, Д.Р. Умышев, С.А. Минажова**
(Сатпаев Университет, Алматы, Республика Казахстан. E-mail: zhaksylyk_@mail.ru)

# АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЧАСТНОГО ЖИЛОГО ДОМА

**Аннотация**. В данной статье приведены результаты анализа работы солнечного коллектора, используемого для теплоснабжения жилого дома. Были проведены расчеты необходимого количества тепла на отопление и горячее водоснабжение всего дома. Также был проведен экономический расчет расхода угля и электричества для получения желаемого объема тепла для отопления и горячего водоснабжения. В результате был проведен сравнительный экономический анализ теплоснабжения с традиционным видом топлива и с использованием солнечного коллектора.

**Ключевые слова**: солнечный коллектор, КПД, солнечная радиация, теплоноситель.

**Введение**. Многочисленные законы [1-3] принятые в нашей стране показывает, что мы стремимся к совершенствованию и повышению культуры производства электроэнергии и тепла за счет использования возобновляемых источников энергии. В части электроэнергии законодательство предполагает к 2050 производить 50% всей энергии за счет ВИЭ. Однако в части производства тепловой энергии, централизованное снабжение остается актуально, за счет низкой цены и доступности. Это правило распространяется лишь на крупные города, в сельской и поселках городского типа печное отопление является основным. Поэтому использование ВИЭ именно в местах без центрального отопления имеет значительный интерес.

Исходя из вышесказанного, авторами был проведен анализ по установки солнечных коллекторов для снижения потребления угля сжигаемого в печи.

**Описание объекта**. В качестве исследуемого объекта был выбран дом с жилой площадью 200 м$^2$, где для горячего водоснабжения используется бойлер. Высота потолков – 3 м. Стены шириной 2 кирпича.

**Методология.** Для проведения качественного анализа использования солнечных коллекторов, необходимо, прежде всего, определить расходы тепла на отопление и горячее водоснабжение. Далее сравнить экономические показатели использования традиционнных источников и солнечного коллектора.

**Расчет расхода тепла на отопление.** Расчет велся согласно [4]. При расчете принимались следующие допущения:

1. Не учитывалось тепло выделяемое людьми, электро и газовым оборудованием;
2. Коэффициент остекления принимался равным φ=0,2;
3. Коэффициент теплопередачи всех стен принимался равным k=0.09 ккал/м$^2$*ч*$^0$С;
4. Коэффициент снижения разности температур ψ=0,7;
5. Температура внутреннего воздуха tв=23 $^0$С;
6. Температура наружного воздуха tн=-30$^0$С;
7. Отопительная характеристика здания $x_0$=0,35 ккал/м$^3$*ч*$^0$С;
8. Расход воды на 1 человека в сутки g=110 кг/сут;
9. Температура воды для горячего водоснабжения tг=65 $^0$С;
10. Температура холодной воды tx=5 $^0$С;
11. Отопительный период октябрь – апрель n=4320 часов/год.

Расчетный расход тепла на отопление:

$$Q_{\text{отоп}} = x_0 V(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \quad (1)$$

$$V = 200 * 3 = 600 \text{ м}^3 \quad (2)$$

$$Q_{\text{отоп}} = 11130 \text{ ккал/ч} = 12{,}9 \text{ кВт} \quad (3)$$

**Расчет расхода тепла на горячее водоснабжение.**

Расчетный расход тепла на отопление:

$$Q_{\text{ГВС}} = \text{М} * g(t_{\text{г}} - t_{\text{х}}) = 1{,}59 \text{ кВт} \quad (4)$$

**Суммарное потребление тепла:**

$$Q = Q_{\text{отоп}} = 12{,}9 \text{ кВт} \quad (5)$$

Для того, чтобы выйти на денежную составляющую, необходимо высчитать средний расход топлива в отопительный период. Для этого необходимо задатся теплотой сгорания топлива и КПД печи. Принимаем бурый уголь, теплота сгорания которого имеет диапазон 10,5-15,9. Среднее значение 13,2 МДж/кг, примем КПД печи с учетом системы отопления 40%:

$$\text{В}_{\text{топ}} = \frac{Q}{Q_{\text{н}}^{\text{р}}\eta} = 2{,}44 \text{ кг/с} \quad (6)$$

Определяем расход топлива за месяц и за год:

$$\text{В}_{\text{топ}} = 1759 \text{ кг/мес.} = 10554 \text{ кг/год;} \quad (7)$$

$$\text{Ц}_{\text{у}} = 2{,}44 * 13000 = 31720 \text{ тг/мес.} = 190320 \text{ тг/год} \quad (8)$$

Расчет ГВС для остального года, принимая, что температура холодной воды не изменится:

$$Q_{\text{ГВС}} = \text{М} * g(t_{\text{г}} - t_{\text{х}}) = 1{,}6 \text{ кВт} \quad (9)$$

$$Q_{\text{ГВС}}^{\text{год}} = 9600 \text{ кВт} * \text{час/год} \quad (10)$$

*У*читывая, что подогрев воды происходит за счет электрического бойлера, переведем кВт*часы в тенге, при средней стоимости 1 кВт*ч 20 тенге:

$$\text{Ц}_{\text{э}} = 86400 \text{ тенге/год} \quad (11)$$

Общий годовой расход в год от традиционных источников составляет 279720 тенге.

**Расчет солнечного коллектора.** При расчете принималось, что средняя солнечная энергия равна 250 Вт на квадратный метр. Принималось, что вся солнечная энергия идет на нагрев воды, т.е. КПД панели 100%.

**Результаты.** На рисунке 1 представлена зависимость нагреваемой воды от площади солнечного коллектора. Очевидно, что увеличение площади увеличивает прием солнечной энергии, соответсвенно увеличивается нагреваемый «объем» воды. Солнечный коллектор полностью покрывает суточный расход воды на человека при площади 5 м$^2$.

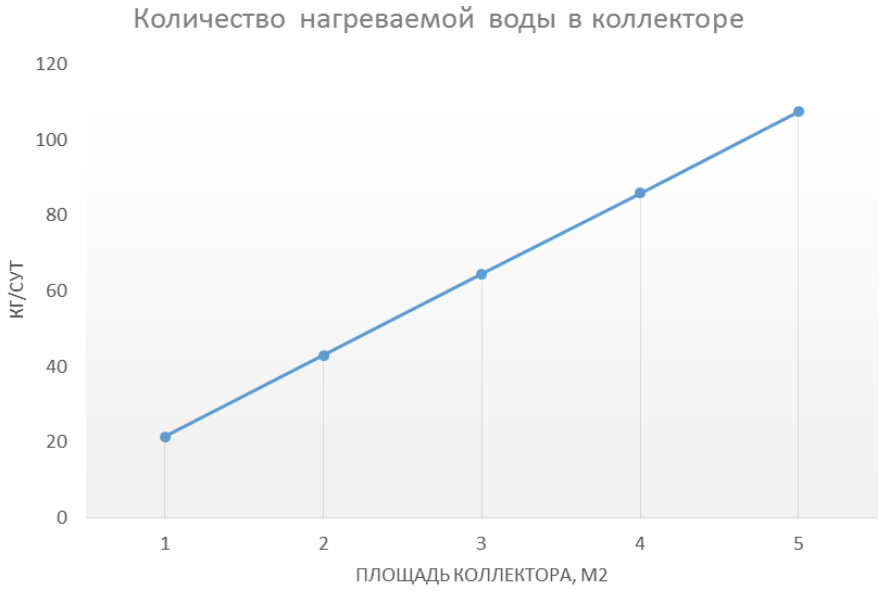



**Рис.1.** Количество нагреваемой воды в зависимости от площади солнечного коллектора

На рисунке 2 представлена зависимость расхода на ГВС и экономия от площади солнечного коллектора. Как видно из рисунка, установка 1м$^2$ солнечной панели снижает расходы на 60%, а дальнейшее увеличение площади солнечного коллектора снижает расходы на ГВС в среднем на 24% или 8950 тенге.

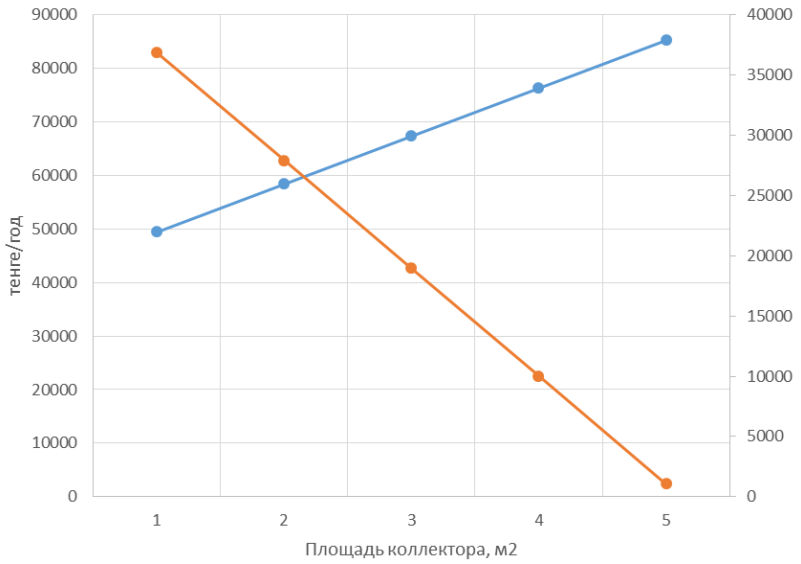



**Рис. 2.** Расход на ГВС при использовании солнечных панелей

Однако, учитывая стоимость 1м$^2$ солнечной панели, равной 500000 тг, срок окупаемости таких панелей досточно высок. К примеру 1 м$^2$ солнечного коллектора окупается приблизительно за 10 лет (см. Рисунок 3).

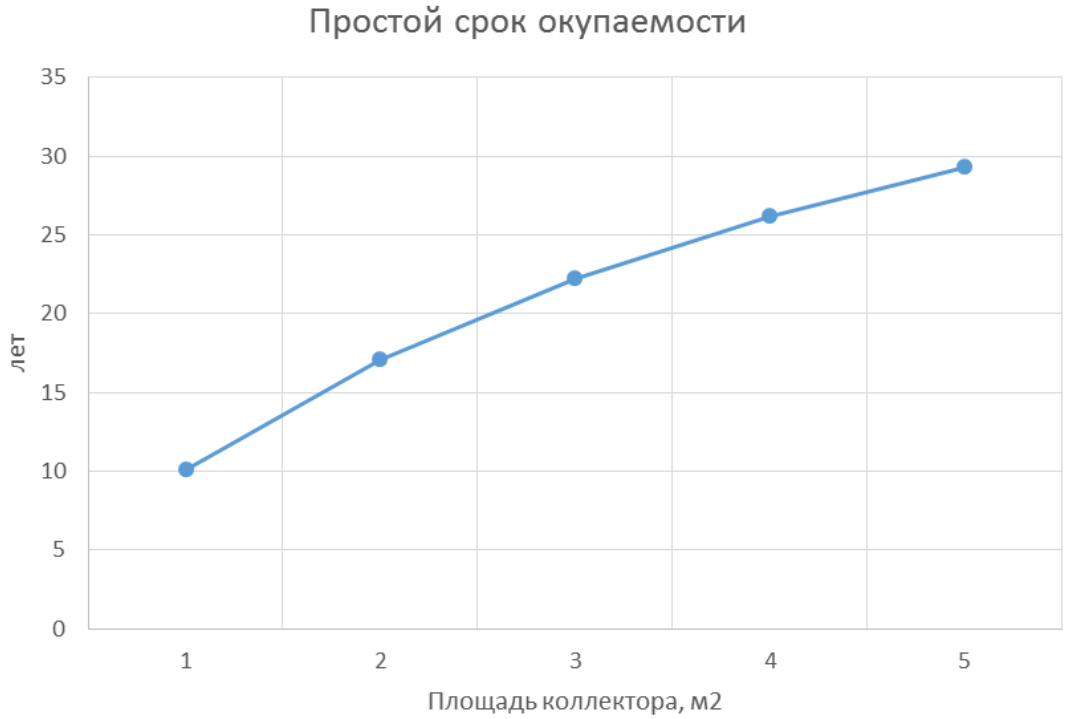



**Рис.3.** Простой срок окупаемости солнечного коллектора

**Обсуждение.** Возобновляемые источники энергии представляют собой новый подход к получению энергии. Они бесплатны, и имеют большой потенциал [5]. Установка 5 м$^2$ солнечных панелей полностью покрывают необходимость в бойлере. Самой слабой стороной ВИЭ является их досточно высокая цена. Установка солнечных коллекторов оправдана при большой стоимости кВт*час электроэнергии. К примеру в Германии, кВт*час стоит 120 тенге, при такой цене, срок окупаемости 5 м$^2$ солнечного коллектора был бы в районе 6 лет, что уже экономически целесообразно.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Закон Республики Казахстан от 4 июля 2009 года № 165-IV «О поддержке использования возобновляемых источников энергии»

[2] Концепция по переходу Республики Казахстан к «зеленой экономике»,утвержденная Указом Президента Республики Казахстан от 30 мая 2013 года № 577

[3] Стратегия Развития Казахстана до 2050 года

[4] Сафонов А.П. Сборник задач по теплофикации и тепловым сетям. – М.: Энергия, 1968. – 240с.

[5] Сибикин Ю.Д. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. – 2-ое изд. – М.: Кнорус, 2017. – 240с.

Жақсылықова С.Б., Умышев Д.Р., Минажова С.А.

**Жеке тұрғын үйді жылумен қамтамасыз ету үшін күн коллекторының пайдаланылуын талдау**

**Түйіндеме.** Бұл мақалада тұрғын үйді жылыту үшін қолданылатын күн коллекторының талдау нәтижелері келтірілген. Жылумен және ыстық сумен қамтамасыз ету үшін барлық үйге қажетті жылуды есептеу жүргізілді. Сондай-ақ, жылу мен ыстық су үшін қажетті жылу мөлшерін алу үшін көмір мен электр энергиясын тұтынудың экономикалық есептемесі жүргізілді. Нәтижесінде отынның дәстүрлі түрі мен күн коллекторын қолданумен салыстырмалы экономикалық талдау жасалды.

**Түйінді сөздер:** күн коллекторы, тиімділік, күн радиациясы, салқындатқыш.

УДК 637.12.04/.07

**A. I. Matibayeva, R. B. Mukhtarkhanova, B.Sh. Jetpisbayeva,**
**H.M. Mukhit, S. Srapyl**
(Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, E-mail: matibaeva@bk.ru)

**THE STUDY OF THE COMPOSITION AND PROPERTIES OF RESTORED WHOLE MILK AS A RAW MATERIAL FOR THE PRODUCTION OF SOFT CHEESES**

**Abstract.** The article investigates the possibility of using whole milk powder in the production of soft cheeses, investigated the process of clot formation and maturation of soft cheeses. the effect of the concentration of solids in the reduced whole milk on the strength of thermal acid clots, transition of dry substances into the finished product and organoleptic properties of cheese. The optimal concentration of solids in the reduced whole milk (17+0.5) %. The increase in the concentration of dry substances in the VCM to the level of 17% leads to the formation of a dense thermo-acid gel, which allows increasing the yield of the finished product while maintaining its organoleptic characteristics.

**Key word.** milk protein, casein, whole milk restored, clot, clot syneresis.

**А.И. Матибаева, Р.Б. Мухтарханова, Б.Ш. Джетписбаева,**
**Х.М Мухит, С.Ш. Срапыл**
(Алматинский технологический университет, Алматы, Республика Казахстан
E-mail: matibaeva@bk.ru)

**ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА И СВОЙСТВ ВОССТАНОВЛЕННОГО ЦЕЛЬНОГО МОЛОКА КАК СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МЯГКИХ СЫРОВ**

**Аннотация.** Работа посвящена изучению процесса свертывания и созревания мягкого сыра из восстановленного цельного молока. возможности использования сухого цельного молока при производстве мягких сыров. В статье исследован процесс свертывания, влияние температуры кислотно-сычужного свертывания смеси на процесс формирования сгустка. При выполнении работы использованы общепринятые,

стандартные методы исследований физико-химических, микробиологических и биохимических показателей сырья и готовой продукции.

**Ключевые слова.** белок молока, казеин, востановленное цельное молоко, сгусток, синерезис сгустка**.**

**Введение.** Одним из резервов увеличения производства сыра в стране является организация массовой выработки мягких сыров. Сыры этой группы менее требовательны к качеству перерабатываемого сырья, более эффективны в производстве, имеют повышенную пищевую и биологическую ценность, многие из них *реализуются* без созревания. Производство этих сыров можно организовать на большинстве действующих молочных заводах без дополнительных вложений.

К положительной стороне сыров этой группы следует отнести более рациональное использование белков молока. В процессе их получения в продукт совместно с казеином переходит значительная часть сывороточных белков.

Помимо расширения ассортимента мягких сыров, большое внимание уделяется повышению их пищевой ценности, в первую очередь получению сыра с максимальной концентрацией всех составных частей молока. Пищевая ценность таких сыров обусловлена высоким содержанием в них молочных белков, наличием незаменимых аминокислот, витаминов, кальциевых, фосфорно-кислых и других минеральных солей [1].

Следует отметить, что одной из основных причин, сдерживающих в стране развитие производства сыра, является уменьшение объемов производства молока в целом, и его незначительные объемы поступления в зимний период.

Возможным путем нивелирования данного недостатка, может быть производство сыра из восстановленного или рекомбинированного молока.

Другим научно обоснованным направлением стабильного круглогодичного производства сыров является использование в их технологии растительных белков, жиров и развитие производства мягких сыров, являющихся более экономичными и отличающиеся разнообразиями органолептических показателей при значительной пищевой и биологической ценности.

Все это указывает на актуальность использования восстановленного молока при производстве мягких сыров.

Целью работы является исследование процесса свертывания и созревания мягкого сыра из восстановленного цельного молока.

В связи с этим, в лабораторных условиях Алматинского технологического университета проведены исследования процесса свертывания и созревания мягкого сыра из восстановленного цельного молока.

В качестве основного молочного сырья для производства мягкого сыра было выбрано восстановленное цельное молоко.

Увеличение выхода и снижение потерь является важной составной частью технологии любого продукта. При производстве сыра из молока с пониженной концентрацией сухих веществ часто возникают проблемы с образованием сгустка. Поэтому подбору оптимальной массовой доли сухих веществ в восстановленном цельном молоке уделялось в данной работе отдельное внимание.

В ходе работы сухое молоко восстанавливали с содержанием сухих веществ от 13 до 19% (таблица 1)

Таблица 1 - **Физико-химические показатели восстановленного цельного молока**

| № | Исследуемые показатели | Исследуемый вариант восстановленного цельного молока | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | №1 | №2 | №3 | №4 |
| 1 | СВ, % | 13 | 15 | 17 | 19 |
| 2 | Жир, % | 3,4 | 3,9 | 4,4 | 5,0 |
| 3 | Белок, % | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,1 |
| 4 | Лактоза,% | 5,3 | 6,1 | 7,0 | 7,8 |
| 5 | Плотность, г/см3 | 1030 | 1035 | 1039 | 1043 |
| 6 | Кислотность Титруемая, °Т | 16,2 | 16,8 | 17,2 | 17,6 |
| 7 | Активная, ед. pH | 6,67 | 6,58 | 6,46 | 6,35 |

Из таблицы 1 видно, что увеличение концентрации сухих веществ в восстановленном цельном молоке приводит к равномерному росту всех показателей. Количество белка в восстановленном цельном молоке превышает количество жира на 0,1%. Соотношение жир/белок в данном случае составляет 0,98 и не изменяется при увеличении концентрации сухих веществ молока. Это позволяет получать из данного молока продукт с содержанием жира в сухом веществе около40%.

В таблице 2 представлена органолептическая оценка четырёх вариантов восстановленного молока с концентрацией сухих веществ 13, 15, 17 и 19% (1, 2, 3 и 4 соответственно) массой по 1 кг, подвергнутых свертыванию при температуре (94±1)°С, в которых качестве коагулянта использовали водный раствор молочной кислоты концентрацией 15%.

Таблица 2 – **Органолептическая оценка четырёх вариантов восстановленного молока**

| Содержание сухих веществ, % | Характеристика сгустка |
|---|---|
| 13 | Сгусток мягкий на ощупь, без привкусов сухого молока |
| 15 | Сгусток мягкий на ощупь, с глазками, разорван, без привкусов сухого молока |
| 17 | Сгусток с гладкой поверхностью, упругий на ощупь, без глазков на продольном разрезе. |
| 19 | Сгусток с многочисленными глазками, мягкий на ощупь, с привкусом сухого молока |

Из таблицы 2 видно, что при увеличении концентрации сухих веществ в восстановленном цельном молоке происходит повышение прочности получаемых сгустков. Наиболее оптимальным количеством сухих веществ в восстановленном молоке по органолептической оценке является 17%. Так как сыр, выработанный из него, обладает такими свойствами как отсутствие посторонних привкусов и запахов, а образование плотного сгустка способствуют уменьшению потерь при формовании.

Результаты исследований по установлению влияния сухих веществ восстановленного молока на синерезис сгустка показали, что при повышении содержании сухих веществ в молоке объем сыворотки, выделившейся из сгустка, в результате синерезиса увеличивается. Влияние сухих веществ, на синерезис сычужного сгустка представлен на рисунке 1.

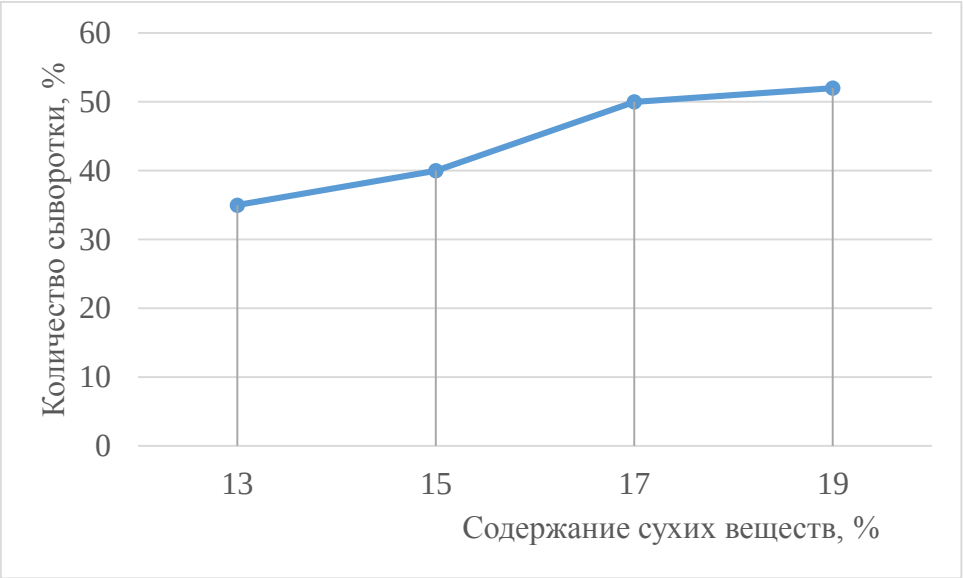



**Рис.1.** Влияние содержания сухих веществ на синеретические свойства сгустка

Степень использования сухих веществ молока в сыроделии можно интерпретировать как один из показателен сыропригодности. В действительности выход сыра зависит от трех основных факторов:

- процента жира и казеина в молоке;
- процента составных частей молока, особенно жира и казеина, потерянных при приготовлении сыра;
- количества воды в сыре.

Эти три фактора определяют выход сыра всех видов.

В дальнейшем определяли степень перехода жира в сыр в зависимости от концентрации сухих веществ в восстановленном молоке (таблица 3)

Таблица 3 - **Степень перехода жира в сыр**

| № | Жирность молока, % | Переход жира в сыр, % | МДЖ в сыворотке, % |
|---|---|---|---|
| 1 | 3,4 | 94,8±0,12 | 0,2 |
| 2 | 3,9 | 94,9±0,09 | 0,2 |
| 3 | 4,4 | 97,2±0,03 | 0,1 |
| 4 | 5,0 | 97,8±0,02 | 0,1 |

Из таблицы 3 видно, что увеличение перехода жира в сыр при использовании сырья с повышенной массовой долей сухих веществ происходит из-за того, что в сыворотке сокращается количество мелких частиц сгустка. По этой же причине в образцах ВЦМ с пониженным содержанием жира (3,4%) наблюдается уменьшение перехода жира из молока в сыр (94,8%) и увеличение его количества в сыворотке (0,2%). В образцах 3 и 4 показатели жирности в сыворотке составляет одинаковое количество 0,1%.

Хорошо известно, что процесс свертывания молока представляет собой одну из важнейших стадий производства многих молочных продуктов. Этот процесс представляет собой коагуляцию казеина и может быть вызван различными факторами. В молочной промышленности используются в основном кислотный и сычужный способы коагуляции. В частности, для производства сыров важен процесс сычужного свертывания молока, вызванный молокосвертывающими ферментами. Молоко представляет собой очень сложную систему, состоящую, грубо говоря, из трех основных подсистем: молочной сыворотки, представляющей собой раствор сывороточных белков, различных солей и лактозы в воде; коллоидного раствора казеиновых мицелл в сыворотке; эмульсии жировых шариков, взвешенных в коллоидном растворе казеина.

Объектом исследований являлось восстановленное цельное молоко с содержанием сухих веществ 17%.

Производство сыра включает два этапа – выработку свежего сыра и его созревание. Во время выработки сыра протекают важные биохимические и микробиологические процессы. К ним первую очередь следует отнести сычужное свертывание белков молока и синерезис сгустка. Они как бы предопределяют процесс созревания – от скорости свертывания козьего молока, интенсивности молочнокислого брожения и синерезиса сгустка зависят дальнейшие более глубокие изменения белков, жира и других компонентов сырной массы.

Свертывание белков молока сычужным ферментом является одним из наиболее важных процессов при выработке сыра. От скорости получения, структурно-механических и синеретических свойств сычужного сгустка зависят структура, консистенция, рисунок и другие показатели готового сыра.

Продолжительность всего процесса гелеобразования и отдельных его стадий, а также качество образующихся сгустков определяются составом и свойствами молока, бактериальной закваски, кислотностью молока, температурой свертывания.

При производстве мягких сыров в восстановленное цельное молоко вносили закваску молочнокислых бактерий из культур str. Lactis, str. cremoris, str. diacetylactis в количестве 1,5-2 %, в качестве свертывающего фермента вносили сычужный порошок в количестве 2,5 г на 100 кг смеси.

В дальнейшем в работе, было исследовано изменение титруемой и активной кислотности в процессе кислотно-сычужного свертывания смеси при разных температурах (в интервале от 25 до $40^0$C) приведены в таблице 4.

Таблица 4 - **Влияние режимов кислотно-сычужного свертывания смеси на активную и титруемую кислотность.**

| Температура свертывания смеси, $^0$C | Титруемая кислотность сгустка, $^0$T | Активная кислотность сгустка, pH |
|---|---|---|
| 25 | 81±0,5 | 4,70±0,1 |
| 30 | 87±0,5 | 4,01±0,3 |
| 35 | 79±0,5 | 4,60±0,3 |
| 40 | 69±0,5 | 4,85±0,3 |

Исследования показали, что наиболее активное нарастание величины титруемой кислотности отмечено при температуре свертывание $30^0$С. С увеличением титруемой кислотности ($87^0$Т) уменьшается активная кислотность сгустка (pH-4,01). Понижение температуры до 25 $^0$С снизило нарастание кислотности (до $81^0$Т). Увеличение температуры свертывания до 35 и $40^0$С также привело к понижению темпа нарастания кислотности. Отмеченные изменения в динамике роста титруемой кислотности связаны с влиянием температуры свертывания на развитие молочнокислых бактерий, используемых в проводимом опыте.

Таблица 5 – **Характеристика сгустка в зависимости от температуры свертывания**

| Температура свертывания смеси $^0$С | **Характеристика сгустка** |
|---|---|
| 25 | Недостаточно плотный, со слегка отделившейся сывороткой на поверхности |
| 30 | Плотный, со слегка отделившейся сывороткой на поверхности |
| 35 | Недостаточно плотный, со слегка отделившейся сывороткой на поверхности |
| 40 | Слегка рыхлый, с отделившейся сывороткой внутри сгустка |

Анализ характеристики сгустка показывает, что повышение температуры до 35-40 $^0$С отрицательно влияет на ее консистенцию. Лучшие показатели получены при температуре свертывания $30^0$С.

Сухое молоко в процессе производства неоднократно подвергается температурным воздействиям, в результате которых с ним происходят изменения, влияющие на термоустойчивость белков. В результате этих изменений при использовании высоких температур коагуляции происходит пересушивание сгустков, что и приводит к формированию в продукте несвязной крошливой консистенции.

Вкус мягких термокислотных сыров, производимых без участия заквасочной микрофлоры, в основном, зависит от консистенции готового продукта, от соотношения сухого вещества и влаги, а также от характера связей между компонентами продукта.

Поэтому перегревание сгустков, ведет и к отсутствию сырного вкуса. Так как в получаемом сыре недостаточно влаги, а денатурированные белки образуют грубую комковатую структуру, неспособную к дальнейшей перестройке.

Учитывая комплексное воздействие всех исследуемых факторов, следует отметить, что наиболее приемлемым режимом свертывания смеси, обеспечивающий получение сгустка с хорошими качественными показателями, является температура свертывания $30^0$С.

Таким образом, на основании анализа проведенных исследований было установлено для приготовления мягких сыров использовать восстановленное цельное молоко с содержанием сухих веществ в количестве 17%.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Горбатова К.К. Биохимия молока и молочных продуктов - СПб.: ГИОРД, 2003. - 320 с.

[2] Пат. 2212804 Российская Федерация, МПК и А23С 19/076 / Способ получения диетического комбинированного мягкого сыра /Остроумов Л.А., Смирнова И.А., Юрченко Н.А. и др.; заявитель и патентообладатель Кильмухаметова Ольга Ивановна. - №2000133363/13; заявл. 20.12.2000; опубл. 27.09.2003.

[3]ГОСТ 5867-90. Молоко и молочные продукты. Методы определения жира.

[4]ГОСТ 3626-73. Молоко и молочные продукты. Методы определения влаги и сухого вещества (с Изменениями N 1, 2, 3).

[5]ГОСТ 3624-92. Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности.

[6]ГОСТ 32892-2014 Молоко и молочная продукция. Метод измерения активной кислотности (с Поправкой).

[7] ГОСТ 26809-86 Молоко и молочные продукты. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу.

[8]Осинцев А.М., Брагинский В.И., Бабурчин Д.С., В.В. Рынк. Зависимость вязкоупругих свойств сычужных гелей от концентраций молочного жира и сухих веществ. Техника и технология пищевых производств. 2015. Т. 37. № 2 с53-60.

[9]Гаврилова Н.Б., Подкорытов О.Н., Рыбченко Т.В. Патент №2035874, А23С, 19/076 Способ производства мягкого сыра. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина".

Матибаева А.И., Мухтарханова Р.Б., Джетписбаева Б.Ш., Мухит Х.М, Срапыл С.Ш.

**Жұмсақ ірімшік өндіруге арналған шикізат ретінде қалпына келтірілген тұтас сүттің құрамы мен қасиеттерін зерттеу**

**Түйіндеме.** Мақалада жұмсақ ірімшіктерді өндіруде құрғақ, қаймағы алынбаған сүтті пайдалану мүмкіндігі зерттелген, жұмсақ ірімшіктердің ұйығуы мен жетілу процесі зерттелді. Қалпына келтірілген тұтас сүтте (17+0,5) % құрғақ заттардың оңтайлы концентрациясы орнатылған. ВЦМ құрғақ заттардың концентрациясының 17% деңгейіне дейін артуы тығыз термоқышқыл гелінің қалыптасуына алып келді, бұл дайын өнімнің органолептикалық көрсеткіштерін сақтай отырып шығуын арттыруға мүмкіндік берді.

УДК 51-62

**A. Kabdirova, V. Kulikova**
(M. Kozybayev North Kazakhstan State University, Petropavlovsk, Kazakhstan
E-mail: a.kabdirova@mail.ru)

## MODELING THE PROCESS OF THE EFFECTIVENESS OF ADVANCED TRAINING COURSES IN THE ASPECT OF HUMAN CAPITAL DEVELOPMENT

**Abstract.** The article is devoted to the review of mathematical models of effective organization and quality control of professional training of specialists in advanced training programs. On the basis of the input and output parameters of the system, a model for the analysis of specialists' competence assessments is presented. The model can be adapted to the creation of an automated information system capable of simulating the actions of students.

**Keywords:** mathematical model, human capital, professional development, competence, learning efficiency.

**А.А. Кабдирова, В.П. Куликова**
(Северо-Казахстанский государственный университет им. М. Козыбаева, Петропавловск, Республика Казахстан, E-mail: a.kabdirova@mail.ru)

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭФФЕКТИВНОСТИ КУРСОВ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ В АСПЕКТЕ РАЗВИТИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА

**Аннотация.** Статья посвящена обзору математических моделей эффективной организации и контроля качества профессиональной подготовки специалистов по программам повышения квалификации. На основе входных и выходных параметров системы представлена модель анализа оценок компетентности специалистов. Модель можно адаптировать к созданию автоматизированной информационной системы, способной имитировать действия обучающихся.

**Ключевые слова:** математическая модель, человеческий капитал, профессиональное развитие, компетентность, эффективность обучения.

### 1.Введение

Стремительно развивающиеся процессы Четвертой промышленной революции все более усиливают роль человеческого капитала на современном этапе мирового развития. Лауреаты Нобелевской премии Г.Беккер и Т.Шульц, в 1960-70-х годах выделили образовательную составляющую человеческого капитала, оказывающее мощное воздействие на развитие экономики. Ими обоснован тезис о том, что образование можно рассматривать как капитал, поскольку оно позволяет получить в будущем профессиональное удовлетворение на рынке труда и, соответственно, повысить доходы государства. При этом Т. Шульц относит к инвестициям в человеческий капитал не только «прямые затраты на образование в средних и высших учебных заведениях, но и самообразование, повышение опыта на работе, а также капиталовложения в сферу образования, науки и здравоохранения» [1].

Дополнительное профессиональное образование, включающее в себя переподготовку и повышение квалификации специалистов, необходимо рассматривать как вектор развития человеческого капитала, а организации, реализующие образовательные услуги для взрослых - в качестве основных производителей кадров на рынке труда. Образовательная инициатива данного процесса, в первую очередь, направлена на повышение уровня профессиональной компетентности обучающихся согласно современным тенденциям и парадигмам развития экономики страны, качеств,

необходимых и достаточных для участия в инновационной деятельности, саморазвитии, принятия управленческого решения.

По словам эксперта международного фонда ЮНЕСКО Лины Бенете, на сегодняшний день дополнительное профессиональное образование является важной частью образовательной политики многих стран ОЭСР и к 2050 году основная часть образовательных программ будет связана именно со взрослым населением [2].

Чтобы обеспечить опережающий характер развития дополнительного профессионального образования, необходимо постоянно отслеживать тенденции развития образовательных систем государства, анализировать образовательные запросы социума, исследовать данный процесс в экономическом контексте с ориентиром на качественное формирование профессиональных компетенций специалистов, прогнозировать востребованные в будущем знания, компетенции, технологии.

Результаты исследования Щедровицкого П.Г. показали, что повышение уровня профессионализма произойдет тогда, когда человек будет рефлексировать необходимые изменения своей собственной профессиональной деятельности в связи с трендами различных направлений развития человеческого капитала, в результате которых происходят радикальные изменения экономических, технических, социальных и прочих явлений [3].

По мнению Деркача А.А., высокий профессионализм человека не только яркое развитие способностей, но и глубокие и широкие знания в той области деятельности, в которой этот профессионализм проявляется, а также нестандартное владение умениями, которые необходимы для успешного выполнения этой деятельности [4].

Таким образом, задача перехода к непрерывному, в течение всей жизни, образованию, продиктованная темпами развития современной экономики, науки, информационных технологий, выдвигает проблему реорганизации и развития системы повышения квалификации и переподготовки специалистов в число первоочередных задач [5]. В первую очередь, необходимо провести структурно-системный анализ перспектив и реалий развития образования для взрослых, математических моделей процесса переподготовки и повышения квалификации с точки зрения результативности качества образовательных программ, которые, на наш взгляд, содержат в себе определенные позитивные тенденции развития.

**2. Методы**

Об интегрированности, преемственности, вариативности непрерывного обучения, концептуальных основах системы переподготовки и повышения квалификации специалистов различных сфер рассматривается в трудах как отечественных, так и зарубежных ученых.

В исследовании вопроса об эффективности процесса обучения специалистов во время курсов повышения квалификации учеными - Вальковым А.М., Пашневым А.Н. построена модель самостоятельной работы обучаемых и модель обучения по образовательной программе [6].

Моделирование самостоятельной работы осуществлено на основе макроподхода, когда внутреннее строение системы не учитывается и наблюдается лишь движение основных потоков информации (входные параметры) и конечных функций системы управления (выходная информация).

Поставленная задача при макроподходе выглядит следующим образом:

1) на основе имеющейся статистики устанавливается зависимость между входом и выходом по каждому шагу процесса обучения с учетом использования ресурса управления, подчиненного некоторому общему ограничению (время прохождения всей темы или раздела);

2) если такие зависимости установлены, тогда осуществляется оптимизация учебного процесса в соответствии с поставленными целями.

Процесс обучения представляется математической моделью:

$$I_i = \Phi(I_{i-1}, T_i),$$

где $I_i$- выход на -й стадии - зависит от $I_1$начального состояния $i$-й стадии, а также от управляющего параметра $T_i$ - времени, отводимого на прохождение $i$-й стадии.

Ограничением для времени является:

$$\sum_{i=1}^{N} T_i$$

Качество процесса при оптимизации по среднему значению характеризуется суммарным показателем:

$$I_i\left(I_0, T_1, T_2, \dots, T_N\right) = \sum_{i=1}^{N} \frac{I_i\left(I_{i-1}, T_i\right)}{T_i},$$

где $I_i = \Phi(I_{i-1}, T_i)$.

Ограничивающими условиями для $T_i$ и $I_i$ являются:

$$\sum_i T_i \le T,\ a_i \le I_i \le b_i\ ,$$

где величины $a_i$, $b_i$ являются естественными ограничениями на выходе $i$ −й стадии.

Основная идея разработанной модели - это оптимизация по времени, что влечет за собой наилучшее использование всех имеющихся возможностей управления учебным процессом.

В свою очередь, для описания процесса усвоения знаний и определения уровня обученности специалистов исследователями построена информационно-вероятностная модель.

Исходя их этих условий, обучаемый может быть описан как управляемая самообучающаяся система, осуществляющая прием, передачу, хранение и переработку усваиваемой информации. При этом под событием $Q_j$ – это процесс решения проблемной ситуации, в результате которой обучающий усваивает $A_j$ смысловую единицу знаний.

Составлена матрица для определения динамической функции обучения в виде выбора величин с соответствующими вероятностями:

$$M = \begin{pmatrix} A_1,\ A_2, \dots, A_j,\ \ A_{j+1}, \dots, A_k \\ P(A_1),\ P(A_2), \dots P\left(A_j\right),\ P\left(A_{j+1}\right), \dots P(A_k) \\ \Delta I(A_1),\ \ \Delta I(A_2), \dots \Delta I\left(A_j\right),\ \Delta I\left(A_{j+1}, \dots, \Delta I(A_k)\right) \end{pmatrix}.$$

Первая строка матрицы включает смысловые единицы на шагах $1,2, \dots, j, \dots, k\left(A_j, j = \overline{1,k}\right)$. Элементы второй строки – значения вероятности правильных действий при шагах $1,2, \dots, j, \dots, k\left(P(A_j)\right)$ при получении порций усваиваемой информации $\Delta I\left(A_j\right)$ нам шагах $j(j = \overline{1,k})$ соответственно.

Динамика процесса обучения на $i$ – м этапе усвоения знаний равна:

$$\sigma\left(A_j\right) = \frac{\Delta P_{j,j-1}(A)}{\Delta I\left(A_j\right)}.$$

По мнению авторов, знание $\Delta I\left(A_j\right)$ и $P(A_j)$, определение степени неопределенности процесса обучения (энтропия), возможности приема обучающимися определенного количества информации за единицу времени (пропускная способность канала связи) позволяет проводить общий анализ динамической функции $\sigma\left(A_j\right)$, а, следовательно, и самого процесса обучения [6].

Коршунов Г.И., Маркелова Н.В., используя методы «Логика антонимов», «Дельфи» (метод комиссий) разработали модель оценки качества подготовки специалистов контрактного производства электроники по программам повышения квалификации:

$$Q = \sum_{i=1}^{n} \varphi_i K_i.$$

При этом формулы для нахождения критериев выглядят следующим образом:

$$K_1 = \begin{Bmatrix} T_{ijl} \\ P_{ij} = H\left(T_{ijl}\right) \\ M_i = H\left(P_{ij}\right) \\ L_{ik} = H\left(M_i\right) \\ \Pi K_i = H\left(L_{ik}\right) \\ Z = H\left(\Pi K_i\right) \end{Bmatrix}$$

$$K_2' = \begin{bmatrix} R_1 \\ . \\ . \\ . \\ R_i \end{bmatrix}, \qquad K_2 = f(K_2'), \qquad K_3' = \begin{bmatrix} D_1 \\ . \\ . \\ . \\ D_j \end{bmatrix}, \qquad K_3 = f(K_3')$$

$$K_2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} R_i \times g_i}{n} \qquad K_3 = \frac{\sum_{i=1}^{n} D_j \times \omega_i}{m},$$

где Q – обобщенный критерий качества подготовки специалистов, К1 – группа критериев оценки компетентности, К2 – группа критериев оценки содержания итоговой работы и К3 – группа критериев

оценки защиты итоговой работы, $\varphi_i$ – весовые коэффициенты групп критериев, которые удовлетворяют соотношению $\sum_{i=1}^{n} \varphi_i = 1$, $g_i, \omega_i$ – весовые коэффициенты i – экспертов [7].

Предложенная исследователями модель позволяет определить обобщенный критерий качества подготовки специалистов, а также проанализировать динамику усвоения учебного материала.

Курловым А.В. разработана модель подготовки и повышения квалификации кадрового обеспечения органов государственной власти. В основу модели положены математические методы теории графов, которые имитируют основные характеристики профессиональной деятельности специалиста, показывают взаимосвязь учебного материала с практической деятельностью и позволяют вырабатывать аргументированные предложения по совершенствованию содержания подготовки государственных служащих [8].

Развитие профессиональной компетентности условно можно представить в виде следующих векторов:

1) Вектор деятельных способностей (решение стандартных и нестандартных профессиональных задач, приращение профессиональных знаний);

2) Вектор инновационного потенциала (способность к восприятию новых тенденций и реализации их в профессиональной деятельности);

3) Вектор формирования профессиональной культуры (стиль общения, принципы социально ответственного поведения, ценностных приоритетов);

4) Вектор развития трудовой профессиональной мотивации (готовность к эффективному труду, обучению, личностному развитию) [9].

В свою очередь, использование методов математического моделирования позволяет разработать инструментарий для определения уровня усвоения и эффективности процесса обучения.

**3. Результаты.**

Сравнительный анализ моделей систем дополнительного профессионального образования показал, что в современном мире не существует единой системы переподготовки и повышения квалификации специалистов разной сферы. Каждая страна, реализуя данный процесс, в числе первоочередных задач ставит вопросы эффективности человеческих ресурсов и качественной организации обучения.

Рассмотренные модели организации и контроля качества профессиональной подготовки специалистов опираются на количественные и качественные показатели с использованием математических и статистических методов. Основная идея заключается в приближении (приведение в соответствие) динамической модели изучаемого (воспринимаемого) материала, формируемой в сознании обучаемого к статической модели, построенной на основе образовательных программ переподготовки и повышения квалификации. Подобный подход предполагает выявление входных и выходных параметров, определяющих структуру и качество функционирования учебного процесса.

С учетом вышеизложенного предложена математическая модель, доминирующей позицией которой является предметный контекст профессиональной деятельности.

Систему можно представить в следующем виде:

$$S = < M_a, M_b, P_0\ (M_a, M_b) >,$$

где $M_a$- подмодель, определяющая поведение системы (принцип «черный ящик»);

$M_b$- это подмодель, определяющая структуру системы, при её внутреннем рассмотрении;

$P_0\ (M_a, M_b)$ - предикат целостности, определяющий назначение системы.

Подмодель $M_a$ может быть представлена в виде:

$M_a = < x, y, z, f, g >$,

где $x = x(t)$ – входной сигнал,

$y = y(t)$ – выходной сигнал,

$z = z(t)$ – переменная состояний подмодели,

$f, g$ – уравнения системы, задающие текущие значения выходного сигнала y(t) и внутреннего состояния z(t).

$$y(t) = g\big(z(t), x(t)\big),$$

$z(t) = f\big(z(t_0), x\ (\tau)\big)$, где $\tau \in [t_0, t]$.

Определение критериев и параметров модели можно рассматривать в следующих позициях:

– Приглашение (обращение) от n до N слушателей (специалистов).

– Образование групп в количестве от k до K человек.

– Различие групп по уровню подготовки от u до U.

– Деление содержания курсов на модули (этапы) в количестве от l до L.

–Длительность этапов курса в интервале от t до T.

–Привлечение тьюторов (тренеров) в количестве от m до M.

Предполагаемая система должна решить задачу оптимальной дозировки подачи материала для усвоения слушателем курсов (в зависимости от его уровня), целенаправленное или систематическое формирование общих и профессиональных компетенций. В ней могут быть заложены модели специалиста, например: «профессионал - A», «мастер – A-», «исследователь - B» и «новичок - C», а также базы данных и компетенций какой-либо профессиональной области [10].

Таким образом, учитывая современные тенденции развития человеческого капитала, предложенную модель можно адаптировать к созданию автоматизированной информационной системы, способной имитировать действия обучающихся при определении уровня усвоения предлагаемого материала, определять рентабельность курсов переподготовки и повышения квалификации с точки зрения экономического аспекта.

**4. Обсуждение**

Согласно взглядам представителей теории человеческого капитала (А. Смита, Г. Беккер, Дж. Минсер, Т. Шульц и др.), аккумулированные профессиональные компетенции специалистов являются особой формой капитала, приумножение которого одинаково целесообразно как для работника, так и в целом для организации. Одной из особенности мотивационного потенциала, будут являться результаты накопленной профессиональной компетентности, которые отражаются на производительности труда и увеличивают финансовую прибыль всей организации. Такая тенденция к накоплению профессиональной компетентности со стороны персонала стимулирует в получении нового запаса знаний, навыков и мотиваций, для того чтобы его можно было эффективно применить [12].

Рассмотренный комплекс математических моделей выступает в качестве наглядно-выраженных и мысленно представляемых отправных систем образовательного действия: обучение, исследование, анализ и синтез. Сложность моделирования заключается в том, что человек сам является моделирующим объектом [13]. Потому при моделировании эффективности учебного процесса приходится оперировать с двумя моделями: статической и динамической. На основе базисных знаний обучение, таким образом, в формальном плане сводится к приближению динамической модели, создаваемой в мышлении обучаемого, к статической модели, находящейся в основе изучаемого материала.

С опорой на данные методы могут быть построены: концептуальные траектории обучения в образовательных программах, общие принципы разработки электронных образовательных ресурсов и шаблоны их интерфейсов требования к полноте и целостности образовательных ресурсов, механизмы и инструменты оценки результативности курсов повышения квалификации.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Shultz T. Investment in Human Capital. - N.Y.; London, 1971 - P.26-28.

[2] Альбекова А. Рынок неформального образования процветает в тени. – 2018. URL: https://inbusiness.kz/ru/news/rynok-neformalnogo-obrazovaniya-procvetaet-v-teni

[3] Хафизова Н.Ю., Екимова Н.В., Быкова И.Б. Рост уровня профессионализма педагога посредством неформального повышения квалификации в условиях информационно-образовательной среды // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – №5.; URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=27076

[4] Меняев М.Ф., Кузьминов А.С. Методы оценки эффективности повышения квалификации кадров// Известия высших учебных заведений. – 2011. - №6. - С.58-65.

[5] Arhipov A. I., Shackaja I. V. Professional'nye kadry dlia modernizacii ekonomiki: obrazovatel'ny aspect [Professional Staff to Modernize the Economy: the Educational Aspect]. Moscow, IE RAS, 2012. 211 p.

[6] Вальваков А.М., Пашнев А.М. Моделирование учебного процесса в системе повышения квалификации и переподготовки специалистов// Известия института инженерной физики. - 2009. - №4. - С.72-76.

[7] Маркелова Н.В., Коршунов Г.И. Оценка качества подготовки специалистов контрактного производства электроники по программам повышения квалификации // Современные проблемы науки и образования. - 2014. - №2; URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=12357

[8] Курлов А.В., Удахина И.С. Математическая модель подготовки специалиста в инновационной области // Формирование электронной культуры в процессе непрерывного образования: проблемы и перспективы: сб. науч. трудов участников ежегодной международной междисциплинарной конференции. - 2016. - С. 169 - 172.

[9] I.Korshunov, O.Gaponova Lifelong Learning in the Context of Economic Development and Government Effectiveness// Voprosy obrazovaniya / Educational Studies Moscow. 2017. No 4. P. 36–59.

[10] Ключарев Г.А., Диденко Д.В., Латов Ю.В., Латова Н.В. Непрерывное образование – стимул человеческого развития и фактор социально-экономических неравенств / Под общей редакцией д.соц.н., к.э.н. Ю. В. Латова. М.: ЦСПиМ, 2014. – 433 с.

[11] Можаева Г.В. Об адаптации европейской модели качества образования CQAF для сферы ДПО // Дополнительное профессиональное образование в стране и мире. – 2014. - №1(1). – С.28-30.

[12] Ключарев Г.А., Шереги Ф.Э., Чурсина А.В. Об эффективности непрерывного образования в наукоемких производствах // Вестник института социологии. – 2016. - №4(19). – С.75-94.

[13] Pakes A., Ericson R. Empirical Implications of alternative models of firms dynamics. Journal of Economic Theory, 1998, no 79, pp. 1−45.

[14] Аюпов Р.Г. Развитие профессиональной компетентности как фактор повышения уровня мотивации персонала // Актуальные вопросы экономических наук: материалы II Международной научной конференции. – Уфа, РФ. - 2013. - С. 85-87. URL https://moluch.ru/conf/econ/archive/76/3738/

[15] Diebolt C., Hippe R. The long-run impact of human capital on innovation and economic development in the regions of Europe, Applied Economics. - 2018. - P.542-563 // https://doi.org/10.1080/00036846.2018.1495820

Кабдирова А.А., Куликова В.П.

**Адами капиталды дамыту аспектілері бойынша мамандардың біліктілікті арттыру курстарының тиімділік үдерісін модельдеу**

**Аңдатпа.** Мақала біліктілік арттыру бағдарламалары бойынша мамандарды кәсіби дайындау сапасын бақылау және тиімді ұйымдастырудың математикалық модельіне шолу жасауға араналған. Жүйенің кіріс және шығыс параметрлерінің негізінде мамандардың құзыреттілігін бағалауға арналған модель ұсынылған. Модельді студенттердің әрекеттерін модельдеуге қабілетті автоматтандырылған ақпараттық жүйесін құруға бейімдеуге болады.

**Түйінді сөздер:** математикалық модель, адами капитал, кәсіби даму, құзыреттілік, оқу тиімділігі.

УДК 621.396.93:614.8

**[1]Z.D. Manbetova, [2]K.S. Chezhimbayeva, [3]Z.S.Abdimuratov**

([1]Almaty University of Energy and Communications, Almaty, the Republic of Kazakhstan
E-mail: zmanbetova@inbox.ru)

**INFLUENCE OF ELECTROMAGNETIC RADIATION OF MOBILE PHONES ON HUMAN HEALTH**

**Abstract.** Actual questions concerning the problem of the electromagnetic safety are discussed in the article. The problem is the potential risk to human health effects of electromagnetic fields (EMF) generated by cellular communication. Hygienic characteristics of individual elements of the cellular communication system is presented. An overview of the scientific data (domestic and international) on the impact of radiation cellular systems on human health and ways to prevent possible adverse effects of EMF is given. The factors influencing on the magnitude of the electromagnetic field produced by mobile components are shown. The high importance of correct scientific assessment of the impact on health EMF-elements of cellular communication for scientific study and revision of sanitary-epidemiological rules and norms

**Key words:** cellular communication, electromagnetic field, base stations, biological action, human health

**[1]Ж.Д.Манбетова, [2]К.С.Чежимбаева, [3]Ж.С.Абдимуратов**

([1]Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қаласы, Казахстан Республикасы
E-mail: zmanbetova@inbox.ru)

**МОБИЛЬДІ ТЕЛЕФОНДАРДЫҢ ЭЛЕКТРОМАГНИТТІ СӘУЛЕСІНІҢ АДАМ ДЕНСАУЛЫҒЫНА ӘСЕРІ**

**Аңдатпа.** Мақалада мобильді байланыспен жасалған электромагниті өрістердің (ЭМӨ) адамның денсаулығына потенциалды әсері – электромагнитті қауіпсіздікке байланысты, жағдайдың өзекті мәселесі қарастырылады. Мобильді байланыс жүйесінің жеке элементерінің гигиеналық сипаттамасы ұсынылады. Әдебиттерге шолу жасау негізінде ғылыми мәліметтерде (отандық және халықаралық) адамның денсаулығына мобильді байланыс жүйесінің сәулеленуінің әсері және ЭМӨ қолайсыз әсер ету мүмкіндік жолдарын алдын ала хабарлау туралы келтірілген. Мобильді байланыс компоненттерімен құрылатын электромагниті өрістің шамасына әсер ететін факторлар келтірілген. Денсаулыққа мобильді байланыстың ЭМӨ элементерінің әсерін нақты ғылыми бағалаудың жоғары маңыздылығы талқыланады. Ұялы байланыстың ЭМӨ элементтерінің әсерін санитарлы-эпидемиологиялық ережелер мен талаптардың шекті жағдайын ғылыми негіздеу үшін нақты ғылыми бағалаудың жоғарғы маңыздылығы талқыланады.

**Түйін сөздер:** ұялы байланыс; электромагнитті өріс; базалық станциялар, биологиялық әсер, адамның денсаулығы.

Электромагниті өрістер (ЭМӨ), осы өрісті құрайтын электромагнитті сәулелену көздері ертеден белгілі. Себебі, 1926 жылы академик Вернадскийдің айтуы бойынша біздің жан жағымызды, біздің өзімізді, барлық жерді үздіксіз әр кезде араласып, соқтығысып, сәйкестеніп жүретін әр түрлі ұзындықтағы толқындар қоршайды. Қаншама жылдар өтседе, адамның күнделікті өмірінде электромагнитті сәулеленудің көптеген көздері пайда болып, бүгінгі күнде оның айтқандарының мағынасы жоғалмады [1].

Соңғы жылдары мобильді байланыс құралының кең ауқымда қолданылуы электромагнитті байланыс өрістерінің таралуына алып келді. Бүгінгі күнде адамды мобильді байланыс телефонынсыз елестету мүмкін емес, кейде адамдар бір емес, бірнеше телефонды қолданыпта жатады. Мобильді телефондарды тек ересектер ғана емес, сонымен қатар балаларда қолданады.

Электромагнитті сәулеленуді көру, сезіну, есту мүмкін емес, бірақ ол бар. Бұл 16,1 % -космостық сәулелерден, 21,9 % - жерден шыққан гамма-сәулеленуінен, 19,5 % - ішкі сәуле шығару көздерінен(қоршаған ортадан тірі организмдердің радионуклеид микромөлшерін алуы әсерінен), 42,5 % - радон және торон сәулеленуінен тұратын табиғи радиациялық фон [2].

Адам өмірінде электромагнитті сәулелердің ролі аса зор. Қазіргі кезде электромагниті сәулеленудің жоғары биологиялық активтілігі орнатылған факт болып табылады, оның тірі тіршілік көзіне, адамның организміне кері әсері сөзсіз түсінікті. Жоғары жиіліктегі электромагниті сәулелер адам организміне кері әсер тигізеді: жұмыс жасау қабілеті төмендейді, ақыл ойы, қабылдау назары төмендеп, онкологиялық және жүрек ауруларының пайда болу қауіпі жоғарылап, еркектердің потенциясы мен иммунитеті төмендеп, генетикалық эффектіге әкеліп соқтыруы мүмкін [3].

Қазіргі кезде электромагнитті толқындарды төмен жиілікті(ТЖ 30 тен 300 кГц дейін), орта жиілікті(ОЖ 300 кГц тен 3 МГц дейін) және жоғары жиілікті (ЖЖ 3 ден 30 МГц дейін) деп бөледі. Өз кезегінде төмен жиіліктегі электромагнитті толқындар аса төмен, аса жоғары төмен, инфратөмен, өте төмен және төмен жиілікті болып бөлінеді. Жоғары жиілікті электромагнитті толқындар жоғары, өте жоғары, ультражоғары, аса жоғары, аса артық жоғары, гипер жоғары болып бөлінеді. Сәйкесінше, электромагнитті толқындар толқын диапазонының ұзындығына қарай: декаметрлік, мегаметрлік, гектаметрлік, мерпаметрлік, киломертлік, метрлік, миллиметрлік, децимиллиметрлік болып бөлінеді. Электромагнитті өріспен туатын электромагнитті сәулеленудің күшті биологиялық әсері бар.

1960–1970 – ші жылдары Кеңес үкіметі кезінде «Электромагнитті өрістен халықты қорғау» мақсатында санитарлық нормалар мен ережелер әзірленген. Адамның организмі әрқашан электромагнитті өрістен әсер алады. Қазіргі заманның ұялы байланысы, яғни мобильді телефондар 450 МГц тен 1,9 ГГц –ке дейін жұмыс жасайды. Әлемде мобильді байланысты пайдаланатын миллиард адам және ретапеляциялық станцияда жұмыс жасайтын мыңдаған жұмыскер бар.

Әлемдік стандартқа сәйкес электромагнитті өрістің энергиясын бір секундтағы меншікті жұту коэффициентін өлшеу үшін – SAR (меншікті жұту коэффициенті) еңгізілген, Еуропада сәулеленідің шекті мәні 2 Вт/кг құрайды. Қазақстанда электромагнитті өрістің интенсивтілігін өлшеу Вт/см$^2$ анықталады.

Пайдаланушының қаншалықты жоғары жиілікті сәуле (ЖЖС) қабылдағанын бағалау үшін барлық жерде арнайы жұтылу коэффициенті (SAR – Specific Absorption Ratio) қолданылады. ЖЖС арқылы алынған сәулеленуді екі фактормен: сәуле шығару қуаты мен сәуле қабылдау уақыты(сөйлему уақытымен) анықтауға болады. «Қуатты» факторды бағалау үшін, мобильді телефоннан шығатын сәуленің бағыты мен қуатын есептейтін арнайы нормативті коэффициент SAR еңгізілген.

Радиосигналдың жұтылу интенсивтілігін анықтайтын SAR коэффициенті биологиялық объекті болып табылады және жұтылу дәрежесі қуаттың массаға қатынасының интегралды көрсеткіші болып табылады. Өлшеу сәуле шығарудың максималды қуаты кезінде жүргізіледі. Жанама түрде SAR коэффициенті электромагнитті сәулені жұту эффектісі негізінде матаның ішкі қызуының нәтижесінде сипатталады. Яғни, мобильді телефон ЖЖС-сигналын шығарады, бұл сигнал объектімен (матамен) жұтылады, бұл өз кезегінде объектінің ішкі температурасының жоғарылауына алып келеді. Неғұрлым SAR жоғары болған сайын, солғұрлым қыздыру жылдам жүреді. Мобильді телефоннан сәуле шығарудың нәтижесінде тек организмнің ішкі температурасы ғана артып қоймай, бірнеше резонансты құбылыстар орын алады. Мобильді телефонның сәуле шығару деңгейі неғұрлым жоғары болса, солғұрлым SAR коэффициенті жоғары болады, яғни әр бір ұялы телефон өзінше сигнал сәулесін шығарады. Бұл әр түрлі SAR коэффициентімен анықталады.

Ең қызығы Қазақстанда SAR коэффициенті әліде мобильді телефонды қолдану үшін рұқсат етілген санитарлық норма ретінде қабылданбаған. Біздің ғалымдардың ұялы телефонның сәуле шығару дәрежесі туралы өз ойлары бар. Барлық телефондар сатылар алдында сәйкес тестілеуден өтеді.

Европадағы нормативтерге жүгінетін болсақ SAR 2 Вт/кг (2мВт/г) аз болмауы керек, ал АҚШ та – 1.6 Вт/кг (1.6мВТ/г) аз болмауы керек. Американдық нормалар интегралды, абсалютті жағынан қауіпсіз. Сондықтан американдық телефон радиожиілікті сәулелену жағынан аса қауіпсіз болып келеді [4].

Ұялы телефонның зияны мен қауіпсіздігі туралы нақты айғақтар жоқ, алайда басқа жағынан мобильді телефоннан алған сәулеленудің нәтижелері көп. Мобильді телефон зиян ба деген сұраққа бір ғана жауап бар- әрине, зиян.

Мобильді желілер - ұялы байланыс және мобильді интернет – соңғы жылдары бірге қолданылатын болды. Ұялы телефонның негізі болып электромагнитті сәулелену болып табылады. Ұялы байланыстың негізгі желісі базалық станция (БС) және мобильді станция (МС), оның ішінде мобильді телефондар, планшентті компьютерлер, мобильді интернеттің модемы болып табылады. Базалық станция өз зонасындағы мобильді станцияға қызмет көрсетеді. Мобильді байланыстың базалық станциялары 450 ден 3000 МГц-ке дейінгі жиілікті диапазонда тұрақты және тәулік бойы халықты сәулелендіреді [5]. Көп жағдайда бір объектіде (мұнара, ғимарат) БС өзінің бірнеше мобильді операторын орналастырады. Орналастыру мен пайдалану талаптары БС қадағаланады [6].

Ю.Г. Григорьевтың ойынша электромагнитті сәуле шығару орталықтарының үздіксіз көбеюі адам денсаулығына потенциалды әсерін тигізеді. Халық үшін иондалатын және иондалмайтын сәулелердің қауіптілігі Ю.А. Холодов (1998) және Ю.Г. Григорьевтың (2012) еңбектерінде келтіріген, яғни МС – да ЭМӨ-ді кеңінен қолдану потенциалды түрде қауіпті болып табылады. Ал, өңделмеген санитарлы-эпидемиологиялық ережелер мен нормалардың нәтижесінде, яғни иондалмаған сәуле шығару бойынша қауіпсіздік критериі сақталмауы, проблеманы одан әрі ушықтыруда [7].

М.Г. Шандалы академигінің ойынша (1998), техниканы еңгізбес бұрын халық үшін қауіпсіздік критерийлері жасалып, яғни техника-экономикалық критерийге қарағанда медико-биологиялық критерий басым болуы шарт [8]. Алайда, тәжірибе жүзінде денсалықты сақтау жүйесінің базалық принципі еңгізілген техникалық шешімдерден қалып қоюда. Бұл факт санитарлы-эпидемиологиялық ережелер мен нормаларды өңдеуге жеткізіп және адамның денсаулығына ұялы байланыстың электромагнитті өрісінің әсерін нақты ғылыми түрде бағалап, оны ғылыми түрде негіздеудің жоғары маңыздылығын анықтайды.

Ұялы байланыстың әсерінен туатын электромагнитті өрістің нәтижесінде адам ағзасында ісіну үрдісінің бастамасын тудыратын, ДНК -ға кесірі тиетін процесстерге еш қатысы жоқ деседе, көптеген зерттеулер оны керісінше дәлелдеуде. Интернационалды мультицентрлі зерттеулер нәтижесінде (Австралия, Канада, Франция, Израиль және Жаңа Зеландия), ұялы телефонды ұзақ қолданғандар арасында глиом (553 глиома (1762 – сынақ)) мен менингит (676 менингит (1911 – сынақ)) ауруларының туу анықталған [9]. Мобильді телефонды балалардың жиі пайдалануы, ЭМӨ мидың аумағына күнделікті әсер етуі болашақ ұрпақтың денсаулық жағдайының төмендеуіне алып келеді [10]. Бірнеше жыл бұрын мобильді телефонды ұзақ мерзімді пайдаланудың нәтижесінде қатерлі ісіктің пайда болу жағдайы жайында дискуссия қозғалған болатын.

Қатерлі ісікті зерттеу бойынша халықаралық агенттіктің (IARC) қорытындысы бойынша бұл сұрақ бойынша нүкте қойылды: 2011 жылғы IARC, ДЖДСҰ мәліметіне сүйенсек, радиожиілікті өріс адамдар үшін 2В қауіпті класс ретіндегі канцероген болып табылады [11,12]. ДЖДСҰ осы жағдай бойынша өзінің позициясын анықтады:«Осыған байланысты мобильді телефонды пайдаланушылардың денсаулығына оның потенциалды әсерін зерттеп, түсініп және бақылау керек» [13]. Енді ғалымдардың алдындағы үлкен мақсат – мобильді байланысты активті түрде қолданушылар мен халық үшін қауіп дәрежесін анықтау. ДЖДСҰ-ның ойынша денсаулық сақтау аумағында әлеуметтік-экономикалық саясаттың стратегиясын өңдеп жасауда ескерту принципін еңгізу қажет. Бұл мобильді желілердің қауіптілігін бағалаған жөн екенін білдіреді. Коммуникациялық технологияның дамыту тенденциясын сақтау кезінде, халық ұзақ әсер ететін ЭМӨ-тің аясында өмір сүруіне тура келеді. Осыған байланысты мүмкін болатын қауіптің алдын алу өзекті мәселе болып табылады. Бұған қоса халық үшін ЭМӨ-тің қауіпті әсерін бағалау жеткіліксіз, адамның миына ЭМӨ-тің ұзақ мерзімді әсер ететіні туралы ғылыми негіздемеде жоқ [14]. БС мен МС - ның ЭМӨ не биологиялық реакцияның қандай жағдайында патологияның болуы, әліде ашық сұрақ болып қала береді. Ю.Г. Григорьевтің (2008) айтуынша, мүмкін болатын жеке эффектілердің критерийлерін құру үшін, осы бағыттағы ғылыми зерттеулерді жүргізу керек. Бүгінгі күнде мобильді байланысты пайдаланушылар мен халықтың денсаулығындағы кінәраттың алдын алу мақсатында мұндай зерттеулер үшін көп уақыт қажет болуы мүмкін.

Қазіргі уақытта әкімшілік, құқықтық, техникалық, экономикалық және басқада аспектілерден тұратын шаралар комплексі талқыланып, өңделуде. Мәселен, «сезімтал» орындарды(мектеп, больница,

балабақша және т.б.) БС арылту және БС оларға 500 м жақын орналастырмау мәселесі талқылануда. Басқада қоғамдық ғимараттарда – антенна орналасқан биіктікті арттыру қарастырылуда. БС-ның рационалды емес орналасуы, электромагнитті сәуле шығарудың интенсивтілігін және құрылғының орташа сәуле шығару қуатын арттырады, ал бұл өз кезегінде халықтың жағдайына потенциалды кесірін тигізеді.

Аумақтық және жалпы әлемдік тенденцияны ескеретін болсақ, белгілі бір территорияда БС санының артуы ЭМӨ әсерінен интенсивті сәулеленуіне алып келеді. Оған қоса БС-ның таратқыштарының қуаты 10Вт-тан аспауы қажет. БС – ның дұрыс орнатылған антеннасы кезінде (тұрғын объектілерінен қажетті биіктікте орнатылса), ЭМӨ интенсивтілігі селитебті территорияда қажетті шекті мәннен аспайды [14]. Гигиеналық ЭМӨ маңызды мәндері БС-ның маңайында немесе балкондар мен ғимараттың жоғарғы қабаттарында байқалуы мүмкін.

Мобильді станцияның (ұялы телефон мен мобильді интернет) ЭМӨ қуаты БС байланыс сапасымен анықталады. Қазіргі заман талабына сай МС-ның шығатын қуатын автоматты реттелетін жүйесі болады, ол минималды қажетті қуат кезінде сапалы байланысты қамтамассыз ете алады. Жабық бөлмелерде , әсіресе жер асты ғимараттарында, метроларда, машинаның салонында сәулелену қуаты артады. МС-ның пайдалану қуаты мұндай жағдайда бірнеше есе 100 мкВт/см$^2$ жоғары болады, яғни гигиеналық нормативтен жоғары. Себебі, БС дан алыс тұрмайтын мектеп жасындағы оқушыларда брадикардия, синустық аритмия, жүрек ритмінің өзгеруін байқалған [14]. Сонымен қатар аналогты өзгерісті УЖЖ – аппаратурамен жұмыс жасайтын персоналда да байқаған. Оған қоса БС 1 км жерде тұратын МС пайдаланушы – оқушыларда, қалқан бездерінің өскені мен гипотирезаның субклиникалық формасы байқалған. Жоғарыда айтылғанның негізінде тұтынушыдан жақында емес, алыста емес, яғни рационалды орналасқан базалық станциолардың санының көп болуына қарай МС тұтынушылары сәулені аз қабылдайды, БС неғұрлым алыс орналасса, соғұрлым сәуле қабылдау мүмкіншілігі жоғары болады. Сондықтан тұтынушылар сәйкес қажетті территорияда жеткілікті БС-сы бар мобильді операторды таңдауы керек.

Әрине, БС-сы аз орналасқан аумақта өмір сүру электромагнитті сәулелердің жаңа техникалық шешімдерді екі позиция бойынша қабылдаған дұрыс: биологиялық қауіпсіздігі мен социалды пайдалылығы. Электромагнитті сәулелерді өзінің техникалық шешімінде қолданатын мобильді байланыс және мобильді интернет – технологиясы коммуникацияны дамыту сферасында әлеуметтік маңызы бар жүйе[15].

**Қорытынды**

Қазіргі заман талабына сай коммуникациядан бас тартпай, мобильді байланыстың адам ағзасына келтіретін зиянын азайту – зерттеудің өзекті мәселесі болып табылады. Кейде, өзіміз байқамайтын, бізді қорғап жатқан қауіпсіз заттардың біздің денсаулығымызға үлкен қауіп тудыратынын аңғармаймыз да, «зиянсыз» деп жүрген мобильді телефонның жасырған сырын әліде зерттеу қажет сияқты.

ӘДЕБИЕТ

[1] Григорьев О.А., Меркулов А.В., Григорьев К.А. Электромагнитные поля базовых станций подвижной радиосвязи и экология. Характеристика и оценка электромагнитной обстановки вокруг базовых станций подвижной радио- связи. // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2005. – Т. 45, № 6. – С. 722–725.

[2] Григорьев Ю.Г. Дети в группе риска при оценке опасности ЭМП мобильной связи (прогноз здоровья настоящего и будущего поколений) // Вестник Калужского университета. – 2008. – № 4. – С. 21–26.

[3] Григорьев Ю.Г. Сравнительные оценки опасности ионизирующих и неионизирующих электромагнитных излучений // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2012. – Т.52, № 2. – С. 215.

[4] Григорьев Ю.Г., Григорьев К.А. Электромагнитные поля базовых станций подвижной радиосвязи и экология. Оценка опасности электромагнитных полей базовых станций для населения и биоэкосистем // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2005. – Т. 45, № 6. – С. 726–731.

[5] Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А. Иванов А.А., Лягинская А.М., Меркулов А.В., Степанов В.С., Шагина Н.Б. Аутоиммунные процессы после пролонгированного воздействия электромагнитных полей малой интенсивности (результаты эксперимента): Сообщение 1. Мобильная связь и изменение электромагнитной среды обитания населения. Необходимость дополнительного обоснования существующих гигиенических стандартов. Радиационная биология. Радиоэкология. – 2010. – Т.50. – № 1.

[6] Ермаков И.В. О контроле за работой базовых станций сотовой связи в Новгородской области // Материалы X съезда гиг. и сан. врачей. – М., 2007. – Кн.2. – С. 161–162.

[7] Ипатов В.П. Системы мобильной связи: учебное пособие для вузов / В.П. Ипатов, В.К. Орлов, И.М. Самойлов, В.Н. Смирнов; под ред. В.П. Ипатова. – М.: Горячая линия – Телеком, 2003. – 272 с., ISBN 5-93517-137-6

[8] Кирюшин В.Г., Маслов О.Н. Параметры безопасности систем сотовой связи стандарта GSM по электромагнитному фактору // Электросвязь. – 1997. – № 10. – С. 26–27, 30–32.

[9] Регионы-2012: развитие мобильной связи / ТАСС- Телеком, 2013. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.tasstelecom.ru (дата обращения: 19.11.13).

[10] Рубцова Н.Б., Перов С.Ю., Богачева Е.В. Информационные технологии как источник неблагоприятного воздействия на человека электромагнитных полей. Классификация // Безопасность в техносфере.– 2012.– № 2, – С. 25–29.

[11] Шандала М.Г. Принципы контроля источников электромагнитных полей в окружающей среде // Электромагнитные поля. Биологическое действие и гигиеническое нормирование: материалы Международного Совещания. – М., 1998. – С. 71–77.

[12] Электромагнитные поля и общественное здравоохранение: мобильные телефоны [Электронный ресурс]: Информационный бюллетень ВОЗ, 2011, № 193. – Режим доступа: http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs193/ru/ index.html (дата обращения: 05.01.13).

[13] Baan R., Grosse Y., Lauby-Secretan B., El Ghissassi F., Bouvard V., Benbrahim-Tallaa L., Guha N., Islami F., Gali-chet L., Straif K. & WHO International Agency for Research on Cancer Monograph Working Group 2011, Carcinogenicity of radiofrequency electromagnetic fields, Lancet Oncol, vol. 12, no. 7, pp. 624–626.

[14] Cardis E., Armstrong B.K., Bowman J.D. et al. Risk of brain tumours in relation to estimated RF dose from mobile phones: results from five INTERPHONE countries. Occupational and Environmental Medicine, 2011;68:631–640.

[15] IARC classifies radiofrequency electromagnetic fields as possibly carcinogenic to human. World Health Organization press release № 208. International Agency for Research on Cancer. 2011-05-31. – URL: http://www.iarc.fr/en/media-centre/ pr/2011/pdfs/pr208_E.pdf (accessed: 05 December 2013).

Манбетова Ж.Д., Чежимбаева К.С., Абдимуратов Ж.С.

**Влияние электромагнитного излучения мобильных телефонов на здоровье человека**

**Резюме.** В статье рассматриваются актуальные вопросы, касающиеся проблемы электромагнитной безопасности – потенциальному риску для здоровья человека воздействия электромагнитных полей (ЭМП), генерируемых сотовой связью. Представлена гигиеническая характеристика отдельных элементов системы сотовой связи. Приведен обзор научных данных (отечественных и международных) о влиянии излучений систем сотовой связи на здоровье человека и пути предупреждения возможного неблагоприятного влияния ЭМП. Показаны факторы, влияющие на величину электромагнитного поля, создаваемого компонентами мобильной связи. Обсуждается высокая важность корректной научной оценки влияния на здоровье ЭМП элементов сотовой связи для научного обоснования и доработки санитарно-эпидемиологических правил и норм.

**Ключевые слова**: сотовая связь, электромагнитное поле, базовые станции, биологическое действие, здоровье человека.

УДК 519.237.8

**[1,2]F.U. Malikova, [1]A.B. Zharylkassynova**

([1]KazNU named after Al-Farabi, [2]Almaty University of Energy and Communications, Almaty, Kazakhstan
E-mail: feruza-malikova@mail.ru, a.b.zharylkassynova@gmail.com)

**DEVELOPMENT OF MODELS AND METHODS OF DATA PRESENTATION AND PROCESSING IN THE INFORMATION SYSTEM OF QUESTIONNAIR**

**Abstract.** The automated system of consumers monitoring for an institute of high education is discussed in the article. The article contains mathematical modeling results of the system and a methodic of data analyzing based on analytic hierarchy process.

**Key words:** consumers monitoring, pooling system, data analyzing, analytic hierarchy process.

**[1,2]Ф.Ө. Маликова, [1]А.Б. Жарылқасынова**

([1]Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, [2]Алматы Энергетика және Байланыс Университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы)
E-mail: feruza-malikova@mail.ru, a.b.zharylkassynova@gmail.com)

**САУАЛНАМАНЫҢ АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕСІНДЕ ДЕРЕКТЕРДІ ҰСЫНУ ЖӘНЕ ӨҢДЕУ МОДЕЛЬДЕРІ МЕН ӘДІСТЕРІН ӘЗІРЛЕУ**

**Аңдатпа.** Тұтынушылар мониторингі қызметінің электронды сауалнамасының жоғары оқу орнының автоматтандырылған жүйесі талқылануда. Иерархияларды талдау әдісін пайдалана отырып, жүйені математикалық модельдеу нәтижелері және деректерді талдау әдістемесі келтіріледі.

**Түйін сөздер:** тұтынушы мониторингі, сауалнама жүйесі, деректерді талдау, иерархияны талдау әдісі.

**Кіріспе**

Сауалнама респонденттердің әлеуметтік, психологиялық, экономикалық, педагогикалық және басқа да зерттеулердегі пікірлерін есепке алудың негізгі нысандарының бірі болып табылады. Зерттеу түріне қарамастан, сауалнама жүргізу процесін шартты түрде төрт кезеңге бөлуге болады: сауалнама дайындау, сауалнама жүргізу (деректер жинау), жиналған деректерді өңдеу, сауалнама нәтижелері туралы қорытындылар қалыптастыру және олардың негізінде басқарушы шешімдер қабылдау.

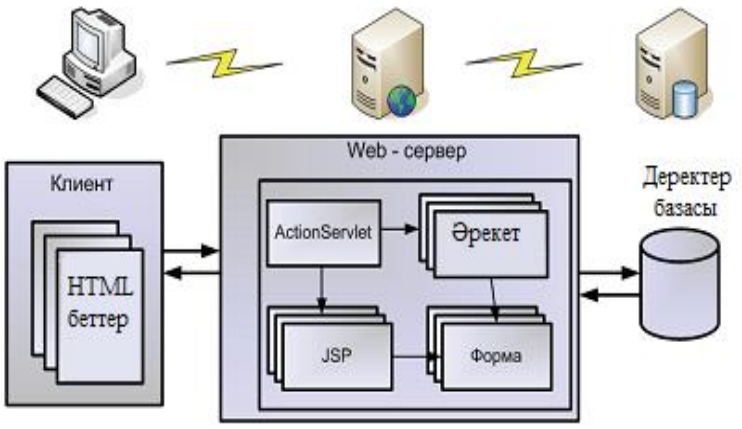
**1. Жүйеге қойылатын талаптарды анықтау**

Заманауи ақпараттық технологияларды қолдану сауалнама процесінің тиімділігін айтарлықтай арттыруға мүмкіндік береді. Сондықтан Пенза мемлекеттік университеті ұсынатын білім беру қызметтерінің сапасын мониторингілеу жүйесін құру кезінде корпоративтік компьютерлік желі құралдарымен сауалнама жүргізу процесін автоматтандыру туралы шешім қабылданды. Бұл ретте электрондық сауалнама жүйесіне қойылатын талаптар келесі түрде жасалды. Электрондық сауалнама жүйесінің ақпараттық ресурстары университеттің барлық аумағында қолжетімді болуы, электрондық сауалнама жүргізу және нәтижелерді қашықтан қол жеткізу режимінде қарау мүмкіндігін ұсыну қажет. Жүйе жүйенің ресурстарына қолжетімділікті динамикалық басқаруды, сауалнамаларды редакциялаудың, электрондық сауалнаманың, деректерді жедел және зияткерлік талдаудың бір уақытта іске асырылатын бірнеше процестерін қамтамасыз етуі тиіс. Сауалнама жүйесінде пайдалану кезінде оның функционалдық мүмкіндіктерін кеңейту көзделуі тиіс.

Басымдықтар қатарына деректер базасында (ДБ) жүргізілген сауалнамалар нәтижелерін тіркеу, жедел талдау жүргізу, сауалнамадан өту кезеңінде статистикалық деректерді жинау, сауалнама нәтижелері бойынша есептерді құру сияқты талаптар енгізілді. Жоғарыда аталған талаптарға және ЖОО бөлімшелері мен факультеттерінің аумақтық қашықтығына сәйкес Web-технологиялар негізінде жүйені іске асыру туралы шешім қабылданды. Бағдарлама тілі ретінде Java тілі таңдалды, ол ашық, еркін таратылатын кітапханалардың үлкен санының болуымен және жүйе кодын түрлі платформаларға көшіру мүмкіндігімен ерекшеленеді.

Жүйенің құрылымы екі және үш звенолы архитектуралар арасындағы таңдау компьютерлердің өнімділігін және деректерді беру желісіне жүктемені, сондай-ақ жалпы жүйеге болжамды жүктемені талдау негізінде жүргізілді. Талдау нәтижесінде "жұқа клиент" технологиясы таңдалды, бұл есептеу жүктемесін жүйенің серверлік бөлігіне ауыстыруға және желі клиенттерінің компьютерлеріне қойылатын талаптарды азайтуға мүмкіндік берді. Сонымен қатар, қосымшалар серверін және ДБ серверін бөле отырып, үш звенолы архитектураны қолдану жүйенің функционалдық бөліктеріне жүктемені өзгертуге мүмкіндік берді.

Java платформасында Web-қосымшаларды жобалау технологияларын талдау кодты жазу көлемін және жүйені әзірлеу уақытын қысқартуды, код қауіпсіздігі мен сенімділігін арттыруды, қажет болған жағдайда жүйені оңай масштабтауды қамтамасыз ететін бағдарламалық қамтамасыз етуді әзірлеудің неғұрлым дамыған технологияларының бірі ретінде Struts технологиясын бөліп көрсетуге мүмкіндік берді. Таңдалған үш звенолы құрылымның архитектурасы 1 – ші суретте көрсетілген. Struts технологиясына сәйкес "ActionServlet" Web-Серверінің компоненті "Модел-Түр– Контроллер"– "Форма – JSP– әрекет"қосымшасының бизнес – логикасын іске асыратын жүйенің басқа компоненттеріне клиенттен сұрау жібереді.




**1-сурет.** Жүйе архитектурасы

Тұжырымдамалық үлгілерді жобалау электрондық сауалнама жүйесін әзірлеудің бастапқы кезеңі болып табылады. Жүйе пайдаланушыларының тұжырымдамалық моделін әзірлеу кезінде соңғы пайдаланушылар топтары бөлінген және пайдаланушылар шешетін міндеттерді ескере отырып, жүйеге қойылатын талаптар қалыптастырылған (1-кесте). Пайдаланушылардың моделі жүйенің барлық пайдаланушыларын белгілі бір құқықтармен берудің топтық моделі болып табылады. Әзірленген модельге сәйкес жүйеде тіркелген әрбір пайдаланушы бірнеше топтың мүшесі бола алады және белгіленген құқықтарға сәйкес жүйеге қол жеткізе алады. Жалпы алғанда, әрбір жеке пайдаланушы мен жүйені пайдаланушылар тобы үшін мінез-құлықтың концептуалды модельдерін құру қосымшаның жұмыс логикасын қадағалауға және жобалаудың ерте кезеңдерінде көптеген бір мәнді анықтауға мүмкіндік берді.

1-кесте. **Жүйе пайдаланушыларының топтары**

| Топ атауы | Рөлі | Талаптар |
|---|---|---|
| Жүйе администраторы | Жоба жұмысын басқару | Пайдаланушыларды тіркеу мүмкіндігі, оларды топтарда тіркеу, жаңа сауалнама жасау, сауалнаманы пайдаланушыларды тағайындау |
| Сауалнама администраторы | Сауалнама жүргізуді басқару | Сауалнама процесін бастау, тоқтату, есептерді қалыптастыру |
| Сауалнама редакторы | Сауалнаманы өңдеу | Сауалнамалар мазмұнын жасау және өзгерту |
| Сауалнама | Респондент | Сауалнамадан өту |
| Бақылаушы | Статистиканы қарау | Статистиканы, алдын ала нәтижелерді, нәтижелер бойынша қорытынды есептерді қарау |

**2. Иерархияларды талдау әдісін қолдана отырып сауалнама деректерін талдау әдістемесі**

Жүйені жобалаудың негізгі шешілетін міндеттерінің бірі сауалнама деректерін талдау әдістемесін таңдау және іске асыру болып табылады. Деректер қорын жобалау ақпаратқа қол жеткізудің тұрақтылығы мен атомарлығына (On-Line Transaction Processing, OLTP), мәліметтерді жедел аналитикалық өңдеуді жүргізуге(On-Line Analytical Processing, OLAP) қойылатын талаптарды ескере отырып орындалды. Бұл қарама-қайшы талаптар реляциялық операциялық ДБ және реляциялық деректер қоймасын электронды сауалнама жүйесінің құрамына енгізу есебінен орындалды. Деректер қоймасын жобалау ДБ тіркелетін мәліметтердің көп өлшемді моделінің деректері мен өлшеулер негізінде орындалған.

Сауалнаманы жүргізу кезінде жүйелік талдаушы, әдетте, шкаланың үш түрін қолдана алады: номиналды, реттік және аралық. Тұтынушылардың көрсетілетін қызметтердің сапасына қанағаттану дәрежесін бағалау үшін жүйеде дискретті таңбалар саны (мәндер) бар шкалалар рұқсат етілген. Шкалалардың барлық типтеріне арналған белгілер саны тұрақсыз және зерттеу жүргізу кезінде негізгі ретінде пайдалану ұсынылатын бір сауалнама шегінде өзгеруі мүмкін. Номиналды шкалалар үшін $\delta_{i,j}$ сәйкестікке тексеру операцияларын қолдануға болады. Реттік шкалалар үшін $\delta_{i,j}$ сәйкестікке және C(t) артықшылығына тексеру операцияларын қолдануға болады. Жұмыста ұсынылған білім беру қызметінің сапасы туралы тұтыну пікірін бағалау әдістемесі қайта қаралды. Сауалнама нәтижелері бойынша интегралдық баға алу үшін иерархияны талдау әдісі (ИТӘ) қолданылды. Бұл ретте әрбір сауалнама үшін ұсынылатын білім беру қызметтерінің сапасын бағалау кезінде маңыздылық дәрежесі бойынша бағалау критерийлерін (сұрақтарды) саралау орындалады. Иерархияны талдау әдісін пайдалану сарапшылар жүргізетін жұп салыстырулар матрицаларының негізінде басымдықтардың векторын қалыптастыруға және сауалнамаланушылар тобы беретін білім беру қызметтерінің сапасына интегралдық баға алуға мүмкіндік береді. Сауалнама мәселелерін саралау барысында салмақ коэффициенттерін анықтау үшін сарапшылар тобын тарту сапаны бағалаудың субъективті құрамдастарын төмендетуге мүмкіндік береді.

Білім беру қызметінің сапасын интегралдық бағалау өлшемдерінің бірі (сауалнама мәселесі) бойынша рет шкаласы болған жағдайда мына формула қолданылады:

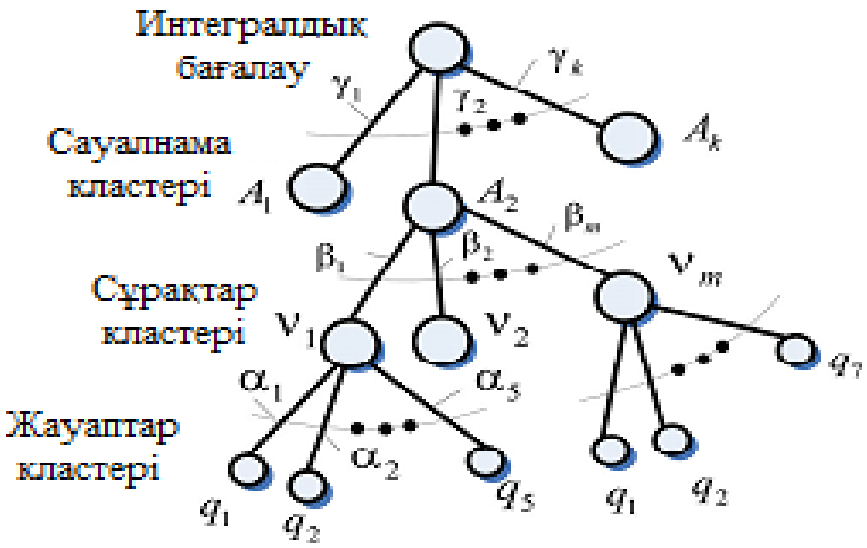
$$u_i = \sum_{q=1}^{n} \alpha_q e_{i,q} / \sum_{q=1}^{n} e_{i,q},$$

бұл жерде, $\propto_q$ – лингвистикалық бағалар, $e_{i,q}$ – осы өлшем үшін q нөмірімен бағаны қойған тұтынушылар саны; n-өлшемнің реттік шкаласындағы белгілер саны.

Ақпаратты талдау үшін иерархиялық құрылымды пайдалану проблеманы құрамдас міндеттерге бөлуге және әрбір талданатын құрамдас бөліктердің нәтижелерін түсіндіруге шоғырлануға мүмкіндік береді (2-сурет). Кейіннен иерархиялық құрылымды қалыптастыра отырып, талдаушы мәселе туралы толық түсінік алады. Алынған интегралдық бағалау респонденттердің әр түрлі топтарын бірдей дәрежеде салыстыруға мүмкіндік береді. Белгілі бір кафедраның респонденттерінің пікірлері туралы ақпарат алу қажет болған жағдайда, талдаушы сұралатын әрбір топтың сапасын бағалауға олардың сауалнамасы үшін $\gamma_\alpha$ коэффициенттерін қоя отырып, әртүрлі дәрежеде үлес қосу мүмкіндігіне ие. Сұрақ кластері деңгейінде $v_m$ бағалауын есептеуден кейін, талдаушы пікірлердің таралуын талдау үшін жиналған ақпаратқа кластерлік талдау жасай алады, мысалы, кафедралар бойынша. Бұл ретте сұралушылар топтарының сауалнамаларының әртүрлілігін ескеру және осы топтардың ішінде талдау жүргізу керек.

Сауалнама жүргізілетін зерттеудің негізгі міндетіне байланысты көптеген сұрақтардан тұрады. Сауалнама сұрақтарының бір бөлігі ақпараттық сипатта болуы және респонденттерді топтарға бөлу үшін пайдаланылуы мүмкін. Мұндай сұрақтарға: студент оқитын курсы, жасы, жынысы, оқытушының ғылыми дәрежесі және т. б. жатады. Фактілер ретінде сұралғандардың зерттелетін мәселеге тікелей қатынасын көрсететін сұрақтарға жауап берушілердің жауаптарының нәтижелері пайдаланылуы мүмкін.

Көп өлшемді деректер қоймасын пайдалану жиналған ақпаратқа OLAP-талдауды қолдануға, сауалнаманың нәтижелерін біріктіруге және салыстыруға мүмкіндік береді, бұл ретте пайдаланылатын реттік шкалалардың қасиеттерін ескеру қажет.




**2-сурет.** Деректер талдауының иерархиялық құрылымы

Иерархиялық өлшеулерді қолдану OLAP-талдау жүргізген кезде әртүрлі деректер кесіктерін алуға мүмкіндік береді. Иерархиялық өлшемнің мысалы-сауалнама жүргізу күні. Белгілі бір кезеңділікпен және иерархиялық өлшеуді пайдаланумен сауалнама жүргізу кезінде талдаушы зерттелетін мәселе бойынша респонденттердің пікір динамикасын бақылау мүмкіндігін алады.

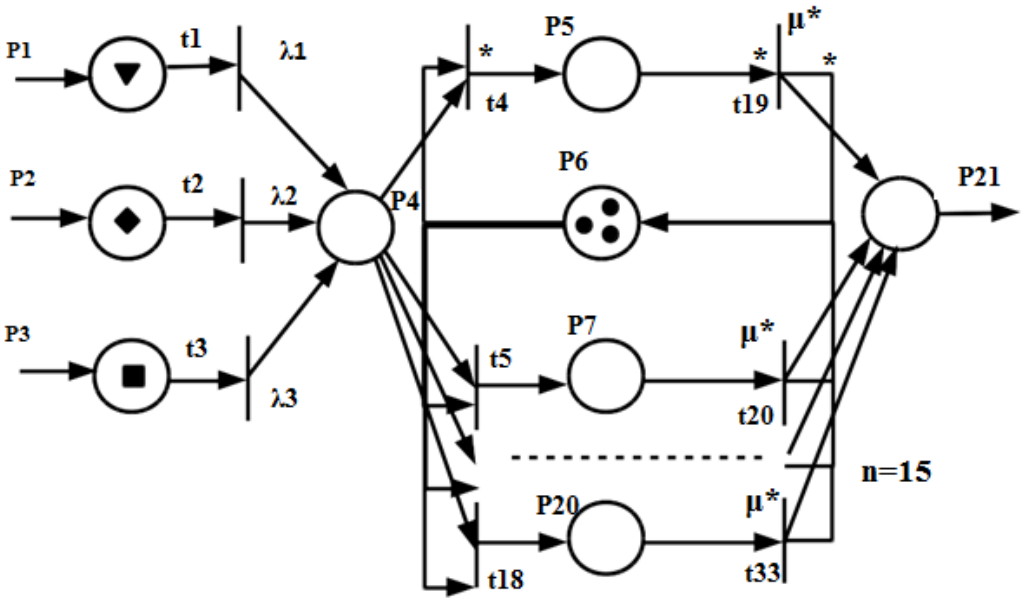
### 3. Web-сервердің математикалық моделі

Жүйенің функционалдық бөліктері арасында есептеу жүктемесін бөлу үшін электрондық сауалнама жүйесінің математикалық моделі әзірленді. Белгілі болғандай, жүйенің кейбір функционалын клиент және қосымшалар сервері жағында да, ДБ серверінің құралдарымен де жүзеге асыруға болады. Модельдеуді пайдалану әр түрлі жүктеме параметрлері мен пайдаланушылардың іс-әрекеттерін өңдеу уақыты кезінде жүйе модульдерінің жүктелуін бағалауға мүмкіндік берді. Бұл жағдайда жүйе моделі ретінде көпшілік қызмет көрсету жүйесі түрінде ұсынымды пайдалану ұсынылды. Транзакцияларды өңдеудің уақытша көрсеткіштері сияқты жүйенің параметрлерін алдын ала бағалаудың күрделілігі тәжірибелік пайдалану кезеңінде модельді түзету мүмкіндігін қажет етеді. Resin Web-Сервері негізіндегі жүйе моделін әзірлеу кезінде СМО түрінде келесі оңайлатылған жорамалдар қабылданды:

• жүйедегі талаптар ағыны кездейсоқ және стационарлық болып табылады;

- келіп түсетін талаптар саны бойынша-ағын ординарлық;
- талаптар арасындағы байланыс бойынша-ағын салдарсыз;
- мінез-құлық сипаты бойынша жүйедегі талаптар-бас тартулармен жүзеге асырылады;
- талаптарды таңдау тәсілі бойынша-басымдылықсыз қызмет көрсету;
- кездейсоқ жүйедегі талаптарға қызмет көрсету уақыты;
- қызмет көрсету арналарының саны бойынша жүйе көп арналы болып табылады;
- жүйедегі талаптар ағыны біртекті;
- қызмет көрсету жүйесі ажыратылған.

3 суретте Петри желісі түрінде ұсынылған Resin серверінің имитациялық моделі сервердің жүктелуін алдын ала бағалауды қамтамасыз етті.




**3-сурет.** Петри желісі түріндегі Web-сервер моделі

Әдепкі бойынша, Web-сервер бір уақытта 15 қосылыммен жұмыс істеу үшін арналған, n = 15 қабылдаймыз. Сервердің жұмыс статистикасына сүйене отырып, сұрау жүргізу кезінде 1 с үшін өтінімдердің орташа саны 10-ға тең болып қабылданды. Бір өтінімді өңдеудің орташа уақыты 0,4 с тең. Өтінімдерге қызмет көрсету қарқындылығы μ=2,5. Өтінімдерге қызмет көрсетуге түсу қарқындылығы λ=10.

Модельдеуді жүргізу кезінде коэффициенттер Resin Web-Серверінің жұмыс статистикасын талдау негізінде таңдалады. M/M/m типті қарастырылған жаппай қызмет көрсету жүйесі үшін Колмогоров теңдеулер жүйесі келесі түрге ие болады:

$$\left\{\begin{array}{c} dP_0(t)/dt = -\lambda P_0(t) + \mu P_1(t); \\ dP_1(t)/dt = \lambda P_0(t) - (\lambda + i\mu)P_1(t) + 2\lambda\mu P_2(t); \\ \ldots\ldots\ldots\

Бұл жағдайда $P_0(t \to \infty) = 0{,}018$ жүйесінің бос болу ықтималдығы мына формула бойынша есептелген мәнмен сәйкес келеді:

$$P_0 = 1 \sum_{i=0}^{n} \frac{(\lambda/\mu)^i}{i!}$$

**4. Әзірленген жүйенің сипаттамасы**

Әзірленген жүйе мыналарды қамтамасыз етеді:

- сауалнамаларды құрастыру (жауаптардың алдын ала анықталған түрлерін пайдалану, жаңаларын қалыптастыру мүмкін);
- пайдаланушылар топтарының есептік жазбаларын құру және оларға сауалнамаға белгілі бір құқықтарды тағайындау;
- сауалнама жүргізу процесін әкімшілендіру;
- тұтынушылардың білім беру қызметтерінің сапасына қанағаттануы туралы деректерді тіркеу және сақтау;
- сауалнамадан өту статистикасын қалыптастыру және сауалнама нәтижелерін гистограмма түрінде және кесте түрінде ұсыну;
- жүргізілген сауалнама нәтижелері бойынша есептерді қалыптастыру.

**Қорытынды**

Сауалнаманы құру және редакциялау, алыстан қол жеткізу режимінде респонденттердің әр түрлі топтарына бір мезгілде сұрау жүргізу процестері, нәтижелерді жинау, өңдеу және сақтау қызметтерін қолдайтын сауалнаманың ақпараттық жүйесі әзірленді. Иерархияларды талдау әдісін пайдалана отырып, ақпараттық жүйенің деректерін алдын ала өңдеу және талдау әдістемесі ұсынылды. Математикалық және имитациялық модельдеу әдістерін қолдана отырып, жүйенің сипаттамаларын бағалаудың сипатталған әдістемесі жүктемені алдын ала талдауды жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

ӘДЕБИЕТ

[1] Барсегян, А. А. Технологии анализа данных: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP / А. А. Барсегян, М. С. Куприянов, В. В. Степаненко, И. И. Холод. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб. : БХВ-Петербург, 2008. – 384 с.

[2] Ржеуцкая, С.Ю. Базы данных. Язык SQL: учеб.пособие / С.Ю. Ржеуцкая – Вологда: ВоГТУ, 2010.– 159с.

[3] Макарычев, П. П. Анализ информации в системе управления качеством образования: моногр. / П. П. Макарычев, Е. Н. Прошкина. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2010. – 140 с.

[4] Введение в запросы LINQ (C#) – https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/bb397906(v=vs.110).aspx

[5] Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М. : Радио и связь, 1993. – 278 с.

[6] Охорзин, В. А. Компьютерное моделирование в системе MathCad / В. А. Охорзин. – М. : Финансы и статистика, 2006. – 144 с.

Маликова Ф.У., Жарылқасынова А.Б.

**Разработка моделей и методов представления и обработки данных в информационной системе анкетирования**

**Резюме.** Обсуждается вузовская автоматизированная система электронного анкетирования службы потребительского мониторинга. Приводятся результаты математического моделирования системы и методика анализа данных с использованием метода анализа иерархий.

**Ключевые слова:** потребительский мониторинг, система анкетирования, анализ данных, метод анализа иерархий.

UDK 669.14.018.291.3:621.789

**[1]Arapov B.R., [1]Seytkazenova K.K., [2]Shokobayeva G.T., [3]Telesheva A.B.**
([1]M.O. Auezov South Kazakhstan State University, [2]Al-Farabi Kazakh National University, [3]Satpayev University assel_telesheva@mail.ru)

## DESIGN APPROACH OF CORROSIVE FAILURE AND DURABILITY TEST OF THE LOAD BEARING ELEMENTS

**Abstract.** Methodology of the accounting of decrease of strength and plastic properties of material of bearing element of design, subject to simultaneous influence of low-cycle repeated-static loadings and hydrogenous corrosive medium is offered in the article. Engineering methodology of calculation of longevity of element of construction is worked out on the basis of the normalized equations of low-cycle fatigue strength based on the deformation criteria of destruction with the use of the defined properties of material due to influence of corrosive environments. The parameters of offer equations are determined from the experiments, conducted in a corrosive environment with characteristics corresponding to the operating conditions of work of the equipment, therefore at the calculation of longevity on an offer methodology can achieve value of coefficient of safety margin of element of construction near to the real value.

**Keywords:** Corrosion, method, operation, durability, strength, construction

**[1]Б.Р.Арапов, [1]К.К.Сейтказенова, [2]Г.Т.Шокобаева, [3]А.Б. Телешева**
([1] М.Әуезов атындағы Оңтүстік –Қазақстан мемлекеттік университеті,
[2] Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, [3]Satpayev University)

## КОРРОЗИЯЛЫҚ БҰЗЫЛУДЫ ЕСЕПТЕУ ӘДІСІ ЖӘНЕ КОНСТРУКЦИЯЛАРДЫҢ КӨТЕРГІШ ЭЛЕМЕНТТЕРІНІҢ БЕРІКТІГІН АНЫҚТАУ

**Аннотация.** Мақалада аз циклды қайта-статикалық жүктемелердің және құрамында сутегісі бар коррозиялық ортаның бір мезгілде әсеріне ұшырайтын конструкцияның негізгі элементі материалының беріктілік және пластикалық қасиеттерін азайтуды есепке алу әдістемесі ұсынылады. Коррозиялық ортаның әсері есебінен материалдың нақтыланған қасиеттерін пайдалана отырып, бұзылудың деформациялық өлшемдеріне негізделген аз циклдық беріктіктің нормаланған теңдеулері негізінде конструкция элементінің ұзақ уақытқа төзімділігін есептеудің инженерлік әдістемесі әзірленді. Ұсынылған теңдеулердің параметрлері жабдық жұмысының пайдалану шарттарына сәйкес келетін сипаттамалары бар коррозиялық ортада жүргізілетін тәжірибелерден анықталады, сондықтан ұсынылған әдістеме бойынша ұзақ мерзімді есептеу кезінде нақты мәнге жақын конструкция элементінің беріктік қоры коэффициентінің мәніне қол жеткізуге болады.

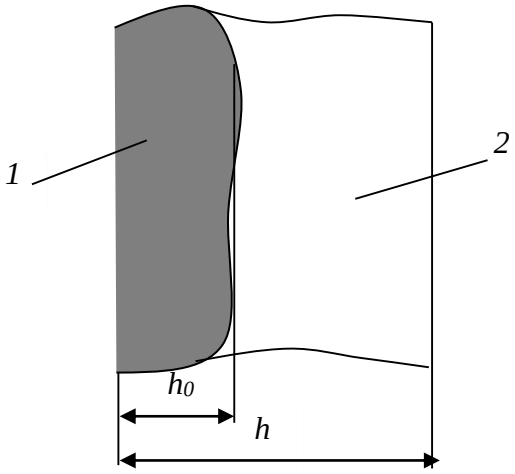
**Түйін сөздер:** коррозия, әдіс, эксплуатация, берік, беріктігі, конструкция

**Кіріспе.** Құрамында тоттану-белсенді ортамен жанасатын энергетикалық жабдықтың жоғары тиелген элементтерінің үстіңгі қабаттарын сутегімен суландыру салдарынан конструкция металының үстіңгі қабаттарының пластикалық қасиеттері төмендейді. Кері-статикалық айнымалы кернеулердің болмай қоймайтын әсер етуі кезінде салмақ түсетін элемент материалының деформациялық қабілеттерінің төмендеуі оның біртіндеп бұзылуына және жабдықтың мерзімінен бұрын істен шығуына әкеп соғады.

**Зерттеу әдәстері мен методикасы.** Жұмыстың нәтижесімен анықталғандай, металдың ірілендірілу дәрежесі және тиісінше, және оның иілгіштігінің төмендеуі металдың коррозиялық ортада болу ұзақтығына байланысты және ортамен түйісетін металдың үстіңгі қабатының тереңдігі бойынша біркелкі болып табылмайды.

Конструкция элементінің салмақ түсетін қимасы бөлігінің зақымдануын есепке алу үшін, яғни бөлшектің салмақ көтеру қабілетін ішінара төмендету үшін, Коффин–Менсон [5, 6, 8] нормаланған теңдеуін пайдалана отырып, азоциклді қираудың деформациялық критерийлерінің негізінде ұзақ мерзімді есептеу кезінде элементтің салмақ түсетін қимасы бөлігінің зақымдануын есепке ала отырып есептелетін Болаттың пластикалық қасиеттерінің келтірілген сипаттамаларын пайдалану қажет.

Сұлба түріндегі зақымдалған қабат 1-суретте көрсетілген.




**Сурет 1.** Коррозиялық ортаның әсерінен конструкция элементінің үстіңгі қабатының зақымдану процесі:
*1-сутекті суыту және коррозиялық бұзу есебінен зақымдалған қабат;*
*2-металдың зақымданбаған негізгі қабаты*

Осы мақсатта аддитивтілік қағидатына негізделген элемент қалыңдығының міндетті емес параметрі енгізіледі және бөлшектердің салмақ түсетін қимасы бөлігінің деформациялық қабілетінің төмендеуін ескеретін сутегі элементінің беттеріне тотығу ортасымен түйіскен кездегі зақымдану салдарынан.

$$\gamma = \frac{h - h_0}{h} \tag{1}$$

мұндағы $h$ – толық салмақ элементінің қалыңдығы;

$h_0$ – жабдықтың жоспарлы қызмет ету мерзімі кезінде қол жеткізілетін зақымдалған қабаттың қалыңдығы.

Бұл параметр конструкция элементі материалының пластикалық және берік сипаттамаларының төмендеу дәрежесін сипаттайды. Пайдалану коррозиялық ортадағы материалдың беріктік қасиеттерін сипаттайтын параметр тиісті температурада ауада (бейтарап ортада) сынау кезінде алынған материалдың беріктік коэффициентінің шығарылуына тең болады деп болжауға болады.

яғни:

$$\sigma^{\mathrm{T}}_{\mathrm{т,кс}} = \gamma \cdot \sigma^{\mathrm{T}}_{\mathrm{т,в}} \tag{2}$$

мұндағы: $\sigma^{\mathrm{T}}_{\mathrm{т,кс}}$ – предел текучести материала элемента конструкции в коррозионной среде;

$\sigma^{\mathrm{T}}_{\mathrm{т,в}}$ – қалыпты жағдайларда ауадағы үзілуге материалдың үлгісін сынаудың стандартты әдісімен анықталатын ағымдылық шегі.

Бұл ретте есептік температура кезінде тиісті коррозиялық ортада алынған материалдың ағымдылық шегіне сәйкес иілгіштіктің сипаттамасы тең болады:

$$\mathrm{e}^{\mathrm{T}}_{\mathrm{кс}} = \frac{\sigma^{\mathrm{T}}_{\mathrm{т,кс}}}{\mathrm{E}} \tag{3}$$

Бұл ретте материалдың зақымдану дәрежесі металдың үстіңгі қабатының беріктігі мен иілгіштігінің сипаттамасымен қаттылығының (микротақтығының) корреляциялық байланысы және есептік температура кезінде тиісті коррозиялық ортада ұсталынған материал үлгілерінің стандартты сынақтары бойынша анықталады.

**Нәтижелер мен оларды талқылау.** Тиісті коррозиялық ортадағы конструкция элементінің $[N_o]$ рұқсат етілген беріктігін есептеу үшін кернеу амплитудасының берілген рұқсат етілген мәні үшін $[\sigma_{\mathrm{a}}]$ Коффин-Менсон (4) қолданыстағы нормаланған теңдеуін $\mathrm{e}_{\mathrm{ауа}}$, ауасында анықталатын металдың иілгіштігін сипаттаудың орнына есептегенде тоттану ортасында $\mathrm{e}^{\mathrm{T}}_{\mathrm{то}}$ алынған оның мәнін пайдалану қолдануға болады. Сол кезде конструкция элементінің ұзақ мерзімділігіне коррозиялық ортаның әсерін ескеретін нормативтік теңдеу келесі түрде жазылады [8]:

$$[\sigma_{\mathrm{a}}] = \frac{\mathrm{E}^{\mathrm{T}} \cdot \mathrm{e}^{\mathrm{T}}_{\mathrm{кс}}}{n_\sigma \cdot (4[N_o])^m} + \frac{R^{\mathrm{T}}_c}{n_\sigma\,[(4[\mathrm{N_o}])^{m_c}] + \dfrac{1+r}{1-\mathrm{r}}} \tag{4}$$

мұндағы : $\mathrm{E}^{\mathrm{T}}$ – Т температурасына сәйкес болаттың серпімділік модулі;

$[\sigma_{\mathrm{a}}]$ – циклдік кернеудің рұқсат етілген амплитудасы;

$[N_o]$ – циклдік кернеудің рұқсат етілген амплитудасына сәйкес келетін циклдардың рұқсат етілген саны;

$e_{кс}^{т}$ – коррозиялық ортада алынған икемділік сипаттамасы;

$n_\sigma = 1{,}5$ – кернеу бойынша қор коэффиценті;

$m, m_c$ – материал сипаттамалары;

$r$ – пайдалану жүктемелерінің сипатына байланысты циклдің асимметрия коэффициенті;

$R_c^т$ – материал беріктігінің сипаттамасы;

$$R_c^т = R_m^т(1 + 1{,}4 \cdot 10^{-2} \cdot Z) \quad (5)$$

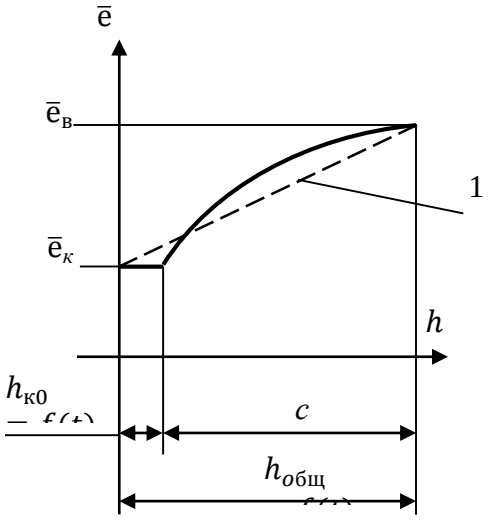
мұндағы: $R_т^т$ – есептік температура кезінде Болаттың уақытша кедергісінің ең аз мәні;

$Z$ – есептік температура кезінде стандартты сынақпен алынатын үлгінің көлденең тарылу коэффициенті.

Алайда, (1) формула, егер зақымдану дәрежесі зақымдалған үстіңгі қабаттың барлық тереңдігі бойынша тұрақты және максималды зақымдануға тең болған жағдайда әділ.

Конструкция элементі металының үстіңгі қабатының зақымдану дәрежесі тереңдігі бойынша біркелкі емес болып табылады және оның шамасы материал бетінде анықталатын мәннен, яғни үстіңгі қабаттың зақымдануынан ерекшеленеді (2-сурет).

Сондықтан (1) формуланы қолданған жағдайда, $h_0$ барлық тереңдігі сыни шамаға тең бірдей ірілендірілген дәрежеге ие деп болжайды, $\gamma$ коэффициентінің мәні жоғары болады. Осыған байланысты коррозиялық ортада конструкция элементі материалының салыстырмалы бұзылатын деформациясының шамасы төмендетілген болып шығады.




**Сурет 2.** Элементтің беткі қабатының, оның бетінің сутегі қабатының іріткілденуіне байланысты, салыстырмалы бұзылатын деформациясының

Қабылданған қалыңдық параметрін пайдалана отырып, γ коэффициенті түрінде материалдың икемділігі сипаттамасының төмендеу дәрежесін анықтау үшін оның тиімді мәнін анықтау қажет.

Металдың коррозиялық ортада болу уақытына байланысты зақымдалған қабаттың жалпы тереңдігі, жабдықтың жоспарланған қызмет ету мерзімі ішінде түзілетін $h_{жалпы}$ белгіленеді және $t = t_{жқм}$ кезінде мына формула бойынша есептеледі [7]:

$$h_{жалпы} = c + h_{k0} + a\frac{(t_{сс} - t_k)^{(p+1)}}{p+1} + k \quad (6)$$

мұндағы: $t_{жқм}$ – жабдықтың жоспарлы қызмет ету мерзіміне тең уақыт, сағат.;

$c = b \cdot (\bar{e}_в - \bar{e}_к)^{п_1}$ – біркелкі емес ірілендірілген қабаттың тереңдігі;

$\bar{e}_в = \frac{ln\frac{1}{1-Z}}{e_т}$ – ауадағы есептелген металдың салыстырмалы шекті бұзылатын деформациясы;

$\bar{e}_к = \frac{ln\frac{1}{1-Z}}{e_{кс}^{т}}$ – коррозиялық ортада есептелетін металдың салыстырмалы шекті бұзылатын деформациясы;

$h_{k0} = 0$ – жаңа жабдық үшін қабаттың бастапқы тереңдігі барынша ірілендірушілік дәрежесі жоқ. Осы параметр пайдаланудағы жабдық материалының қалдық салыстырмалы бұзғыш деформациясын анықтау кезінде нөлге тең болмайды;

$t_k$ – металдың беттік қабаттарының ұсақталуының шекті шамасына қол жеткізілетін уақыт, сағат;

a, p, $n_1$, $k$ – эксперименттен анықталатын коэффициенттер.

(4) Формула материалдың салмақ көтеру қабілетінің жай-күйін, яғни жабдықтың белгіленген қызмет ету мерзімі аяқталғаннан кейін ғана емес, сондай-ақ жабдықты пайдалану барысында кез келген t уақыт аралығы үшін салмақ түсетін элемент материалының салыстырмалы бұзғыш деформациясының мәнін бағалауға мүмкіндік береді.

2-суретте көрсетілгендей, құрылым элементінің бетіндегі салыстырмалы бұзғыш деформациялардың төмендеу заңдылықтарын сипаттайтын қисық қисық, түзу сызықты тәуелділікке жақын және есептеуді оңайлату үшін оны 1 түзу сызықпен ауыстыруға болады. Сонда $\gamma_{эф}$ коэффициентінің тиімді мәнін келесі формула бойынша анықтауға болады:

$$\gamma_{эф} = \frac{A_0 - A_p}{A_0} = \frac{\bar{e}_в \cdot h - 0{,}5(\bar{e}_в - \bar{e}_к) \cdot h_{жалпы}}{\bar{e}_в \cdot h} \quad (7)$$

Бұл ретте коррозиялық ортада конструкция элементі материалының сипаттамасының нақтыланған шамасы $\sigma^{T}_{т,кс}$сәйкес (2), тең:

$$\sigma^{T}_{т,кс} = \gamma_{эф} \cdot \sigma^{T}_{т,в} \quad (8)$$

(3) теңдікте $\sigma^{T}_{т,кс}$ коррозиялық ортада конструкция элементі материалының ағымдылық шегінің алынған мәнін орналастыра отырып, $e^{T}_{кс}$ және теңдеу бойынша (4) коррозиялық ортада жұмыс істейтін конструкция элементінің беріктігін есептеуге болады. Бұл ретте нақты мәнге жақын беріктік қоры коэффициентінің мәніне қол жеткізіледі

**Қорытынды:**

1. Бір мезгілде циклдық азоциклді жүктеу және құрамында сутегісі бар коррозиялық ортаның әсері жағдайында конструкцияның салмақ түсетін элементінің ұзақ уақытқа төзімділігін есептеу әдістемесі әзірленді;
2. Конструкция элементінің үстіңгі қабаттарының коррозиялық бұзылулары және сутекті суыту есебінен болатын материалдың беріктілік және пластикалық сипаттамаларының төмендеуін ескеретін коэффициентті анықтау әдісі ұсынылды;
3. Ұсынылған теңдеулердің параметрлері жабдық жұмысының пайдалану шарттарына сәйкес келетін сипаттамалары бар коррозиялық ортада жүргізілетін тәжірибелерден анықталады, ұсынылған есептеу әдістемесі бойынша нақты мәнге жақын конструкция элементінің беріктілік қоры коэффициентінің мәніне қол жеткізу мүмкін болады;
4. Ұсынылған Әдістемені жобалау сатысында конструкцияның негізгі элементтерінің ұзақ уақытқа жарамдылығын болжау үшін де, жабдықты пайдалану кезінде қалдық ресурсты есептеу үшін де қолдануға болады.

ЛИТЕРАТУРА

[1] [URL] http://intent.gigatran.com/article/?id=88613. [Электронный ресурс] Справочник технического переводчика. Водородное охрупчивание 2012.

[2] [URL] http://termist.com/bibliot/period/stal/1988/06_085.htm. [Электронный ресурс] Водородное охрупчивание высокопрочной низкоуглеродистой кремнемарганцовистой арматурной стали. В.Т. Черненко, О.Г. Сидоренко, И.П. Федорова, В.А. Миронов и Е.М. Демченко.

[3] [URL] http://www.ngpedia.ru/id153786p1.html. [Электронный ресурс] Большая Энциклопедия Нефти Газа. Механизм водородного охрупчивания.

[4] [URL] http://ru-patent.info/20/85-89/2089623.html. [Электронный ресурс] Способ определения необратимого водородного охрупчивания. Патент Российской Федерации 2089623, Класс C21D1/55, C21D3/06 .

[5] Махутов Н.А. Деформационные критерии разрушения и расчет элементов конструкций на прочность. М., Машиностроение, 1981, 272 с.

[6] Гусенков А.П. Прочность при изотермическом и неизотермическом малоцикловом нагружении. М.: Наука, 1979. – 296 с.

[7] Айнабеков А.И., Арапов Б.Р., Сералиев Г.Е., Молдагалиев А.Б. Математическая модель водородного охрупчивания поверхностных слоев конструкционной малоуглеродистой стали в коррозионно-активной среде.// Алматы. Поиск, 2015, №4, стр. 199-204;

[8] Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок ПНАЭ Г-7-002-86, Москва. Энергоатомиздат 1989.

ӘӨЖ 53.082.52, 538.958
МҒТАР 47.35.35

**[1,2]K.P. Aimaganbetov, [1,2]D.V. Girin, [1,2]V.V. Klimenov. [1,2]N.S. Tokmoldin, [1]S.Zh. Tokmoldin**
([1]Scientific production center of agricultural engineering, Almaty, Kazakhstan, [2]Satbayev University, Institute of Physical and Technology, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan. E-mail: kazybek012@gmail.com)

## THE DEVELOPMENT OF TEST SYSTEMS BASED ON SUPER BRIGHT LEDS FOR TESTING PHOTOENERGY INSTALLATIONS

**Abstract.** A control-measuring system for testing of photovoltaic installations with an area of up to 2200×1850 mm$^2$ has been developed. This system is based on ultra-bright LEDs and enables to measure light current-voltage characteristics of both monofacial and bifacial solar modules. The system includes three main components: frame, LED panel and moving carriage. The advantages of the developed system include the ability to adjust the radiation flux, the ability to test bifacial solar modules using a mirror reflector, as well as the ability to conduct dark measurements in conditions close to a completely black environment. At the same time, adjustment of the radiation flux can be carried out both by selecting the distance between the LED panel and the carriage, and by adjusting the radiation intensity of individual LEDs in the matrix.

**Key words:** Solar panel, solar simulator, ultra-bright LED, radiation flux, power control

**[1,2]К.П. Аймаганбетов, [1,2]Д.В. Гирин. [1,2]В.В. Клименов. [1,2]Н.С. Токмолдин, [1]С.Ж. Токмолдин, Алмасов Н.Ж.**
([1]«Агроинженерия» Ғылыми өндірістік орталығы, Алматы, Қазақстан Республикасы, [2]Сәтбаев Университеті)

## ФОТОЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫЛАРДЫ ТЕСТІЛЕУГЕ АРНАЛҒАН АСА ЖАРЫҚ ДИОДТЫ НЕГІЗІНДЕГІ БАҚЫЛАУ-ӨЛШЕУ ЖҮЙЕСІН ӘЗІРЛЕУ

**Аңдатпа.** Ауданы 2200×1850 мм$^2$ қамтитын фотоэнергетикалық құрылғыларды тестілеуге арналған аса жарықдиодты негізінде бақылау-өлшеу жүйесі әзірленді. Аталған жүйе аса жарық диодына негізделген және біржақты немесе екі жақты Күн модульдерінің жарықтық вольт-амперлі сипаттамасына өлшеулер жүргізуге мүмкіндік береді. Бұл жүйе 3 негізгі компоненттен тұрады: жарық диодты панелінен, металды қаңқасынан және жылжымалы бөлік құрылғысынан. Әзірленген бақылау-өлшеу жүйесінің артықшылығы, жарық ағынының қуатын басқаруға, айналы шағылудың көмегімен екі жақты Күн модульдерін тестілеу мүмкіндігі және абсолютті қара ортаға жақын ортада ғылыми зерттеулер жүргізуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, жарық ағынының қуатын басқару, жарықдиодты панелімен жылжымалы бөліктің арақашықтығын өзгерту арқылы орындалады және матрицада әрбір жарық диодтың жарық қарқындылығын құру арқылы орындалады.

**Түйінді сөздер:** Күн панелі, Күн имитаторы, аса жарықдиоды, жарық ағынының қуаты, қуат реттегіші

**Кіріспе.** Фотоэлектрлік модульдердің физикалық параметрлерін тестілеу, белгілі бір арнайы орындарда Күн имитаторын қолдану арқылы жүзеге асырылады және талаптарға сай фотоэлектрлік модульдердің сапасы бағаланады. Электрофизикалық параметрлерін зерттеу үшін қолданылатын тестілеу имитаторының негізгі сипаттамалары: оның спектрлік шығыс сипаттамасы, жарық сәулесінің сынақ жазықтығындағы біртектілігі және зерттеу модулінің сипаттамалық тогын кернеумен (I-V) қисық тәуелділігін өрістету кезіндегі уақытша тұрақтылығы болып табылады [1].

Қазіргі заманғы коммерциялық Күн имитаторларының (COTS), әдетте жарық көзі ретінде қолданылатын вольфрамды жіптерінің немесе ксенонды (Xe) шамдардың өзіндік шектеулері бар [2]. Аталынған жарық көздері, репрезентативті Күн спектрінің спектралды жарықтығын шамалы ғана жақындатуы мүмкін [3]. Сонымен қатар, ксенон шамдарының ультракүлгіннен (UV) инфрақызылға (NIR) дейін қамтыған диапазонда айнымалы қарқындылығы бар [2]. Имитаторлық шамдар, әдетте, үлкен энергияны тұтынатын болғандықтан жұмыс істеу кезінде жылу энергиясын көп мөлшерде бөледі және экономиялық тұрғыдан энерготиімсіз болып келеді [5, 7].

Сонымен, Күн модульдерінің көлемінің ұлғаюына байланысты, Күн имитаторларының қажетті өнімділік деңгейін қамтамасыз ету қабілеттілігі айтарлықтай төмендейді және әртүрлі өлшеу міндеттерін орындау үшін аса күрделі имитаторларды қажет етеді [6].

Соңғы жылдардағы жарықдиодтар (жарықдиодтар) саласындағы жетістіктер олардың сәуле шығару қабілеттілігі мен спектрлік әртүрлілігін арттыруға орасан зор ықпалын тигізді [7]. Айтар

болсақ, жарықдиодының шығыс параметрлерін өзгерту арқылы жарық сәулесінің әр түрлі толқын ұзындығын басқару мүмкіндігін берді. Жарықдиодтарының жұмыс істеу мерзімін вольфрам немесе ксенон шамдарымен салыстырғанда әлдеқайда ұзақ болып келеді. Осындай жетістіктері мен артықшылықтардың нәтижесінде жарықдиодын Күн имитаторының бірден-бір баламалы көзі ретінде лайық деп қарастыруға болады.

Соңғы жылдары бірнеше ғылыми топтармен жарықдиодты негізіндегі Күн имитаторларының концепциясы мен дизайны дайындалды [7-12]. Алайда, олардың ішінен 2 ғылыми топтың жасалынған жобаларының нәтижелері эталонды сәулелену имитаторымен салыстырғанда ұқсастықты байқатты. Алынған нәтижелер, ауданы 10 см × 10 см жарық сәулесінің қарқындылығы біртекті таралатынын және ИК диапазонымен көру жарықтығы диапазонында толқын ұзындығын өзгерте алу мүмкіндігі бар екенін баяндады [7,8]. Алайда, үлкен көлемді жарық ауданында оңтайландырылған біртекті жарық сәулесімен тестілеу жүргізуге, жарықдиодты имитатордың жаңа конструкциялық түрін талап етеді.

Осы мақсатта Күн модульдерін тестілеу үшін үлкен масштабтағы аса жарықдиодты негізіндегі бақылау-өлшеу жүйесі әзірленді. Төмендегі бөлімдерде жасалынған бақылау-өлшеу жүйесінің үш негізгі компоненттері туралы мағлұматтар берілген.

**Бақылау-өлшеу жүйесін әзірлеу**

Аса жарықдиодты негізінде бақылау-өлшеу кешені Күн панельдерін тестілеуге арналған. Бұл жүйенің көмегімен жарықтық вольт-амперлік сипаттамасын өлшеуге және есептеуге мүмкіндік береді. Бақылау-өлшеу жүйесі үш негізгі компоненттен: жарықдиодты панельден, негізгі металлды қаңқадан және жылжымалы бөліктен тұрады. Жарық диодты панелі CREE CMA 1840 жарық диодты модульдеріне негізделініп жасалынған (1-сурет).

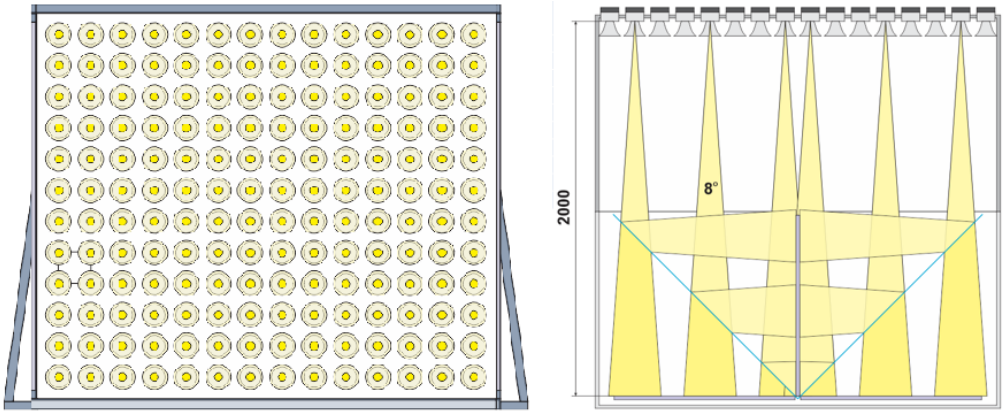



**1-сурет.** CREE CMA 1840 жарықдиодты модулі

Жарық диодты модулінің басты артықшылығы:

- жоғары сапалы және жоғары жылу тұрақтылығы;
- салыстырмалы бюджеттік қолжетімділігі;
- жарықтың қарқындылығын реттеу мүмкіндігі болып табылады .

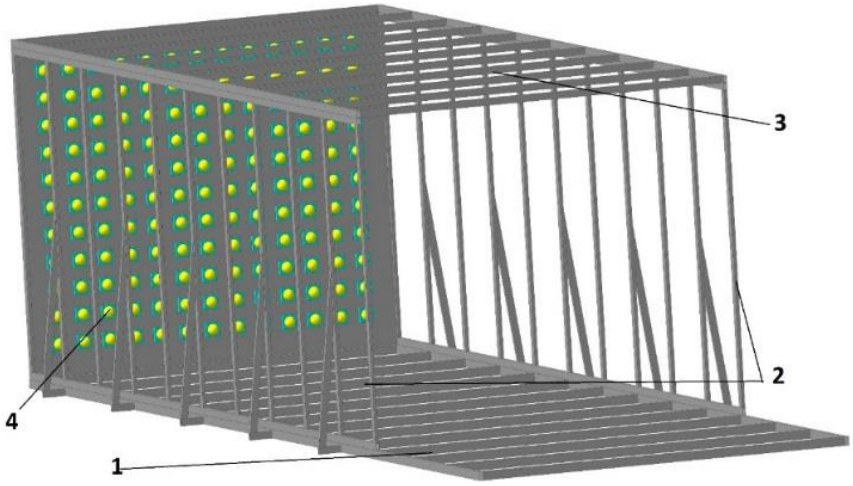
Жарықдиодты панельдің ауданы 2200×1850 мм$^2$-ді қамтиды және оған 168 жарықдиодты модульдер орналастырылады. Әрбір жарықдиоды модулі өзіндік жеке қуат реттегішіне ие және бұл қуат реттегіштер жарықтандырудың барлық ауданы бойынша сәулеленудің біркелкілігін қамтамасыз етуге және жарық қуатын реттеуге мүмкіндік береді. 1 м-ден 2 м-ге дейінгі қашықтықта бірқалыпты жарық ағынының қуатын басқаруға мүмкіндік береді және әрбір модульдің жарық сәулесінің таралу бұрышы шамамен 8°-ге тең (2-сурет).




а) б)

**2-сурет.** Жарық диодты панелі а) алдыңғы түрі; б) жоғарғы түрі

Металлды қаңқа - Күн имитаторының стационарлық бөлігі (3-сурет). Ол жарықдиодты панельмен жылжымалы бөлігінің арасындағы байланыстырушы буын рөлін атқарады. Қаңқа - төрт бөліктен, еденнен, екі қабырғадан және төбеден тұрады. Жиналған конструкцияның бір жағы ашық болып келеді. Жылжымалы бөлікті орнатуға арналған және екінші жағынан жарықдиодты панельді орнатуға арналған бес метрлік жабық тоннельді пішіндейді. Металлды қаңқа қара түске боялған, барлық бетіне қалыңдығы 1 мм болатын қаңылтырмен қапталады. Мұндай қара кеңістікті құру мақсаты, тыныштық күйдегі абсолютті қара кеңістікте жарық ортасын құру үшін қажет. Металды қаңқаның еденіне жылжымалы бөлік құрылғысына арналған бағыттаушы рельс профилі орналастырылады.

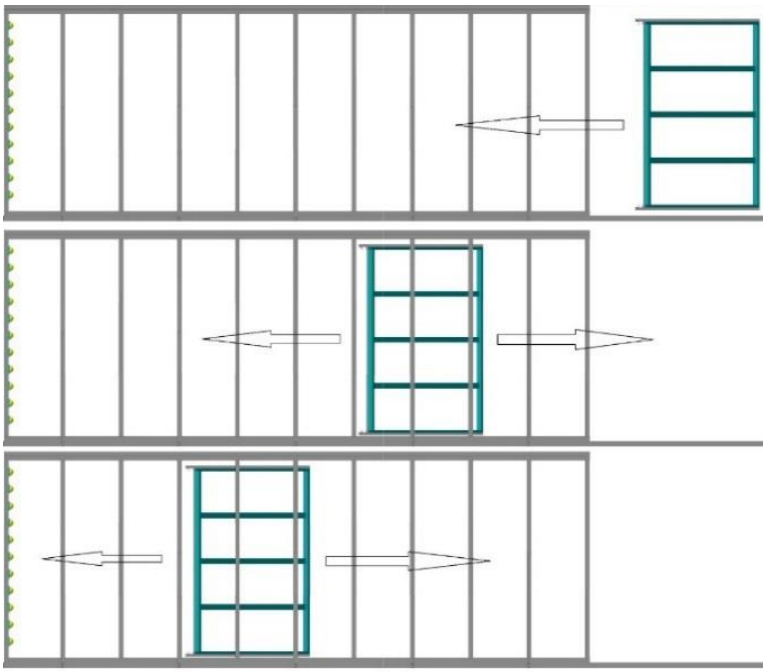



**3-сурет.** Металлды қаңқа құрылғысы
*1-қаңқаның негізі; 2,3-қаңқаның қабырғалары; 3-жарықдиодты панель*

Жарықдиодты панельді және жылжымалы бөлікті есепке алмағандағы жалпы металды қаңқаның саламағы 660 кг құрайды. Мұндай габариттер қаңқаның және барлық буындарының тұрақты орналасуы үшін қажет. Жылжымалы бөлікті орын ауыстыруы кезінде болатын механикалық дірілден жарықдиодты панельдің зақымдануына жол беруге болмайды. Мұндай үлкен көлемді салмақ стационарлық бөліктің ығысуына жол бермейді, ал қаңқаның қабырғалары жылжымалы бөлікпен жасалатын механикалық деформацияны "өшіруге" мүмкіндік береді. Сондай-ақ, металлды қаңқа құрылғысының ең маңызды сипаттамаларының бірі, термиялық процесстер кезіндегі оның пішінін сақтау қабілеттілігі. Бұл өте маңызды сипаттамаларының бірі болып табылады. Өйткені жұмыс кезінде жоғары қуатты жарықдиодтар өте жоғары температура бөледі. Мұндай жағдайда, қаңқаның үлкен ауданы қосымша салқындату радиаторы рөлін атқарады.

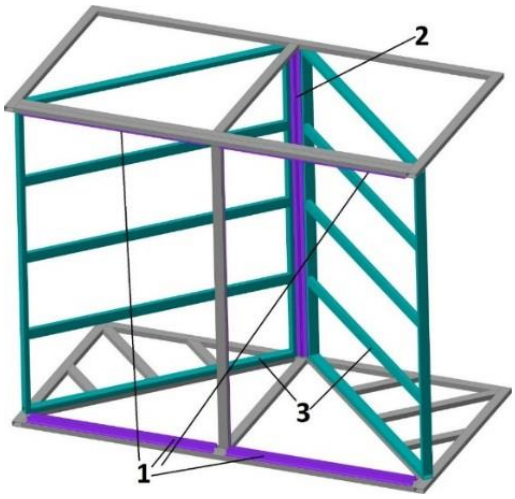
Жылжымалы бөлік құрылғысы - үлкен салмақты жүктемелерге төтеп бере алатын, сондай-ақ, термиялық қыздыру кезінде өз пішінін сақтауға және тәжірибелік зерттеулер жүргізу кезінде Күн фотоэлементтері үшін, кронштейннің функциясын орындауға қабілетті, күрделі пішінді металлды құрылғы болып табылады. Жылжымалы бөлік құрылғысы 50×25×2 және 40×20×2 мм болатын тік

бұрышты металлды профильден жасалынған. Жылжымалы бөлікті рельстермен қозғалта отырып, әр түрлі қашықтықты жарық сәулесінің қуатын реттеуге мүмкіндік береді. (4-сурет).



**4-сурет.** Жылжымалы бөлік құрылғысының металлды қаңқа кеңістігіндегі орын ауыстыру сұлбасы

Жылжымалы бөлік құрылғысы Күн жарықдиодты имитатор конструкциясының негізгі элементі болып табылады. Жоғарғы температураға және үлкен ауыр салмақты жүктемелерге бейімделген, күрделі құрылымды металды құрылғы болып саналады. Жылжымалы бөлік құрылғысына бір жақты және екі жақты Күн фотоэлементтерін орнатып, тәжірибелік ғылыми зерттеулер жүргізіледі. Сонымен қатар, қажет болған жағдайда, жылжымалы бөліктің көмегімен басқа Күн энергобатареяларына, мысал ретінде, Күн коллекторларына тәжірибелік зерттеулер жүргізуге болады. (5-сурет).




**5-сурет.** Жылжымалы бөлік құрылғысы
*1- бір жақты Күн фотоэлементтерін бекіту орындары,*
*2 – екі жақты Күн фотоэлементтерін бекіту орындары, 3-айналарды бекіту орындары*

Жылжымалы бөлік құрылғысында екі жақты Күн фотоэлементтерін тестілеуге арналған айналарды орнату орындары бар, яғни, орнатылған айналар 45° бұрышпен жарықты шағылдыру арқылы Күн элементін жарықпен қамтамасыз етеді. Жылжымалы бөлік құрылғысының табандарына арнайы дөңгелектер орналастырлған. Олардың көмегіңмен металды қаңқа кеңістігінде жарықдиодты панельмен жылжымалы бөлік құрылғысы арасындағы арақашықтықты өзгертуге мүмкіндік береді.

**Қорытынды.** Жүргізілген жұмыстар аясында фотоэнергетикалық қондырғыларды тестілеуге арналған аса жарықдиодты негізіндегі бақылау-өлшеу жүйесі әзірленді. Атап айтқанда, үш негізгі бөлшегі: ауданы 2200×1850 мм$^2$ қамтитын жарықдиодты панелі, негізгі металл қаңқасы және жылжымалы бөлік құрылғысы әзірленді. Жасалынған жарықдиодты панелі 168 жарықдиодты модульдерден тұрады. Олардың әрқайсысы өзіндік жеке қуат реттегішіне ие. Бұл қуат реттегіштер жарықтандырудың барлық ауданы бойынша жарық сәулесінің біркелкілігін қамтамасыз етуге және сәулелендіру қарқындылығын реттеуге мүмкіндік береді. Металды қаңқа – бақылау-өлшеу жүйесінің стационарлы бөлігі болып табылады. Тәжірибелік ғылыми зерттеулер металды қаңқаның кеңістігінде жүргізіледі. Жылжымалы бөлік құрылғысы бір немесе екі жақты Күн модульдерін тестілеуге негізделген.

Технологиялық процесінің қарапайымдылығымен әзірленген Күн модульдерін тестілеуге арналған бақылау-өлшеу жүйесі, фотоэлектрлік өнеркәсіпте өндірілетін заманауи, электр энергиясын өндіру тұрғысынан неғұрлым перспекивті болып саналатын, бір немесе екі жақты гетероөткелді кремнилі Күн модульдеріне тестілулер жүргізіп қана қоймай, олардың өндірістің сапасын арттыруға септігін тигізетініне кәміл сенімдіміз. Аталған жүйе қазіргі таңда эксплуатацияда емес, алайда, эксплуатацияға енгізу мақсатында қарқынды жұмыстар жүргізілуде.

**Алғыс білдіру.** Мақаланың авторлары, ҚР БҒМ ғылым комитетіне BR05236498 гранттық ғылыми жоба аясында берілген қаржыландыру үшін алғысын білдіреді.

ӘДЕБИЕТ

[1] IEC Standard 60904-9, “Photovoltaic Devices-Part 9: Solar simulator performance requirements” // International Electrotechnical Commission, - Edition 2.0, - 2007.

[2] Yoon H.W., Dougherty B.P., Khromchenko V.B. Spectroradiometric characterization of the NIST pulsed solar simulator.// Proc of SPIE. - 2009; - 7410.

[3] ASTM Standard G 173 – 03, “Standard Tables for Reference Solar Spectral Irradiances: Direct Normal and Hemispherical on 37 Tilted Surface” // ASTM International. -www.astm.org

[4] IEC Standard 60904-7, “Photovoltaic Devices-Part 7: Computation of spectral mismatch error introduced in the testing of a photovoltaic device” // International Electrotechnical Commission, - Edition 3, - 2008.

[5] Emery K. Photovoltaic efficiency measurements. // Proc. - SPIE -2004; -5520: 36-44.

[6] Zettl M., Stern O., Mayer O., Hartung M., Lynass M., Bernal E. Indoor characterization of photovoltaic modules under various conditions. // Proc of SPIE. - 2008; -7056: -70460M.

[7] Krebs F.C., Sylvester-Hvid K.O., Jorgensen M. A self-calibrating led-based solar test platform. // Prog. Photovolt: -Res. -Appl. -2011; -19(1): 97-112.

[8] Bliss M., Betts T.R., Gottschalg R. An led-based photovoltaic measurement system with variable spectrum and flash speed. // Solar Energy Materials and Solar Cells -2009; -93: 825-830.

[9] Kohraku S., Kurokawa K. A fundamental experiment for discrete-wavelength led solar simulator. // Solar Energy Materials and Solar Cells -2006; -90: 3365-3370.

[10] Yuki T., Kamisako K., Kosuke K. New generation of PV module rating by LED solar simulator - A novel approach and its capabilities. // Photovoltaic Specialists Conf. -2008; -4922582: 1-5.

[11] Young D.L., Pinegar S., Stradins P. New Real-Time Qauntum Efficiency Measurement System. // 33rd IEEE Photovoltaic Specialists Conference, -San Diego, -California, 11–16 May, 2008.

[12] Grischke R., Schmidt J., Albert H., Laux A., Metz A., Hilsenberg U., Gentischer J. Led flasher arrays (lfa) for an improved quality control in solar cell production lines. // In European Photovoltaic Solar Energy Conference, - 2004; -2, 2591-2594.

Аймаганбетов К.П., Гирин Д.В., Клименов В.В., Токмолдин Н.С., Токмолдин С.Ж. Алмасов Н.Ж.

**Разработка контрольно-измерительной системы на основе сверхъярких светодиодов для тестирования фотоэнергетических установок**

**Резюме.** Разработана контрольно-измерительная система для тестирования фотоэнергетических установок площадью до 2200×1850 мм$^2$. Данная система основана на сверхъярких светодиодах и позволяет проводить измерения световых вольтамперных характеристик как односторонних, так и двусторонних солнечных модулей. Система включает в себя три основных компонента: каркас, светодиодная панель и движущаяся каретка. Преимущества разрабатываемой системы включают в себя возможность регулировки потока мощности излучения, возможность тестирования двусторонних солнечных модулей при помощи зеркального отражателя, а также возможность проведения темновых измерений в условиях, близких к абсолютно черному окружению. При этом регулировка потока мощности излучения может осуществляться как посредством выбора расстояния между светодиодной панелью и кареткой, так и благодаря подстройке интенсивности излучения отдельных светодиодов в матрице.

**Ключевые слова:** Солнечные панели, имитатор солнца, сверхъяркий светодиод, мощность потока излучении, регулятор мощности

УДК 62-52-9

**[1]N.A. Batayev, [1]B.A. Suleimenov, [2]D.F. Akhmetov**
([1]Kazakh National Research Technical University after K.I. Satpayev, Kazakhstan, Almaty)
[2]Sapporo Rakuno Gakuen University, Japan, Sapporo, E-mail: n.batayev@zeinetsse.com)

## ANTI-SURGE CONTROL OF GAS COMPRESSION UNIT

**Abstract.** This article describes the method intended for surge protection of the operating modes of a multi-stage gas compressor used in modern gas compression stations. A check is made of the adequacy of software to real data, checking the response of the system to external influences and changes in system parameters also performed.
**Key words.** Centrifugal Gas compressor, gas compression unit, anti-surge control, surge, polytropic head.

**[1]Н.А. Батаев, [1]Б.А. Сулейменов, [2]Д.Ф. Ахметов**
([1]Казахский Национальный технический университет имени К.И. Сатпаева, Казахстан, Алматы.
([2]Sapporo Rakuno Gakuen University, Япония, Саппоро, E-mail: n.batayev@zeinetsse.com)

## АНТИПОМПАЖНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ КОМПРЕССОРНОЙ УСТАНОВКИ

**Аннотация.** В данной статье приводится описание метода, предназначенного для помпажной защиты режимов работы многоступенчатого газового компрессора, используемого на современных компрессорных станциях. Произведена проверка адекватности программного обеспечения реальным данным, проверка реакции системы на внешние воздействия и изменения параметров системы.
**Ключевые слова.** Центробежный нагнетатель, компрессорная установка, антипомпажное регулирование, помпаж, политропный напор.

### Введение

Нестабильность центробежного нагнетателя может проявляться в двух основных формах: помпаж и срыв потока. Срыв потока обычно не повреждает компрессор и, как правило, не является основной проблемой с точки зрения защиты промышленного оборудования. Фактически, в промышленных условиях может быть трудно идентифицировать срыв потока. Помпаж, может разрушить компрессор, и большинство промышленных компрессоров имеют некоторую форму защиты от помпажа. Помпаж – это неустойчивый режим работы компрессора, при котором давление на выходе компрессора велико по отношению к расходу через компрессор.

Компрессоры обычно защищены от помпажа с помощью антипомпажного контура управления, задача которого контролировать расход газа на входе в компрессор [1]. Эффективный антипомпажный контроль зависит от различных факторов, таких как характеристики динамического отклика процесса, компрессора, регулирующих клапанов, измерительных и контрольных приборов и, особенно, от точности измерительной системы [2]. Если скорость потока к компрессору уменьшается из-за ограничения во впускной или выпускной системе компрессора, отношение степени сжатия для газа будет увеличиваться. Если ограничение достаточно велико, расход будет уменьшаться, а степень сжатия будет увеличиваться до точки, где происходит мгновенное изменение потока внутри машины, которое называется «помпаж». Помпаж обычно подтверждается звуковым грохотом, вибрацией труб и пульсациями давления. Нестабильная (помпажная) область показана на кривых производительности для турбомашин, таких как на

Рис. 1, и является всей областью слева от линии помпажа.

На рис 1 показаны точки помпажа и управления B и C, соответственно, и рабочие точки A и D процесса при давлении нагнетания 100%. Помпажная система поддерживает 80%-ный поток через компрессор, даже если технологический процесс составляет менее 80%. Например, если для процесса требуется только 60% потока (точка A), помпажная защита поддерживает 20% потока через линию рециркуляции. Следовательно, поток через компрессор равен технологическому потоку (60%) плюс рециркуляционный поток (20%). В данном примере рециркуляционный поток будет нулевым, когда процесс использует 80%-ный поток.

Защита от помпажа и система управления скоростью являются наиболее важными системами защиты для турбомашин. Конструкция этих систем управления значительно изменилась за последние десятилетия. В середине семидесятых на рынке появились первые электронные системы управления, основанные на аналоговых системах. Микропроцессорные системы появились в восьмидесятых.

В последние годы на рынке микропроцессорных антипомпажных систем и систем контроля скорости произошли значительные изменения в связи с переходом на 32-х и 64-х разрядные процессоры [3], [4].

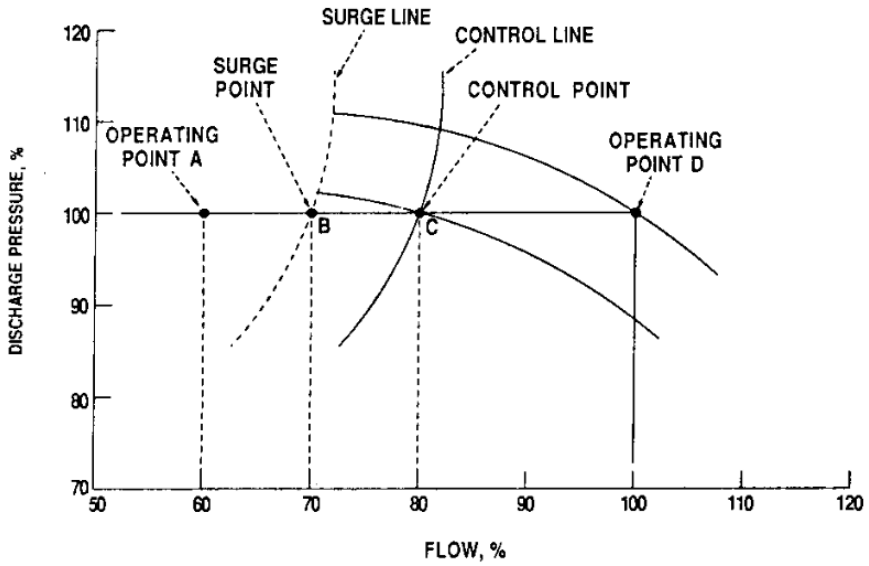



**Рис. 1.** Рабочие точки, 60%(A) и 100%(D) помпаж, точки управления B и C [2].

Положение рабочей точки обычно хорошо известно по данным датчиков на входе и выходе нагнетателя. Расположение линии помпажа менее четкое, поскольку она должна быть известна для всех возможных условий всасывания, угловой скорости и т.д. На основании данных испытаний помпажа или прогнозируемых характеристик от производителя определяется местоположение точек помпажа, в координатном пространстве, инвариантном к входным условиям. К входным условиям относятся давление, температура, молекулярная масса, сжимаемость и показатель изоэнтропы [5]. Основные инвариантные системы координат основаны на характерных картах, предоставленных производителем. Эти карты часто строятся в координатах политропного напора в зависимости от объемного расхода и мощности на валу. Угловая скорость - это фактически третья координата для машин с переменной скоростью, а наличие направляющих лопаток с переменным входом требует еще четвертого измерения [6]. Эффективность часто наносится на график, но это не столь важно для антипомпажного регулирования. Политропный напор вычисляется по формуле ниже

$$\boldsymbol{H_p = \frac{n}{n-1} * (ZRT)_s * \left[ \left(\frac{p_d}{p_s}\right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right]} \quad (1)$$

Регулирование помпажа направлено на поддержание компрессора в стабильных рабочих диапазонах [7]–[13]. Любое регулирование будет основано на измерении потока через машину таким образом, чтобы принятое регулирование могло удовлетворять основным требованиям:

- Регулировочная линия помпажа должна быть как можно ближе к параллельному смещению линии ограничения помпажа на величину, определенную относительно оси отклонения.
- Условия исследования гарантируют, что линия контроля помпажа не должна приближаться к линии помпажа больше, чем это необходимо для функционирования антипомпажной системы.
- Система должна защищать машину при всех возможных условиях эксплуатации, включая запуск и останов.

В данной статье приводится описание разработанного антипомпажного регулятора. Проверка адекватности регулятора проведена на основе созданной математической модели с дальнейшим внедрением в имитационное приложение.

**Методы**

Типовое антипомпажное регулирование состоит из клапана и линии рециркуляции, соединяющей выход и вход компрессора. В зависимости от степени открытия антипомпажного клапана линия рециркуляции позволяет осуществлять переброс выходного потока газа на вход компрессора, что приводит к увеличению расхода на входе и уменьшению давления на выходе компрессора. На

Рис. 2 представлены основные составляющие антипомпажной системы регулирования.

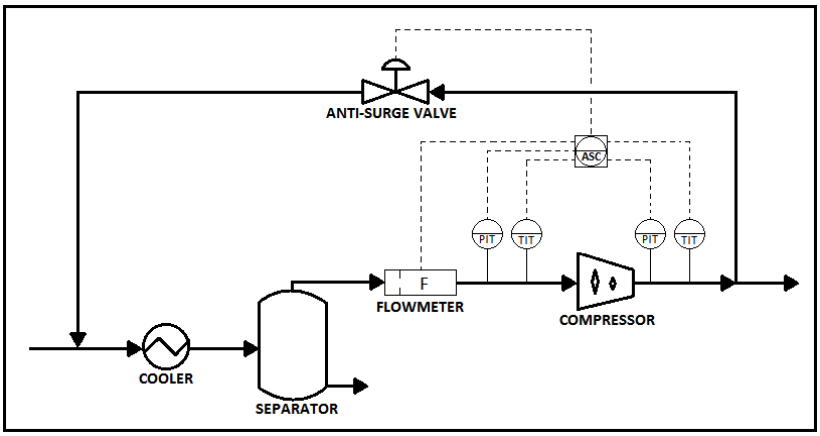



**Рис. 2.** Основные составляющие системы антипомпажного регулирования

Необходимым компонентом антипомпажной системы регулирования являются помпажные кривые, предоставляемые производителем компрессора. На

Рис. 3 показаны помпажные кривые, используемые в разработанном ПО.

Положение рабочей точки компрессора определяется двумя параметрами как ***[“Q”, “H”],*** где ***“Q”***-это объёмный расход газа на входе компрессора, ***“H”***-это политропный напор. Основные помпажные кривые:

“SLL”(Surge Limit Line) – помпажная кривая ограничения. Данная кривая (набор значений объёмного расхода с соответствующими значениями политропного напора) определяет границу, за которой произойдёт помпаж компрессора и должна быть представлена в паспортных данных производителем компрессора. Рассматриваемое ПО позволяет вводить данную кривую посредством пользовательского окна с панели антипомпажного регулирования;

“SPL”(Surge Protection Line) – помпажная кривая защиты. В нашем ПО координаты для “SPL” определяются как

$$SPL = SLL \cdot 1.0404 \tag{1}$$

Если кривая “SPL” используется системой антипомпажного регулирования (по умолчанию или после нажатия кнопки “ENABLE” с панели управления антипомпажного регулирования (

Рис. 4)) и рабочая точка компрессора достигнет “SPL”, то через 10 секунд активизируется логика по защите компрессора, т.е. произойдёт открытие антипомпажного клапана на 100%;

“SCrL”(Surge Correction Line) – помпажная кривая корректировки. Координаты для “SCrL” определяются как

$$SCrL = SLL \cdot 1.1025 \tag{2}$$

Когда положение рабочей точки находится между “SCrL” и “SPL” антипомпажный регулятор увеличивает помпажный запас (surge margin (

Рис. 3)) для более быстрого регулирования положения рабочей точки;

“SCntL”(Surge Control line) – помпажная кривая управления. Антипомпажный регулятор (АР) всегда удерживает положение рабочей точки компрессора на этой кривой. Если значение рабочей точки по расходу будет меньше (слева от кривой) чем “SCntL” АР будет приоткрывать антипомпажный клапан, если значение рабочей точки по расходу будет больше (справа от кривой) чем “SCntL”, тогда АР будет прикрывать антипомпажный клапан. При нормальном режиме работы положение “SCntL” определяется как

$$SCntL = SLL \cdot \left(1 + \frac{Surge\ Margin}{100}\right) \tag{3}$$

Где значение $Surge\ Margin$ задаётся пользователем с панели антипомпажного регулирования.

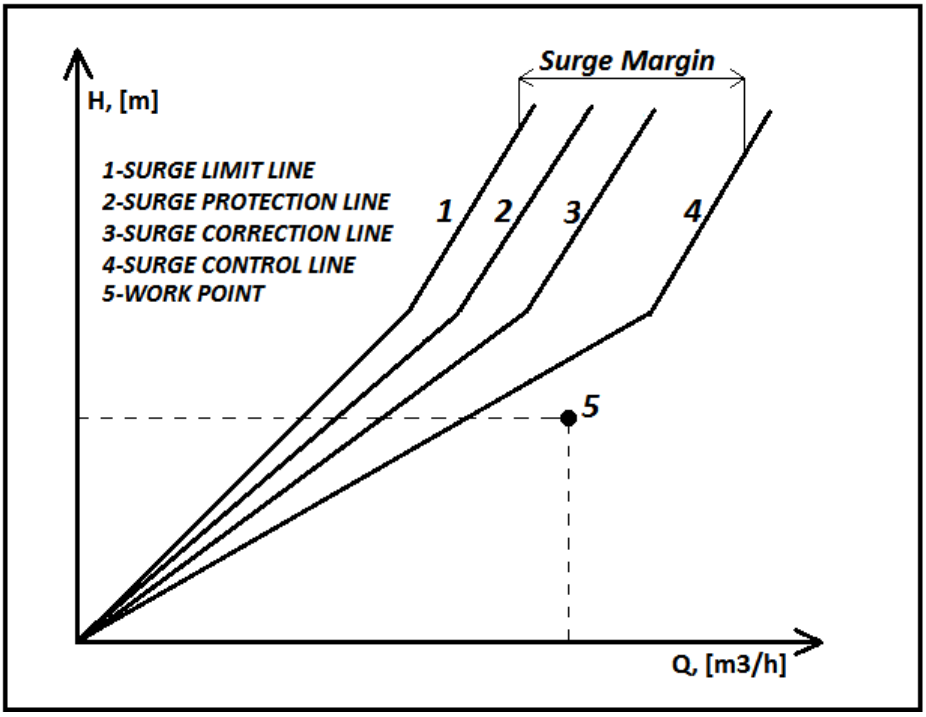



**Рис. 3.** Помпажные кривые

Положение антипомпажного клапана регулируется стандартным ПИД-регулятором. Уставка регулятора $SP$ (Set Point) определяется как

$$SP = 1 + \frac{Surge\ Margin}{100\%} \tag{4}$$

Значение процесса $PV$ (Process Value) вычисляется по формуле (5)

$$PV = \frac{Q_{in}}{RO_SET} \tag{5}$$

где $RO_SET$ значение объёмного расхода, соответствующее текущему значению политропного напора, $Q_{in}$ объёмный расход газа на входе компрессора. Параметр $RO_SET$ находится путём линейной интерполяции политропного напора на помпажную кривую “SCntL”.

В разработанном ПО центральное место уделяется модели центробежного компрессора. Выходные параметры модели компрессора рассчитываются в зависимости от входных и от кривых производительности компрессора. Ниже представлены формулы расчёта выходных значений температуры и давления компрессора.

$$\boldsymbol{T}_{\text{выход}} = \left[\mathbf{1} + \left(\frac{\boldsymbol{n}}{\boldsymbol{n_0}}\right)^{\mathbf{2}} * \frac{(\boldsymbol{Z}*\boldsymbol{R}*\boldsymbol{T})_{\mathbf{0}}}{(\boldsymbol{Z}*\boldsymbol{R}*\boldsymbol{T})_{\text{вход}}} * (\boldsymbol{\varepsilon_0}^{\boldsymbol{\alpha}} - \mathbf{1})\right] * \boldsymbol{T}_{\text{вход}} \tag{2}$$

$$\boldsymbol{P}_{\text{выход}} = \left[\mathbf{1} + \left(\frac{\boldsymbol{n}}{\boldsymbol{n_0}}\right)^{\mathbf{2}} * \frac{(\boldsymbol{Z}*\boldsymbol{R}*\boldsymbol{T})_{\mathbf{0}}}{(\boldsymbol{Z}*\boldsymbol{R}*\boldsymbol{T})_{\text{вход}}} * (\boldsymbol{\varepsilon_0}^{\boldsymbol{\alpha}} - \mathbf{1})\right]^{\frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{\alpha}}} * \boldsymbol{P}_{\text{вход}} \tag{3}$$

Результаты и обсуждение

Результатом работы стало создание приложения для моделирования режимов работы антипомпажного регулятора центробежного нагнетателя при различных динамических режимах работы. Интерфейс симулятора представлен на

Рис. 4. Интерфейс позволяет конфигурировать помпажную кривую, задавать параметры ПИД-регулятора, а также видеть текущие расчетные показатели регулятора. Антипомпажный регулятор в работе представлен на

Рис. 5, на котором показана реакция регулятора на внешние воздействия, такие как уменьшение расхода на входе в нагнетатель.

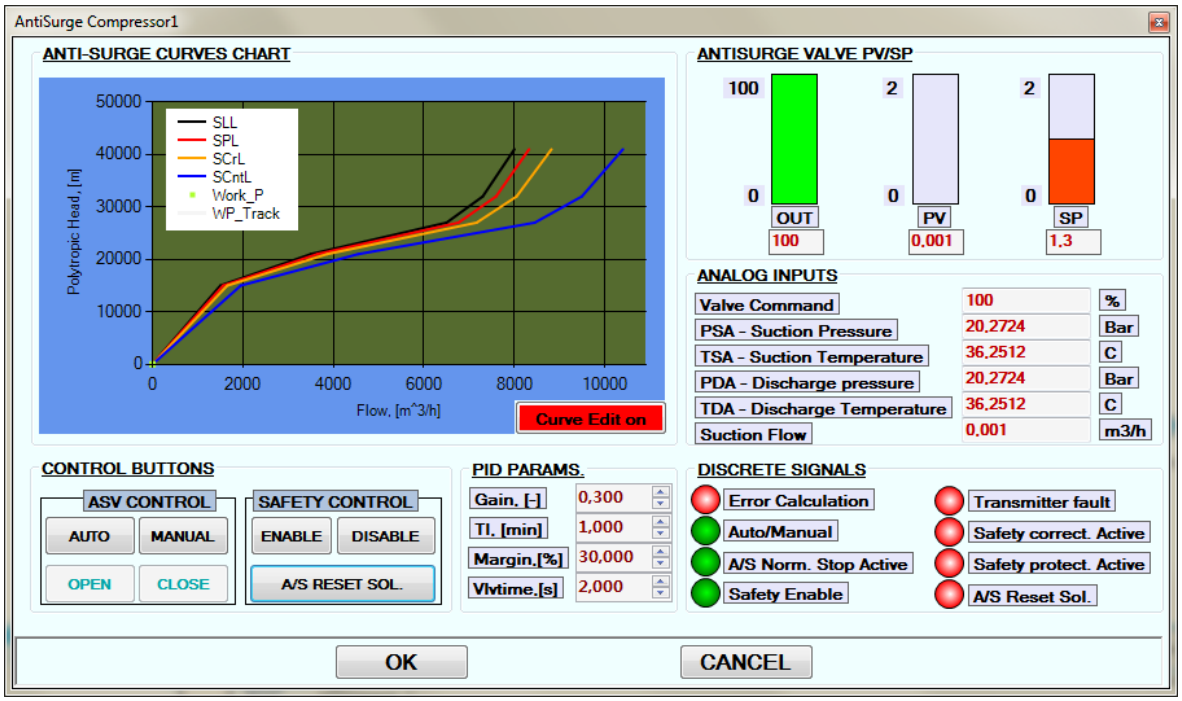



**Рис. 4.** Диалоговое окно для ввода параметров антипомпажного регулирования

В качестве воздействий выступают уменьшение расхода на входе в компрессор, путём прикрытия клапана на выходе с 26% до 20% (уменьшение расхода) и открытия клапана на выходе с 20% до 26% (увеличение расхода). При уменьшении расхода, рабочая точка компрессора смещается в помпажную зону, регулятор выдаёт команду на открытие антипомпажного клапана, что ведёт к увеличению расхода за счёт переброса части расхода с выхода на вход компрессора (Рис. 5). Соответственно, при увеличении расхода, регулятор выдаёт команду на закрытие антипомпажного клапана. Как видно из рисунка, антипомпажный регулятор отрабатывает плавно, без колебаний и выравнивает положение рабочей точки на необходимом для безопасной работы компрессора значении расхода.

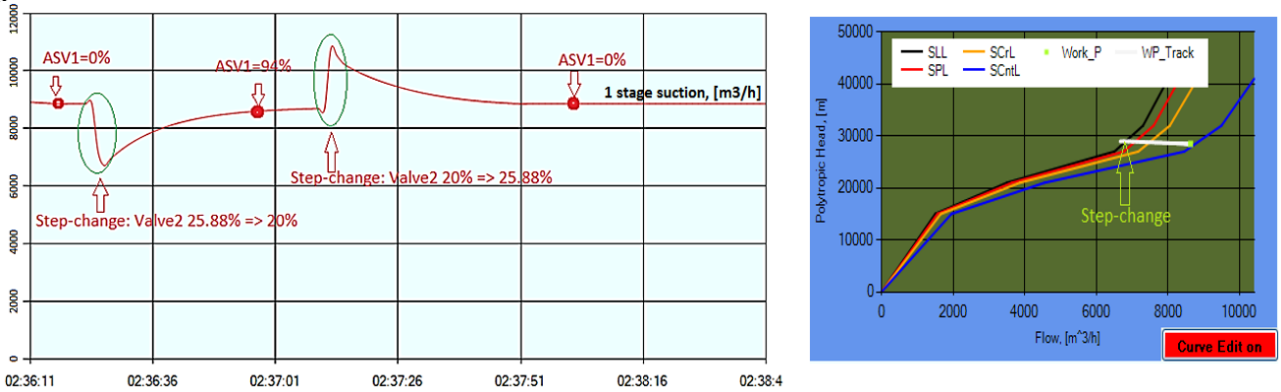



**Рис. 5.** Реакция антипомпажного регулятора на падение/увеличение расхода

Заключение

В рамках данной статьи было представлено детальное описание антипомпажного регулятора, предназначенного для моделирования поведения антипомпажной системы при различных режимах работы газового компрессора. Представленные расчеты основаны на реальных данных и показывают практическую значимость полученных результатов. Антипомпажный регулятор описывается математической моделью с соответствующими формулами, которые приводят модель к реальному технологическому процессу. Проведён ряд тестов для проверки адекватности программного обеспечения реальным данным; проведены тесты для проверки того, как система, собранная в данном ПО, реагирует на внешние воздействия и изменения основных её параметров.

Предлагаемая модель учитывает факторы, влияющие на процесс реального сжатия газа в газовых компрессорах. Логика алгоритмов моделирования адекватно отражает реальные технологические процессы в представленных оборудованиях.

ЛИТЕРАТУРА

[1] K. C. Chui, N. E. Pobanz, and L. H. Chang, "Evaluation of Gas Turbine/Compressor Control System Effectiveness Using Dynamic Simulation," in *International Gas Turbine and Aeroengine Congress and Exposition*, 1985, p. V004T13A001. DOI:10.1115/85-igt-56.

[2] J. R. Gaston, "Turbocompressor Antisurge Control, New Solution for an Old Problem," in *International Gas Turbine and Aeroengine Congress and Exposition*, 1992, p. V003T07A017. DOI:10.1115/92-gt-428.

[3] W. Blotenberg, "An Advanced Control and Monitoring System for Turbomachinery," in *International Gas Turbine and Aeroengine Congress and Exposition*, 1995, p. V005T15A006. DOI:10.1115/95-gt-260.

[4] J. Gaston, B. Piercy, and S. Harclerode, "Integrated Turbine-Compressor Controls Retrofit For an Olefins Unit," in *International Gas Turbine and Aeroengine Congress and Exposition*, 1995, vol. 7, no. 181, pp. 824–824. DOI:10.1126/science.7.181.824.

[5] B. W. Batson, "Invariant Coordinate Systems For Compressor Control," in *International Gas Turbine and Aeroengine Congress & Exhibition*, 1996.

[6] B. W. Batson, "Antisurge Control For Variable Geometry Compressors," in *nternational Gas Turbine and Aeroengine Congress & Exhibition*, 1999, no. 1989, pp. 1–6.

[7] A. Hafaifa, B. Rachid, and G. Mouloud, "Modelling of surge phenomena in a centrifugal compressor: Experimental analysis for control," *Syst. Sci. Control Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 632–641, 2014. DOI:10.1080/21642583.2014.956269.

[8] R. Izmaylov and A. Lebedev, "Centrifugal compressor surge detecting method based on wavelet analysis of unsteady pressure fluctuations in typical stages," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2015, vol. 90, no. 1. DOI:10.1088/1757-899X/90/1/012052.

[9] A. Lebedev, L. Gileva, A. Danilishin, and M. Sokolov, "Surge protection system development in centrifugal compressor with an indicative method using numerical simulation of unsteady processes and analysis of pressure fluctuation signals," *MATEC Web Conf.*, vol. 245, p. 09010, 2018. DOI:10.1051/matecconf/201824509010.

[10] N. Batayev and A. Onbayev, "Prediction of Gas Turbine Parameters based on Machine Learning Regression Methods," *Proc. 6th Int. Virtual Conf. Adv. Sci. Results*, vol. 6, pp. 217–221, 2018. DOI:10.18638/scieconf.2018.6.1.495.

[11] N. Batayev, T. Shuvatov, and A. Kuzyrgaliyev, "Моделирование Режимов Работы Газотурбинной Компрессорной Установки," *Vestn. Kazn.*, vol. 6, no. 130, 2018.

[12] M. L. Hakim, B. Achmad, and J. P. Sutikno, "Anti Surge Control of Centrifugal Compressor at PT. Pertamina EP Asset 2 Field Pendopo," in *E3S Web of Conferences*, 2018, vol. 42, p. 01010. DOI:10.1051/e3sconf/20184201010.

[13] N. Batayev, "Forecasting and Diagnostic of Gas Turbine Driven Gas Compression Unit Parameters," in *Materials of the IV International Scientific-Practical Conference. Sapporo, Japan*, 2019, pp. 186–191.

Батаев Н.А., Сулейменов Б.А., Ахметов Д.Ф.

**Газды сығымдау қондырғысының помпажды бақылау**

**Түйіндеме.** Осы мақалада заманауи газды компрессорлық станцияларда қолданылатын көп сатылы газ компрессорының жұмыс режимдерінің помпаж қорғалуын қамтамасыз ететін әдіс ұсынылған.

**Негізгі сөздер.** Центрифугалық газ компрессоры, газды қысу қондырғысы, помпаждық бақылау, помпаж, политропиялық қысу.

УДК 62-52-9

**[1]N.A. Batayev, [1]B.A. Suleimenov, [2]D.F. Akhmetov**

([1]Kazakh National Research Technical University after K.I. Satpayev, Kazakhstan, Almaty.
[2]Sapporo Rakuno Gakuen University, Japan, Sapporo, E-mail: n.batayev@zeinetsse.com)

## FORECASTING AND DIAGNOSTIC OF GAS TURBINE UNIT PARAMETERS

**Abstract.** This article describes approach for forecasting of gas turbine parameters on basis of machine learning various regression methods. A check is made of the adequacy of software to real data, obtained from one of the gas compression station, checking the response of the system to external influences and changes in system parameters also performed. A comparative analysis of different methods is carried out.

**Key words.** Gas Turbine, Python, Train dataset, Regression Methods, Centrifugal Gas Compressor.

**[1]Н.А. Батаев, [1]Б.А. Сулейменов, [2]Д.Ф. Ахметов**
([1]Казахский Национальный технический университет имени К.И. Сатпаева, Республика Казахстан, Алматы
[2]Sapporo Rakuno Gakuen University, Япония, Саппоро, E-mail: n.batayev@zeinetsse.com)

# ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ДИАГНОСТИКА ПАРАМЕТРОВ ГАЗОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ

**Аннотация.** В данной статье описан подход к прогнозированию параметров газовой турбины на основе машинного обучения и различных методов регрессии. Проводится проверка соответствия программного обеспечения реальным данным, полученным с одной из газокомпрессорных станций, проверка реакции системы на внешние воздействия и изменения параметров системы. Проведен сравнительный анализ различных методов.

**Ключевые слова.** Газовая турбина, Python, Тестовый набор данных, Методы регрессии, Центробежный нагнетатель

## Введение

Природный газ является одним из наиболее распространенных источников энергии в современном мире. Транспортировка газа с производственных площадок к потребителям осуществляется газокомпрессорными станциями, что позволяет повысить давление газа для последующей транспортировки по газопроводу. Неотъемлемой частью любой компрессорной станции является центробежный нагнетатель и газовая турбина. В зависимости от модели центробежный компрессор способен увеличивать давление газа в 1.2-1.5 раза. Газовая турбина является приводом центробежного компрессора и обеспечивает необходимую скорость вращения вала для достижения требуемого давления на выходе компрессора. Газовая турбина - это постоянно работающий двигатель. Особенность такого двигателя заключается в том, что внутри газовой турбины энергия вырабатывается сжатым или нагретым газом, в результате чего происходит механическая работа на валу.

Создание газовых турбин было обусловлено тем, что мировая энергетика в конце двадцатого века столкнулась с необходимостью создания относительно недорогих машин с высокими техническими и идеальными параметрами окружающей среды. Эта потребность во многом обусловлена надвигающейся нехваткой органического топлива, а также ужесточением требований к уровню загрязнения окружающей среды. В середине прошлого века был достигнут значительный прогресс в разработке газотурбинных двигателей в военной авиации. Четыре страны были вовлечены в разработку и создание газотурбинных двигателей третьего поколения: СССР, США, Франция и Англия; Двигателей четвертого поколения - всего три, а двигателей пятого поколения - всего две: Россия и США [1]. В

Таблица **1** представлены характеристики газовых турбин разных поколений.

Таблица 1. **Характеристики газовых турбин разных поколений**

| *Поколение, год* | *Температура за камерой сгорания, °C* | *Степень сжатия* |
|---|---|---|
| **Поколение 1,** 1943-1949 | 730 - 780 | 3 - 6 |
| **Поколение 2,** 1950-1960 | 880 - 980 | 7 – 13 |
| **Поколение 3,** 1960-1970 | 1030 - 1180 | 16 - 20 |
| **Поколение 4,** 1970-1980 | 1200 - 1400 | 21 - 25 |
| **Поколение 5,** 2000-2020 | 1500 - 1650 | 25 - 30 |

Прежде чем перейти непосредственно к задаче машинного обучения, важно понять, с чем связан наш набор данных. Предлагаемый набор данных является параметрами газотурбинного двигателя. Типовыми модулями любой газовой турбины являются осевой компрессор, камера сгорания, турбина высокого давления, турбина низкого давления (Рис.6)

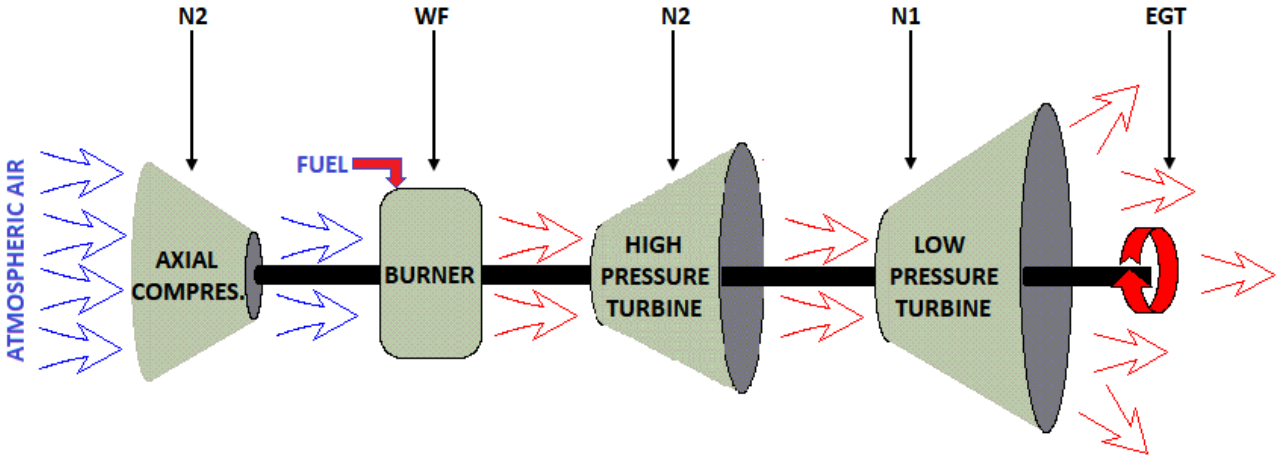



**Рис. 6.** Структура газотурбинного двигателя

Воздух всасывается из атмосферы через модуль забора воздуха, а затем сжимается через осевой компрессор. Затем сжатый воздух смешивается с топливом и происходит воспламенение в камере сгорания. Горячие газы, образующиеся во время сгорания, приводят к вращению лопасти турбины, тем самым увеличивая мощность турбины. Кроме того, отработавшие горячие газы отводятся через выхлопную трубу.

Как упоминалось ранее, газовая турбина является двигателем, и для этого двигателя существуют различные применения. Газовая турбина может быть использована в качестве привода генератора, вырабатывающего электричество. Кроме того, газотурбинный двигатель используется в качестве привода для вращения центробежного газового компрессора, предназначенного для сжатия газа. В рамках этой статьи мы рассмотрим газовую турбину, используемую в качестве привода нагнетателя. Турбина вращает центробежный нагнетатель, который как часть компрессорной станции используется для транспортировки газа по газопроводу до конечного пользователя.

Основной задачей компрессорной станции является бесперебойная работа газоперекачивающих агрегатов для подачи газа в различные населенные пункты и заводы. В связи с этим стоит задача выявления неисправностей и диагностики газоперекачивающих агрегатов. Как и любое другое оборудование, детали газовой турбины изнашиваются с течением времени. Очень важно своевременно предотвращать поломки. И лучше всего сделать прогноз будущих неисправностей вовремя, чтобы устранить их. Существуют различные методы диагностики, такие как вибродиагностика, параметрическая диагностика и т.д. В источниках описываются различные методологии моделирования и диагностики газотурбинных двигателей [2]–[7]. Классификация неисправностей с помощью методов машинного обучения приведена в источнике [8].

В этой статье мы рассмотрим прогнозирование параметров газовой турбины на основе различных методов машинного обучения и проведем сравнительный анализ между ними.

**Методы**

Задача прогнозирования может быть разделена на две большие категории – задачи классификации и регрессии. Если множество значений целевого признака является конечным (к примеру, верно – не верно, исправный – неисправный и т.д.), то это задача классификации. В случае, если целевой признак принимает числовые значения на множестве действительных чисел R, то данного рода задачи можно отнести к типу регрессии. В рамках данного документа описаны методы, применимые к задачам регрессии.

В качестве набора данных используются параметры работы газокомпрессорной установки за несколько недель. Этот набор данных содержит 68 столбцов (объектов) и 42000 строк. Давление нагнетания осевого компрессора (an_engine_pcd) выбрано в качестве целевого параметра, то есть мы сделаем прогноз для него на основе оставшихся параметров. В качестве инструмента для реализации описанной задачи был выбран высокоуровневый язык программирования общего назначения Python 3.5, который включает в себя все необходимые библиотеки для такого рода задач. Python поддерживает несколько парадигм программирования: функциональную, структурную, императивную, объектно-ориентированную, аспектно-ориентированную. Код в Python организован в функции и классы, которые могут быть объединены в модули [9].

В рамках данной статьи методы регрессионного анализа будут использоваться для прогнозирования параметров. Регрессионный анализ - это статистический метод изучения влияния одной или нескольких независимых переменных X1, X2… Xn на целевой параметр (зависимую переменную) Y. Терминология зависимых и независимых переменных отражает только математическую зависимость переменных, а не причинно-следственные связи. Линейная модель является основой статистики за последние 30 лет и остается одним из важнейших инструментов. Учитывая входной вектор $X^T = X_1, X_2, \dots, X_n$, мы прогнозируем целевой параметр Y по модели

$$\hat{Y} = \hat{\beta}_0 + \sum_{j=1}^{n} X_j \hat{\beta}_0 \quad \textbf{(6)}$$

где $\hat{\beta}_0$ смещение. Для сравнения линейной модели с набором данных для обучения существуют разные методы, но, безусловно, наиболее популярным является метод наименьших квадратов, для которого используется минимизация смещения β.

$$\mathrm{RSS}(\beta) = \sum_{j=1}^{n} \left(y_i - x_i^T \beta\right)^2 \quad \textbf{(7)}$$

Для масштабирования данных и определения среднеквадратической ошибки мы будем использовать методы Python StandardScaler и mean-squared_error (MSE). Используя StandardScaler(), объекты должны быть установлены на одинаковый диапазон измерения (масштаб), чтобы исключить влияние параметров с большими измерениями на прогноз целевого параметра. Перед началом прогнозирования необходимо увидеть корреляционную матрицу, которая покажет, как параметры связаны друг с другом.

Следующим важным шагом является выбор параметров для обучения. В библиотеке scikit-learn признаки обозначаются заглавной буквой X, а целевой атрибут - строчной буквой y. Это обозначение было принято на основе стандартной математической формулы f (x) = y. Мы используем заглавную букву X, поскольку данные представляют собой двумерный массив и строчную букву y, поскольку целевым параметром является одномерный массив.

Чтобы оценить эффективность модели, необходимо разбить данные на две части. Одна часть данных используется для обучения модели и называется данными обучения, а вторая используется для оценки обученной модели на основе новых данных, они называются тестовыми данными. Нет четкого правила, сколько данных брать для обучения и тестирования, но обычно разделение выполняется в соотношении 70/30, где 70% - это тренировочная выборка, а 30% - тестовая выборка. В библиотеке scikit-learn есть специальный метод для разделения образца на обучение и тестирование, этот метод называется train_test_split, используя который мы разбиваем наш набор данных и записываем разбивку на массивы X_train, X_valid, y_train, y_valid. На

Рис. 7 представлен тренд изменения выходного давления компрессора, разделение параметров на тестовую и обучающую выборки и корреляция параметров.

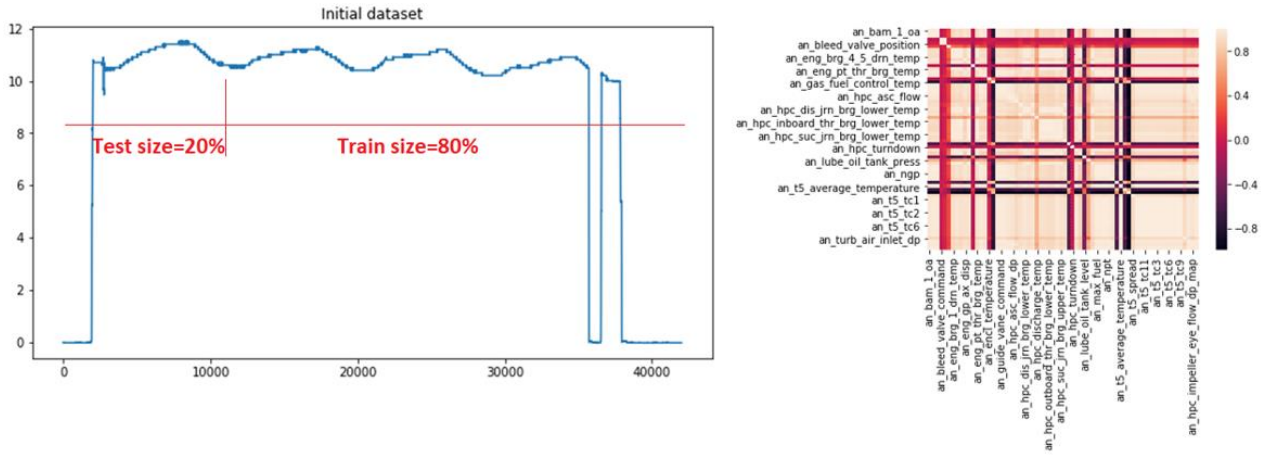



**Рис. 7.** Тренд изменения выходного давления компрессора и его разделение на тестовую и обучаемую части (слева). Корреляция параметров (справа).

В нашем случае мы рассматриваем задачу на основе обучения с учителем, то есть контролируемого обучения. Обучение с учителем является одним из наиболее часто используемых и успешных видов машинного обучения. Как известно, обучение с учителем предполагает наличие целевого атрибута (учителя) в модели обучения, и модель строится на основе пары объект-ответ, которая составляет наш набор данных для обучения. И главная цель - получить модель, которая бы точно предсказывала ответы для новых данных.

Существуют разные методы обучения с учителем. Каждый из них имеет как преимущества, так и недостатки, связанные с простотой, интерпретируемостью, временем обучения, точностью и т.д. Наиболее известные и простые метод: деревья решений, метод K-ближайших соседей, случайный лес, логистическая регрессия. Подробное описание каждого из методов приведено в источнике [9].

**Результаты и обсуждение**

В Python есть различные библиотеки для реализации алгоритмов регрессии. Наиболее используемыми являются методы LinearRegression, Lasso, Ridge, LassoCV, RidgeCV, которые можно импортировать из библиотеки sklearn. Для решения задачи прогнозирования были выполнены следующие шаги: Обучение модели на разных методах, Прогнозирование на основе обученной модели, Нахождение среднеквадратичной ошибки и выбор наилучшего метода. Для вышеупомянутых методов был проведен небольшой сравнительный анализ с использованием трех критериев: МНК, время обучения и количество несоответствий для данного коридора.

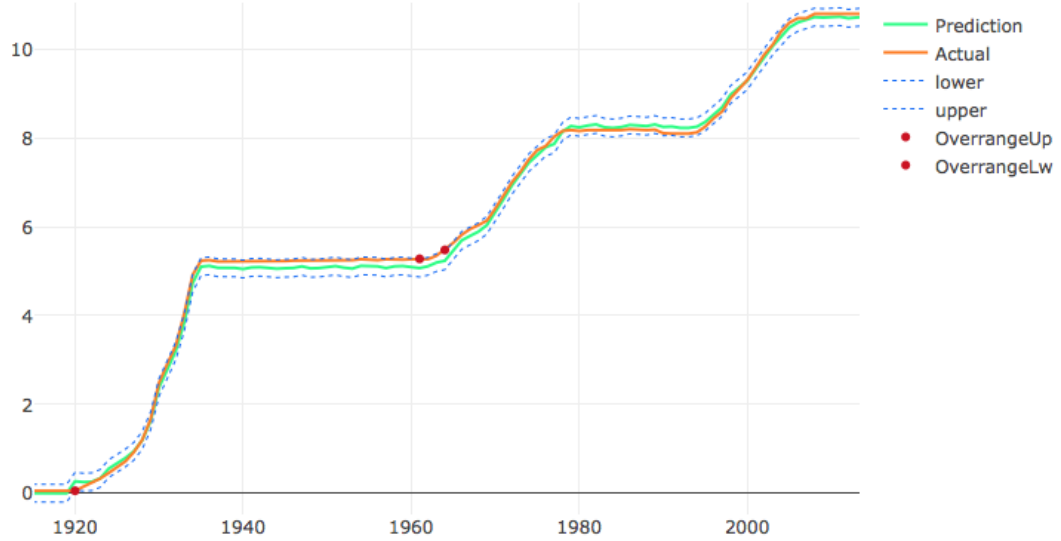



**Рис. 8.** Реальные и прогнозные значения

Для всех методов был задан один и тот же коридор (0.2) и подсчитано общее количество точек, находящихся за пределами этого коридора между текущими и прогнозными значениями (Таблица 2).

Таблица 2. **Результаты прогнозирования**

| Метод | MSE | Кол-во точек вне коридора | Время обучения |
|---|---|---|---|
| *LinearRegression* | 0.071906 | 56 | 342 ms |
| *Lasso* | 1.231584 | 8392 | 3.17 s |
| *Ridge* | 0.085741 | 77 | 312 ms |
| *LassoCV* | 0.426362 | 2831 | 3.79 s |
| *RidgeCV* | 0.064307 | 56 | 493 ms |
| *RandomForestRegressor* | 0.047852 | 112 | 1 min 24s |
| *DecisionTreeRegressor* | 0.036200 | 62 | 13.1 s |
| *GradientBoostingRegressor* | 0.064040 | 200 | 33.5 s |

**Заключение**

Результаты, представленные на Рис.8 и в таблице 2, показывают, что для нашего набора данных наиболее точные результаты дают методы LinearRegression и RidgeCV. Но для различных наборов данных разные методы машинного обучения могут давать лучшие или худшие результаты по сравнению друг с другом, поэтому необходимо протестировать несколько методов, установить необходимые настройки и выбрать лучший метод, который дает меньшую ошибку.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Рыбалко В.В, *Безотказность и диагностика газотурбинных установок*. 2006.

[2] D. Gašparovič, M. Výžinkár, J. Žarnovský, and J. Blata, "Turbine Modification of Nuovo Pignone Gas Turbine," *Acta Technol. Agric.*, vol. 20, no. 3, pp. 74–77, 2017. DOI:10.1515/ata-2017-0015.

[3] J. L. Pérez-Ruiz, I. Loboda, L. A. Miró-Zárate, M. Toledo-Velázquez, and G. Polupan, "Evaluation of gas turbine diagnostic techniques under variable fault conditions," *Adv. Mech. Eng.*, vol. 9, no. 10, pp. 1–16, 2017. DOI:10.1177/1687814017727471.

[4] M. Rahman, V. Zaccaria, X. Zhao, and K. Kyprianidis, "Diagnostics-Oriented Modelling of Micro Gas Turbines for Fleet Monitoring and Maintenance Optimization," *Processes*, vol. 6, no. 11, p. 216, 2018. DOI:10.3390/pr6110216.

[5] M. Benrahmoune, A. Hafaifa, M. Guemana, and X. Q. Chen, "Detection and modeling vibrational behavior of a gas turbine based on dynamic neural networks approach," *Stroj. Cas.*, vol. 68, no. 3, pp. 143–166, 2018. DOI:10.2478/scjme-2018-0032.

[6] F. Lu, J. Jiang, J. Huang, and X. Qiu, "An iterative reduced KPCA hidden markov model for gas turbine performance fault diagnosis," *Energies*, vol. 11, no. 7, pp. 1–21, 2018. DOI:10.3390/en11071807.

[7] M. Adamowicz and G. Zywica, "Advanced gas turbines health monitoring systems," *Diagnostyka*, vol. 19, no. 2, pp. 77–87, 2018. DOI:10.29354/diag/89730.

[8] N. Batayev, "Gas turbine fault classification based on machine learning supervised techniques," in *14th International Conference on Electronics Computer and Computation, ICECCO 2018*, 2019. DOI:10.1109/ICECCO.2018.8634719.

[9] W. McKinney, *Python for data analysis : data wrangling with pandas, NumPy, and IPython*. 2017.

Батаев Н.А., Сулейменов Б.А. , Ахметов Д.Ф.

**Газ турбиналық қондырғысының параметрлерін болжау және диагностикалау**

**Түйіндеме.** Бұл мақалада түрлі регрессиялық техниканы машинада оқыту негізінде газ турбиналық параметрлерін болжау және диагностикалауға арналған әдіс ұсынылған. Модельдеу нәтижелерінің орындалғандығын тексеру шын мәліметтеріне негізделген. Түрлі әдістермен салыстыру жүргізілді.

**Негізгі сөздер.** Газ турбинасы, Python, Регрессия әдісі, Центрифугалық газ компрессоры.

УДК 004.056.53

**G.S. Mukhamedzhanova**
(Narkhoz University, Almaty, Republic of Kazakhstan)

**DEVELOPMENT OF THE BEEBOT CHAT-BOTA FOR THE SERVICE OF THE CUSTOMERS OF THE CAR-TEL COMPANY BEELINE KAZAKHSTAN**

**Abstract** The article discusses the development of the chat bot «BeeBot» for servicing cellular subscribers of the company «Kar-tel» Beeline Kazakhstan. Chat bot «BeeBot» allows you to automate the process of customer service and support, which significantly reduces labor costs and increases the speed of customer service companies. As a programming language for the development of the chat bot «BeeBot», Python was used. A distinctive feature of Python has such properties as high performance, stability of program code and debugging tools. To create a chat bot, we also used the services of the built-in assistant - the bot bot in the Telegram system. The article shows the relevance of the chat-bot «BeeBot» for servicing mobile subscribers of the company «Kar-tel» Beeline Kazakhstan. A convenient way of online communication with subscribers of the network, available functionality to subscriber billing, which is becoming increasingly important and becoming one of the main types of communication in the modern world.

**Key words:** information, messenger, telegram, chat bot, application, dialogue, Internet, Python, MySQL.

**Г.С. Мухамеджанова**
(Нархоз университет, Алматы, Республика Казахстан, Gulnar.mukhamedzhanova@narxoz.kz)

# РАЗРАБОТКА ЧАТ-БОТА «BEEBOT» ПО ОБСЛУЖИВАНИЯ КЛИЕНТОВ КОМПАНИИ «КАР-ТЕЛ» BEELINE KAZAKHSTAN

**Аннотация.** В статье рассматривается разработка чат-бот «BeeBot» по обслуживанию абонентов сотовой связи компании «Кар-тел» Beeline Kazakhstan». Чат-бот «BeeBot» позволяет автоматизировать процесс обслуживания и поддержки клиентов, что значительно снижает расходы на рабочую силу и увеличивает скорость обслуживания клиентов компании. В качестве языка программирования для разработки чат-бота «BeeBot» был использован язык Python. Отличительной особенностью Python имеет такие свойства как высокая производительность, устойчивость программного кода и средства отладки. Для создания чат-бота также использовали услуги встроенного помощника - бота «BotFather» в системе «Telegram». В статье показана актуальность чат-бота «BeeBot» по обслуживанию абонентов сотовой связи компании «Кар-тел» Beeline Kazakhstan». Удобный способ онлайн-общения с абонентами сети, доступный функционал к абонентской тарификации, который приобретает все большую значимость и становится одним из основных видов коммуникации в современном мире.

**Ключевые слова:** информация, мессенджер, телеграм, чат-бот, приложение, диалог, Интернет, Python, MySQL.

В современном мире существует огромное количество способов и форм общения, но популярны технические средства, которые представляют собой использование глобальной компьютерной сети Интернет. Интернет является полноценным источником поиска полезной информации, а также формой виртуального общения. Очень популярны, становятся применение интернет-сервисов для коммуникаций и общения: социальные сети, мессенджеры, форумы, чаты. Это послужило развитием мобильного Интернета.

Казахстанские компании в последние годы стали активно внедрять чат-боты в качестве коммуникации с пользователями сети Интернет. Благодаря данному инструменту, появилась возможность в режиме online быстро получать бизнес–предложения в производственной сфере и сфере услуг. В основу быстрого распространения чат-ботов легли использование мессенджеров и социальных сетей (например, Telegram, Viber, Facebook, ВКонтакте). У пользователей социальных сетей большую симпатию вызвало человеческая модель поведения работы чат-ботов.

Чат-ботами называют специальные программы, которые осуществляют имитацию человеческого общения, посредством текста или голоса. Таким образом, они ведут диалог с пользователем (несколькими пользователями), используя искусственный интеллект, выполняя их требования, отвечая на запросы или развлекая своими ответами. Современные инструменты создания чат- ботов позволяют им выступать в роли виртуального собеседника, показывая высокую интеллектуальность: повторяют и воспроизводят письменный набор знаков человека, предоставляют ответ на заданные действия [1].

Платформой для разработки агента был выбран чат-бот. Чат-бот – это ассистент, который взаимодействует с пользователями с помощью сообщений, также обладает дополнительными функциями. Благодаря чат-боту есть возможность делать как сбор (опросы, голосования), так и рассылку (расписание занятий, курсы валют, погода) информации. Также актуальны боты переводящие слова с одного языка на другой. Условную схему работы Telegram бота можно увидеть на рисунке 1.

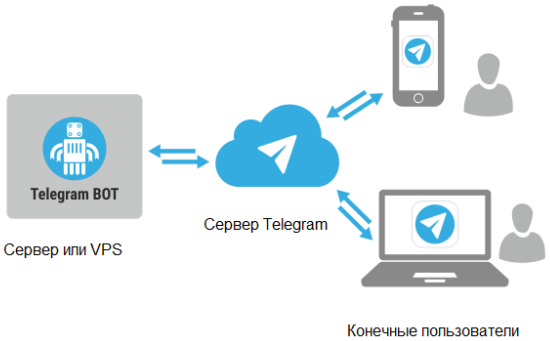



**Рис.1.** Схема работы Telegram бота

В настоящее время насущная проблема загруженности линии операторов-консультантов и слишком высокого времени ожидания абонентов на линии. Результатом этого является увеличение риска потери потенциального клиента. Многие крупные компании стараются автоматизировать процесс обслуживания и поддержки клиентов. Полностью автоматизировать систему обслуживания клиентов невозможно, но даже частичная автоматизация позволяет значительно снизить расходы на рабочую силу и увеличить скорость обслуживания клиентов.

Не секрет, что при дозвоне в call-центры по коротким номерам, нам не отвечают живые люди, и мы вынуждены слушать голосовые подсказки автоматической системы. Для перехода по меню используются клавиши телефона, и мы хотим разобрать главные клавиши для управления меню call-центра Билайн [2].

Был проведен онлайн опрос, в котором приняли участие респонденты разных возрастных категорий. Анализ ответов показал что 78,9% опрошенных предпочитают пользоваться услугами онлайн-консультанта, 15,8% удобнее получить консультацию от специалистов, и лишь 5,3% находят ответы на их вопросы в поисковых системах (рисунок - 2).

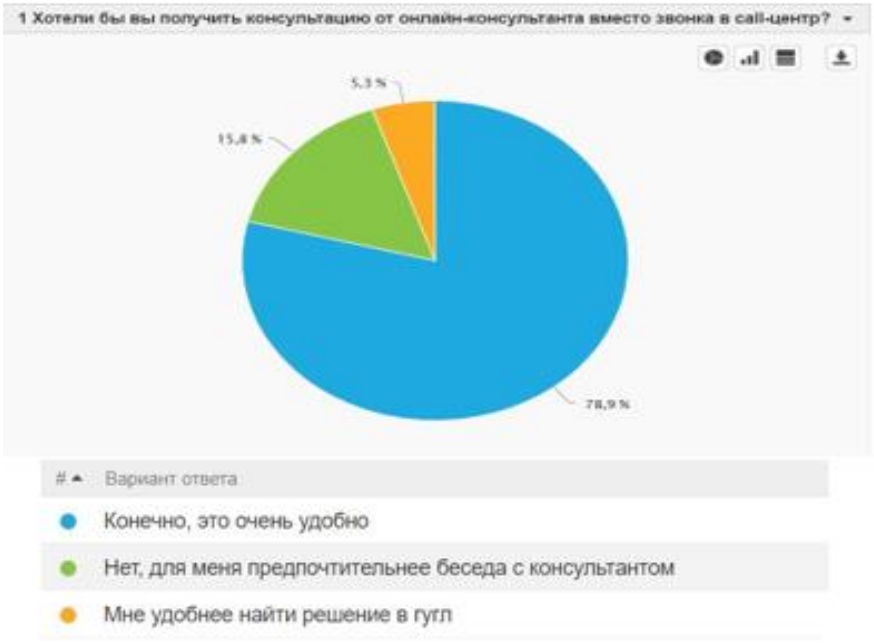



**Рис.2.** Результат online – опроса о внедрении онлайн-консультанта на замену call-центрам

Анализируя существующие мобильные приложения в Казахстане в секторе телекоммуникаций, можно отметить отсутствие чат-ботов, которые помогли бы пользователям упростить получение той или иной информации. Практически все телекоммуникационные компании предпочитают использовать мобильное приложение. Рассмотрим сравнительный анализ между мобильным приложением и чат-ботом (таблица 1).

Таблица 1. **Сравнительный анализ мобильных приложений и чат-ботов**

| Основные показатели приложения | Мобильное приложение | Чат-бот |
|---|---|---|
| Удобный и интуитивно понятный интерфейс | + | + |
| Время на разработку | 300 часов | 50 часов |
| Затраты на разработку | 2,5 млн. тг. | 300 тыс. тг |
| Экономия трафика | - | + |
| Примечание: источники [20,21] | | |

Из полученных данных можно сделать следующее заключение:

1. На разработку чат-бота уходит намного меньше времени и ресурсов чем на мобильное приложение (в 6 раз).

2. В среднем мобильные приложения занимают около 50-60 мб памяти. Для пользователей стран с дорогим интернетом такой трафик может быть непосильным.

В итоге, определяем нишу рынка, в которой можно разработать удобного и доступного онлайн-консультанта, который поможет найти ответ на вопрос пользователей.

При использовании чат-бота, помимо того, что он является онлайн консультантом и помощником, он включает в себя такие позитивные элементы технического характера, как высокая скорость ответа (практически сразу после отправления команды), направленное внимание к каждому клиенту (индивидуальное общение с пользоватлем посредством его команд), расходование низкого интернет трафика в силу своей лаконичности и доступности, а так же развитой системй оповещений, возможности которого безгранично можно расширять. Позитивным фактором выступает так же и легкость чат-бота по своей весомости как такового [3].

Поскольку чат-бот это всего лишь автоматизированный диалог, который не загружен излишними медиа-файлами. И еще одним важным плюсом в эпоху интернет пространства выступает конфиденциальность чат-ботов. Только клиент и разработчик имеет информацию о скалдывающемся между ними диалоге и никто больше не имеет доступа в силу того, что работа чат-бота воспроизводится в индивидуальном диалоговом окне.

Для создания чат–бота «BeeBot» было использовано следующее программное обеспечение: Python версии 3.7, MySQL версии 5.7. «phpMyAdmin» сервер СУБД «MySQL», мессенджер «Telegram» [4].

Python – это язык программирования общего назначения, нацеленный в первую очередь на повышение продуктивности самого программиста, нежели кода, который он пишет. В настоящее время Python применяют даже в веб-разработке, а для машинного обучения и анализа данных он стал языком по умолчанию. За счёт простоты кода, сопровождение программ, написанных на Python, становится легче по сравнению с Java или C++. А с точки зрения бизнеса это влечёт за собой сокращение расходов и увеличение производительности труда сотрудников [5].

Также к языку Python можно отнести следующее достоинство – большое количество подключаемых в программе модулей. При создании чат–бота «BeeBot» применили модуль «telebot». Библиотека «telebot» показана на рисунке 3.

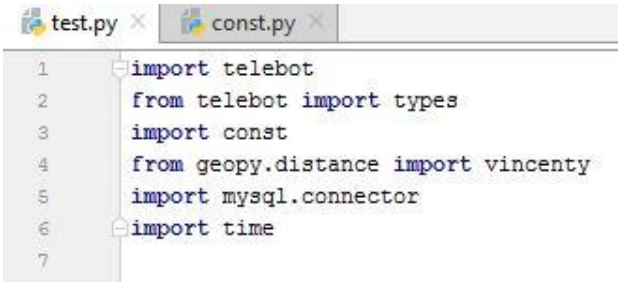



**Рис.3.** Добавление библиотек в программу
Примечание: скриншот сделан авторами проекта

Перед тем как начать создание чат-бота необходимо зарегистрировать его в приложении «Telegram». В целях безопасности выдается api токен, с помощью которого можно управлять своим ботом (рисунок - 4) [6].




**Рис.4.** Перенос токена в новое окно

В «BotFather» есть возможность добавить описание бота, фото и базовые команды. Теперь рассмотрим привязку чат–бота к базе данных. Для этого установим виртуальный сервер «Denwer», чтобы затем запустить «phpMyAdmin». Включив локальный Web-сервер «phpMyAdmin», разрабатываем базу данных наших абонентов. Далее создаем таблицу, в которой содержатся данные абонентов. В результате получим функционирующую базу данных, которую необходимо присоединить к чат-боту (рисунок –5).

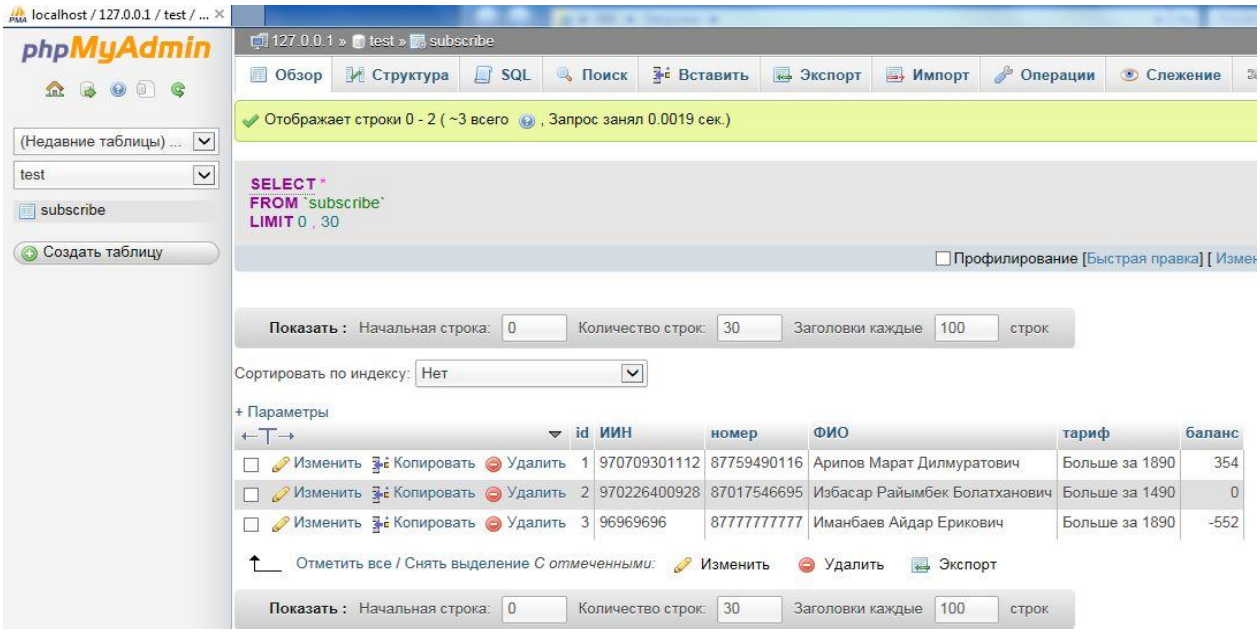



**Рис.5.** Таблица с данными абонентов

Интерфейс пользователя представляет собой диалоговое окно, отличающегося от обычных диалогов в рамках мессенджера тем, что имеется полное описание бота, включающее в себе данные его функционала (рисунок - 6).

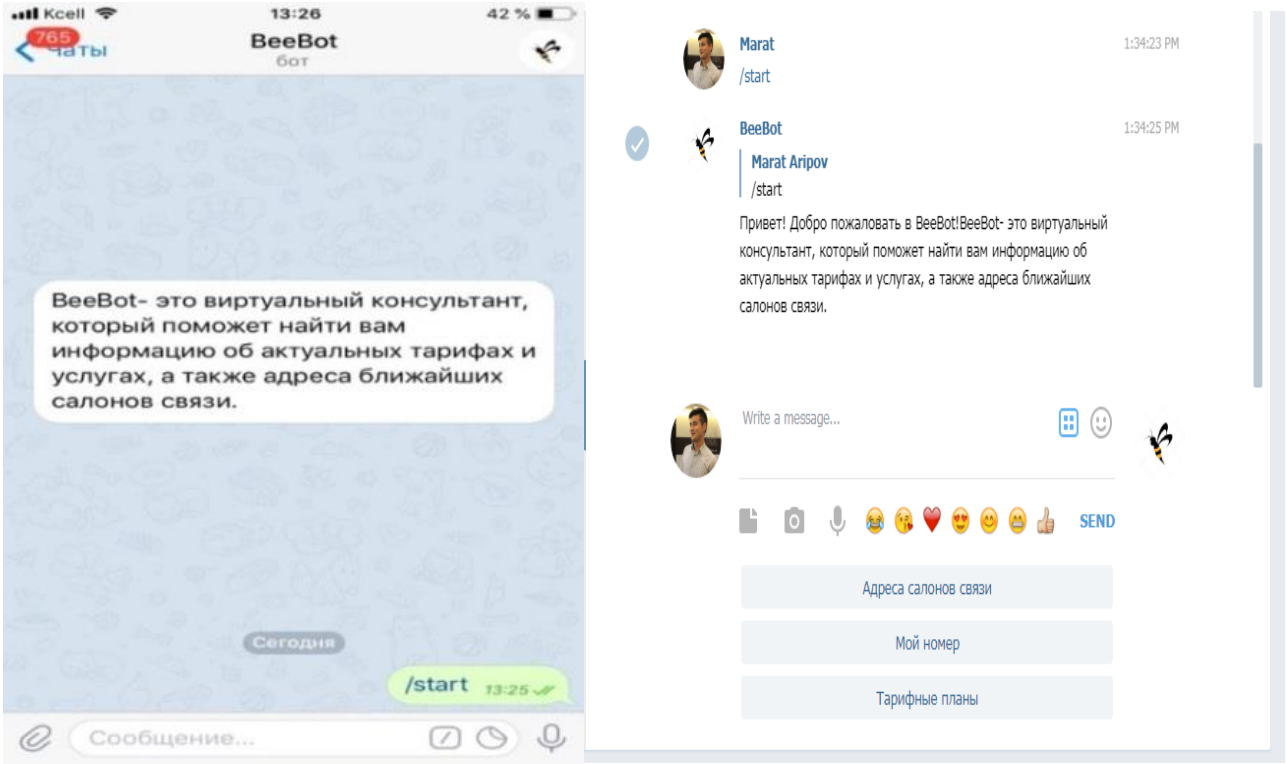



**Рис.6.** Начало работы с ботом «BeeBot»

Говоря о стандартных командах чат-бота, то команда «start» необходима как для начала работы бота, так и в дальнейшем для возврата в главное меню, а команда «help» соответственно нужна для помощи в работе бота с пользователем. Основные команды состоят из таких кнопок в пользовательском интерфейсе как «Актуальные тарифные планы», «Адреса салонов связи», «Мой номер». Эти кнопки и раскрывают весь основной функционал данного чат-бота (рисунок 7).

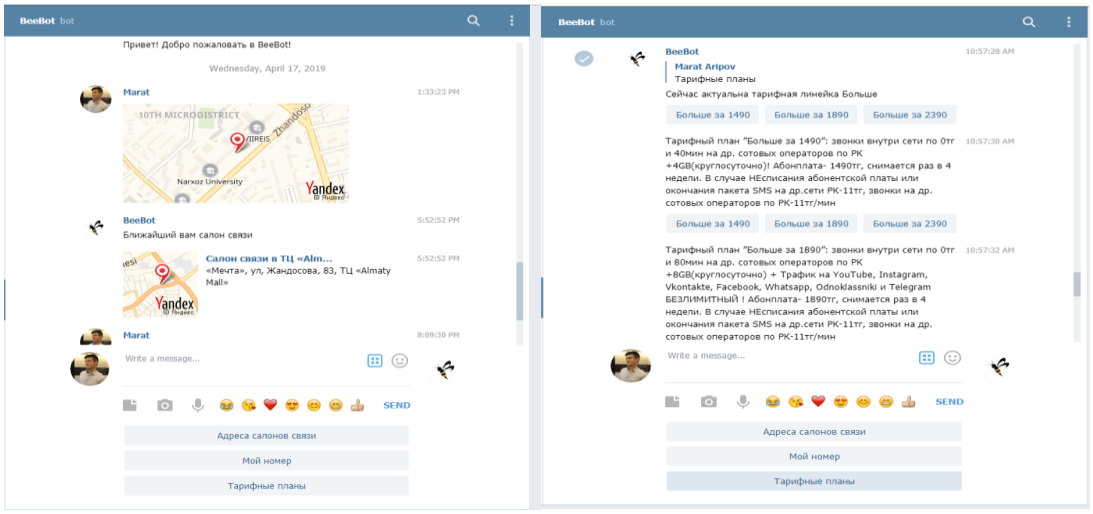



**Рис.7.** Основной функционал чат-бота «BeeBot»

В настоящее время большинство пользователей наиболее активны и большую часть своего времени проводят именно в социальных сетях. Соответственно социальные сети являются как раз-таки той сферой, в которой должны себя проявлять те или иные компании. В этом и заключается особая актуальность чат-бота «BeeBot», так как он расположен в набирающем популярность мессенджере «Telegram». Однако в мире неимоверного потока информации, важно чтобы те или иные программы были доступны и просты. Так же можно расширить функционал созданного чат-бота «BeeBot», добавив функцию пополнения баланса с помощью электронных платежных систем, функцию по смене тарифа, заказа звонку оператору, а также формирование полноценной технической поддержки с подробной инструкцией и возможностью получения обратной связи [7].

Таким образом, можно отследить, что возможности чат-бота «BeeBot» безграничны и их можно и нужно расширять, но при этом придерживаясь основных показателей данного продукта как простота и лаконичность.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Интернет-источник: https://profit.kz/news/41626/Kazahstanci-platyat-za-mobilnuu-svyaz-bolshe-no-sohranyaut-loyalnost-svoim-operatoram/ (Дата обращения: 05.03.2019)

[2] Интернет-источник: https://beegid.ru/voprosy-i-otvety/goryachaya-liniya-bilajn-svyaz-s-operatorom/ (Дата обращения 05.03.2019)

[3] Системы аналитики для чат-ботов – Итернет-источник: http://ilyaukrainets.ru/chatbot/sistemy-analitiki-dlya-chat-botov/

[4] Как заработать на создании чат-ботов: опыт белорусского стартапа BotCube / DEVby URL: https://dev.by/lenta/main/kak-zarabotat-na-sozdanii-chat-botov-opyt-belorusskogo-startapa (дата обращения 13.03.2019)

[5] Почему Python? / khashtamov.com URL: https://khashtamov.com/ru/why-python/ (дата обращения 19.03.2019)

[6] Пишем telegram-бота на python с помощью библиотеки telebot–https://habr.com/ru/post/448310/(дата обращения 19.03.2019)

[7] Документация «Telegram». Сайт разработчиков. Интернет-источник: https://tlgrm.ru/docs/bots#general

Мухамеджанова Г.С.

**Beeline kazakhstan «кар-тел» компаниясының клиенттерінің қызметінің дамыту үшін чат–бот «beebot» құрастыру**

**Түйіндеме.** Мақалада «Кар-Тел» «Beeline Қазақстан» компаниясының ұялы байланыс абоненттеріне қызмет көрсету үшін «BeeBot» сұхбат ботының дамуы талқыланды. «BeeBot» чат–бот клиенттерге қызмет көрсету мен қолдау процесін автоматтандыруға мүмкіндік береді, бұл еңбек шығындарын айтарлықтай азайтады және клиенттерге қызмет көрсету компанияларының жылдамдығын арттырады. «BeeBot» чат–ботының дамуы үшін бағдарламалау тілі ретінде Python пайдаланылды. Python-дың айрықша ерекшелігі жоғары өнімділік, бағдарлама кодының тұрақтылығы және отладка құралдары сияқты қасиеттерге ие. Виртуалдық чат–боттарын жасау үшін, орнатылған «BotFather» көмекшінің Telegram жүйесінде пайдаландық. Мақалада «Кар-Тел» «Beeline Қазақстан» компаниясының мобильді абоненттеріне қызмет көрсету үшін «BeeBot» чат–бот өзектілігі көрсетілген. Желінің абоненттерімен онлайн режимінде сөйлесудің қолайлы әдісі, абоненттік төлемге қолжетімділікті арттыру, бұл қазіргі заманғы әлемдегі қарым-қатынастың негізгі түрлерінің бірі болып табылады.

**Түйінді сөздер:** ақпарат, хабаршы, жеделхат, чат бот, қосымшалар, диалог, интернет, Python, MySQL.

**N. M. Mazhithanov, Zh. K Shortanbayeva**
(Faculty of Physics and Technology , Al-Farabi Kazakh National University,
Almaty, Kazakhstan. E-mail: nurbol.kaznu@mail.ru)

## PROBLEMS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF RAILWAY TRANSPORT IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**Abstract.** In our country, the development of the transport system is of great importance. The railway transport is one of the most important tools in achieving social well-being, economic growth, security and integrity of the state. The extent and dimensions of involvement of rail transport in domestic and international traffic are determined by a number of advantages compared with other types of transport. This applies to the railway transport capacity, operating characteristics, availability of infrastructure, etc. In the conditions of the dynamic development of the national economy, enhance the efficiency of use of production capacity, reliability and a regularity of transport service of economy an important role is played by forming of a unified efficient transportation system.

Here presented the study on the current status and development prospects of railway transport in Republic of Kazakhstan. The last time railways operated in conditions of increase of demand for services with increase of competitive pressure of other modes of transport but characterized by very slow development of infrastructural power and renovation of fixed assets. The solution of these problems is urgent and important for the enterprises of rail transport.

The railway transport has been and remains one of the main. However, the state of the railway transport does not fully meet the requirements of society and the prospects for the country's development. In this regard, some problems of the development of the railway transport industry and ways of their possible solution are considered in the article.

Analysis of recent research and publications on the subject was held by the author. The question of the development of competition, increased competitiveness in railway transport was investigated.

In the course of the research the following methods of a research were used: system, integrated, target, program and situational approach, dialectic approach to studying of specifics and tendencies in the sphere of a railway cargo transportation, methods of the structural and factorial analysis and synthesis, graphic interpretations, statistical methods of information processing.

**Keywords:** railway transport, transport system, passenger turnover, railway highway, tariff.

**Н.М. Мажитханов , Ж.К. Шортанбаева**
(Казахский Национальный университетимени аль- Фараби,
Алматы, Республика Казахстан. E-mail: nurbol.kaznu@mail.ru)

## ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

**Аннотация.** Железнодорожный транспорт является одним из значимых инструментов в достижении социального благополучия, экономического роста, безопасности и целостности государства. Железнодорожный транспорт был и остается одним из основных важных факторов . Однако состояние железнодорожного транспорта не в полном объеме отвечает требованиям общества и перспективам развития страны. В связи с этим автором были рассмотрены некоторые проблемы развития железнодорожной транспортной отрасли и пути их возможного решения. Решение этих проблем актуально и важно для предприятий железнодорожного транспорта.

**Ключевые слова:** железнодорожный транспорт, транспортная система, пассажирооборот, железнодорожная магистраль, тариф.

Транспорт всегда имел огромное значение в экономическом развитии в любую эпоху в любой стране. Развитая на должном уровне транспортная инфраструктура могла стать катализатором развития всех сфер жизни государства. Это становилось возможным благодаря тому, что с помощью транспортной системы соединяются воедино все части производственной структуры мест, что с, одной стороны, повышает производительность, так как увеличивает доступ к факторам производства, а, с другой стороны, увеличивается возможность расширения рынков. Ярким подтверждением этого становятся исторические факты: так, достоверно известно, что первые города и ранние транспортные системы формировались вблизи естественных бухт и портов, а также озер и рек, иными словами географические характеристики местности определяли их месторасположение. Позже промышленная революция стала причиной увеличения потребности в транспортных мощностях, так как необходимо было в больших объемах перевозить уголь, железную руду и другое сырье, что привело к созданию первых железных дорог.

Транспорт представляет собой важное звено логистической системы. Транспорт — это отрасль материального производства, осуществляющая перевозки людей и грузов. Каждый из видов

транспорта имеет конкретные особенности с точки зрения логистического менеджмента, достоинства и недостатки, определяющие возможности его использования в логистической системе [1].Среди всех видов транспорта в Республике Казахстан следует выделить железнодорожный. Поскольку именно его доля приходится более 80 и около 40 % всего объема грузовых и пассажирских перевозок, выполняемых транспортом общего пользования. Железные дороги, будучи основной транспортной системы Республики Казахстан, имеют чрезвычайно важное государственное, экономическое, социальное и оборонное значение. От них требуется своевременное, качественное и полное удовлетворение потребностей населения, грузоотправителей и грузополучателей в перевозках [2].

Железнодорожный транспорт исторический является ведущим звеном в транспортной системе нашей страны и как основной вид путей сообщения имеет богатую историю и замечательные традиции. Его доля в ВВП составляет 4,7%, в стоимости основных производственных фондов страны - 13%, в среднегодовой численности работников - 2,7%. Железнодорожный транспорт наиболее эффективен при перевозках на средние и дальние расстояния, доставка грузов на предприятия, располагающие подъездными железнодорожными путями, эффективна и на короткие расстояния до 10–50 км. При массовых перевозках каменного угля, нефтегрузов, железной руды, черных металлов, минеральных удобрений, лесных грузов и контейнеров железные дороги выгодно использовать и на сверхдальние расстояния. При наличии устойчивых грузопотоков, формировании отправительских и технологических маршрутов железнодорожный транспорт конкурентоспособен при доставке грузов как на дальние, так и на короткие расстояния [3].

В настоящее время железнодорожный транспорт играет важную роль в функционировании и развитии товарного рынка страны, в удовлетворении потребности населения в передвижении. Он является основным звеном транспортной системы большинства стран СНГ.

Более того, железнодорожные перевозки являются относительно дешевыми. Железнодорожные транспортные расходы для насыпных материалов, как правило, довольно низки: обычно меньше 0,03 доллара на тонно-километр; пассажирские перевозки также недороги: как правило, менее 0,10 долларов на пассажиро-километр. На относительно плотно загруженных, ориентированных на грузоперевозки железных дорогах, средняя стоимость перевозки может составлять менее 0,02 доллара за тонно-километр; перевозка пассажиров может стоить менее 0,10 доллара за пассажиро-километр, в зависимости от субсидирования транспорта и плотности загрузки.

Развитие единого экономического пространства (ЕЭП) страны во многом зависит от степени развития транспортной инфраструктуры каждого региона. В этой связи особенно актуальной является необходимость сбалансированного развития транспортной системы регионов и усиления взаимодействия центральных и местных исполнительных органов в вопросах государственного регулирования транспортной деятельности при сохранении тенденции к децентрализации.

Отрасль железнодорожного транспорта является сложной производственно-экономической и социальной системой со своей внутренней, только ей присущей территориально-производственной и функциональной структурой; она выступает и как самостоятельная отрасль национального хозяйства, и как отрасль материального производства, продолжающая процесс создания стоимости товаров в сфере обращения.

Основной сферой применения железнодорожного транспорта являются массовые перевозки грузов и пассажиров, при этом преобладают грузовые перевозки.

Доля железнодорожного транспорта в общем пассажирообороте страны составляет около 60%, при этом его доля в доходах от перевозок всеми видами транспорта составляет 20%. Это обстоятельство делает развитие железнодорожного транспорта одним из самых приоритетных в решении инфраструктурных проблем страны. Обеспечение транспортной связности территорий Казахстана является важнейшей задачей центральных органов власти в области национальной безопасности.

Единственным перевозчиком грузов и оператором магистральной железнодорожной сети в Республике Казахстан является АО «Қазақстан Темір Жолы» (КТЖ). Компания полностью контролирует магистральную железнодорожную сеть, рынки услуг локомотивной тяги и аренды вагонов. На ҚТЖ приходится 68% всех грузовых и около 60% пассажирских перевозок нашей страны.

Преимущества эффективного и хорошо управляемого железнодорожного транспорта могут повысить конкурентоспособность производителей и грузоотправителей на внутреннем, а также в мировом рынке. Благодаря достаточно развитому железнодорожному транспорту можно увеличить мобильность рабочей силы, что позволит улучшить экономическое состояние отдельных отдаленных от городских центров регионов, что особенно актуально для Казахстана.

Необходимо обеспечить такой уровень развития транспорта, который позволит удовлетворять жизненно важные потребности экономики и населения в перевозках при минимальных затратах, поскольку от доли транспортной составляющей в себестоимости отечественной продукции зависит экономический рост и экономическая безопасность государства. Кроме того, нужно достичь достаточного уровня доходности железнодорожного транспорта, который послужит основой его дальнейшего развития.

Для реализации стратегической программы необходимо в первую очередь, на наш взгляд, провести работы по техническому перевооружению и реконструкции железнодорожного комплекса Казахстана, которые включают в себя:

- комплексное обновление технической базы;
- модернизация действующего оборудования и механизмов;
- реконструкция основных фондов и техническое перевооружение производства с внедрением новых технологий.

Одним из основных и высокоэффективных инструментов реализации экономической стратегии и повышения технического уровня железнодорожного транспорта является целенаправленная и прогрессивная техническая политика.

Основные направления технической политики национальной компании заключаются в обеспечении безопасности движения поездов, создании перспективных технических средств, технологий и материалов; организации скоростного и высокоскоростного движения; внедрении энерго ресурсосберегающих технологий, а также в эффективном управлении инновациями.

Приоритеты технической политики на современном этапе определяются состоянием материально-технической базы отрасли, резким увеличением затрат на энергоресурсы в себестоимости транспортной продукции, адаптацией железнодорожного комплекса к работе в новых политических и экономических условиях, обострением общей экологической ситуации с активизацией мер и работ, направленных на защиту окружающей среды[4].

Осуществление технической политики АО НК «Қазақстан Темір Жолы» и постепенное продвижение по пути совершенствования технологии перевозочного процесса позволит идти в ногу со странами с развитыми железными дорогами.

Учитывая опыт зарубежных стран по техническому развитию, где на железнодорожном транспорте планируется, а в некоторых странах и внедряются технические средства четвертого и даже пятого поколений, необходимо техническую политику осуществлять в этом направлении, что создаст условия для сокращения эксплуатационных расходов и роста производительности труда.

Необходимо отметить, что в условиях ограниченных финансовых возможностей отрасли возникает необходимость применения такой инвестиционной стратегии, которая позволит перейти к новой экономической модели развития отрасли, формирующиеся на базе высоких технологий и новых систем управления. Такая стратегия требует коренной перестройки инвестиционного процесса с концентрацией инвестиционных ресурсов в точках экономического роста. Значительных инвестиций требуют в первую очередь крупномасштабные проекты в железнодорожной отрасли[5].

Обновление локомотивного парка предусматривается путем приобретения новых локомотивов: маневровых тепловозов, пассажирских электровозов, а также модернизации существующего парка тепловозов с продлением срока их службы. При модернизации магистральных тепловозов достигаются следующие показатели:

- увеличение мощности тягового двигателя;
- повышение силы тяги;
- уменьшение расходов на техническое обслуживание;
- снижение расхода топлива.

Также, системный анализ современного состояния железнодорожного транспорта в РК и тенденций его развития показал, что стабильность его работы не исключает наличия ряда проблем, а именно:

1) высокая степень износа основных фондов требует больших затрат на текущее содержание и ремонт пути, создает опасность потери технологическом устойчивости железнодорожного транспорта и определяет значительную потребность в инвестициях;

2) уровень эффективности железнодорожного транспорта, качество и ассортимент услуг не в полной мере отвечают современным экономическим требованиям;

3) недостаточно эффективна система государственного регулирования деятельности железнодорожного транспорта в части регулирования тарифов (несовершенна нормативная база,

отсутствуют экономические механизмы мотивации труда, экономии ТЭР, нет четкой связи между вознаграждением работников и результатами их труда);

4) сохраняется относительно низкий уровень оплаты труда отдельных категорий работников;

5) отсутствует механизм предоставления равноправного доступах инфраструктуре независимым компаниям-перевозчикам и обеспечения благоприятной среды для их деятельности.

Обеспечение эффективной работы железнодорожного транспорта потребует значительных инвестиционных средств на обновление парков подвижного состава, модернизацию и усиление инфраструктуры путевого хозяйства, средств связи и информационного обеспечения, модернизацию технических средств электроснабжения, сигнализации и связи в рамках международных коридоров, совершенствование системы регулирования и управления перевозочным процессом, создание сети передачи данных, развитие технической базы ремонта транспортных средств.

Неотложность решения данных проблем определяет необходимость проведения структурной реформы на железнодорожном транспорте.

Реформа будет способствовать демонополизации железнодорожного транспорта и превращению железной дороги из монополиста в надежного партнера для других перевозчиков, оперативно реагирующего на изменения требований рынка.

В результате повысится стабильность и устойчивость работы железнодорожного транспорта, уровень мотивации труда, снизятся транспортные затраты, будут созданы условия для привлечения инвестиций.

Реконструктивные мероприятия реформы должны кардинально улучшить работу железнодорожного транспорта, повысить его производительность, эффективность и конкурентоспособность, улучшить условия труда.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Kirilova E.U. Klychevye problemy effectivnosty raboty zheleznodorozhnogo predpryatye // Molodoy ychenny. — 2015. — №13. — С. 387-390.

[2 ]Economika zheleznodorozhnogo transporta: Uckennoe posobie.- M.: MFGO Uckebno-metodicheski center po obrazovaniyu na zheleznodorozhnom transporte», 2011. — 676 с.

[3] Zakaev A.A. Znackenie zheleznodorozhnogo transporta // Mezhdunarodny zhurnal prikladnyx i fundamentalnyx issledovannyi. – 2016. – № 6-4. – С. 770-775;

[4] Rol zheleznodorozhnogo transporta v razvitiy economiki I poviwenie ego effectivnostyv usloviax EAP // Vestnik KazEU im.T.Ryskulova, 2012. - №5. С.18-23.

[5] A . B . Kirichenko « Systemastandartov ». Izdatelstvo «Svet»,2012-176 с.

Мажитханов Н.М., Шортанбаева Ж.К.

**Қазақстан республикасындағы теміржол көлігінің өзекті мәселелері мен оны дамыту болашағы.**

**Түйіндеме.** Мемлекеттің әлеуметтік амандығын, экономикалық дамуын, қауіпсіздігі мен біртұтастығын қамтамасыз етуде маңызды құралдардың бірі болып теміржол көлігі табылады. Теміржол көлігі әрқашан негізгілердің бірі. Алайда, теміржол көлігінін қазіргі жағдайы қоғам мен болашақта даму талаптарына толық көлемде жауап бермейді. Сол себепті автормен теміржол көлігін дамыту мәселелері мен оларды шешудің мүмкін жолдары зерттелді. Бұл мәселелерді шешу өзекті және теміржол көлік ұйымдары үшін маңызды болып табылады.

**Кілттік сөздер:** теміржол көлігі, көлік жүйесі, жолаушылар айналымы, теміржол магистралі, тариф.

УДК 528.08

**D. K. Kundyzbay, K.U. Bashkeev, A.A. Kuykabayeva**
(Al-Farabi Kazakh National University,
Almaty, Kazakhstan, a.kuikabaeva@gmail.com)

**PROCESSING OF THE TEST RESULTS OF METAL TILES**

**Abstract.** In modern conditions, a high degree of quality is one of the main success factors for an enterprise, ensuring competition and economic efficiency. The article presented the results of tests of metal tiles with a thickness of 0.5 mm and 0.8 mm. The characteristics of the metal tiles of the companies “Metal Profile”, “Shatyr plus”, “Stinergy” met the requirements of the standards.

**Key words:** Metal shingles, test, thickness, gorfa height

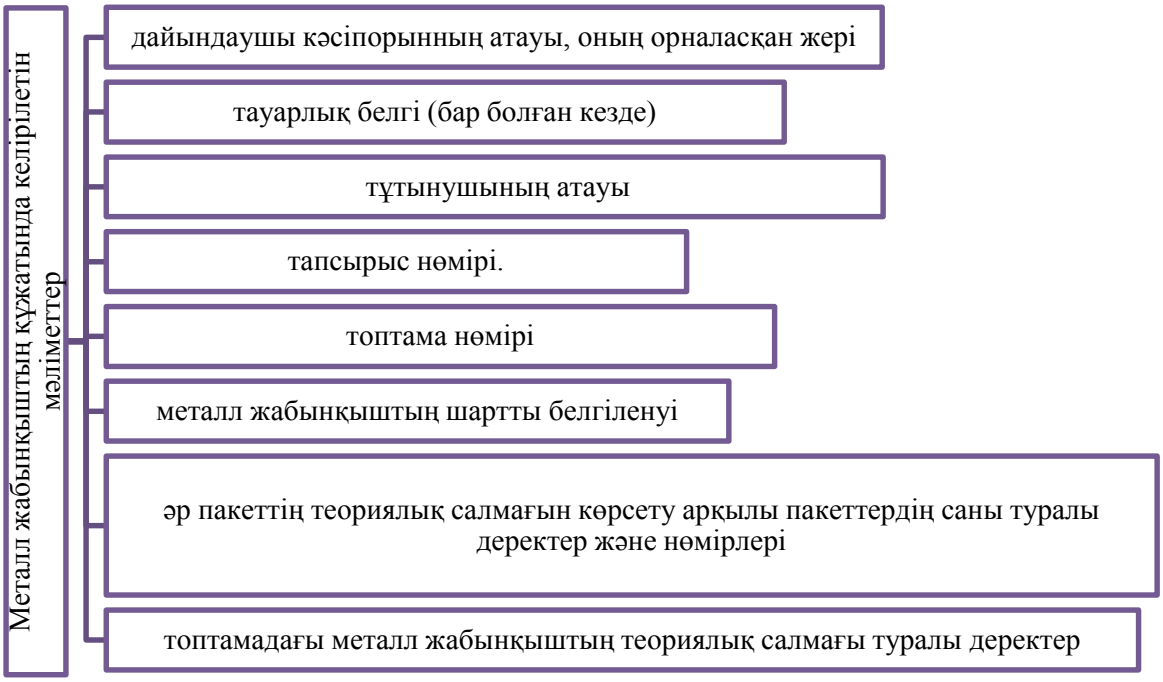
**Д.К. Кундызбай, К.У. Башкеев, А.А. Куйкабаева**
(Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Қазақстан Республикасы, Алматы қ. a.kuikabaeva@gmail.rcom)

## МЕТАЛЛ ЖАБЫНҚЫШТАРДЫ СЫНАУ НӘТИЖЕЛЕРІН ӨҢДЕУ

**Аннотация.** Бүгінгі таңдағы жағдайларда сапа дәрежесінің жоғары болуы бәсекелестікті, экономикалық тиімділікті қамтамасыз ететін кәсіпорын жетістігінің басты факторларының маңыздыларының бірі болып табылады. Мақалада қалыңдықтары 0,5 мм және 0,8 мм металл жабынқыштарды сынау нәтижелері кетірілді. Мемлекетіміздегі қолданыстағы «Металл Профиль», «Шатыр плюс», «Стинерджи» компанияларының металл жабынқыштарының сипаттамалары стандартқа сай болды.

**Түйін сөздер:** металл жабынқыш, сынау, қалыңдық, горф биіктігі

Бір типті өлшемдегі бір топтаманың дайындамасынан дайындалған металл жабынқышты топтама деп санайды. Бір дайындаушыға кәсіпорынның әр түрлі топтамалар дайындамасынан дайындалған металл жабынқыштан тұратын топтамаларды құруға рұқсат етіледі. Топтамалар салмағы 75 тоннадан аспауы керек. Топтама пакеттерде тұрады және пакет салмағы 10 тоннадан аспауы тиіс. Металл жабынқыштың әр топтамасы МЕМСТ 15.309 сәйкес, дайындаушы кәсіпорында қабылданған тәртіпте рәсімделген мемлекеттік және орыс тілдеріндегі құжаттары бірге жүреді [1]. Әр фирманың шығаратын металл жабындыларының құжатында 1 суреттегі мәліметтер келтірілуі тиіс.

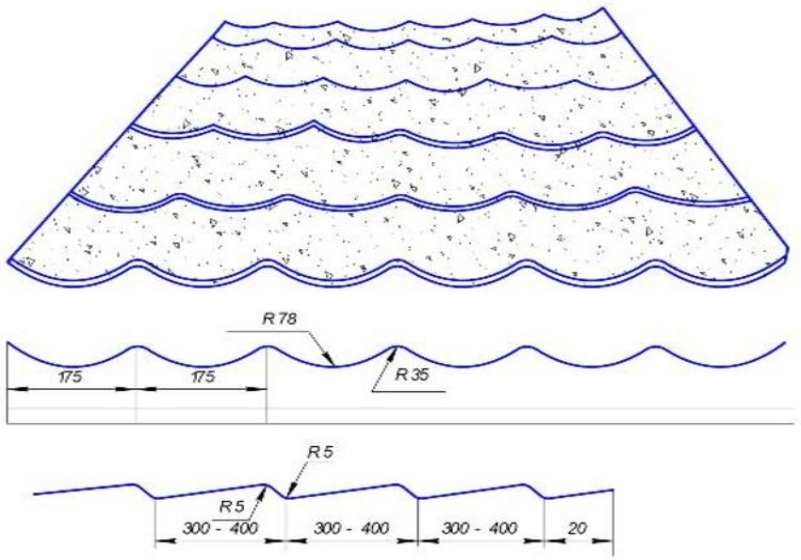



**1-сурет.** Металл жабынқыштың құжатында келірілетін мәліметтер

Металл жабынқыштың металл және лакпен боялған жабынының сапасын көзбен шолып анықталды. Металл жабынқыштың өлшемдерін МЕМСТ 7502 бойынша өлшеуіш құралдармен, МЕМСТ 427 бойынша металл сызғышпен, МЕМСТ 164 бойынша штангенрейсмаспен бақылады. Металл жабынқыштың толқындылығын және горф қыры бойынша ораққа ұқсастығын МЕМСТ 8026 бойынша 1 ұзындық сызғышпен және оларды дайындайтын тиісті нормативтік құжаттамаға сәйкес қуыс бұрғы жиынтығымен тексерілді. Жалпы ораққа ұқсастық МЕМСТ 427 бойынша сызғыштың және жазық көлденең бетте бекітілген шектің көмегімен жасалады. Металл жабынқыштың бұрандасының қиғаштығын металл жабынқыштың шеткі гофры бойынша белгіленген МЕМСТ 427 бойынша сызғышпен және МЕМСТ 3749 бойынша бұрыштықпен өлшейді.

Сызықтық өлшемдерді өлшеу нәтижесіне бір қиылыстағы немесе бір сызық бойынша үш өлшеулер кезінде алынған орташа мән қабылданады, бұл ретте әр өлшеудің нәтижелері нормаланған шек аумағында болады. Металл жабынқыш өлшемдерін және пішінін қажетті өлшеу дәлдігін қамтамасыз ететін және белгіленген тәртіпте бекітілген басқа өлшеу құралдарымен бақылауға жол беріледі [2, 3]. Металл жабынқыштың сыртқы түрін, буып-түюін және таңбалауын көзбен шолып анықтайды.

Геометриялық өлшемдері милиметрмен берілген сынау нысаны 2 суретте келтірілген.




**2-сурет.** Металл жабынқыш НС-40

Металл жабынқыштың қиылысу ауданы, бір метр ұзындықтың массасы және басқа сипаттаушы шамалары анықталды. «Металл Профиль», «Шатыр плюс», «Стинерджи» компанияларының металл жабынқыштарына сынау жүргізілді. Осы үш компанияның шартты белгіленуі НС 40-750-0,8 (О) ҚР СТ ХХХХ-20ХХ, жабынсыз (О), қалыңдығы 0,8 мм, ені 780 мм, гофр биіктігі 40 мм төсемге арналған (НС) металл жабынқыштары, шартты белгіленуі НС 40-750-0,8 (Ц) ҚР СТ ХХХХ-20ХХ, мырышталған жабыны бар (М) қалыңдығы 0,8 мм, ені 780 мм, биіктігі 40 мм гофр төсемге арналған (НС) металл жабынқыштары және шартты белгіленуі НС 40-750-0,8 (Ц) ҚР СТ ХХХХ-20ХХ, лакпен боялған жабыны бар (ЛП) қалыңдығы 0,8 мм, ені 780 мм, гофр биіктігі 40 мм төсемге арналған (НС) металл жабынқыштары стандарт талаптарына сай сынаудан өткізілді.

Қалыңдықтары 0,5мм «Металл Профиль», «Шатыр плюс», «Стинерджи» компанияларының шартты белгіленуі НС 40-750-0,8 (О) ҚР СТ ХХХХ-20ХХ, жабынсыз (О), қалыңдығы 0,8 мм, ені 780 мм, гофр биіктігі 40 мм төсемге арналған (НС) металл жабынқыштарының сипаттамаларының сынау нәтижелері 1 кестеде келтірілген мәндерге ие болды.

1-кесте. **Қалыңдықтары 0,5мм «Металл Профиль», «Шатыр плюс», «Стинерджи» компанияларының (НС) металл жабынқыштарының сынау нәтижелері**

| Компания | Табақ қалыңдығы, мм | Қиылыс ауданы , см$^2$ | 1 м ұзындықтың массасы, кг | 1 м еніне анықтамалық шамалар | | | | | | Масса 1 м$^2$ , кг | Дайындама ені, мм |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Сығылған тар сөрелер кезінде | | | Сығылған кең сөрелер кезінде | | | | |
| | | | | Инерция моменті $J_x$ см$^3$ | Кедергі моменті, см$^3$ | | Инерция моменті $J_x$ см$^3$ | Кедергі моменті, см$^3$ | | | |
| | | | | | $W_{x1}$ | $W_{x2}$ | | $W_{x1}$ | $W_{x2}$ | | |
| ҚР СТ талабы | 0,5 | 7,5 | 6,4 | 25,32 | 7,74 | 18,2 | 25,32 | 8,25 | 16,5 | 6,4 | 1000 |
| «Металл Профиль» | 0,49 | 7,48 | 6,41 | 25,31 | 7,73 | 18,19 | 25,29 | 8,25 | 16,49 | 6,39 | 1000 |
| «Шатыр плюс» | 0,49 | 7,49 | 6,39 | 25,31 | 7,73 | 18,19 | 25,31 | 8,25 | 16,49 | 6,39 | 1000 |
| «Стинерджи» | 0,5 | 7,5 | 6,39 | 25,32 | 7,73 | 18,2 | 25,31 | 8,25 | 16,5 | 6,4 | 1000 |

Кестеде келтірілген мәндерден металл жабынқыштардың сынау нәтижесінде айтарлықтай ауытқу байқалмағандығы көрінеді. Қалыңдықтары 0,5мм «Металл Профиль», «Шатыр плюс», «Стинерджи» компанияларының шартты белгіленуі НС 40-750-0,8 (Ц) ҚР СТ ХХХХ-20ХХ, мырышталған жабыны бар (М) қалыңдығы 0,5 мм, ені 780 мм жабынқыштарды зерттеу нәтижелері 2 кестеде келтірілді.

2-кесте. **НС 40-750-0,8 (Ц) ҚР СТ ХХХХ-20ХХ, мырышталған жабыны бар (М) қалыңдығы 0,5 мм, ені 780 мм жабынқыштарды зерттеу нәтижелері**

| Компания | Табақ қалыңдығы, мм | Қимылыс ауданы , $см^2$ | 1 м ұзындықтың массасы, кг | 1 м еніне анықтамалық шамалар | | | | | | Масса 1 $м^2$ , кг | Дайындама ені, мм |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Сығылған тар сөрелер кезінде | | | Сығылған кең сөрелер кезінде | | | | |
| | | | | Инерция моменті $J_x$ $см^3$ | Кедергі моменті, $см^3$ | | Инерция моменті $J_x$ $см^3$ | Кедергі моменті, $см^3$ | | | |
| | | | | | $W_{x1}$ | $W_{x2}$ | | $W_{x1}$ | $W_{x2}$ | | |
| ҚР СТ талабы | 0,5 | 7,5 | 6,4 | 25,32 | 7,74 | 18,2 | 25,32 | 8,25 | 16,5 | 6,4 | 1000 |
| «Металл Профиль» | 0,45 | 7,45 | 6,4 | 25,30 | 7,74 | 18,18 | 25,30 | 8,25 | 16,49 | 6,4 | 1000 |
| «Шатыр плюс» | 0,42 | 7,45 | 6,35 | 25,30 | 7,72 | 18,17 | 25,31 | 8,25 | 16,49 | 6,39 | 1000 |
| «Стинерджи» | 0,5 | 7,5 | 6,4 | 25,30 | 7,73 | 18,2 | 25,32 | 8,25 | 16,5 | 6,38 | 1000 |

Кестеден көріп отырғанымыздай ешқандай айтарлықтай үлкен ауытқу байқалмады.

Қалыңдықтары 0,5 мм «Металл Профиль», «Шатыр плюс», «Стинерджи» компанияларының шартты белгіленуі НС 40-750-0,8 (Ц) ҚР СТ ХХХХ-20ХХ, лакпен боялған жабыны бар (ЛП) қалыңдығы 0,8 мм, ені 780 мм, гофр биіктігі 40 мм төсемге арналған (НС) металл жабынқыштарын сынау нәтижелері 3 кестеде келтірілді.

3-кесте. **Шартты белгіленуі НС 40-750-0,8 (Ц) ҚР СТ ХХХХ-20ХХ, лакпен боялған жабыны бар (ЛП) қалыңдығы 0,8 мм, ені 780 мм, гофр биіктігі 40 мм жабынқыштарды зерттеу нәтижелері**

| Компания | Табақ қалыңдығы, мм | Қимылыс ауданы , $см^2$ | 1 м ұзындықтың массасы, кг | 1 м еніне анықтамалық шамалар | | | | | | Масса 1 $м^2$ , кг | Дайындама ені, мм |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Сығылған тар сөрелер кезінде | | | Сығылған кең сөрелер кезінде | | | | |
| | | | | Инерция моменті $J_x$ $см^3$ | Кедергі моменті, $см^3$ | | Инерция моменті $J_x$ $см^3$ | Кедергі моменті, $см^3$ | | | |
| | | | | | $W_{x1}$ | $W_{x2}$ | | $W_{x1}$ | $W_{x2}$ | | |
| ҚР СТ талабы | 0,8 | 7,4 | 6,4 | 25,32 | 7,74 | 18,2 | 25,31 | 8,24 | 16,5 | 6,4 | 1000 |
| «Металл Профиль» | 0,79 | 7,38 | 6,4 | 25,31 | 7,72 | 18,19 | 25,30 | 8,24 | 16,48 | 6,39 | 1000 |
| «Шатыр плюс» | 0,79 | 7,4 | 6,38 | 25,31 | 7,73 | 18,19 | 25,29 | 8,24 | 16,49 | 6,39 | 1000 |
| «Стинерджи» | 0,75 | 7,39 | 6,37 | 25,32 | 7,74 | 18,2 | 25,31 | 8,23 | 16,5 | 6,4 | 1000 |

Кестеден көріп отырғанымыздай ешқандай айтарлықтай үлкен ауытқу байқалмады.

«Металл Профиль», «Шатыр плюс», «Стинерджи» компанияларының металл жабынқыштарының қалыңдығы, қиылыс ауданы, 1 м ұзындықтың массасы, дайындама ені, инерция моменті МЕМСТ 7502 талаптарына сәйкес сынау жұмыстарынан өткізілді. Металл жабынқышты дайындау үшін қолданылатын илем санитарлық-эпидемиологиялық қадағалау органдарынан қолдануға рұқсат етілген нормативтік-құқықтық актілерге сәйкес келуі тиіс. Металл жабынқыш мына МЕМСТ 9045 бойынша 0,8 ПС, 0,8 КП; МЕМСТ 1050 бойынша 0,8 ПС, 0,8 КП, 10 КП; МЕМСТ 380 бойынша Ст 1, Ст 2, Ст 3; МЕМСТ 14918 бойынша үздіксіз сызықпен мырышталған жұқа табақты болаттардан дайындалуға тиіс. Металл жабынқыш өндірісі үшін қолданылған материалдар МЕМСТ 24297 сәйкес кіріс бақылаудан өтуі керек. Кіріс бақылауын дайындаушы кәсіпорын жүргізеді. Кіріс бақылау әдістері технологиялық құжаттамада белгіленеді.

ӘДЕБИЕТ

[1] Доброва, Е. В. Современные балконы и лоджии. Оригинальные идеи, новейшие материалы и технологии работ/- М.: Рипол Классик, 2013. - 371 с.

[2] Зарубина, Л. Теплоизоляция зданий и сооружений. Материалы и технологии / Л. Зарубина. - М.: БХВ-Петербург, 2013. - 256 с.

[3] ГОСТ 26254-84 «Ғимараттар және құрылыстар. Қоршау конструкциясының жылу өткізгіштік кедергісін анықтау әдістері»

Кундызбай Д.К., Башкеев К.У., Куйкабаева А.А.

**Обработка результатов испытаний металлочерепицы**

**Резюме.** В современных условиях высокая степень качества является одним из главных факторов успеха предприятия, обеспечивающих конкуренцию и экономическую эффективность. В статье были приведены результаты испытаний металлических черепиц толщиной 0,5 мм и 0,8 мм. Характеристики металлических черепиц компаний «Металл Профиль», «Шатыр плюс», «Стинерджи» соответствовали требованием стандартов.

**Ключевые слова:** металл черепица, испытание, толщина, высота горфа

УДК 622.276.72

**G.A. Baimakhanov, T.N. Sailaubek, S.S. Rahymbayev**

## DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

**Abstract.** Given the need for implementation and use in the economy of the industry quality management system ISO 9001. The definition of the system, principles and fundamentals of the technology of its application are provided. The comparative characteristics of certification by branches of the economy, their criteria and control technology are given. It is shown about the effectiveness of using the principles of quality management in the companies of the industry, providing ways to improve work efficiency. In the process of introducing the QMS, the management of the company analyzes the effectiveness of its operation, based on reports that have been prepared by the quality service. The collection, processing and analysis of the data submitted by all departments of the enterprise, the data is carried out by the quality service.

**Key words:** quality management system, audit, ISO, certification, QMS, documentation, cost-effectiveness.

**Г.А. Баймаханов, Т.Н. Сайлаубек, С.С. Рахымбаев**
(Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы)

## САПА МЕНЕДЖМЕНТ ЖҮЙЕСІН ӘЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ЕНГІЗУ

**Аннотация.** Берілген жұмыста ИСО 9001 сапа менеджменті жүйесіндегі (СМЖ) экономиканы енгізу және пайдалану қажеттілігін ескере отырып, жүйені, оның принциптерін және оны қолдану технологиясының негіздерін анықтайды. Экономиканың салалары бойынша сертификаттаудың салыстырмалы сипаттамалары, олардың критерийлері және бақылау технологиялары берілген. Өнеркәсіптің ұйымдарында сапа менеджменті қағидаларын пайдаланудың тиімділігі туралы, жұмыс тиімділігін арттыру жолдары туралы баяндалады. СМЖ енгізу барысында ұйым басшылығы сапалы қызметпен дайындалған есептерге негізделген, оның жұмысының тиімділігін талдайды. Кәсіпорынның барлық бөлімшелері ұсынған деректерді жинау, өңдеу және талдау деректерді сапалы қызметпен жүзеге асырады.

**Түйінді сөздер:** сапаны басқару жүйесі, аудит, ISO, сертификаттау, СМЖ, құжаттама, экономикалық тиімділік.

Сапа менеджменті мәселесі, сөзсіз, кез келген саланың кәсіпорындары үшін аса өзекті болып қалуда және сапа менеджменті жүйесін (СМЖ) енгізу қажеттілігі клиенттерді тарту және кәсіпорынның тиімді жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін нарықтағы бәсекелестіктің өсуімен қазіргі заманғы жағдайларда қажетті шара болып табылады. Алайда, бұл жүйелерді әзірлеу және енгізу өте қиын және қымбат процесс болып табылады. Тұтынушылардың талаптарын қанағаттандыруға ұмтыла отырып, сәйкестік сертификатын алуға және нарықтың жалпы қабылданған талаптарына сәйкес келуге ұмтыла отырып, компаниялар сапа менеджменті жүйесін әзірлеуге және енгізуге көп қаражат жұмсайды [1]. Бұдан басқа, оның жұмыс істеуін қолдау және тұрақты жақсартуды қамтамасыз ету үшін көп шығындар қажет. Дегенмен, енгізу қиындықтарына және қомақты шығындарға қарамастан, сапа менеджментін сауатты енгізу компания үшін бірқатар күмәнсіз артықшылықтарға ие және өнеркәсіптік кәсіпорындар жұмысының тиімділігі мен нәтижелілігін арттыруға мүмкіндік береді. Алайда СМЖ енгізуден нақты пайда алу үшін сапаны басқару процесі үздіксіз болуы тиіс және қажетті құжаттаманы ресми алумен немесе стандартты енгізумен шектелмеуі тиіс. Сапаны басқарудың нақты тиімділігін қамтамасыз ету үшін оны тұрақты жетілдіруді қамтамасыз ету үшін сертификаттаудан кейін СМЖ-ны тұрақты түрде жұмыс жағдайында ұстап тұру қажет. Мұндай шаралар сапаны басқару процестерінің ажырамас бөлігі болып табылады, өйткені олар компания үшін оның дамуының әрбір кезеңінде шын мәнінде тиімді болады, өйткені нарық жағдайында компанияның қызметі тұрақты өзгерістерге ұшырайды және ол үнемі өзгеріп тұратын нарықтарға бейімделуі қажет және Тапсырыс берушінің талаптары.

Сапа менеджменті жүйесін әзірлеу және енгізу-бұл кәсіпорын қызметінің түрлі аспектілеріне, құжат айналымына, персоналды басқаруға, өндірістік кіші жүйеге, ішкі коммуникацияларға, стратегиялық басқарудың кіші жүйесіне, логистиканың кіші жүйесіне, өнімді өткізу мен өткізудің кіші жүйесіне қатысты жұмыстар кешені [2]. Сондықтан сапа менеджменті жүйесін әзірлеу және енгізу өте көп еңбекті қажет ететін және ұзақ процесс болып табылады және, әдетте, бірнеше кезеңде жүзеге асырылады: 1. кәсіпорында орын алған жағдайды талдау және персоналды оқыту; 2. қызметкерлердің жұмысында құжаттама мен өзгерістерді әзірлеу; 3. сапа жүйесінің ішкі аудитін жүргізу. СМЖ құрудың бірінші кезеңінде кәсіпорын басшылығы келесі принциптерді сақтай отырып, сапа бойынша мақсаттарды, саясатты, міндеттемелерді анықтау қажет: саясат өнім сапасын жақсарту үшін қажетті мақсаттарды анықтау үшін негіз болып табылады; сапа саясаты кәсіпорынның жалпы стратегиясы мен саясатының бір бөлігі болып табылады. СМЖ құру кезінде менеджер сапа жүйесімен жұмысты бастау туралы бұйрық береді, онда ол: жұмыстың мақсаты мен басталу уақытын көрсетеді; сапа жүйесін енгізу жауапкершілігі Бас директордың орынбасарынан төмен емес атағы болуы тиіс ұйымның басшылығына жүктеледі; сапа жүйесін енгізу жөніндегі жұмыс тобының құрамы. Компания басшысының міндетіне жұмысқа жалпы басшылық жасау және ISO стандартын әзірлеу және енгізу бойынша стратегиялық шешімдер қабылдау кіреді. Басшы әдетте жұмыстың соңғы нәтижесіне жауап береді. Енгізуді жедел басқару жұмыс тобының басшысы болуы мүмкін сапа үшін жауапты басшылық өкілінің міндеті болып табылады. Басшылықтың өкілі СМЖ әзірлеу бойынша жұмыс барысы туралы басшылықты үнемі хабардар етуі және қажет болған жағдайда көмек көрсету немесе түзету процесіне қатысуы тиіс.

Әзірлеушілердің үйлестіру кеңесіне жетекші өндірістік бөлімдердің мамандары қатысады. Сапа бөлімінің қызметкерлері мен жұмыс тобының мүшелері ISO 9001: 2015 талаптарынан, сапа менеджменті жүйесін құру және барлық қажетті құжаттарды құрастыру әдістерінен тұратын арнайы бағдарламалар бойынша оқудан өтуі тиіс. СМЖ құру жұмыс тобы кәсіпорын басшысымен бекітілуі тиіс жұмыс жоспарын әзірлеуден басталады. Жоспарда жұмыстардың кезеңдері мен түрлері, оларды орындау мерзімдері, орындаушылар және қажет болған жағдайда жобаның көлемі көрсетіледі. Ал жоспар, әдетте, келесі жұмыстардан тұрады: саясат құжатталған түрде болуы тиіс, кәсіпорын басшысы бекіткен және әрбір қызметкерге тапсырылатын сапа саласындағы кәсіпорынның саясаты мен мақсаттары; кәсіпорынның СМЖ ұйымдық құрылымын дайындау; ұйымның бірқатар бизнес-процестерін анықтау; СМЖ-де компанияның лауазымды тұлғаларының өкілеттіктерін белгілеу және "СМЖ-де өкілеттіктер мен жауапкершілікті бөлу матрицасын" әзірлеу; мотивациялық тетікті әзірлеу; СМЖ әзірлеумен айналысатын кәсіпорын персоналын оқыту. СМЖ әзірлеу үшін кәсіпорындар қызмет көрсету құны сметаға енгізілуі тиіс кәсіби кеңесшілердің көмегіне жиі жүгінеді.

Екінші кезең ұйымда өнім немесе қызметтер сапасын басқаруды кешенді талдаудан және СМЖ тұжырымдамалық моделін әзірлеуден тұрады. Осы кезеңге кіріспес бұрын қолданыстағы басқару жүйесін талдау, сапа, Ұйымдық құрылым және сапаны бақылаудың қолданылатын әдістері тұрғысынан ұйымның күшті және әлсіз жақтарын анықтау қажет. Ұйымда Сапа менеджментінің нақты жай-күйінің сәйкестігін бағалау мынадай өлшемдер бойынша жүзеге асырылады: персоналдың мамандануы мен кәсібилігі деңгейін анықтау; Сапалы өнім (қызмет) өндіру үшін қажетті жабдықтарды

бағалау; жеткізілетін шикізат пен материалдардың сапасын тексеру әдістерін анықтау; өндірістік үдерісте сапаны бақылауды ұйымдастыру және дайын өнім (қызмет) сапасын қорытынды бақылау [3]. Белгіленген мерзімде сапа бөліміне қажетті ақпаратты ұсынуы тиіс кәсіпорынның барлық бөлімдері мен қызметтері талдауға қатысады. Талдаудың негізгі объектілері: СМЖ әзірлеу үшін қажетті құжаттар; сапаны қамтамасыз ету бөлімдері; кәсіпорынның ұйымдық құрылымы болып табылады.; Қызмет көрсету (тауарлар) сапасы туралы ақпарат; жұмыс орындарын ұйымдастыруға қойылатын талаптар; іскерлік процестер; бақылау тізімдері, нысандары; деректерді электрондық өңдеуге арналған бағдарламалық қамтамасыз ету; операциялық карталар, маршруттық техника, жұмыс нұсқаулары; метрологиялық құжаттама; тест бағдарламалары, бақылау диаграммалары, белгілер, мөртабандар, ілеспе құжаттардың түрлері; кәсіпорынның МЕМСТ және стандарттары; қағаздағы және басқа да тасымалдағыштардағы сапалық жазбалар; ақаулар классификаторлары. Талдау көмегімен СМЖ-да пайдалану үшін кәсіпорын құжаттамасының сәйкес келетінін және оның ең төменгі талаптарға сәйкес келетінін анықтау қажет. Сапаны басқару жағдайын талдай отырып, жұмыс тобы келесі міндеттерді шешуге тиіс: жұмыс орындарындағы процестер қалай орындалады; механикалық немесе механикалық емес қателіктер бар ма; осы қателердің арасында кездейсоқ қателердің бар-жоғын және СМЖ әзірлеу кезінде олардың қайсысын ескеру қажет екенін анықтаңыз. Жоғарыда аталған мәселелерді қамтуы тиіс барлық бөлімшелер кәсіпорында. Үшінші тарап консультантқа көмек сұрап хабарласа отырып, сапаны басқарудың нақты жай-күйін талдауды айтарлықтай жеңілдетуге болады, өйткені тәжірибелі маманға кеңес беру объективті болып табылады. Бірақ ұйым компанияның қаржылық жағдайын бағалай отырып, СМЖ әзірлеуге консультанттарды тартуды немесе тартуды өзі шешеді. Қолданыстағы сапаны басқару моделін талдағаннан кейін ұйымның сапа менеджменті жүйесінің тұжырымдамалық моделі әзірленеді. Ең алдымен, бизнес-процестерді анықтау және олардың ұйымдастырушылық және технологиялық сұлбаларын құру қажет. Деректердің блок-сызбасын құру сапаны басқару талдауымен және ISO 9001: 2015 талаптарына сәйкес қажет Ұйымдық құрылым мен өндірістік үдеріске түзетулер енгізумен сүйемелденеді. Талдау нәтижелері бойынша сапа менеджменті жүйесінің құжаттамасын әзірлеу және түзету үшін кесте жасалады. Кестеге сәйкес, СМЖ Құжаттама жүйесі СМЖ қалыпты жұмыс істеуі үшін қажетті ең маңызды компоненттердің бірі болып табылатын үшінші кезеңде әзірленеді. Ол өзара іс-қимыл түрлері мен түрлерін анықтай отырып, ақпаратты енгізу және шығару тәртібін белгілей отырып, функциялардың орындалуын қамтамасыз етеді. Сапа менеджменті жүйесінің құжаттамасы мыналардан тұрады: сапа жөніндегі басшылықтан ISO 9001: 2015 сәйкес кәсіпорынның СМЖ барлық талаптарын сипаттайтын жүйенің негізгі құжаты болып табылады және кәсіпорынның мақсаты мен сапа саясатын қамтиды; СМЖ тиімді жұмыс істеуін қамтамасыз ететін әртүрлі қызмет түрлерін үйлестіру үшін қажетті құжатталған ақпарат. Бұған сондай-ақ бақыланатын параметрлердің тіркелген мәндерін қамтитын өнімнің, қызметтердің немесе жұмыстардың сапасын растайтын сапа туралы жазбалар кіреді [4].

СМЖ құжаттама жүйесін әзірлеу кезінде мынадай іс-әрекеттерді орындауға назар аудару керек: сапа жөніндегі басшылықпен әзірленген және түзетілген құжаттама рәсімдерін толық үйлестіру үшін қажетті жұмысты үйлестіру; кәсіпорын басшылығының жұмыс барысын тұрақты мониторингілеу және үйлестіру кеңесінің отырыстарында жұмыс барысын мерзімді талдау; аудиторларды СМЖ құрылғанға және енгізілгенге дейін ішкі аудитіне оқыту. Бұдан әрі, әзірленген құжатталған рәсімдерге және сапа жөніндегі басшылыққа сәйкес барлық нормативтік құжаттарды (лауазымдық нұсқаулықтар, өндірістік және функционалдық тораптарға регламенттер) келтіру қажет. Құжаттаманың сипаты мен тереңдігі келісім-шарттардағы заңдар мен ережелерде белгіленген талаптарға сәйкес; және мүдделі тараптардың қажеттіліктері мен күтулеріне сәйкес баяндалуы тиіс. Компания басшысы СМЖ құжаттамасын барлық орындаушылар келіскеннен кейін ғана бекітеді.

Төртінші кезең СМЖ енгізумен байланысты жұмыстарды қамтиды. Кәсіпорынның әрбір қызметкері СМЖ құжаттау жүйесімен таныс болуы және оның жұмысы жағдайында жұмыс істеу үшін дайындалуы тиіс. Барлық бөлімдер құжатталған рәсімдерге сәйкес жұмыс істейді және СМЖ енгізілгеннен кейін міндетті түрде сапа есебін жүргізеді. Сапа қызметі СМЖ енгізу кезінде анықталған нормалардан барлық ауытқуларды, олардың пайда болу себебін анықтау және қажет болған жағдайда тиісті құжаттаманы түзету үшін талдауға тиіс. Сапа қызметі сондай-ақ СМЖ тиімділігін анықтау үшін ішкі аудиттер (тексерулер) жүргізеді. Осы тексерулердің арқасында сіз сапа жөніндегі нұсқаулықта ұсынылған СМЖ, үдерістерді сипаттау, жұмыс нұсқаулықтары мен құжатталған процедуралар стандарт талаптарына сәйкес келетіндігін (адекваттылықты тексеру), сондай-ақ қызметкерлердің жоспарланған іс-әрекеттерді қаншалықты түсінетінін және орындағанын (сәйкестікті тексеру) біле аласыз. Сәйкестікті тексеру рәсімдердің нақты орындалуын олардың талаптарымен салыстыру

жолымен жүзеге асырылады. Егер стандарт немесе рәсім талаптарын сақтауда қандай да бір қиындықтар туындаса, аудитор мұны тікелей қозғағандармен талқылауға және осы талапты сақтамаудың себебін анықтауға міндетті. Егер осы талапты орындау міндетті болса, Бөлім бастығы оны бөлім қызметкерлері орындау үшін шаралар (түзету іс-қимылдарын) қабылдайды. Бірақ егер бұл талап қажет болмаса және жұмыс сапасы оған байланысты болмаса, онда түзетуші әрекеттер құжатталған рәсімге өзгерістер енгізу түрінде көрсетіледі. Ішкі аудит нәтижелері бойынша есеп жасалады, онда қандай кемшіліктер мен сәйкессіздіктер анықталғаны көрсетіледі. Ішкі аудитті жүргізудің маңызды міндеттерінің бірі СМЖ жақсарту үшін мүмкіндіктер беру болып табылады [5]. СМЖ енгізу барысында ұйым басшылығы Сапа қызметі дайындаған есептер негізінде өз жұмысының тиімділігін талдайды. Кәсіпорынның барлық бөлімшелері ұсынған деректерді жинау,өңдеу және талдау сапа қызметімен жүзеге асырылады. СМЖ-нің жұмыс істеуін талдау себеп-салдарлық байланыстарды белгілеу және ұйым қызметінің түрлі аспектілерімен байланысты болуы мүмкін түзетуші және ескерту іс-әрекеттері бойынша балама ұсыныстарды бағалау үшін әрбір деңгейде белгілі бір салаларда жүргізілуі тиіс. СМЖ құжаттамасына тиісті өзгерістер талдау нәтижелері бойынша енгізіледі . Соңғы бесінші кезең СМЖ сертификаттауымен байланысты жұмыстардан тұрады. Қолданыстағы СМЖ сертификаттауды әртүрлі ұлттық және халықаралық органдар жүргізетіндіктен, ұйым тапсырыс берушінің тілектерін ескере отырып, сертификаттау органын таңдауға тиіс. Құжаттамаға түсініктеме алғаннан кейін сапа қызметі оған тиісті өзгерістер енгізеді және кәсіпорында сыртқы аудит жүргізу күнін үйлестіреді. Сәйкессіздіктерді жойғаннан кейін сертификаттау жөніндегі орган жыл сайынғы инспекциялық бақылауды жүргізе отырып, кәсіпорында СМЖ жұмыс істеуін қадағалауды жүзеге асыратын үш жыл мерзімге сәйкестік сертификаты беріледі. Елеулі бұзушылықтар болған жағдайда сертификат тоқтатылуы мүмкін.

Сапа менеджменті жүйесін (СМЖ) ГОСТ Р ИСО 9001-2015 сәйкестігіне сертификаттау мақсаттары келесіден тұрады: өтініш беруші әзірлеген және енгізген сапа менеджменті жүйесінің ГОСТ Р ИСО 9001-2015 талаптарына сәйкестік дәрежесін анықтау ; өтініш беруші әзірлеген және енгізген сапа менеджменті жүйесінің тиімділігін анықтау. Жоғарыда көрсетілген кезеңдерге сәйкес кәсіпорындарда СМЖ әзірлеу, енгізу және сертификаттау кезінде орындалатын іс-шаралардың ұсынылған тізбесі төменде келтірілген. Кезеңдердің атауы, жұмыс түрлері, іс-шаралар: 1. СМЖ құруға дайындық. Сапа саласындағы кәсіпорынның саясатын анықтау. Кәсіпорынның сапа саясатын әзірлеу және бекіту. Сапа саласындағы мақсаттарды, міндеттемелер мен міндеттерді және оларға қол жеткізу жолдарын анықтау 2. СМЖ ұйымдық құрылымын қалыптастыру. Сапаны басқару бойынша өкіл тағайындау. Сапалы сервисті құру. СМЖ әзірлеу үшін команданы қалыптастыру. 3. Персоналды оқыту. 4. СМЖ әзірлеу және енгізу мерзімдері мен құнын бағалау. 5. Консультанттарды тарту. Кеңесшілерді іріктеу. Кеңес беру қызметтеріне шарт жасау. Жоғарыда айтылғандардың барлығы қарастырылып отырған процесс әмбебап деп болжауға мүмкіндік береді. Шығарылатын өнімнің ерекшелігін ескере отырып, әртүрлі кәсіпорындарда қолданылуы мүмкін. Ал кәсіпорында сапа менеджменті жүйесін енгізу ұйымды басқарудағы барлық күшті және әлсіз жақтарын, тұрақты өсу және даму мүмкіндіктерін, сондай-ақ ұйым өндіретін өнімдер мен қызметтердің сапасын арттыруды нақты анықтауға мүмкіндік береді. Қазіргі уақытта бәсекелестердің ұқсас өнімдерімен салыстырғанда өнім сапасының шағын жақсаруы да өз тауарларына тұтынушылардың көп санын тартуға әкеп соғады. Бұл ұйымның қалыпты дамуы мен жұмыс істеуі үшін сапа менеджменті жүйесін әзірлеу мен енгізуді одан әрі қажетті және маңызды етеді. Осылайша, СМЖ енгізу және компанияда сапаны басқару тиімділігіне экономикалық талдау жүргізу қажеттілігі осы қызметтің қиындықтарына қарамастан айқын. СМЖ экономикалық талдау нәтижесінде алынған нәтижелерді және есептілік деректерін назарға ала отырып, компания басшылығы компания қызметін одан әрі стратегиялық жоспарлауды жүзеге асырады. Ақылға қонымды экономикалық көрсеткіштер болған жағдайда, егер бұл мүмкін болса, СМЖ енгізуден туындайтын нақты сандар мен фактілерге сүйенетін болса, компания басшылығы компанияның мақсаттарына көп дәрежеде сәйкес келетін және компания үшін саланың сапасын басқарудың жалпы тиімділігін арттыруға мүмкіндік беретін қазіргі заманғы шынайы өзгерістер қажеттілігін көрсететін шешімдер қабылдай алады. СМЖ сертификаттау процедурасынан сәтті өтіп, сәйкестік сертификатын алғаннан кейін, сіз енді бәрі жақсы болатынын өзіңіз алдамауыңыз керек. Біз жүйемен жұмыс істеуді жалғастыруымыз керек, оны жақсартуымыз керек, себебі кемелділікке шек жоқ, біз тек әдістерді білмеумен ғана шектеліп отырмыз.

ӘДЕБИЕТ

[1] Павлов П. С., Хафизов И. И. Сертификация систем качества, Молодой ученый., 2017, № 8, С .62–65.
[2] Басовский Л.Е., Протасьев В.Б. Управление качеством. Учебник –М.: ИНФРА-М, 2000, 212 с.

[3] Соловьев В.И. ИСО 9001- основа развития качественного системного менеджмента на пути к организации нового типа// Новости ГОССТАНДАРТА – 2012 - №2-с.47-50.

[4] Попова О.Г. Зарубежные организации по вопросам качества продукции О.Г. Попова Менеджмент в России и за рубежом. 2002, №10, С. 80–81.

[5] Петров В.И. ИСО 9001:2015 особенности размышления о новой версии систем менеджмента качества 2014 - №3 - с.22-25.

Баймаханов Г.А., Сайлаубек Т.Н., Рахымбаев С.С.

**Разработка и внедрение системы менеджмента качества**

**Резюме.** С учетом необходимости внедрения и использования в экономике отрасли системы менеджмента качества ISO 9001. Дано определение системы, даны принципы и основы технологии ее применения. Приведены сравнительные характеристики сертификации по отраслям экономики, их критерии и технологии контроля. Показано эффективность использования принципов управления качеством в организациях отрасли, показаны пути повышения эффективности труда. В процессе внедрения СМК руководство организации анализирует эффективность своей работы на основе отчетов, подготовленных службой качества. Сбор, обработка и анализ данных, представленных всеми подразделениями предприятия, осуществляется службой качества.

**Ключевые слова:** система менеджмента качества, аудит, ИСО, сертификация, СМК, документация, экономическая эффективность.

УДК 637. 525

**Y. Uzakov, M. Kaldarbekova, S. Sabraly**
(Almaty technological university, Almaty, Kazakhstan. E-mail: uzakm@mail.ru)

## HANDLING THE MEAT PRODUCTS MADE OF PORK USING INNOVATIVE TECHNOLOGIES

**Abstract.** The present paper provides the combined technology of meat products containing functionality pumpkin juice. The novelty of this work is to develop a whole-muscle meat products for people who demonstrate a lack of vitamin E, B-carotene, using vegetable-protein composition. The uniqueness lies in the fact that the use of vegetable-protein composition, based on the pumpkin juice, the production of whole-muscle meat products, results in greater accumulation of soluble proteins, increase their hydrophilic properties, increasing the yield, juiciness and tenderness of the product.

**Key words:** pork, water-soluble proteins, essential fatty acids, nutritive and biological value, cholesterol.

**Я. М. Узаков, М.А. Калдарбекова, С.Е. Сабралы**
(Алматинский технологический университет. E-mail: uzakm@mail.ru)

## РАЗРАБОТКА ПО ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ ИЗ СВИНИНЫ

**Аннотация.** В настоящей статье приведена инновационная технология получения мясных продуктов с использованием растительно-белковой композиции, на основе сока тыквы. Новизна данной работы заключается в разработке цельномышечных мясных изделий для людей, у которых наблюдается недостаток витамина Е, В-каротина с использованием растительно-белковой композиции. Уникальность заключается в том, что использование растительно-белковой композиции, на основе сока тыквы, при производстве цельномышечных мясных продуктов, способствует большему накоплению водорастворимых белков, увеличению их гидрофильных свойств, повышению выхода, сочности и нежности продукта.

**Ключевые слова:** инновационная технология, свинина, холестерин, незаменимые полиненасыщенные жирные кислоты, пищевая и биологическая ценность, водорастворимые белки.

**Введение.** В виду ухудшающейся экологической обстановки в мире, повышения нервно-эмоционального напряжения современной жизни – потребности человека в защитных факторах пищи существенно возрастают, и большая часть населения страны нуждается в коррекции повседневного питания. В возникновении многих болезней (ожирение, сердечно-сосудистые заболевания, железодефицитная анемия и т.д.) питание - не единственный фактор, но часто он является решающим. В развитых странах мира вопросы здорового образа жизни, включающего и здоровое питание, возведены в ранг государственной политики. Одним из продуктов полноценного и здорового питания являются мясные продукты с добавлением растительно-белковой композиции [1].

Введение в мясные продукты компонентов, придающих им диетические, профилактические и функциональные свойства, позволит решить проблему дефицита необходимых пищевых веществ, а также придать готовой продукции заданный позитивный характер [2].

**Цели и задачи.** Целью настоящей работы является научно-практическое обоснование и разработка технологии функциональных мясных продуктов с использованием растительного сырья, что позволяет увеличить пищевую и биологическую ценность, а также повысить выход готового продукта, за счет частичной замены мясного сырья. В связи с этим, особый интерес представляет создание комбинированных продуктов путем сочетания мясного и растительного сырья.

Все это свидетельствует о том, что настала необходимость проведения научных исследований по разработке перспективных методов переработки мясного сырья и расширению ассортимента, подготовки ее для изготовления по инновационной технологии высококачественных деликатесных соленых, мясных продуктов.

Перспективным направлением в мясных продуктах является создание технологий цельнокусковых мясных продуктов по инновационной технологии на основе использования продуктов тыквы [10].

Функциональное действие тыквы обусловлено наличием в них большого количества важнейших пищевых и биологически активных веществ: растительных белков, полноценных по составу незаменимых аминокислот, тыква богата витаминами С, В1, В2, РР, Е [9]. Обнаружены в тыкве и соли кальция, магния, железа, меди, кобальта. Особенно много в ней калия, поэтому блюда из тыквы очень полезны при сердечно-сосудистых заболеваниях и различных болезнях почек. Тыква — ценный источник меди. А значение ее для организма очень велико: она принимает активное участие в обмене веществ, в процессах тканевого дыхания и кроветворения. Следует отметить и растительные фибры, содержащиеся в тыкве, которые прекращают запор и предотвращают рак, колит и диабет. Также этот овощ очень полезен людям, страдающим заболеваниями сердечно-сосудистой системы и гипертонией.

Исследования, направленные на разработку по инновационной технологии цельнокусковых мясных продуктов, в состав которых входят поликомпозиции на основе сырья животного и растительного происхождения, являются актуальными и составляют предмет настоящей работы.

***Объекты и методы исследований.***

Мясо свиней отличается высоким содержанием полноценного и легкоусвояемого белка (коэффициент использования белка свинины - 90, телятины - 80, говядины - 75, баранины - 70 %), незаменимых аминокислот (табл.1). Свинина переваривается в организме человека на 90-95 %, свиной жир - почти полностью (97-98 %) [7]. По калорийности съедобной части туши свинина превосходит говядину и баранину почти в 2 раза (в 1 кг свинины 3160 ккал, говядины - 1870, баранины - 2030, кроличьего мяса - 1990, куриного - 1830), по содержанию жира - в 2-3 раза при практически равной с ними белковой ценности.

В качестве источника белка в разрабатываемых продуктах использовали свинину. По эффективности производства свиньи выгодно отличаются от других видов сельскохозяйственных животных [9]. Так, по сравнению с крупным рогатым скотом и овцами они на 25-30 % имеют больший убойный выход (у молодняка свиней - 58-65 %, у хорошо откормленных взрослых животных -65-68 %). Удельный вес костей в тушах свиней в 2 раза меньше, чем у крупного рогатого скота [13].

Таблица 1. **Аминокислотный состав мяса**

| Показатели | Свинина II категории | | |
|---|---|---|---|
| | мг/100 г | г/100 г белка | ИС, % |
| **Незаменимые аминокислоты** | **5619** | **38,49** | |
| в том числе: | | | |
| Валин | 831 | 5,69 | 23,4 |
| Изолейцин | 708 | 4,85 | 19,9 |
| Лейцин | 1074 | 7,36 | 22,7 |
| Лизин | 1239 | 8,49 | 34,9 |
| Метионин | 342 | 2,34 | 14,5 |
| Треонин | 654 | 4,48 | 27,7 |
| Триптофан | 191 | 1,31 | 16,1 |
| Фенилаланин | 580 | 3,97 | 24,5 |
| **Заменимые аминокислоты** | **8602** | **58,92** | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| в том числе: | | | |
| Аланин | 773 | 5,29 | 21,8 |
| аргинин | 879 | 6,02 | 14,9 |
| Аспарагиновая кислота | 1322 | 9,05 | 18,6 |
| Гистидин | 575 | 3,94 | 48,6 |
| Глицин | 695 | 4,76 | 19,6 |
| Глутаминовая кислота | 2224 | 15,23 | 11,7 |
| Оксипролин | 170 | 1,16 | - |
| Пролин | 650 | 4,45 | 11,0 |
| Серин | 611 | 4,18 | 17,2 |
| Тирозин | 520 | 3,56 | 14,6 |
| Цистин | 183 | 1,25 | 7,8 |
| **Общее количество аминокислот** | **14221** | **97,40** | |
| Лимитирующая кислота | нет | | |

Важным показателем пищевой ценности свинины является содержание в ней большого количества минеральных веществ, многие из которых в составе биологически активных соединений оказывают влияние на жизнедеятельность организма (табл. 2).

Свиной шпик является высококалорийным продуктом, отличающимся от говяжьего и бараньего жира лучшим вкусом, а наиболее полно представленные в нем полиненасыщенные жирные кислоты (олеиновая, линолевая, линоленовая, арахидоновая) обусловливают его пониженную температуру плавления (28-48°С), что способствует хорошей усвояемости продукта.

Таблица 2. **Макро- и микроэлементный состав мяса**

| Показатели | Свинина II категории | |
|---|---|---|
| | В 100 г | ИС, % |
| **Макроэлементы, мг** | | |
| Калий | 242 | 8,2 |
| Кальций | 7 | 0,7 |
| Магний | 21 | 5,9 |
| Натрий | 51 | 1,1 |
| Сера | 220 | - |
| Фосфор | 164 | 13,9 |
| Хлор | 48,6 | - |
| **Микроэлементы, мкг** | | |
| Железо | 1600 | 9,0 |
| Йод | 6,6 | 5,6 |
| Кобальт | 8,0 | 6,8 |
| Марганец | 28,5 | 0,5 |
| Медь | 96 | 4,1 |
| Молибден | 13,0 | 2,2 |
| Никель | 12,3 | - |
| Олово | 30,0 | - |
| Селен | 13,0 | 2,2 |
| Фтор | 69,3 | 11,7 |
| Хром | 13,5 | 57,0 |
| Цинк | 2070 | 17,5 |

Пищевая ценность свинины, калорийность, усвояемость, возможность приготовления большого разнообразия блюд и готовых изделий ставят ее почти вне конкуренции с мясом других видов домашних животных.

**Результаты и их обсуждение.**

Технологический процесс осуществляется с соблюдением санитарных правил для предприятия

мясной промышленности, утвержденных в установленном порядке.

Следуя Инновационной технологии производства мясных изделий, мы приготовили продукт, состоящий из мяса свинины (табл. 3) с добавлением растительного компонента тыквы. Для выработки продукта использовали части туши свинины, взятой с шейной и лопаточной части. Мясо выдерживали в предварительно подготовленном многокомпонентном рассоле.

Таблица 3. **Инновационная технологи производства мясных изделий**

| **Наименование сырья** | **Несоленого сырья, кг (на 100 кг несоленого сырья)** | **Пряностей и материалов, кг (на 100 кг несоленого сырья)** |
|---|---|---|
| Свинина | 85 | |
| Мякоть тыквы | 15 | |
| Рассол: | | |
| Сок тыквы | | 2,7 |
| Подсолнечное масло | | 5,4 |
| Лук | | 5,4 |
| Соль | | 2,18 |
| Специи: | | 0,78 |
| **Итого:** | **100** | **16,44** |

Введение ароматизатора способствует: улучшению структурно-механических показателей продуктов, стабилизации окраски изделий на разрезе, повышает устойчивость продуктов при хранении [3]. По готовности рулет охлаждали в течение 6-8 ч. при температуре от 0 до 15 ºС. На всех стадиях производства рулета осуществлялся контроль за соблюдением технологических режимов.

Растительно-белковую композицию готовили следующим образом: вода – 59%, сок тыквенный – 20%, растительное масло – 14%, соль – 7%, нитрит натрия – 0,075%. Специи: кардамон, кориандр, корица, мускатный орех, душистый перец, черный перец, гвоздика, жидкий дым. Перемешивание длилось до получения однородной жидкости. Посол производился погружением сырья в рассол и массированием. После выдержке в рассоле 24 ч, сырье подпетливают и подсушивают в течение 2-3 часов, затем придавали форму, в качестве добавки использовали тыкву и затем подвергали термической обработке в жарочном шкафу при температуре 220-240 ºС. Коптильный ароматизатор (жидкость) вводится в рассол в конце процесса после растворения всех компонентов рассола.

***Заключение***

На основании комплексных экспериментальных исследований разработана и испытана интенсивная технология функциональных мясных продуктов с использованием растительного сырья, что позволило увеличить пищевую и биологическую ценность (табл. 4), а также повысить выход готового продукта, за счет частичной замены мясного сырья.

Таблица 4. **Пищевая ценность варено-копченых продуктов из свинины, в 100г продукта**

| **Наименование** | **Белок, г** | **Жир, г** | **Энергетическая ценность, ккал** |
|---|---|---|---|
| Окорок Талгарский | 15 | 33 | 357 |
| Окорок Илийский | 15 | 32 | 348 |
| Окорок обезжиренный | 19 | 22 | 274 |
| Рулет Талгарский | 13 | 33 | 349 |
| Рулет Илийский | 15 | 32 | 348 |
| Шинка по-талгарски | 19 | 18 | 238 |
| Корейка | 10 | 48 | 472 |
| Грудинка | 9 | 25 | 621 |
| Шейка | 14 | 18 | 218 |

Таким образом, экспериментально обосновано оптимальное соотношение составных частей растительно-белковой композиции, которая включает растительное масло (14%), воду (52,5%), сок тыквы (20%). Установлено, что использование РБК способствует большему накоплению водорастворимых белков, увеличению его гидрофильных свойств, повышению выхода, сочности и нежности готового продукта. Разработана эффективная технология мясных варено-копченых продуктов из мяса ранних сроков автолиза, являющаяся материало- и энергосберегающей, позволяющая улучшить качество и повысить выход готового продукта до 6-8%, за счет частичной замены мясного сырья.

ЛИТЕРАТУРА

[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. Биотехнологические аспекты создания продуктов из баранины нового поколения. Алматы,КазгосИНТИ-2005 -193 с.

[3] А.Б.Лисицын., Н.Н.Липатов., Л.С.Кудряшов. и др. Теория и практика переработки мяса.-М-2008-308 с.

[4] Y.M. Uzakov, Mira S. Serikkaisai, Dessislava B. Vlahova-Vangelova, 1Stefan G. Dragoev, Effect of Dry Goji Berry and Pumpkin Powder on Quality of Cooked and Smoked Beef with Reduced Nitrite Content, Advance Journal of Food Science and Technology, 877-883 с, июль 2014 г.

[5] A.A. Bulambaeva, Y.M.Uzakov, D.B. Vlahova-Vangelova, S.G. Dragoev, D.K. Balev. Development of New Functional Cooked Sauseges by Addition of Goji Berry and Pumpkin Powder, *American Journal of Food Technology*, №9 2014. 180-189 с.

[6] Узаков Я.М., Прянишников В.В., Ильтяков А.В. Белки и пищевые волокна в мясных технологиях, Алматы, типография ТОО «Эверо» 2015-280 с. [7] Узаков Я.М., Соловьев А.Ю., Байболова Л.К., Жаксылыкова А.Н.Разработка технологии функциональных мясных продуктов. Журнал Мясная индустрия, Москва 2010. - №3, с.51-52.

[8] Y.M. Uzakov, A. Matibaeva, B.Jetpisbaeva, Research on compatibility of vegetable and meat components in the dietary products for elderly peoples

Сборник статей МНПК «Фундаментальные проблемы технических наук», г. Уфа 19.02.2014г., с. 3-5.

[9] Узаков Я.М., Таева А.М., Кожахиева М.О., Калдарбекова М.А. Разработка технологии варено-запеченных мясных продуктов из свинины, «Пища. Экология. Качество»: труды XIV международной научно-практической конференции. Новосибирск 8-10 ноября 2017 г. – с. 289-292.

[10] Узаков Я.М., Белогривцева Л.В., Кожахиева М.О., Калдарбекова М.А. Пищевая ценность и физико-химические свойства свинины, «Пища. Экология. Качество»: труды XIV международной научно-практической конференции. Новосибирск 8-10 ноября 2017 г. – с. 284-289.

[11] Узаков Я.М., Чернуха И.М., Калдарбекова М.А. Изменение структурно-механических свойств ткани конины в процессе автолиза, XLVII Международная научная конференция «Наука и современность 2019» Евразийское научное объединение, Москва. 2019 г. январь - № 1 (47) с. 80-82.

[12] Узаков Я.М., Нурмуханбетова Д.Е., Калдарбекова М.А., Кожахиева М.О. Исследования автолитических изменений мышечной ткани конины, «Пища. Экология. Качество»: труды XV международной научно-практической конференции. Краснообск. 27-29 июня 2018 г. – с. 639-641.

[13] Рогов И.А., Забашта А.Г., Казюлин Г.П. Технология мяса и мясных продуктов. Т 1. – М.: КолосС». 2009 – с. 564.

[14] Рогов И.А., Забашта А.Г., Казюлин Г.П. Технология мяса и мясных продуктов.Т 2. – М.: КолосС». 2009 – с. 710.

[15] Рудаков О.Б., Пономарев А.Н., Полянский К.К., Любарь А.В. Жиры. Химический состав и экспертиза качества. –М: ДеЛи принт 2005 г.

[16] Лисицин А.Б., Сизенко Е.И., Чернуха И.М. и др. Мясо и здоровое питание.- М-2007-289 с.

Узаков Я. М., Қалдарбекова М.Ә., С Сабралы.Е.

**Шошқа етінен жасалған өнімдерінің инновациялық технологиясын жасау**

**Резюме.** Бұл мақалада асқабақ шырынын пайдалана отырып өсімдік-ақуыздық композицияны қолдану арқылы ет өнімдерін өндірудің инновациялық технологиясы көрсетілген. Берілген жұмыстың жаңалығы - өсімдік-ақуыз композициясын қолдану арқылы Е және β-каротин дәрумендері тапшылығы бар адамдарға арналған бұлшық ет өнімдерінің барлық түрлерін жасау болып табылады. Асқабақ шырынын пайдаланып, бұлшық ет өнімдерінің барлық түрлерінде өндірілетін өсімдік-ақуыздық композицияның суда еритін ақуыздардың көп жиналуына, олардың гидрофильді қасиеттерін арттыруға, өнімнің өнімділігін, сығындысын және өнімнің нәзіктігін арттыруға мүмкіндік беретін бірегейлігі жасалған.

**Түйінді сөздер:** инновациялық технологиялар, шошқа еті, холестерин, маңызды полиқанықпаған май қышқылдары, тағамдық және биологиялық құндылықтар, суда еритін ақуыздар.

УДК 637. 525

**Y. Uzakov, S. Sabraly, M. Kaldarbekova**
(Almaty technological university, Almaty, Kazakhstan. E-mail: uzakm@mail.ru)

## A TECHNOLOGY DEVELOPMENT OF A SINGLE PIECE SALTY PRODUCTS MADE OF PORK

**Abstract.** The article presents the technology of a single piece salted pork products. Innovative technologies of pork processing of Canada are studied. Researches on a pork cutting cut based on anatomic part were carried out. The purpose of scientific work is the use of effective technology of meat salted meat products from the early stages of autolysis, which are material and energy saving, allowing to improve the quality and increase the yield of the finished product to 6-8%, due to the partial replacement of meat raw materials.

**Key words:** pork cutting, the yield of finished product, tasting, autolysis.

**Я. М. Узаков, С.Е. Сабралы, М.А. Калдарбекова**
(Алматинский технологический университет. E-mail: uzakm@mail.ru)

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ШТУЧНЫХ СОЛЕНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ СВИНИНЫ

**Аннотация.** В статье приведена технология штучных соленых изделий из свинины. Изучены инновационные технологии переработки свинины Канады. Проводились исследования по разделке свиной туши на отруба, основанной на морфологической части. Целью научной работы является использование эффективной технологии мясных соленых продуктов из мяса ранних сроков автолиза, являющихся материало- и энергосберегающей, позволяющая улучшить качество и повысить выход готового продукта до 6-8%, за счет частичной замены мясного сырья.

**Ключевые слова:** разделка свиной туши, выход готового продукта, дегустация, автолиз.

**Введение.** Солено-копченые изделия относятся к числу наиболее распространенных видов мясопродуктов. Это объясняется их высокими вкусовыми достоинствами и пригодностью к употреблению в пищу без какой-либо подготовки. Особенности технологии этих изделий способствуют значительному повышению пищевой ценности исходного сырья, благодаря чему увеличиваются ресурсы для покрытия потребностей населения в белковой пище [1].

В зависимости от особенностей сырья и назначения готовой продукции меняются приемы технологической обработки. В промышленной практике встречаются следующие варианты обработки: посол, посол в сочетании с варкой, посол в сочетании с копчением, посол в сочетании с копчением и варкой (запеканием), Посол в сочетании с копчением и сушкой [3].

Следуя технологии производства солено-копченых изделий, мы приготовили продукт, состоящий из мяса свинины с добавлением растительного компонента тыквы. Для выработки продукта использовали части туши свинины, взятой с лопаточной части. Мясо выдерживали в предварительно подготовленном многокомпонентном рассоле.

Канада – один из ведущих игроков на мировом рынке качественной пищевой продукции. Пищевые продукты и продукция сельского хозяйства составляют 8% ВВП, одно рабочее место из каждых восьми и более чем 30 миллиардов долларов экспорта ежегодно. Канада производит приблизительно 30 миллионов свиней ежегодно. Три четверти этого производства приходится на три области: Манитобу, Онтарио и Квебек. Национальное поголовье состоит из трех основных пород: Йоркшир (42%). Ландрас (32%) и Дюрок (25%). Использование преимущественно трех пород дает устойчивые выходы туш и конечного продукта и превосходное качество. Канада лидирует в сфере исследований свиней и получаемого мясного продукта из свиней. [2].

**Объекты и методы исследований.**

В качестве объекта исследований использовали отрубы свинины. В ходе разработки технологии производства штучных соленых мясных продуктов, было изучено действующие, канадские технологии. В частности, преимущества современной канадской системы разделки свинины.

Современное производство свинины — это сложный бизнес, требующий использований новых технологий и высококвалифицированных специалистов для соответствия мировым требованиям.

На данный момент в Канаде широко развито свиноводство. Канадские ученые занимаются инновационными технологиями переработки свинины, определяют качественный состав мяса по морфологической части (шейно-лопаточная, спинно-поясничная, плечелопаточная части и т.д.). Мы

тщательно изучили канадские инновационные технологии разделки свиной туши на отруба, основанной на морфологической части [2]

Важно и то, что Канада уделяет особое внимание охране своего природного ландшафта и сохранению качества почв и вод. Обширные равнины страны обеспечивают чистую, здоровую среду для выращивания свиней на промышленной основе. Канадский климат прекрасно подходит для свиноводства: низкие температуры зимой предохраняют свиней от инфекционных заболеваний, а умеренное тепло летом полезно для здоровья и повышения продуктивности свиноматок. Канадское производство свинины поддерживает высокие стандарты по здоровью, уходу и выкармливанию поголовья свиней, а также в процессе переработки и продажи свинины, что соответствует строгим нормам безопасности пищевых продуктов, принятым на мировом рынке. Канадская программа гарантии качества® (CQA) обеспечивает выполнение производителями своих обязанностей по поддержанию безопасности на всех этапах производства продуктов питания, в то время как Канадское агентство продовольственной инспекции (CFIA) строго следит за соблюдением санитарных и ветеринарных норм [2].

Канада занимает третье место в мире по объёмам экспорта свинины, ежегодно поставляя мяса в более чем сто стран (преимущественно в США и Данию). Однако канадское производство свинины славится не только количеством, но и качеством. Когда речь идет о канадской свинине, невозможны никакие компромиссы в отношении вкуса, безопасности, гигиены и надежности. За успехом и новаторством свиноводства Канады стоят два наиболее ценных канадских ресурса: люди и щедрость канадской природы. Немного бизнесов сравнимы по сложности с современным производством свинины. Поэтому в мясной промышленности заняты только высококвалифицированные специалисты и ученые-новаторы. Благодаря их труду продукция из свинины соответствует самым высоким мировым стандартам [2].

**Результаты и их обсуждение.**

В таблице 1 приведены приблизительные выхода продукции на основе свиньи 119 кг живой массы = 83,41 кг охлажденная туша, без головы.

Таблица 1. **Выход отдельных отрубов свинины**

| Отруб | Выход, % к массе охлажденной туши | Выход, кг |
|---|---|---|
| Тазобедренный | 24,24% | 20,22 |
| Спинно-поясничный | 20,71% | 17,27 |
| Верхняя часть плечелопаточного | 9,22% | 7,69 |
| Нижняя часть плечелопаточного | 9,22% | 7,69 |
| Грудо-реберный (брюшная часть) | 13,14% | 10,96 |
| Реберный | 4,37% | 3,65 |
| **ИТОГО** | **80,90%** | **67,48** |

***Тазобедренный отруб (окорок)***

Тазобедренный отруб, или окорок, отделяют от туши перпендикулярным разрезом на расстоянии 50-60 мм (в зависимости от размера туши)

От крестцовой кости, немного захватывая окончание крестцовой кости и хвостовые кости (приблизительно 3-6мм). Заднюю голяшку отделяют по линии сустава. Хвост оделяют полностью, оставляю чистую срезанную поверхность [9].

Приблизительный выход > 24,24% или 20,22 кг. На основе свиньи 119 кг живой массы = 83,41 кг охлажденная туша, без головы.

***Спинно-поясничный отруб***

Приблизительный выход > 20,71% или 17,27 кг. На основе свиньи 119 кг живой массы = 83,41 кг охлажденная туша, без головы.

Спинно-поясничный отруб получают путем разреза перпендикулярно ребрам, вниз от грудного позвонка и до точки, расположенной на расстоянии 25 мм от окончания вырезки. Брюшную часть отделяют от спинно-поясничной разрезом, идущим от точки ниже длиннейшей мышцы до точки, расположенной ниже окончания тазобедренной части, на расстоянии не более 13 мм от вырезки [5].

***Шейно-лопаточный отруб***

Приблизительный выход > 9,22% или 7,69 кг. На основе свиньи 119 кг живой массы = 83,41 кг охлажденная туша, без головы.

Передний отруб получают путем разреза по линии перпендикулярно главной оси туши между 2 и 3 ребрами. Передняя нога отделяется по линии лучевого сустава. Шейно-лопаточный отруб отделяют разрезом по линии плечевого сустава, примерно под прямым углом к брюшной части.

***Плечелопаточный отруб***

Приблизительный выход > 9,22% или 7,69 кг. На основе свиньи 119 кг живой массы = 83,41 кг охлажденная туша, без головы.

Плечелопаточный отруб получают после отделения шейно-лопаточного разрезом по линии плечевого сустава, примерно под прямым углом к брюшной части.

***Брюшная часть***

Приблизительный выход > 13,14% или 10,96 кг. На основе свиньи 119 кг живой массы = 83,41 кг охлажденная туша, без головы.

Брюшная часть получают после отделения тазобедренного, плече-лопаточного, спинно-поясничного и реберного отрубов. Передние и задние окончания брюшной части должны быть прямыми и параллельными.

***Реберный отруб***

Приблизительный выход > 4,37% или 3,65 кг. На основе свиньи 119 кг живой массы = 83,41 кг охлажденная туша, без головы.

Реберный отруб получают путем отделения его от брюшной части, допуская минимальные прирези мяса на ребрах и грудине. Диафрагму обычно оставляют нетронутой, но весь жир должен быть удален, переломы ребер также не допускаются.

**Преимущества канадской системы разделки**

В Канаде при разделке свиных туш переднюю часть отделяют по линии 2 и 3 ребрами. Спинно-поясничная часть отделяется от брюшной на расстоянии не более 12 см в самой шикарной точке от позвоночника до линии отделения [2].

Казахстанская разделка предполагает отделение передней части по линии между 1 и 2 ребрами, а также нет национальной спецификации расстояния отделения спинно-поясничной части от брюшной [7].

***Преимущества для передней части:***

• Отделение по лини 2-3 ребер в сравнении с отделением по линии 1-2 ребер дает больший выход передней части, как шейно-лопаточного отруба части, так и плечелопаточного. Часть ребер, остающаяся на передней части, удовлетворяет потребности покупателей. [15].

**Преимущества для спинно-поясничного отруба:**

• Спинно-поясничный отруб на кости и бескостный, отделенный по линии 2-3 ребер, дает лучшее соотношение высоко ценящихся отрубов с отрубами меньшей ценности. Центральные части обычно рассматриваются как самые лучшие, их стоимость может составлять около 0,45 $ за килограмм.

• Спинно-поясничный отруб на кости и бескостный, отделенный по линии 2-3 ребер, имеет меньшее количество остатков плечевых костей. Эта характеристика повышает его ценность для потребителя.

• Установившаяся максимальная ширина в 12 см минимизирует остатки ребер в отрубе и прирези брюшной части, что улучшает соотношение мышечного глазка и брюшной части.

• Меньшие размеры отруба, на кости и бескостного, отделенного по линии 2-3 ребер, более удобны для розничной торговли и дают возможность устанавливать цены, приемлемые для потребителей [12].

**Преимущества для брюшной части:**

• Установившееся максимальное расстояние от позвоночника до линии разреза в 12 см позволяет увеличить выход реберной части и других частей, востребованных потребителями.

В таблице 2 приведены выходы сырья до и после тепловой обработки. Табличные данные свидетельствуют о целесообразности комбинирования методов тепловой обработки (например, варка на пару с дальнейшим доведением до готовности в жарочном шкафу с последующим копчением в обоих случаях). Жарка основным способом, равно как обработка в жарочном шкафу имеют недостаток, который проявился в сильной потере веса, вследствие потери влаги и усушки. [11].

Таблица 2. **Выход сырья и готовых продуктов**

| Наименование продукта | Экспериментальные данные по определению выходов, кг | | Выход готового продукта, % |
|---|---|---|---|
| | Сырья | Готового продукта | |
| Штучные соленые изделия из свинины | 1,950 | 1,200 | 61 |

Выработанные образцы были представлены дегустационной комиссии из числа научных работников и специалистов АТУ.

Дегустация – метод контроля производства и оценки качества продукта по органолептическим признакам.

Перед дегустацией рулет освобождают от шпагата, ножом срезают края и протирают полотенцем. Для оценки цвета, структуры, следует рулет подать разрезанным вдоль. Отмечают состояние поверхности, и вид на разрезе.

**Заключение**

Разработана эффективная технология мясных соленых продуктов из мяса ранних сроков автолиза, являющаяся материало- и энергосберегающей, позволяющая улучшить качество и повысить выход готового продукта до 6-8%, за счет частичной замены мясного сырья. Отделение по линии 2-3 ребер в сравнении с отделением по линии 1-2 ребер дает больший выход передней части, как шейно-лопаточного отруба части, так и плечелопаточного. Часть ребер, остающаяся на передней части, удовлетворяет требования технологии штучных соленых изделии из свинины. Установившееся максимальное расстояние от позвоночника до линии разреза в 12 см позволяет увеличить выход реберной части и других частей, а спинно-поясничный отруб на кости и бескостный, отделенный по линии 2-3 ребер, имеет меньшее количество остатков плечевых костей, что также положительно сказывается на качестве мясного функционального продукта.

На основании комплексных экспериментальных исследований разработана и испытана интенсивная технология производства соленого мясного продукта из свинины. Экспериментально обосновано оптимальное соотношение составных частей растительно-белковой композиции, которая включает растительное масло (14%), воду (52,5%), сок тыквы (20%). Установлено, что использование РБК способствует большему накоплению водорастворимых белков, увеличению его гидрофильных свойств, повышению выхода, сочности и нежности готового продукта. Интенсивные методы обработки соленого полуфабриката способствуют более интенсивному накоплению в сырье веществ, являющихся предшественниками формирования вкуса и аромата готовой продукции и повышению их перевариваемости и усвояемости.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Узаков Я.М. Биотехнологические аспекты создания продуктов из баранины нового поколения. Алматы, КазгосИНТИ-2005 -193 с.

[2] CANADA PORK INTERNATIONAL. Канадская свинина. Руководство. 1-е издание, 2011 год, Канада – 39 с.

[3] А.Б.Лисицын., Н.Н.Липатов., Л.С.Кудряшов. и др. Теория и практика переработки мяса.-М-2008-308 с.

[4] Y.M. Uzakov, Mira S. Serikkaisai, Dessislava B. Vlahova-Vangelova, 1Stefan G. Dragoev, Effect of Dry Goji Berry and Pumpkin Powder on Quality of Cooked and Smoked Beef with Reduced Nitrite Content, Advance Journal of Food Science and Technology, 877-883 с, июль 2014 г.

[5] A.A. Bulambaeva, Y.M.Uzakov, D.B. Vlahova-Vangelova, S.G. Dragoev, D.K. Balev. Development of New Functional Cooked Sauseges by Addition of Goji Berry and Pumpkin Powder, *American Journal of Food Technology*, №9 2014. 180-189 с.

[6] Узаков Я.М., Прянишников В.В., Ильтяков А.В. Белки и пищевые волокна в мясных технологиях, Алматы, типография ТОО «Эверо» 2015-280 с.

[7] Узаков Я.М., Соловьев А.Ю., Байболова Л.К., Жаксылыкова А.Н.Разработка технологии функциональных мясных продуктов. Журнал Мясная индустрия, Москва 2010. - №3, с.51-52.

[8] Y.M. Uzakov, A. Matibaeva, B.Jetpisbaeva, Research on compatibility of vegetable and meat components in the dietary products for elderly peoples

Сборник статей МНПК «Фундаментальные проблемы технических наук», г. Уфа 19.02.2014г., с. 3-5.

[9] Узаков Я.М., Таева А.М., Кожахиева М.О., Калдарбекова М.А. Разработка технологии варено-запеченных мясных продуктов из свинины, «Пища. Экология. Качество»: труды XIV международной научно-практической конференции. Новосибирск 8-10 ноября 2017 г. – с. 289-292.

[10] Узаков Я.М., Белогривцева Л.В., Кожахиева М.О., Калдарбекова М.А. Пищевая ценность и физико-химические свойства свинины, «Пища. Экология. Качество»: труды XIV международной научно-практической конференции. Новосибирск 8-10 ноября 2017 г. – с. 284-289.

[11] Узаков Я.М., Чернуха И.М., Калдарбекова М.А. Изменение структурно-механических свойств ткани конины в процессе автолиза, XLVII Международная научная конференция «Наука и современность 2019» Евразийское научное объединение, Москва. 2019 г. январь - № 1 (47) с. 80-82.

[12] Узаков Я.М., Нурмуханбетова Д.Е., Калдарбекова М.А., Кожахиева М.О. Исследования автолитических изменений мышечной ткани конины, «Пища. Экология. Качество»: труды XV международной научно-практической конференции. Краснообск. 27-29 июня 2018 г. – с. 639-641.

[13] Рогов И.А., Забашта А.Г., Казюлин Г.П. Технология мяса и мясных продуктов. Т 1. – М.: КолосС». 2009 – с. 564.

[14] Рогов И.А., Забашта А.Г., Казюлин Г.П. Технология мяса и мясных продуктов.Т 2. – М.: КолосС». 2009 – с. 710.

[15] Рудаков О.Б., Пономарев А.Н., Полянский К.К., Любарь А.В. Жиры. Химический состав и экспертиза качества. –М: ДеЛи принт 2005 г.

Узаков Я.М., Сабралы С.Е., Қалдарбекова М.Ә.

**Шошқа етінен жасалған жеке тұздалған өнімдердің технологиясын жасау**

**Резюме.** Мақалада шошқа етінен бөлек тұздалған өнімдер технологиясы келтірілген. Канада шошқа етін өңдеудің инновациялық технологиялары зерттелді. Шошқа ұшасын морфологиялық бөлікке негізделген кебекке бөлу бойынша зерттеулер жүргізілді. Ғылыми жұмыстың мақсаты ет шикізатын ішінара ауыстыру есебінен дайын өнімнің сапасын жақсартуға және шығымын 6-8% - ға дейін арттыруға мүмкіндік беретін материал және энергия үнемдеуші болып табылатын автолиздің ерте мерзіміндегі еттен жасалып тұздалған ет өнімдерінің тиімді технологиясын пайдалану болып табылады.

**Түйінді сөздер:** шошқа еті, дайын өнімнің шығымы, дәм, автолиз.

УДК 637.525

**[1]Y.M. Uzakov, [1]A.M. Tayeva, [2]K. K. Makangali, [2]G.M. Tokysheva,**
([1] Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan
[2] S.Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Astana, Kazakhstan
e-mail: kadr_90.taz@mail.ru)

**SEA BUCKTHORN SEED POWDER RESEARCH AND ITS EFFECT ON BOILED, SMOKE-CURED CAMEL MEAT BEEF PRODUCTS**

**Abstract.** The main obstacle to the use of camel meat in the production of sausage products is rigidity and weak moisture binding capacity. In this regard, the chemical composition of the sea buckthorn seed powder was studied, which showed a high content of proteins and polysaccharides. It was found that sea buckthorn seed powder is a source of biologically active substances such as tocopherol 62.15±2.13 mg/100g, carotenoids 4.21±0.22 mg / 100g, flavonoids - 1.54±0.06%. The choice of a powder from sea-buckthorn seeds as a part of boiled-smoked meat product from camel meat and beef is proved. As a result of research, it is proposed to use the powder from sea buckthorn seeds in the production of camel meat and beef products.

**Key words:** camel meat, national meat products, biological value, nutritional value, amino acid profile, complex processing.

**[1]Я.М. Ұзақов, [1]А.М. Таева, [2]Қ.Қ. Мақанғали, [2]Г.М. Тоқышева**
([1]Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы
[2] С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана, Қазақстан Республикасы)

**ТҮЙЕ ЕТІ ЖӘНЕ СИЫР ЕТІНЕН ЫСТАЛЫП-ПІСІРІЛГЕН ЕТ ӨНІМДЕРІН ӨНДІРІСІНДЕ ШЫРҒАНАҚ ҰНТАҒЫНЫҢ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ**

**Аннотация** Мақала шырғанақ тұқымынан жасалған ұнтақтың түйе және сиыр етінен жасалған пісіріліп-ысталған ет өнімдерінің сапалық көрсеткіштеріне әсерін зерттеуге арналған. Шұжық өнімдерін өндіруде түйе етін пайдаланудың негізгі кедергілері-қаттылық және ылғал байланыстырушы қасиетінің қабілеті әлсіз болуында. Осыған байланысты ақуыздар мен полисахаридтердің жоғары мөлшерін көрсеткен шырғанақ тұқымынан жасалған ұнтақтың химиялық құрамы зерттелді. Шырғанақ тұқымынан жасалған ұнтақ токоферол 62,15±2,13 мг/100г, каротиноидтар 4,21±0,22 мг/100г, флавоноидтар 1,54±0,06% сияқты биологиялық белсенді

заттардың көзі болып табылатыны анықталды. Түйе мен сиыр етінен пісіріліп-ысталған ет өнімі құрамында шырғанақ тұқымынан ұнтақты таңдау негізделген.

**Түйін сөздер:** түйе еті, ұлттық ет өнімдері, биологиялық құндылығы, тағамдық құндылығы, аминқышқыл құрамы, етті өңдеу.

**Кіріспе**

Нарықтық қатынастар жағдайында жаппай тамақтанудын дамуы: өндірілетін өнімнің сапасын арттыру, тұтынушылардың сұраныстарын ескере отырып, ет өнімдерінің лабильдік ассортиментіне көшу сияқты міндеттерді шешуге тікелей байланысты. Сонымен қатар, барлық ресурстық көздерді, оның ішінде дәстүрлі емес шикізат түрлерін барынша пайдалану кезінде өзіндік немесе бірегей органолептикалық көрсеткіштері бар өнімдердің жаңа түрлерінің рецептуралары мен технологияларын әзірлеу [1].

Түйе еті ет шикізатының дәстүрлі емес түрі болып табылады. Қасиеттері бойынша жылқы етіне ұқсайды. Ол мәрмәрсіз қызыл, қатты, тығыз консистенциясы, ерекше иісі бар. Адам ағзасының жеңіл сіңуінің арқасында түйе еті (және май) диеталық ретінде қолданылады. Бірақ бұл түйе етінің көрсеткіштері әлі жеткіліксіз зерттелген [2].

Қазақстан Республикасында және көршілес елдерде (Ресей Федерациясы, Өзбекстан, Түркіменстан) негізінен сүтті түйе шаруашылығымен, сондай-ақ жүн алу және оны одан әрі өңдеу үшін айналысады. Жоғарыда атап кеткендей түйе етінің құрылымды – механикалық қасиеттері төмен болуымен ерекшеленеді. Сол себепті , көбінен оны үй жағдайында ғана қолданады.

Түйе етінен жасалатын шұжықтың сапалы көрсеткіштерін жақсарту мақсатында Kalalau et al. Selected Lactic Acid Bacteria қолданды. Ұсынылған әдіс өнімнің органолептикалық көрсеткіштері мен құрылымдық-механикалық қасиеттерін жақсартты. Алайда, сүт қышқылды бактерияларды қолдана отырып, түйе етінен жасалған шұжықты өндіру жетілу процесінде микробиологиялық көрсеткіштерді өте қатаң бақылауды талап етеді [3].

Abdel Moneim, E. Suliman түйе етінен жасалған шұжықтың сенсорлық сипаттамаларын, шырынды, консистенциясын, сондай-ақ сойылған жануардың жасын және шұжық өндіру үшін ет шикізатын сақтау мерзімдерін осы көрсеткіштерге әсерін зерттеді. Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде ғалымдар жаңа сойылған немесе мұздатылған ет шикізатын пайдалануды ұсынады [4].

Engy, F. Zaki, түйе етінен шұжық өндіру кезінде ақуыз эмульсиясын қосу мүмкіндігін зерттеді. Зерттеу нәтижесінде 4% көлемінде ақуыз эмульсиясын қосу ұсынылды. Ол органолептикалық көрсеткіштерді, ылғал байланыстырғыш қабілетін, май ұстағыш қабілетін, шырынды, дайын өнімнің консистенциясын жақсартады [5].

Осыған байланысты түйе етінен жасалған сапалы ет өнімдерінің технологиясын әзірлеу үшін оны өңдеудің ғылыми негізделген тәсілдері мен режимдері, өңдеудің қарқынды әдістерін және тұздаудың тиімді әдістерін пайдалану қажет.

Зерттеу жұмыстары дайын өнімнің физикалық-химиялық көрсеткіштерін және органолептикалық көрсеткіштерін жақсарту және жетілдіру процестерін белсендіру мақсатында, шырғанақ тұқымынан жасалған ұнтақты пайдалана отырып, түйе етінен пісіріліп-ысталған жаңа ет өнімінің технологиясын әзірлеуге бағытталған.

**Зерттеу әдістері.** Тәжірибелі үлгілердің зертханалық зерттеулері В. М. Горбатов атындағы Бүкілресейлік Ет өнеркәсібі ғылыми-зерттеу институтының ғылыми-зерттеу зертханасында өткізілді (Мәскеу, РФ). Түйе етінен пісіріліп-ысталған ет өнімдерінің тәжірибелік үлгілерін жасау үшін екі жасар қазақ қос өркешті түйенің (бактрианның) етін әне сиыр еті пайдаланды. "Частная пасека Семиных" фирмасының шырғанақ тұқымынан жасалған ұнтақ қолданылды (өндіруші: Мәскеу, Ресей Федерациясы).

Тәжірибелік үлгілер Алматы технологиялық университетінің етті қайта өңдеу ғылыми орталығында жасалды.

Ет және ет өнімдерінің pH анықтау. Сутегі иондарының концентрациясы 1:10 гидромодуладағы Потенциометриялық әдіспен анықталды.

МЕМСТ 25011-81 бойынша ақуыздың массалық үлесін анықтау. Әдіс Къельдаль бойынша сынамаларды минералдандыруға, күкірт қышқылының ерітіндісіне аммиакты айдау, кейіннен зерттелетін сынамаларды титрлеуге негізделген.

МЕМСТ 23042-86 бойынша майдың салмақтық үлесін анықтау. Майдың массалық үлесі Сокслет әдісімен анықталды.

МЕМСТ 31727-2012 бойынша күлдің массалық үлесін анықтау. Күлдің жаппай үлесін күлденумен анықтады. Шикізат пен дайын өнімнің минералдық заттарының жалпы құрамы өлшеуішті жағу әдісімен тұрақты салмаққа дейін анықталды [7].

Ылғал байлау қабілетін анықтау. Грау-Хамм бойынша престеу әдісімен анықталған ылғал байланыстыру қабілеті етінің негізгі технологиялық көрсеткіші.

Дайын өнімдерді органолептикалық бағалауды ет өнімдері сапасының баллдық шкаласы бойынша жүргізді. Органолептикалық бағалау кезінде бұйымдардың негізгі сапалық көрсеткіштерінің (сыртқы түрі, түсі, хош иісі, дәмі, консистенциясы) бойынша бағалады.

**Зерттеу нәтижелері.** Шырғанақ тұқымдары-шырғанақ жидектерін қайта өңдеудің жанама өнімдерінің бірі [7]. Биологиялық белсенді заттардың табиғи концентраты бола отырып, шырғанақ тұқымдары тамақ өндірістерінде жеткіліксіз пайдаланылады. Кез келген қайталама шикізат ретінде шырғанақ тұқымдары арзан, экономикалық тиімді өсімдік компоненті ретінде қарастырылуы мүмкін. Шырғанақ тұқымдарының химиялық құрамы 1-кестеде келтірілген.

Кесте 1. **Шырғанақ тұқымдарының химиялық құрамы**

| Көрсеткіштер | Құрамы |
|---|---|
| Ақуыз, % | 20,06±1,15 |
| Май, % | 12,07±0,65 |
| Көмірсулар, %, оның ішінде:<br>целлюлоза<br>пектин<br>крахмал<br>моно- және дисахаридтер | 14,21±0,68<br>2,46±0,05<br>0,51±0,55<br>1,25±0,52 |
| Минералды заттар % | 3,3 |
| Каратиноидтар, мг | 4,21±0,22 |
| Флавоноидтар, % | 1,54±0,06 |
| Токоферол, мг | 62,15±2,13 |
| Аскорбин қышқылы, мг | 6,54±0,32 |
| Тиамин, мг | 1,02±0,07 |
| Рибофлавин, мг | 0,25±0,01 |
| Пантотен қышқылы В3, мг | 0,35±0,02 |
| Никотин қышқылыВ5, мг | 0,38±0,02 |
| Пиродоксин гидрохлорид В6, мг | 0,26±0,02 |
| Фолий қышқылы Вс, мг | 0,056±0,06 |

Ұсынылған мәліметтерден шырғанақ тұқымдары ақуыздардың, майлар мен көмірсулардың табиғи концентраты болып табылады. Тұқымның химиялық құрамын талдау тұқымның құрамында азықтық талшықтар бар екенін көрсетті.

Шырғанақ жұмсағына қарағанда тұқымдарда каротиноидтар мен аскорбин қышқылының аз мөлшері бар. Сонымен қатар, бұл шикізат токоферол сияқты табиғи антиоксиданттарға бай. Клеткалық мембраналардың осы маңызды қорғаныс қосылыстары бойынша шырғанақ тұқымдары басқа жидектер мен жаңғақтардан әлдеқайда асып түседі .

Соңғы уақытта флавоноидты қосылыстар тек витамин тәрізді заттар ретінде ғана емес, сонымен қатар күшті антиоксиданттар ретінде де қызығушылық танытады. Тұқымдағы флавоноидтардың болуы соңғысының құндылығын арттырады. Алынған деректер шырғанақ тұқымдары функционалдық ингредиенттердің перспективалы көзі болып табылатынын көрсетеді.

Кесте 2. **Шырғанақ тұқымдарының аминқышқылды құрамы (мг/100 г )**

| Аминқышқылдың атауы | Шырғанақ тұқымы |
|---|---|
| Алмаспайтын аминқышқылдар | |
| Валин | 888 |
| Лейцин | 1998 |
| Фенилаланин | 847 |
| Лизин | 1085 |
| Метионин | 24 |
| Треонин | 655 |

| | |
|---|---|
| Триптофан | 297 |
| Изолейцин | 745 |
| 6538 | 8583 |
| Алмасатын аминқышқылдар | |
| Цистин | 208 |
| Аргинин | 5608 |
| Аланин | 637 |
| Аспарагин | 1239 |
| Глицин | 2810 |
| Серин | 1515 |
| Пролин | 857 |
| Гистидин | 577 |
| Тирозин | 519 |
| Глутамин | 6317 |

Шырғанақ тұқымның аминқышқыл құрамын талдау алмастыратын аминқышқылдарынан балалар үшін алмастырылмайтын аргинин мен гистидиннің жоғары құрамы анықталғанын көрсетті. Тұқым ақуызында глицин және глутамин қышқылы көп, олар дәмдік қоспалар ретінде бөлек қолданылады.

Бұдан әрі басқа тұқымдармен салыстырғанда шырғанақ тұқымынан алынған ұнтақ ақуызының аминқышқылды скоры зерттелді.

Кесте 3. **Шырғанақ тұқымдарының аминқышқылды скоры**

| Аминқышқылдар | Ақуыз ФАО | Шырғанақ ақуызы | Күнбағыс тұқымдары |
|---|---|---|---|
| Лизин | 5,5 | 56,27 | 62,0 |
| Треонин | 4,0 | 59,326 | 107,5 |
| Лейцин | 7,0 | 81,4 | 92,8 |
| Изолейцин | 4,0 | 53,12 | 90,0 |
| Триптофан | 1,0 | 84,71 | 160,0 |
| Валин | 5,0 | 64,18 | 104,0 |
| Метионин+ цистин | 3,5 | 10,17 | 108,0 |
| Тирозин+фенилаланин | 6,0 | 59,66 | 128,0 |
| Утилизация коэффициенті | | 0,15 | 0,62 |

Химиялық скрорлар әдісі бірінші жақындағанда зерттелетін ақуызды кәдеге жаратудың ықтимал тиімділігін белгілеуге мүмкіндік береді. Шырғанақ тұқымынан жасалған ұнтақтың ақуызында барлық алмастырылмайтын аминқышқылдар бар, лизиннің құрамы-шырғанақ тұқымдарындағы өсімдік ақуыздарының қоректік құндылығын шектейтін негізгі аминқышқылдары майлы дақылдармен шамамен бір деңгейде болып шықты.

Витаминдер-ферментативті катализ механизмдерін жүзеге асыру, зат алмасудың қалыпты ағымы, гомеостазды қолдау, организм функцияларын биохимиялық қамтамасыз ету үшін қажетті биологиялық белсенді заттар бар екенін көрсетті. Шырғанақ тұқымдарының витаминдік құрамы 4-кестеде көрсетілген.

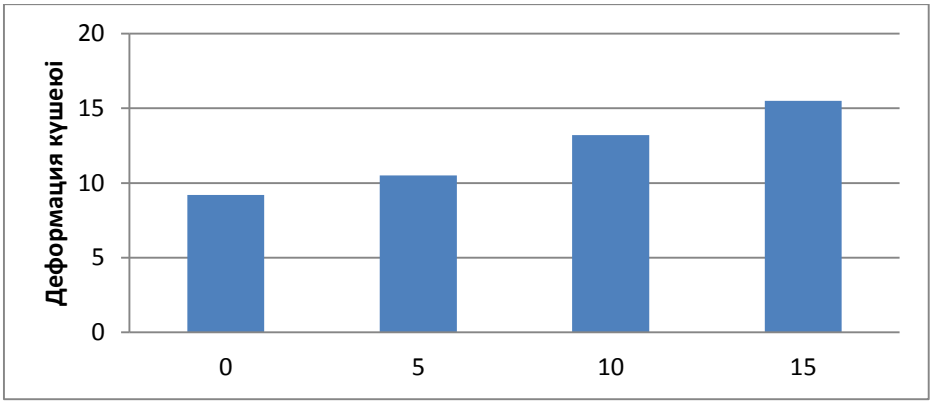
Кесте 4. **Шырғанақ тұқымдарының дәрумендік құрамы**

| Көрсеткіштер | Құрамы |
|---|---|
| Каротиноидтар, мг % | 6,01 ± 0,22 |
| Флавоноидтар, мг % | 2,2 ± 0,06 |
| Токоферол, мг % | 88,7 ± 2,13 |
| Аскорбин қышқылы, мг % | 9,34 ± 0,32 |
| Тиамин, мг % | 1,45 ± 0,07 |
| Рибофлавин, мг % | 0,35 ± 0,01 |
| Пантотен қышқылы В3, мг % | 0,5 ±0,02 |
| Никотин қышқылы В5, мг % | 0,54 ±0,02 |
| Пиридоксин гидрохлорид В6, мг % | 0.37 ±0,02 |
| Фолий қышқылы Вс, мг % | 1,14 ±0,06 |

Осылайша, шырғанақ тұқымдары үлкен энергетикалық әлеуетке ие, өйткені ақуыздар, майлар және көмірсулар көп. Тәжірибелік зерттеулер су және май еритін витаминдердің, оның ішінде антиоксиданттық әсердің болуымен сипатталатын шырғанақ тұқымдарының жоғары тағамдық құндылығын көрсетті.

Тәжірибелік үлгілердің құрамын әзірлеу кезеңінде 5, 10 және 15% мөлшерінде шырғанақ тұқымынан ұнтақты енгізу дозасының ет фаршының пластикалық деформация көрсеткішіне әсері зерттелді. Эксперименталды зерттеулердің нәтижелері 1-суретте көрсетілген.

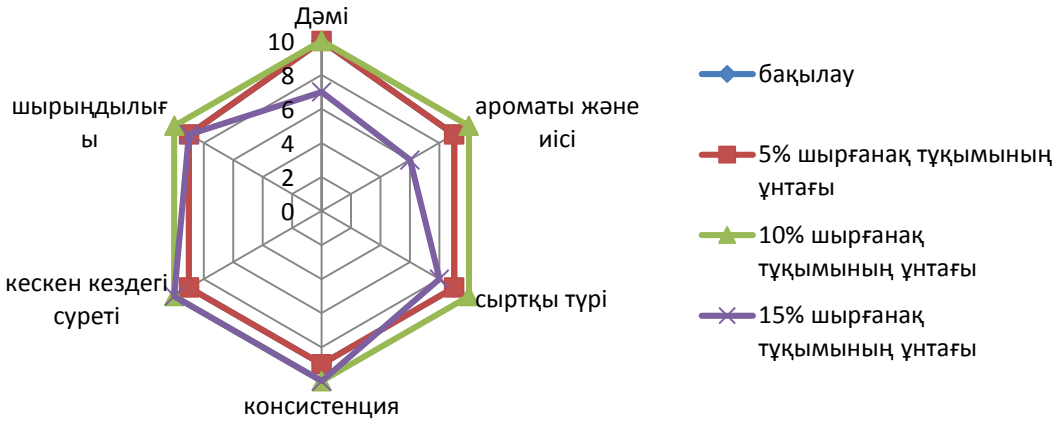
1-суретте көрсетілген деректер 15% шырғанақ тұқымынан жасалған ұнтақты енгізу кезінде деформация күшейткішінің 54% - ға өскенін көрсетті, бұл фарш жүйесінің жағымсыз тығыздалуына әкеледі.




**Сурет 3**. Шырғанақ тұқымдарының әр түрлі мөлшерін енгізумен фарштың деформациясының күшін өзгертуі

10% шырғанақ тұқымынан жасалған ұнтақты енгізген кезде бақылау үлгісінің құрылымның 43%-ға тығыздалғаны байқалады, бұл әдеби деректерге сәйкес ұсынылған шектерде болады.

Шырғанақ тұқымынан жасалған ұнтақтың оңтайлы мөлшерін анықтау үшін шырғанақ тұқымынан ұнтақты енгізу мөлшері әртүрлі пісіріліп-ысталған шұжықтардың тәжірибелі үлгілері дайындалды және олардың органолептикалық сипаттамалары зерттелді (2-сурет).




**Сурет 2.** Шырғанақ тұқымынан ұнтақ қосылған пісіріліп-ысталған шұжықтардың органолептикалық көрсеткіштері

2-суретте көрсетілген деректер бойынша ең жақсы органолептикалық көрсеткіштердің 10% шырғанақ тұқымынан гидратталған ұнтақты енгізуі пісіріліп-ысталған шұжық екенін көрсетті. Шырғанақ тұқымынан жасалған ұнтақ мөлшерінің 15% - ға дейін артуы шұжықтың дәмі мен хош иісінің нашарлауына әкеледі.

Ет өнімдерін қарқынды және тұрақты бояуға қол жеткізу үшін рецептурада көзделген мөлшерде тұздау қоспасының құрамында натрий нитритін қосады.

Тұзды ингредиенттердің әсерінен метмиоглобиннің айтарлықтай мөлшері түзіледі, бұл нитрозомиоглобиннің пайда болуына кедергі келтіреді.

Сондықтан миоглобинге метмиоглобинді қалпына келтіру процесінің маңызды мәні бар.

Оңтайлы қалпына келтіру жағдайлары pH 5,7 кезінде жасалады, яғни ет ақуыздарының изоэлектрлік нүктесіне жақын, бірақ бұл ретте еттің ылғалдау қабілеті ең аз. Біздің жағдайда ет жүйелерінің pH мәндері 6,4-6,7 диапазонында орналасқан, бұл ылғалдың жақсы байланыстырылуына оңтайлы жағдай жасайды. Бұл жағдайда жақсы бояу алу үшін көп мөлшерде сирек кездесетін заттардың болуы талап етіледі, бұл шырғанақ тұқымынан ұнтаққа енгізу кезінде орын алады.

Қалпына келтіру жағдайларын жасау үшін қант (мысалы, глюкоза) қолданылады. Глюкозаны сахарозамен бірге пайдаланған кезде түсі едәуір жақсарады. Сахарозаның өзі қалпына келтіру жағдайларын жасамайды, алайда бактериялар ферменттерінің әсерінен пайда болатын оның анаэробтық ыдырауының аралық өнімдері (фосфоглицеринді альдегид, фруктоза-6-фосфат және т.б.) айтарлықтай редуцирлеуші (қалпына келтіретін) әсері бар.

Шырғанақ тұқымдарында токоферол, каротиноидтар, флавоноидтар, аскорбин қышқылы сияқты қалпына келтіретін қасиеттері бар биологиялық белсенді заттардың болуы глюкозаны енгізуден бас тартуға мүмкіндік береді.

Аскорбин қышқылы гем пигменттерінің тотығу формаларын қалпына келтіріп қана қоймай, нитрозопигменттерді тотығудан қорғайды, сондай-ақ нитриттің бактерияға қарсы қасиеттерін күшейтеді. Botulinum, пероксидті тотығу реакциясын тежейді және ағзада нитрозаминдер түріндегі алкилденген мутагендердің түзілуіне кедергі жасайды (32-35% - ға).

Шырғанақ тұқымында қалпына келтіруші қасиеттері бар биологиялық белсенді заттардың болуына байланысты нитрозопигменттердің тұрақтылығының қалдық дәрежесін, натрий нитриті құрамын және нитрозопигменттердің құрамын зерттей отырып, дайын ет өнімдерінде бояудың қалыптасу процесі зерттелді. 5-кестеде шырғанақ тұқымдарын енгізу мөлшері әртүрлі дайын өнімді бояудың тұрақтылығы берілген.

Кесте 5. **Дайын өнімді бояудың тұрақтылығы**

| Көрсеткіштер | Бақылау | Шырғанақ тұқымынан жасалған ұнтақ, % | |
|---|---|---|---|
| | | 5 | 10 |
| Бояудың тұрақтылығы, % | 89,3±2,1 | 94,3±2,3 | 95,8±1,9 |
| Натрий нитритінің қалдық мөлшері, % | 0,0040±0,0001 | 0,0030±0,0001 | 0,0020±0,0001 |

5-кестенің деректерінен көрсетілгендей, дайын ет өнімін бояудың тұрақтылығы шырғанақ тұқымдарынан ұнтақты енгізген кезде, 5% – ды енгізген кезде – 4,5% - ға, 10% - ды енгізген кезде 5% - ға жоғарылайды, бұл шырғанақ тұқымдарының құрамында болатын токоферолдардың, флаваноидтардың, редуцирлеуші қанттар мен аскорбин қышқылының жоғары қалпына келтіру белсенділігіне байланысты болуы мүмкін.

**Қорытынды.**

Шырғанақ тұқымдары ақуыз жүйесі мен полисахаридтер есебінен суды байланыстырады, соның нәтижесінде дайын өнімнің тұрақтылығы сақталады, жылумен өңдеу кезінде шығындар төмендейді, бұйымның шырындылығы артады және өнімнің шығуы артады. Сондай-ақ, 10% шырғанақ тұқымынан ұнтақты енгізу дайын өнімді бояудың тұрақтылығын арттыруға ықпал етеді. Жоғарыда айтылғандарға байланысты сиыр және түйе етінен жасалған ысталған шұжықтар рецептураға қосылған гидратталған ұнтақтың мөлшері 10% мөлшерінде қабылданды.

ӘДЕБИЕТ

[1] Лисицын А.Б., Липатов Н.Н., Кудряшов Л.С. и др. Производство мясной продукции на основе биотехнологии.-М. ВНИИМП.-2005-369 с.

[2] Makangali K., Taeva A., Lisitsyn A., Uzakov Y., Konysbaeva D., Gorbulya V. Study of the National Cooked Smoked Meat Products While Tests With Laboratory Animals at the Pathology Models With the Purpose to Confirm the Set of Biocorrective Features // Current Research in Nutrition and Food Science. –Volume 6, No (2). –Pg. 536-551. -2018.

[3] Kalalou, Faid, Ahami. Improving the Quality of Fermented Camel Sausage by Controlling Undesirable Microorganisms with Selected Lactic Acid Bacteria // International Journal of Agriculture & Biology. –Volume 6, No 3. –Pg.447-451. -2004.

[4] Abdel Moneim E. Suliman, Selma A. Fadlalmola, Al Sir E. Babiker, Omer A. Arabi, Safa M. Ibrahim. The Effect of Season, Age and Preservation on Camel Meat Sausage // Food and Public Health. –Volume 4, No6. –Pg.293-300. -2014.

[5] Engy, F. Zaki. The Quality Characteristics of Camel Sausage Formulated with Different Levels of Whey Protein Powder // International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology. - Vol-2, Issu e-5, -Pg.2481-2486. -2017

[6] Zhuravskaya N.K., Alekhina L.T., Otryashenkova L.M. Research and quality control of meat and meat products. - Moscow: Agropromizdat, 1985. - 296s.

[7] Kallio HP, Yang B. Health effects of sea buckthorn berries; research and strategies at the university of Turku, Finland. Acta Hortic. 2014;1017:343–9.

Узаков Я.М., Таева А.М., Макангали К.К., Токышева Г.М.

**Исследование влияния порошка из семян облепихи в производстве варено-копченых мясных продуктов из верблюжатины и говядины**

**Резюме.** Основным препятствием использования верблюжатины в производстве колбасной продукции, является жесткость и слабая влагосвязывающая способность. В этой связи исследован химический состав порошка из семян облепихи, который показал высокое содержание белков и полисахаридов. Статья посвящена исследованию влияния порошка из семян облепихи на качественные показатели варено-копченых мясных продуктов из верблюжатины и говядины.

**Ключевые слова:** Верблюжатина, национальные мясные продукты, биологическая ценность, пищевая ценность, амиокислотный профиль, комплексная переработка.

**А.Т. Назарова, Б.К. Абдураимова**
(Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева
г. Нур-Султан, Республика Казахстан, aidana.timurovnaa@gmail.com)

## СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ПАССАЖИРСКОГО УЧЕТА В АВТОБУСАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛАТФОРМЫ ARDUINO

**Аннотация.** В Казахстане автотранспортные средства перевозят огромное количество пассажиров, игнорируя ограничения в количестве, вследствие чего происходят несчастные случаи. Ограничения на вместимость согласно безопасности пассажиров в автобусах составляет 70 человек. Перегрузка может иногда привести к несчастным случаям и смертельным исходам.

В статье предложено решение данной проблемы путем использования технических средств. При обнаружении превышения количества пассажиров, с помощью Arduino будет отправлено SMS-оповещение ближайшему полицейскому участку и диспетчеру.

**Ключевые слова:** ArduinoUno, RFID-метка, GSM-модуль.

Водители пассажирских автобусов, часто пренебрегая правилами и игнорируя нормы безопасности, не следят за перегрузку автобуса, что приводит к увеличению дорожных аварий. Данный факт вызывает беспокойство у участников дорожного движения и планировщиков движения. Предлагаемая работа [1] способна преодолеть все эти трудности.

Задача заключается в том, что необходимо определить количество пассажиров в момент посадки в автотранспортное средство. В случае если происходит перегрузка, то в этом случае данные автотранспортного средства немедленно будет отправлен в ближайший полицейский участок и диспетчеру, как СМС-оповещение для принятия необходимых мер против нарушителя правил. Такое решение будет дисциплинировать водителей. В нашем проекте мы использовали детектор и метку RFID.

На автобусных маршрутах информация о данных потока имеет решающее значение для эффективного оперативного планирования и качества работы компании общественного транспорта. Автоматический подсчет пассажиров (АПП) [2] может стать мощным ресурсом для поддержки этой деятельности, поскольку он может предоставить банк данных точного подсчета. Однако, чтобы сделать данные АПП основным источником информации существуют некоторые важные проблемы, такие, как проверка данных, сопоставление данных с автобусной остановкой, создание понятных отчетов о производительности и устранение отклонений. Информация о пассажиропотоках на автобусных маршрутах имеет решающее значение для эффективного планирования и эксплуатации. В настоящее время «ТОО LRT» собирают данные о пассажирах, как правило, с помощью карточной системы, которые могут быть подвержены неточностям, или с помощью автоматизированных систем, таких как АПП, которые приводят к огромным объемам данных.

Эта статья направлена на разработку технического средства, как основу для получения и обработки собранных данных. Для получения эффективного результата необходимо определить: какие

дополнительные данные [3] требуются для обработки необработанных данных АПП? Как они могут быть представлены в удобном для пользователя виде?

Предлагаемая структура решает эти проблемы, эффективно обрабатывает огромные объемы данных, что является основным источником, который обеспечивает получение данных об объемах пассажиропотока, а также обеспечивает значительную экономию рабочей нагрузки. Например, с помощью собранных вручную данных при проверке точки возможное применение на частотах автобусного маршрута было бы иначе выполнено[4]. Предложенная система создает инструменты оценки для эффективного управления услугами по всей транспортной сети, которые могли бы снизить затраты на обслуживание. Измерение данных о пассажиропотоках на автобусных маршрутах имеет решающее значение для качества и эффективного оперативного планирования. Объемы пассажиров могут систематически варьироваться в зависимости от сезона, дня, времени суток, маршрута и направления.

При правильном обращении собранные АПП данные дают представление об объемах пассажиров для каждого маршрута. Удобное представление может использоваться менеджерами по транзиту, чтобы сосредоточиться на том, где и когда должны быть выполнены изменения в обслуживании. Исследования дали более точные результаты за счет оснащения дополнительных транспортных средств АПП. Возможные улучшения алгоритма могут быть достигнуты путем интеграции последовательностей автобусных остановок в повседневные задачи автобусов. Как правило, интеграция предоставляет возможности для интеллектуального анализа [5] данных о пассажирах, которые могут быть обработаны для оценки обслуживания. Эта система АПП использует активные инфракрасные датчики с лучами в невидимом инфракрасном спектре. Датчики устанавливаются над дверями автобуса и предоставляют данные о количестве пассажиров. Контролирующий отдел [6] в основном записывает данные о посадке и высадке пассажиров, а также время остановки и запуска автобуса на каждой остановке.

На рисунке 1 приведена структурная схема работы и расположение компонентов. На входе в автобус используется детектор меток RFID. Когда пассажир садится в автобус, обнаруживается RFIDtag и производится подсчет. Аналогичным образом, когда автотранспортное средство делает высадку, с помощью метки RFID обнаруживается пассажир, что влечет за собой автоматическое уменьшение количества с общего числа. Подсчет обрабатывается и записывается с помощью микроконтроллера Arduino Uno. Рекомендуемый стандартный диапазон отсчетов хранится в микроконтроллере. Если счет превышает рекомендованный диапазон, то отправляется сообщение о предупреждении в надлежащий орган. Программа загружается в ПК. Всякий раз, когда метка RFID [7] обнаруживает объект, данные в ПК соответственно обновляется. Этот метод может быть использован для эффективного преодоления проблемы перегрузки в автобусах. (Рисунок 1)

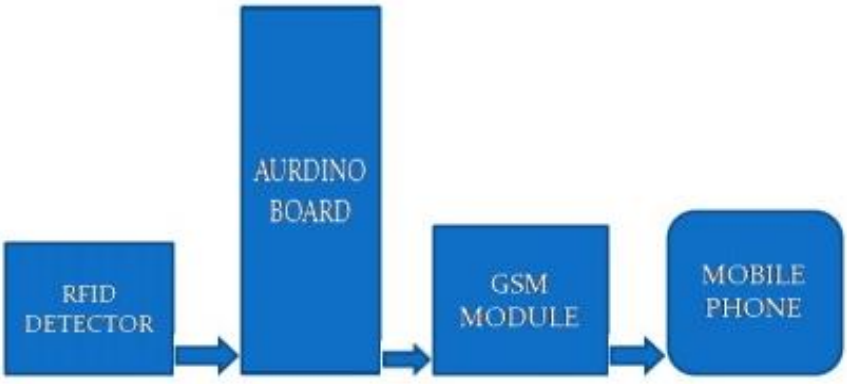



**Рис 1.** Блок-схема предлагаемой системы

На Рисунке 2 показана плата Arduino. Arduino - это компания, занимающаяся разработкой программного и аппаратного обеспечений с открытым исходным кодом, а также разработкой и производством одноплатных [8] и наборов микроконтроллера. Они могут быть использованы для создания интерактивных объектов, которые могут воспринимать и контролировать объекты в физическом и цифровом мире. Для предлагаемой работы была использована доска Arduino типа Uno. (Рисунок 2)



**Рис. 2.** Плата Arduino

Радиочастотная идентификация, которая называется RFID [9], использует электромагнитные поля для автоматической идентификации. Теги содержат информацию, хранящуюся в электронном виде. EM18 RFID используется для этой работы. (Рисунок 3)




**Рис. 3.** RFID модуль

GSM - глобальная система мобильной связи. GSM MODULE- модем мобильной связи. В текущей работе SIM 900A используется GSM модуль. GSM [10] оцифровывает и сокращает данные, а затем отправляет их по каналу с двумя различными потоками клиентских данных, каждый из которых будет отправляться в своем собственном конкретном временном интервале. Эта цифровая система способна передавать данные со скоростью 64 кбит / с до 120 Мбит / с. (Рисунок 4)



**Рис. 4.** GSM модуль

Данная разработка была протестирована. Получены результаты. Предлагаемый способ прост в реализации и очень экономичен. (Рисунок 5)

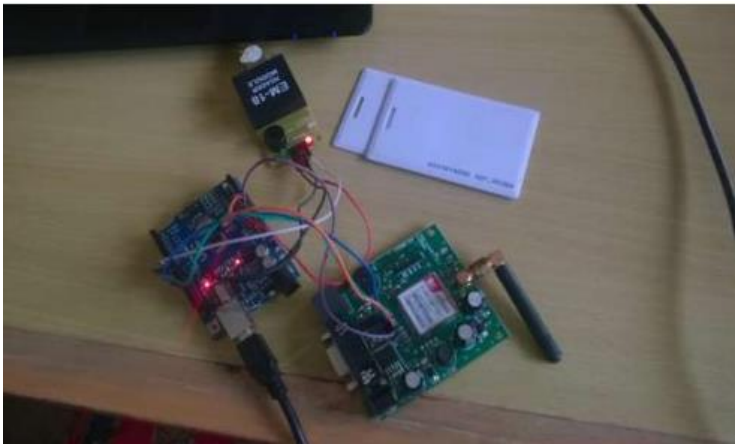


**Рис.5.** Прототип модели




**Рис.6.** Программная часть

Таким образом, этот метод [11] является эффективным для решения поставленной задачи и способствует уменьшению аварийных ситуаций на дорогах. Помимо этого, цена аппаратных средств экономически приемлема. Использование вышеуказанных технических средств имеет положительный результат. Они более точные и надежные.

Данная разработка имеет возможность наращивать дополнительные функции для получения экономически эффективного результата. Основные вклады данной работы заключаются в следующем:

1. Автоматическая генерация основного источника данных об объемах пассажиропотока, что может являться отличным инструментом для умных городов[11].

2. Представлена структура, объединяющая данные о поездке по маршруту, выполнения этапа проверки, устранение возможных отклонений от норм и построение графика автобусных остановок с определенным периодом времени.

3. Повышение уровни детализации данными АПП путем определения и реализации двух алгоритмов сопоставления.

ЛИТЕРАТУРА

[1] D. Ryan, S. Denman, S. Sridharan, C. Fookes. An evaluation of crowd counting methods, features and regression models // Comput Vis Image Underst. – 2015. – Vol. 130. – P. 14-17.

[2] F. Meng, Z. Qi, Y. Tian, L. Niu. Pedestrian detection based on the privileged information // Neural Comput Appl. – 2016. – Vol. 255. – P. 8-10.

[3] L. D. Pizzo, P. Foggia, A. Greco, G. Percannella, V. Vento. Counting people by RGB or depth overhead cameras // Pattern Recogn Lett. – 2016. – Vol. 81. – P. 49.

[4] N. Gammer, T. Cherrett, C. Gutteridge. Disseminating real-time bus arrival information via QRcode tagged bus stops: a case study of user take-up and reaction in Southampton // UK. J. Transp. Geogr. – 2014. – Vol. 34. – 259-261.

[5] E. Á. Villanueva // Planeación para la administración de una flotilla de autobuses de transporte público // Inst. Politécnico Nacional. – 2015. – P. 260-261.

[6] J. Wang, Y. Mao, J. Li, C. Li, Z. Xiong, W. X. Wang. Predictability of road traffic and congestion in urban areas. – 2014. – Vol. 1407. – P. 9-12.

[7] G. Karoń. Analysis of the current status in the development of pre-design documentation for the project entitled Intelligent Transport Management System// Research Work. – 2016. – Vol. 103. – P. 23-24.

[8] G. Karoń, R. Janecki. Intelligent Transport Systems and Travel Behaviour // AISC. – 2017. – Vol. 505. – P. 35.

[9] L. Sun, Y. Li, J. Gao. Architecture and application research of cooperative intelligent transport systems // Proc. Eng. – 2016. – Vol. 137. – P. 747-753.

[10] R. Żochowska, G. Karoń. Intelligent Transportation Systems – Problems and Perspectives // SSDC. – 2016. – Vol. 10. – P. 321.

[11] M. Prakash, S. Nithyanantham, V. Nishanth, A. Prakash, D. Kaviyarrasu. “Smart city ambulance for tracking shortest path using global position system” // Int. J. Eng. and Technology UAE. – 2018. – Vol. 7. – P. 3-5.

Назарова А.Т., Абдураимова Б.К.

**Arduino платформасын пайдаланумен автобустарда жолаушылар есебін анықтау және ескерту жүйесін құру**

**Аңдатпа. Қазақстанда автокөлік құралдары шектен тыс жолаушыларды тасымалдайды. Соның салдарынан жазатайым оқиғалар орын алады. Автобустардағы жолаушылардың қауіпсіздігіне сәйкес сыйымдылықтағы шектеу 70 адамды құрайды. Артық жүктеме кейде қайғылы жағдайларға және өлімге әкелуі мүмкін.**

**Мақалада техникалық құралдарды пайдалану арқылы осы мәселені шешу ұсынылған. Жолаушылар санының артуы анықталған жағдайда, Arduino көмегімен жақын маңдағы полиция учаскесіне және диспетчерге SMS-хабарлама жіберіледі.**

**Кілттік сөздер: Arduino Uno, RFID-белгісі, GSM-модуль.**

УДК 339.564

**А. Дүйсенбі, М.Н. Мухтарова**
(Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы)

## ЭКСПОРТТАЛАТЫН ТАУАРЛАРҒА СТ – KZ ТАУАРДЫҢ ШЫҒУ ТЕГІ СЕРТИФИКАТЫН РӘСІМДЕУ

**Аңдатпа.** Тауардың шығу тегі туралы сертификаттарды, сондай-ақ уақытша әкелу құжаттарын ҚР Ұлттық кәсіпкерлер палатасы береді. ҰКП жанынан тауардың шығу тегі туралы сертификаттауды ресімдеумен және куәландырумен айналысатын, тауарлардың тәуелсіз сараптамасын жүзеге асыратын, сыртқы экономикалық қызмет бойынша ақпараттық, бағалау, брокерлік, маркетингтік, жарнамалық, аудармашылық және консалтингтік қызмет көрсететін, сондай-ақ Қазақстан Республикасының заңнамасында тыйым салынбаған өзге де қызмет түрлерін көрсететін Тауарлардың шығу тегін сертификаттау орталығы құрылды. Тауардың шығу тегі туралы сертификат – тауардың шыққан елі туралы куәландыратын және ұлттық заңнамаға сәйкес өкілетті мемлекет-экспорттаушының органы берген құжат. Әдетте ол әкелінетін тауарлардың тарифтік реттелуі, жеңілдікті тарифтерді алу, бажсыз әкелу, қосымша салық салудан босату үшін қажет. Тауарлардың шығу тегі туралы сертификаттар басқа елдерге экспортталатын қазақстандық тауарларға ғана беріледі. Әрекеттегі заңнамаға сәйкес, тауар туралы мәліметтер жалған немесе дәйексіз болатын тауардың шығу тегі туралы сертификатты ресімдеуге жол бермеу мақсатында шығу тегі туралы сертификатты беру бойынша органның өкілетті тұлғасы оны ресімдер алдында өтінім беруші ұсынған тауардың шығу тегін растайтын құжаттарға және тауардың шығу тегі туралы сараптама актісіне оның дұрыс ресімделуіне талдау жүргізеді.

**Түйін сөздер:** тауар, экспорт-импорт, сертификат, рәсімдеу, декларация, жүк жөнелтуші\экспорттаушы, жүк алушы\импортаушы

Дүниежүзілік Банктің «Doing Business» рейтингінде Қазақстанның көрсеткішін жақсарту – мемлекет алдына қойған маңызды міндеттердің бірі. Бұл Елбасының елімізді дүниежүзінің 30 дамыған елінің қатарына қосу тапсырмасынан туындаған.

Дүниежүзілік Банктің «Doing Business» рейтингінде «Халықаралық сауда» индикаторы бойынша Қазақстанның көрсеткішін жақсарту үшін бірқатар реформалар жүзеге асырылды. Аталған индиктор бизнес-ахуалды жақсарту үшін қабылданатын реформаларға және экспорт-импорт процедураларының құнына баға береді [1].

Тауардың шығу тегі сертификаты – тауардың шыққан елі туралы куәландыратын, экспорттаушыға кедендік салықтар бойынша жеңілдіктер алуға немесе салықтан мүлдем босатылуға мүмкіндік беретін құжат. Оның ішкі қолданысқа және экспортқа арналған екі түрі болады.

Ішкі қолданысқа «СТ-KZ» формасында сертификат беріледі. «СТ-KZ» формасындағы тауардың шығу тегін куәландыратын сертификаттың болуы кезінде отандық тауар өндіруші мәртебесі бар кәсіпкер басқа кәсіпкерлер жанында бірқатар артықшылығы бар. Әдетте сертификат тендерлерге қатысу үшін қажет [2].

Экспортқа арналған сертификаттардың бірнеше формалары болады:

- «СТ-1» формасы ТМД елдеріне экспорттауға шығарылады,
- «Форма-А» – Еуродақ елдеріне,
- «СТ-2» формасы – Қазақстан еркін сауда туралы келісім жасаған елдерге экспорттауға арналған,
- «СТ-1 93 жыл» формасы – Өзбекстан мен Түрікместанға,
- «EAV» формасы – Вьетнамға арналған.

Тауардың шығарылған жері туралы құжаттар [3]

1. Тауардың шығарылған жері туралы декларацияны тауарды өндіруші, сатушы немесе жөнелтуші ресімдейді. Декларацияда декларацияны ресімдеген адамның атауы, оның мекенжайы, толтырған күні көрсетіледі, оған қатысты декларация ресімделген тауардың коммерциялық атауы толтырылады, сондай-ақ егер осы декларация ресімделетін тауардың шығарылған жері айқындалатын қағидаларда өзгеше көзделмесе, тиісті адам қол қояды.

2. Тауардың шығарылған жері туралы сертификатты тауардың шығарылған жерін айқындау өлшемшарттарын және тауардың шығарылған жері туралы берілетін сертификатқа сәйкес тауардың шығарылған жерін айқындау қағидаларында көзделген мұндай сертификатты толтыру нысаны мен тәртібіне қойылатын талаптарды ескере отырып, уәкілетті орган береді.

Тауардың шығарылған жері туралы сертификатты толтыру тәртібі

1. Преференциялық емес сауда шеңберінде қолданылатын тауардың шығарылған жері туралы сертификаттың (бұдан әрі – сертификат) бланкісі механикалық және химиялық әдіспен қолдан жасауға жол бермейтін қорғаныш дәрежесі қолданыла отырып, А4 (210х297 мм) форматындағы жасыл түсті қағазға баспа тәсілімен дайындалады.

2. Сертификат бланкісінің оң жақ жоғары бұрышында баспа тәсілімен басылған сертфикат бланкісінің нөмірі, уәкілетті орган айқындайтын қалыптастыру тәртібі көрсетіледі.

3. Сертификат қазақ, орыс немесе ағылшын тілдерінде «төменде көрсетілген жекелеген белгілерді қоспағанда) баспа тәсілінде толтырылады. Ерекше жағдайларда өтініш берушінің өтініші бойынша сертификат басқа тілде толтырылуы мүмкін.

4. Қолтаңбаның орнына факсимилені пайдалануға, өшіруге, бүлдіруге және бекітілмеген түзетулерге және (немесе) толықтыруларға жол берілмейді. Түзетулер және (немесе) толықтырулар сертификатқа қате ақпаратты және қате басылған әріптерді сызу немесе түзетілген мәліметтерді қолмен жазу арқылы енгізіледі, ол сертификатты берген уәкілетті адамның қолымен және уәкілетті органның мөрімен куәландырылады (Кесте 1).

Кесте 1. **Сертификаттың қазақ тіліндегі бланкісі** [3]

<table>
<tr><td colspan="2">1.Жүк жөнелтуші/экспортаушы<br>(атауы және мекенжайы)</td><td colspan="2" rowspan="2">4. № _____<br>Тауардың шығарылған жері туралы<br>сертификат<br>_____ берілді<br>(елдің атауы)<br>_____ ұсыну үшін<br>(елдің атауы)</td></tr>
<tr><td colspan="2">2.Жүк алушы/импорттаушы<br>(атауы және мекенжайы)</td></tr>
<tr><td colspan="2">3. Көліктің және жүру маршрутының құралы<br>«қаншалықты бұл белгілі)</td><td colspan="2">5. Қызметтік белгілер үшін</td></tr>
<tr><td>6. №</td><td>7. Орындар саны<br>және қаптама түрі</td><td>8. Тауардың сипаттамасы</td><td>9. Тауардың саны</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">10. Куәлік</td><td colspan="2">11. Өтініш берушінің декларациясы</td></tr>
</table>

| | |
|---|---|
| Осы құжатпен жүргізілген бақылаудың негізінде өтініш берішінің декларациясы шындыққа сәйкес келетіні куәландырылады<br><br>……..……..<br>Қолы Күні Мөр | Төменде қол қойғандар жоғарыда келтірілген мәліметтердің шындыққа сәйкес келетінін мәлімдейді, барлық тауарлар шығарылған<br>_____<br>(елдің атауы)<br>және олар мұндай тауарларға қатысты белгіленген шығарылу талаптарына сай келеді<br>……<br>Қолы Күні Мөр |

5. Сертификатта:

1-бағанда – жүк жөнелтуші\экспорттаушы туралы ақпарат: атауы, мекенжайы, елі.

Егер жүк жөнелтуші және экспорттаушы әртүрлі заңды (жеке) тұлға болып табылса, онда жүк жөнелтуші (атауы, мекенжайы, елі) экспорттаушының (атауы, мекенжайы, елі) «тапсырмасы бойынша» әрекет етеді деп көрсетіледі;

2-бағанда – жүк алушы\импорттаушы туралы ақпарат: атауы, мекенжайы, елі.

Егер жүк алушы және импортер әртүрлі заңды (жеке) тұлға болып табылса, онда жүк алушы (атауы, мекенжайы, елі) импорттаущының (атауы, мекенжайы, елі) «тапсырмасы бойынша» әрекет етеді деп көрсетіледі.

Егер, жүк алушы\импортаушы туралы мәлімет болмаса, аталған бағанды толтырмауға болады немесе онда «тапсырма бойынша» («by order») деп көрсетілуі мүмкін.

Сертификаттың 1 және 2-бағандарында тауарды тиеп жөнелтуге байланысты тауардың ілеспе құжатында (сыртқы сауда шарты, шот-фактура, кеден декларациясы және басқалары) мазмұндалған жүк жөнелтуші\экспорттаушфының және тиісінше жүк алушы\импорттаушының осындай атаулары мен мекенжайы көрсетіледі;

3-бағанда – көліктің түрі және тауардың жүру маршруты (қаншалықты белгілі).

Егер көліктің түрі және жүру маршруты белгісіз болса, аталған бағанды толтырмай қалдыруға болады;

4-бағанда – сертификаттың тіркеу нөмірі, серификат берілген Еуразиялық экономикалық одаққа мүше мемлекеттің толық немесе қысқаша атауы, ұсыну үшін сертификат берілген елдің толық немесе қысқаша атауы.

Сертификаттың тіркеу нөмірін қалыптастыру тәртібін уәкілетті орган айқындайды;

5-бағанда – уәкілетті орган шығаратын мәлімет (қажет болған кезде) («Телнұсқа» «Дубликат» («Duplicate»); («Кейіннен берілді» «Выдан впоследствии» («Issued retroactively»), («Орнына берілді» «Выдан взамен» («Issued instead») немесе басқа да қажетті ақпарат);

6-бағанда – тауардың әртүрлі атауын белгілейтін тәртіп бойынша нөмірлер;

7-бағанда – орын саны мен қаптама түрі;

8-бағанда – тауардың коммерциялық атауы және тауарды бір текті сәйкестендіруге мүмкіндік беретін басқа да мәліметтер [4].

Көлемі айтарлықтай болған кезде, 8-бағанда көрсетілген ақпарат белгіленген тәртіппен толтырылатын және сертификаттың 4-бағанында көрсетілген сондай тіркеу нөмірі бар сертификаттың қосымша парағында (парақтарында) келтірілуі мүмкін [5,6].

8-бағанда қосымша шот-фактураның немесе тауардың қаржылық және (немесе) сандық өлшемдерін көрсететін өзге құжаттың нөмірі көрсетілуі мүмкін;

9-бағанда – тауардың масса бруттосы және (немесе) неттосы және (немесе) өзге де сандық сипаттамасы;

10-бағанда – уәкілетті органның толық атауы мен мекенжайы, уәкілетті адамның қолы, уәкілетті органның мөрі, сондай-ақ сертификат куәлігінің күні

Сертификат куәлігінің күнін баспадан ерекшеленетін тәсілмен көрсетуге рұқсат етіледі;

11-бағанда – тауардың шыққан елі, өтініш берушінің қолы, толтырған күні және мөрі көрсетіледі (Кесте 2).

Кесте 2. **Қосымша парақтың қазақ тіліндегі бланкісі**

<table>
<tr><td colspan="4">Тауардың шығарылған жері туралы<br>№ _____ СЕРТИФИКАТТЫҢ ҚОСЫМША ПАРАҒЫ</td></tr>
<tr><td>6. №</td><td>7. Орындар саны және қаптама түрі</td><td>8. Тауардың сипаттамасы</td><td>9. Тауардың саны</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">10. Куәлік<br>Осы құжатпен жүргізілген бақылаудың негізінде өтініш берушінің декларациясы шындыққа сәйкес келетіні куәландырылады<br><br>……..…….<br>Қолы Күні Мөр</td><td colspan="2">11. Өтініш берушінің декларациясы<br><br>Төменде қол қойғандар жоғарыда келтірілген мәліметтердің шындыққа сәйкес келетінін мәлімдейді, барлық тауарлар шығарылған<br>_____<br>(елдің атауы)<br>және олар мұндай тауарларға қатысты белгіленген шығарылу талаптарына сай келеді<br>……<br>Қолы Күні Мөр</td></tr>
</table>

6.Сертификатты келесі жағына толтыруға жол берілмейді.

Бұған дейін кәсіпкер экспорттау үшін өңделген тауардың шығарылғаны туралы сертификатты алуда екі кезеңдік процедурадан өтуі тиіс еді. Алдымен 2 күн ішінде тауардың шығарылған елін анықтау сараптамасы процесінен өтетін, одан кейін 1 күн рәсімделген сертификатты алуға жұмсалатын. Былайша айтқанда, тауарды шетелге экспорттайтын кәсіпкер қосымша қаржы шығынына ұшырап, уақытын сараптамадан өтуге жұмсайтын [7].

Осы кезеңде өзгеріс енгеннен бастап 4 ай ішінде (3-кесте) тауар шығарылуының экспорттық формасында 18 мыңнан аса сертификат берілді. 2017 жылдың осы кезеңінде шамамен 14 мың сертификат берілген еді. Тауардың шығарылған елі туралы сертификатты беру серпіні айқын екені көрініп отыр [8, 9,10].

Егер сараптамаға ең төменгі құнын 20 мың теңге сесебінен алып қарағанда былтыр кәсіпкерлер өңдеу өнеркәсібі тауарларының сараптамасына орташа алғанда 128 млн теңге жұмсаған.

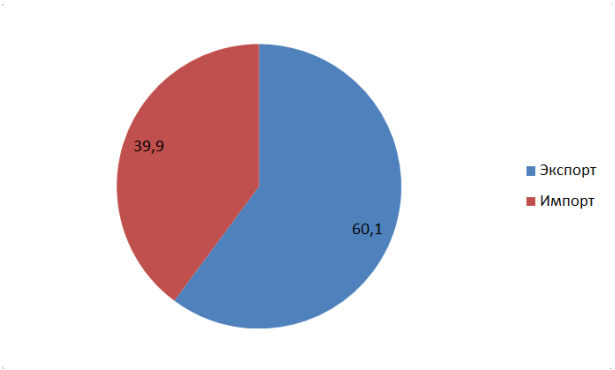
Сонымен қоса сертификат алудың 2 күні қысқартылды, бұл уақытта кәсіпкер тауарды тұрып қалғаны үшін де шығынға ұшырайтын [11,12].

Кесте 3. **2017-2018 жылдардағы СТ - KZ сертификатын рәсімдеуінің көрсеткіштері**

| 2017 жыл сәуір-маусым | 2018 жыл сәуір-шілде |
|---|---|
| 14 мыңнан астам сертификат берілі | 18 мыңнан аса сертификат берілген |
| Сараптамаға 128 млн.теңгеден астам сома жұмсалған | Сараптаманы алып тастағаннан 115 млн теңгеден астам сома үнемделген |

2019 жыл басынан қарағандылық тауар өндірушілерге 12 224 тауардың шығу тегі сертификаты берілді, оның 11 670-і – экспортқа, 654 – ішкі қолданысқа. Экспорт бойынша айтатын болсақ, сертификаттың көбі ТМД елдеріне тауар тасымалдауға берілді, бұл дегеніміз 70 %. Қалғаны алыс жақын шет ел», – деді сарапшы [13].

ҚР-ның Статистика Комитетінің импорт пен экспорттың негізгі статистикалық көрсеткіштері 2017 жылғы есеп бойынша жалпы суммасы АҚШ долларымен есептегенде 6 678 375,20 болды соның экспорты - 4 016 875,0 (60,1%) көрсекішті көрсетсе импорт - 2 661 500,20 (39,9 %) пайыз болды (Сурет 1).



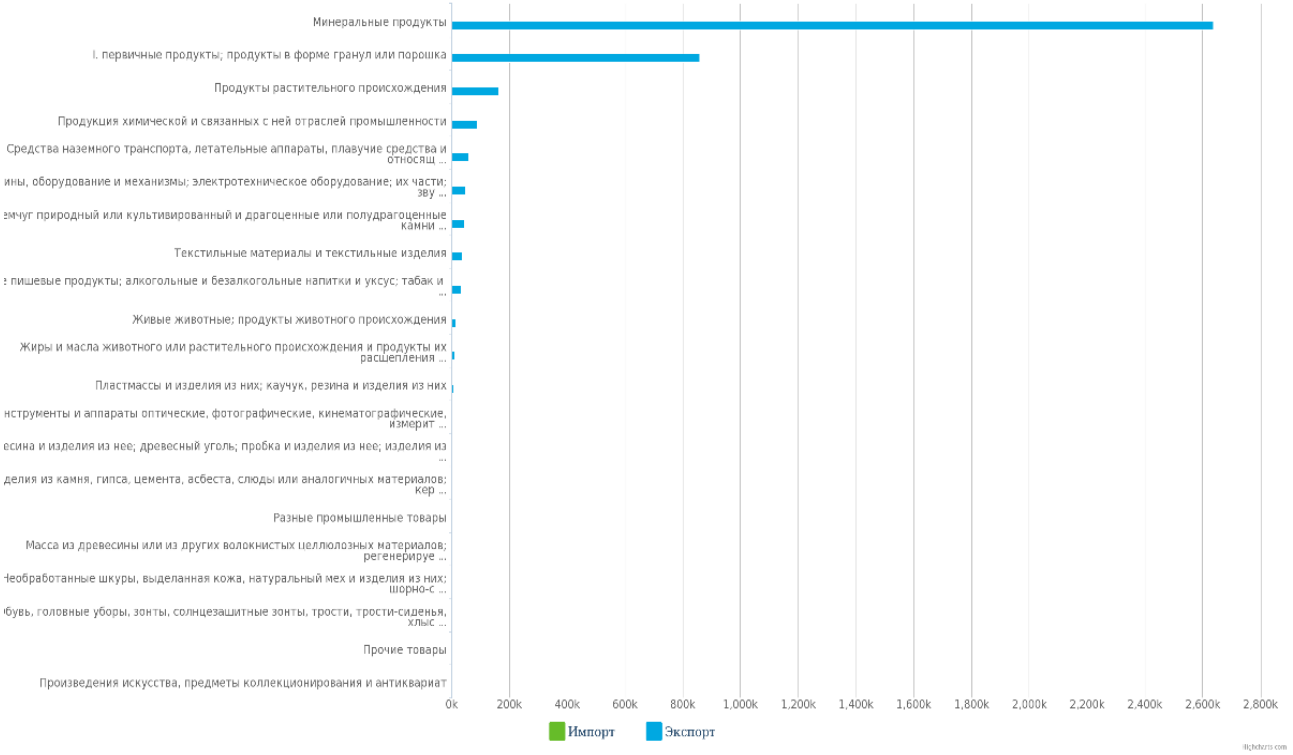

**Сурет 1.** Эксопорт және Импорт көрсеткіштері

Казахстан Республикасындағы Отандық кәсіпорындар тауарларының шет мемлекеттерге экспорттау статистикасы (Сурет 2).

Қазақстандағы отандық тауарлардың ішінде негізгі экспортталатын тауарлар «Минералды өнімдер», ҚР шикізаттары экономикамызға тікелей әсерін тигізуде. Статистика боынша жалпы есептен 65,7 % көрсеткішті көрсетуде.

«Бірінші сұрыпты өнімдер; түйіршік немесе ұнтақ түріндегі өнімдер» алдыңғы жылмен есептегенде өзгерісі қатты білінбейді 21,4 % пайызды құрап 2 – ші орында.

«Табиғи, өсімді өнімдер» - 4,1 % көрсеткішпен алдыңғы жылмен санағанда 8,8 % пайызға ҚР эксопрталатын тауар саны өскен [14].




**Сурет 2.** Экспортқа шыққан өнімдердің көрсеткіштері

Қарағанды экспорты негізінен бидай, ұн, кебек, ет және басқа да тауарлардан тұрады. жалпы 2018 жыл қарағандылық экспорттаушылар үшін жемісті болды. Мәселен 12 қарашада Қытайға 20 млн теңге сомасында 20 тонна мұздатылған қой еті жөнелтілді. Экспортқа арналған етті Қарағанды облысындағы 200 шаруа қожалығы дайындады.тЕнді «Арай KZ» ЖШС Қытайға өнімнің екінші партиясын дайындап жатыр. Сертификаттау бөлімінің сарапшылары «Евразия Инвест ЛТД» ЖШС-ның «Бие сүтін сублимациялық әдіспен өңдеу» экспортқа бағытталған жобаның әлеуетін ерекше атап өтуде. Бүгінде сублимацияланған сүтті Қазақстанда тұтынады, сонымен қатар Америка, Еуропа, Қытайға тасымалдайды. Атап айтқанда, компания Ресей Федерациясы мен Гонконгтық әріптестермен келісім жасады [15].

ӘДЕБИЕТ

[1] Ажибаева З.Н. Аудит. – Алматы: Экономика, 2004ж.

[2] Алибеков С.Т. Сборник документов ЕврАзЭС. – Алматы, 2012.

[3] Алибеков С.Т. Таможенное право в Республике Казахстан (Общая и Особенная части). – Алматы: 2013. – 1897 с.

[4] Денисова А.Ю. Таможенные сборы в государствах-членах Таможенного союза ЕврАзЭС: сравнительно-правовой анализ. – Москва: Институт публично-правовых исследований, 2014. –144 с.

[5] Иванова, Г.Н. Проблемы сертификационного аудита системы менеджмента качества / Г.Н. Иванова, Е.Л. Казмировский, В.А. Богатов // Методы менеджмента качества. – 2004. – № 7.

[6] Болдырев А.С., Добужинский В.И., Рекитар Я.А. Технический прогресс в промышленности строительных материалов. -М.: Стройиздат, 1980. 480 с.

[7] Жариков С.И. Антикризисное управление предприятиями (управленческий аспект финансового оздоровления). – Тамбов: ТОИП- КРО, 2006.

[8] Лифиц Е.М. Основы стандартизации, метрологии и сертификации. М.: Юрайт, 2000г. 465 с.

[9] Метрология, стандартизация и сертификация /Аристов А.И.-М.2006.

[10] Сергеев, А.Г. Метрология, стандартизация, сертификация.-М.,2005.

[11] Никифоров, А.Д. Метрология, стандартизация и сертификация .-М., 2005.

[12] Технический регламент «Процедура подтверждения соответствия» 2008 г.

[13] СТ РК 1.2 ГСТР РК. Порядок разработки национальных и предварительных национальных стандартов

[14] СТ РК 1.9 ГСТР РК. Порядок применения международных, региональных и национальных стандартов и нормативной документации по стандартизации, сертификации и аккредитации

[15] СТ РК 3.9 ГСТР РК. Сертификация импортируемой продукции

Дүсенбі А., Мухтарова М.Н.

**Сертификат тренировки продуктов ст-kz для экспортных продуктов**

**Аннотация.** Сертификаты происхождения, а также документы о временном ввозе выдаются Национальной палатой предпринимателей Республики Казахстан. Информационные, оценочные, брокерские, маркетинговые, рекламные, устные и консалтинговые услуги внешнеэкономической деятельности, проведение независимой экспертизы товаров, проведение и сертификация товаров по НУЦ и другие виды деятельности, не запрещенные законодательством Республики Казахстан. Сертификат о происхождении товара был выдан. Сертификат происхождения товара - документ, удостоверяющий страну происхождения товара и выданный уполномоченным органом по экспорту в соответствии с национальным законодательством. Обычно это необходимо для тарифного регулирования ввозимых товаров, льготных тарифов, беспошлинного ввоза, освобождения от дополнительного налогообложения. Сертификаты происхождения выдаются только на казахстанские товары, экспортируемые в другие страны. В соответствии с действующим законодательством уполномоченный представитель органа выдачи для выдачи сертификата происхождения товаров, представленных заявителем документов, подтверждающих происхождение товара, и сертификата происхождения товаров с целью предотвращения регистрации сертификата происхождения товара ложного или ненадлежащего проводит анализ.

**Ключевые слова:** товары, экспорт-импорт, сертификация, регистрация, декларация, грузоотправитель / экспортер, грузополучатель \ импортер.

УДК 615.2/3.07

**Dyusanbe A., Kazbek N.S., Yermaganbetova S.D., Mukhtarova M.N.**
(Kazakh national University named after Al-Farabi, Republic of Kazakhstan)

## THE CONCEPT OF GOOD PHARMACY PRACTICES, GMP CERTIFICATE

**Abstract** The fundamental element of the quality assurance system that is internationally recognized is the system of good practices. In most countries of the world, standards of good practice are the requirements imposed by health regulators at the stage of development, research, production and sale of drugs. Good Practice Guides set quality standards at all stages of the drug life cycle.

When implementing a project, the right to choose an option belongs to the head of the company. When planning a project, it is necessary to appoint responsible persons. At the same time, during the implementation of good pharmaceutical practice GxP a special role is played by the quality manager. His main responsibility is to coordinate within the enterprise all the activities for the development and implementation of GxP. All the time when the consultant is in the enterprise, the quality manager is next to the consultant and gradually absorbs the experience, knowledge and new ideas that the consultant shares in the process of working with other employees of the enterprise.

**Key words:** pharmaceuticals, quality, introduction, medicine, audit, good practice.

**А. Дүйсенбі, Н.С. Казбек, С.Д. Ермағанбетова, М.Н. Мухтарова**
(Казахский национальный университет им. Аль-Фараби)

## КОНЦЕПЦИЯ НАДЛЕЖАЩИХ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ПРАКТИК, СЕРТИФИКАТ GMP

**Аннотация** Фундаментальным элементом системы обеспечения качества, имеющим международное признание, является система надлежащих практик. В большинстве стран мира стандарты надлежащих практик - это требования, предъявляемые регуляторными органами здравоохранения на этапе разработки, исследований, производства и реализации ЛС. Руководства по надлежащим практикам устанавливают стандарты качества на всех этапах жизненного цикла ЛС.

При внедрении проекта право выбора варианта принадлежит первому руководителю предприятия. При планировании проекта необходимо назначить ответственных лиц. При этом, в ходе внедрения надлежащей фармацевтической практики GxP особую роль играет менеджер по качеству. Главная его ответственность – координировать внутри предприятия всю деятельность по разработке и внедрению GxP. Вторая обязанность менеджера по качеству – осуществлять контакты с консультантом. Все время, когда консультант находится на предприятии, менеджер по качеству находится рядом с консультантом и понемногу впитывает в себя опыт, знания, новые представления, которыми консультант делится в процессе работы с другими сотрудниками предприятия.

**Ключевые слова:** фармацевтика, качество, внедрение, лекарство, аудит, надлежащая практика.

Современный фармацевтический рынок стремительно растет. Опыт международной и отечественной практики показывает, что для регулирования процессов по обеспечению населения доступными, эффективными и безопасными лекарственными препаратами необходимо соблюдение единых норм и требований надлежащих фармацевтических практик GxP.

Так, при разработке новых лекарственных средств проводятся различные лабораторные и клинические исследования. Руководствами по «Надлежащей лабораторной практике» и «Надлежащей клинической практике» установлены стандарты на проведение этих исследований [1].

После этого фармацевтическая компания обращается за разрешением на сбыт препарата, с получением которого для лекарства начинается следующий этап: производство и распределение (продажа). В этой области установлены стандарты «Надлежащей производственной практики» и «Надлежащей дистрибьюторской практики». Между этими стандартами существует еще один стандарт, в котором содержатся требования к помещениям изготовителя и поставщика (дистрибьютора), где хранятся сырье и лекарственные средства – «Надлежащая практика хранения». Цепь этих требований завершает розничная реализация лекарственных средств – «Надлежащая аптечная практика».

Документально цепь надлежащих практик GxP имеет следующее определение [2]:

GLP (Good Laboratory Practice, Надлежащая лабораторная практика) – система качества, охватывающая организационный процесс и условия, при которых выполняются неклинические исследования лекарственных средств, связанные со здоровьем и экологической безопасностью.

GCP (Good Clinical Practice, Надлежащая клиническая практика) – этический и научный стандарт планирования и проведения исследований с участием человека в качестве субъекта, а также документального оформления и представления результатов таких исследований.

GMP (Good Manufacturing Practice, Надлежащая производственная практика) –стандарт, который устанавливает требования к производству и контролю качества лекарственных средств для человека и животных, а также специальные требования к производству активных фармацевтических субстанций и отдельных видов лекарственных средств. Стандарт GMP регулирует и оценивает параметры производства и лабораторной проверки.

GSP (Good Service Practice, Надлежащая практика обслуживания, хранения) –устанавливает комплекс мер, призванных обеспечить правильное хранение и транспортировку фармацевтической продукции.

GDP (Good Distribution Practice, Надлежащая практика оптовой продажи) –система правил, направленная на обеспечение качества хранения лекарственных средств.

GPP (Good Participatory Practice, Надлежащая практика розничной продажи) –комплекс норм и правил, призванных обеспечить надлежащее качество фармацевтических услуг, оказываемых аптечными работниками населению.

В Республике Казахстан обязательное соответствие требованиям надлежащих фармацевтических практик для субъектов фармацевтического рынка утверждено приказом МЗСР №392 от 27 мая 2015 года «Об утверждении надлежащих фармацевтических практик». Также эти требования указаны в статье 34

Кодекса Республики Казахстан «О здоровье народа и системе здравоохранения»: «Преимущественное право на заключение договоров в рамках гарантированного объема бесплатной медицинской помощи имеют аккредитованные организации здравоохранения, а также субъекты в сфере обращения лекарственных средств, изделий медицинского назначения и медицинской техники, получившие сертификат о соответствии объекта требованиямGMP, GDP, GPP» [3].

Требование надлежащих фармацевтических практик вводится в действие с 1 января 2018 года, как указано в пункте 5 приказа МЗСР РК №713 от 14.09.2015 года «Об утверждении Правил оптовой и розничной реализации лекарственных средств, изделий медицинского назначения и медицинской техники».

В настоящее время среди участников фармацевтического рынка (производители, дистрибьюторы, аптеки), в особенности у руководителей предприятий, остро стоит вопрос внедрения данных практик. Внедрение надлежащих фармацевтических практик GxP подразумевает выполнение нескольких шагов.

*Шаг 1.* Принятие решения высшим руководством предприятия о начале проекта по внедрению системы менеджмента качества в соответствии со стандартом GxP.

*Шаг 2.* Получение полной информации о системе менеджмента, проведение анализа предприятия, анализа возможностей для разработки системы.

*Шаг 3*. Принятие решения о способе внедрения, этапах и порядке разработки GxP. В любом случае, «главный герой» проекта – менеджер по качеству, соответствующий всем требованиям компетентности.

*Шаг 4.* Обучение специализированным центром по подготовке или переподготовке специалистов руководства и специалистов ключевого звена компании требованиям национальных и международных стандартов GxP, принципам, учитывая рекомендации международных фармацевтических сообществ.

*Шаг 5.* Проведение проектирования или перепроектирования помещений, зоны хранения, оборудования и систем, обеспечивающих жизнедеятельность предприятий, включая температурное соответствие. Оптимизация всех бизнес-процессов, внешней и внутренней документации.

*Шаг 6.* Этап практического ведения стандарта инструкторско-методическим путем, обучение и инструктаж на местах. Актуализация всей надлежащей документации и СОП, валидация и квалификация.

*Шаг 7.* Прединспекционный или заключительный аудит системы менеджмента с описанием всего процесса (возможны корректирующие процедуры).

*Шаг 8.* Подача заявки в уполномоченный орган на проведение инспекции с последующей выдачей заключения о соответствие GxP. Сертификация.

Конечно, решение о внедрении системы менеджмента качества GxP принимает руководитель предприятия. Для выполнения данного решения возможны несколько вариантов [4].

*1 вариант.* Разработка и внедрение GxP: начать внедрение GxP своими силами. Успех этого варианта зависит от правильности выбора менеджера по качеству. В конце концов, его можно обучить на курсах. Это самый дешевый путь. Но при этом возможен риск, что работника в процессе внедрения GxP «занесет» в какую-то крайность, что мы часто наблюдаем, либо увольнение сотрудника. В этом случае необходима хотя бы ограниченная, но внешняя оценка деятельности менеджера по качеству.

*2 вариант.* Разработка и внедрение GxP своими силами: принять в штат предприятия сотрудника, который имеет опыт внедрения GxP на другом предприятии. В этом случае привлекательна низкая цена проекта, но возможен риск того, что работник после выполнения проекта по внедрению GxP уволится и, соответственно, «унесет с собой» знания, полученные в ходе внедрения. В этом случае рекомендуется готовить дублера менеджера по качеству.

*3 вариант.* Разработка и внедрение GxP своими силами, с привлечением консультанта на весь период проекта: заключить договор с внешней стороной об оказании консультационных услуг по внедрению GxP. У штатных консультантов консалтинговых компаний, как правило, есть большой опыт внедрения GxP на различных предприятиях, высокая степень подготовленности и соответствующее образование. Можно запросить резюме аудитора-консультанта. В этом случае надо акцентировать внимание на компании, практикующей фармацевтический консалтинг. Данный вариант – это правильный и гарантированный положительный результат, получение предприятием реальной выгоды, которая окупит все затраты на проект.

*4 вариант.* Комбинированный, когда у внешнего консультанта, одного либо нескольких, покупают разовые услуги. Внедрять самим, но привлекать внешнего консультанта для оказания

разовых услуг: обучение руководства и персонала, помощь менеджеру по качеству в отдельных вопросах, обучение и подготовка внутренних аудиторов, выполнение внутренних аудитов силами внешнего специалиста, сопровождение сертификационного аудита.

При внедрении проекта право выбора варианта принадлежит первому руководителю предприятия. При планировании проекта необходимо назначить ответственных лиц [5].

При этом, во-первых, в ходе внедрения надлежащей фармацевтической практики GxP особую роль играет менеджер по качеству. Главная его ответственность – координировать внутри предприятия всю деятельность по разработке и внедрению GxP. Вторая обязанность менеджера по качеству – осуществлять контакты с консультантом. Все время, когда консультант находится на предприятии, менеджер по качеству находится рядом с консультантом и понемногу впитывает в себя опыт, знания, новые представления, которыми консультант делится в процессе работы с другими сотрудниками предприятия.

Во-вторых, должны быть назначены так называемые «ответственные на местах» или «ответственные за процесс» – те сотрудники, руководители соответствующих направлений, которые и будут отвечать за систематизацию и необходимый уровень документирования процессов.

В-третьих, должны быть назначены внутренние аудиторы СМК по GxP. Это сотрудники предприятия, которые систематически будут проводить внутренние проверки. Самый первый и опытный внутренний аудитор – это менеджер по качеству. Также аудитором может быть опытный сотрудник, знающий весь процесс жизнедеятельности компании.

Вопросы внедрения стандартов надлежащих фармацевтических практик, вопросы вступления национального инспектората в систему международного сотрудничества фармацевтических инспекций PIC/S включены в План реализации Концепции по вхождению Казахстана в число 30-ти самых развитых государств мира на 2014-2020 годы, который утвержден постановлением Правительства РК от 30 июня 2014 года № 752.

В соответствии с Государственной программой развития здравоохранения Республики Казахстан «Денсаулық», Стратегическим планом Министерства здравоохранения Республики Казахстан на 2016–2018 годы, также в рамках внедрения системы обязательного социального медицинского страхования и единого рынка лекарственных средств в рамках ЕАЭС основным направлением развития фармацевтического сектора является обеспечение безопасности и гарантированного качества зарегистрированных лекарственных средств, повышение конкурентоспособности субъектов фармацевтического рынка посредством внедрения надлежащих фармацевтических практик с 2018 года. В целом субъектами работа по внедрению стандартов продолжается, однако сложилась ситуация, когда не все объекты готовы к сертификации на соответствие требованиям надлежащих фармацевтических практик (далее – сертификат). По состоянию на ноябрь 2017 года 28% производителей имеют сертификат GMP, 8% аптечных складов имеют сертификат GDP и только 3% аптек имеют сертификат GPP [6].

Основными причинами не готовности субъектов являются финансовые и организационные вопросы, требующие вложений для модернизации помещений, оборудования и реорганизации структуры компаний, обучение персонала.

Вместе с тем, в соответствии со статьей 43 Закона Республики Казахстан от 6 апреля 2016 года № 480-V ЗРК «О правовых актах», действие нормативного правового акта не распространяется на отношения, возникшие до его введения в действие. Нормативные правовые акты, возлагающие новые обязанности на граждан или ухудшающие их положение, обратной силы не имеют [7].

Таким образом, с 1 января 2018 года субъектами в сфере обращения лекарственных средств, изделий медицинского назначения и медицинской техники должны соблюдаться требования стандартов GMP, GDP и GPP, что и определено Кодексом. В связи с тем, что в законодательстве не имеется нормы о необходимости получения сертификата субъектами, получившими лицензию на фармацевтическую деятельность до 1 января 2018 года, а также квалификационные требования, предъявляемые к осуществлению фармацевтической деятельности, не содержат требований наличия сертификата, отсутствие его не приведет к отзыву лицензии. Субъекты продолжат свою деятельность на условиях приведения осуществляемой фарм.деятельности в соответствие с нормами соответствующих стандартов надлежащих фармацевтических практик [8].

Кроме того, административная ответственность за отсутствие сертификата в Кодексе Республики Казахстан об административных правонарушениях не предусмотрена.

Также, производители лекарственных средств, не внедрившие требования Стандарта надлежащей производственной практики (GMP), могут подавать заявку на проведение оценки

безопасности и качества продукции и реализовывать лекарственные средства до истечения сроков действия их регистрационных удостоверений.

Следует отметить, что необходимость наличия сертификата может возникнуть и возникает при обращении субъекта в государственный орган, например, для регистрации, перерегистрации лекарственных средств или для получения приоритетного преимущества при участии в закупках лекарственных средств [9].

Справочно: согласно пункта 5 Правил государственной регистрации, перерегистрации и внесения изменений в регистрационное досье лекарственного средства, изделий медицинского назначения и медицинской техники, утвержденных приказом Министра здравоохранения Республики Казахстан от 18 ноября 2009 года №735, норма обязательности наличия у организаций-производителей Республики Казахстан сертификата Надлежащей производственной практики (GMP) при государственной регистрации, перерегистрации и внесения изменений в регистрационное досье лекарственных средств вводится в действие с 1 января 2018 года [10].

Главой 6 Правил организации и проведения закупа лекарственных средств, профилактических (иммунобиологических, диагностических, дезинфицирующих) препаратов, изделий медицинского назначения и медицинской техники, фармацевтических услуг по оказанию гарантированного объема бесплатной медицинской помощи и медицинской помощи в системе обязательного социального медицинского страхования, утвержденных постановлением Правительства РК от 30 октября 2009 года №1729, предусмотрена поддержка предпринимательской инициативы в виде преимущества на заключение договоров в рамках гарантированного объема бесплатной медицинской помощи для потенциальных поставщиков, получивших сертификат о соответствии объекта требованиям Стандартов GMP, GDP и GPP [11].

Вместе с тем, согласно статьи 20 Соглашения о единых принципах и правилах обращения лекарственных средств в рамках Евразийского экономического союза (далее – Соглашение), ратифицированного Республикой Казахстан, лекарственные средства, зарегистрированные в государствах-членах до вступления в силу Соглашения, должны быть приведены в соответствие с требованиями и правилами Союза до 31 декабря 2025 года в соответствии с процедурой, установленной в правилах регистрации и экспертизы лекарственных средств, указанных в статье 7 Соглашения [12, 13] .

Проектом Закона Республики Казахстан «О внесении изменений и дополнений в некоторые законодательные акты по вопросам обращения лекарственных средств и медицинских изделий» предусмотрено вступление обязательности соблюдения требований надлежащей аптечной практики (GPP) с 1 января 2023 года. Также планируется увеличение срока действия сертификатов GDP и GPP с 3-х лет до 5 лет, через два последующих подтверждения – бессрочно [14].

В законопроекте норму обязательности соблюдения с 1 января 2018 года требований надлежащих практик GMP и GDP субъектами, осуществляющими производство и оптовую реализацию лекарственных средств соответственно, планируется оставить [15].

Вместе с тем, для гарантированного обеспечения населения качественными, безопасными и эффективными лекарственными средствами, перехода от системы контроля качества готовой продукции к системе обеспечения качества, требуется ускорение работы по внедрению стандартов субъектами фармацевтической деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

[1] ICH Q8 Pharmaceutical development - http://www.ich.org .
[2] www.uncertaintymanager.com.
[3] https://gmpnews.ru/terminologiya/standart-gdp/.
[4] http://www.pheur.org.
[5] Pharmaceutical Reference Standards, Pharmeuropa 16, (2004).
[6] ISO 3534:12.
[7] ISO 3534:13.
[8] Басаков, М.И. Сертификация продукции и услуг с основами стандартизации и метрологии.- Ростов н/Д, 2002
[9] Крылова, Г.Д. Основы стандартизации, сертификации, метрологии.- М., 2002
[10] Крылова, Г.Д. Основы стандартизации, сертификации, метрологии.- М., 2006
11. Димов Ю.В. Метрология, стандартизация и сертификация. Учебник для вузов. 2-ое изд. – СПб.: Питер, 2004. – 432 с.
12. Бисерова В.А., Демидова Н.В., Якорева А.С. Метрология, стандартизация и сертификация: конспект лекций. – М.: Эксмо, 2007. – 2007. – 160 с.

13. Сергеев А.Г., Латышев М.В., Терегеря В.В. Метрология, стандартизация, сертификация. – М.: Логос, 2004. – 558 с.

14. Крылова Г.Д. Основы стандартизации, сертификация и метрологи. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2006. – 671 с.

15. Радкевич Я.М., Схиртладзе А.Г., Лактионов Б.И. Метрология, стандартизація и сертификация. –Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2007. – 790 с.

Дүйсенбі А., Казбек Н.С., Ермағанбетова С.Д., Мухтарова М.Н.

**Ұсыныстардың фармацевтикалық практикасы, gmp сертификатының тұжырымдамасы**

**Түйіндеме:** Халықаралық деңгейде мойындалған сапа кепілдігінің негізгі элементі - жақсы тәжірибе жүйесі. Әлемнің көптеген елдерінде жақсы тәжірибе стандарттары дәрілік заттардың дамуы, зерттеуі, өндіруі және сатылуы кезеңінде денсаулық сақтау реттеушілерінің талаптары болып табылады. Жақсы практикалық нұсқаулықтар дәрілік заттардың өмірлік циклінің барлық кезеңдерінде сапа стандартын белгілейді.

Жобаны іске асыру кезінде опционды таңдау құқығы компанияның басшысы болып табылады. Жобаны жоспарлау кезінде жауапты тұлғаларды тағайындау қажет. Сонымен қатар, GxP жақсы фармацевтикалық тәжірибені енгізу кезінде сапа менеджері ерекше рөл атқарады. Оның басты міндеті - кәсіпорын ішінде GxP әзірлеу және енгізу бойынша барлық қызметті үйлестіру. Консультанттың кәсіпорында жұмыс істейтін барлық уақытта кеңес берушінің жанында сапа менеджері жұмыс істейді және кеңесшінің кәсіпорынның басқа қызметкерлерімен жұмыс істеу процесінде бөлісетін тәжірибесін, білімін және жаңа идеяларын бірте-бірте жұтып жібереді.

**Түйінді сөздер:** фармацевтика, сапа, еңгізу, дәрі-дәрмек, аудит, жақсы тәжірибе.

УДК 621.311.22

**[1]A.B. Inayatov, [1]K.D. Baizhumanov, [2]A.A. Darkhanova**

([1]Al-Farabi Kazakh national university, inayatov96@bk.ru, kadirbek_79@mail.ru

[2]Satbayev University, aliya86d@mail.ru)

**IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF STEAM BOILERS OF COMBINED HEAT AND POWER PLANT**

**Abstract.** There are ways to improve energy efficiency of the boiler plant through the use of water-oil emulsions and energy saving equipment. Discuss the results of experimental studies. A scheme of the boiler plant gas path with the inclusion of energy-saving equipment.

**Key words:** boiler installation, water-fuel emulsions, energy-saving equipment, energy efficiency.

**[1]А.Б. Инаятов, [1]Қ.Д. Байжұманов, [2]А. Дарханова**

([1]Әл-Фараби атындағы қазақ ұлттық унивеситеті, Алматы қ. Қазақстан Республикасы

[2]Қ.И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті,

Алматы қ. Қазақстан Республикасы)

**ЖЫЛУ ЭЛЕКТР ОРТАЛЫҚТАРЫНДАҒЫ БУ ҚАЗАНДЫҚТАРЫНЫҢ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ**

**Андатпа**. Су мазутты эмульсия және энергия үнемдеуші құрылғыларды қолдану есебінен қазандықтардың энергетикалық тиімділігін арттыру тәсілдері қарастырылған. Энергия үнемдеуші құрылғымен бірге қазадықтағы газ-ауа жолының схемасы көрсетілген.

**Кілт сөздер**: қазандық қондырғылар, су-мазутты эмульсия, энергия үнемдеуші қондырғылар, энергия тиімділік, конденсациялы жылуалмастырғыш

Соңғы жылдары энергетикалық ресурстардың қолданылуы айтарлықтай өскені байқалады, бұл, қазіргі жылу қондырғыларының энегетикалық тиімділігін арттыру қажеттілігін туғызады. Мұндай қажеттілік басқарушылар мен мамандардың алдына ресурстарды тиімді қолдану үшін шығындарды басқарумен қатар, бәсекелестікте артықшылығын көрсететін, таби,и жүйелердің қауіпсіздігін қамтамасыз ететін жаңа буын технологияларын жасау және оларды меңгеру міндетін қояды.

Қазандықтардың жоғары деңгейдегі энергетикалық тиімділігіне құрылымдық, технологиялық, технико-экономикалық және экологиялық мәселелерді кешенді тәсіл арқылы шешудің арқасында жеткізуге болады.

Қазіргі кездегі актуальді мәселелердің бірі, өндірістік қазандықтарды сенімді, экологиялық және экономикалық талаптарға сай болуын қамтамасыз ететін жанармайды жағу әдісін оптимизациялау болып табылады.

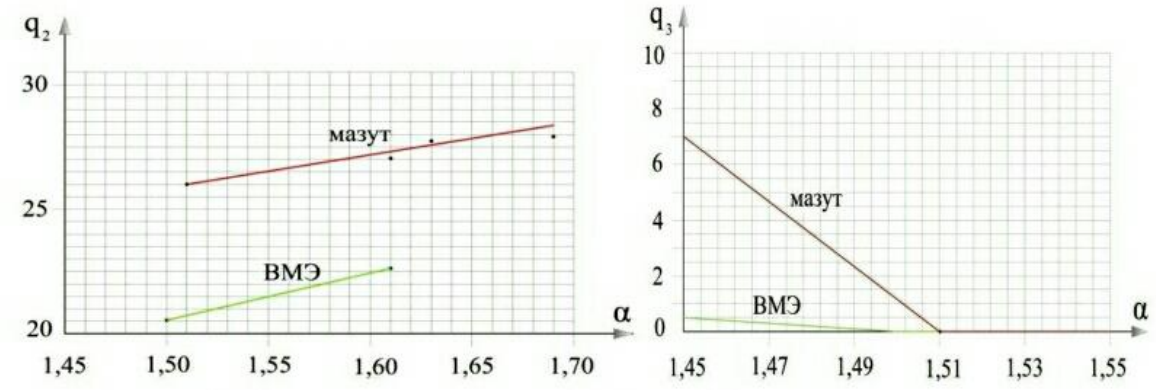
Өндірістік қазандықтарда жанармайды энергетикалық тиімді қолдану тәсілдері қарастырылған. СМЭ түріндегі мазуттың жануы негізгі зерттеу процесі ретінде алынған.

Аналитикалық зерттеулер көрсеткендей, СМЭ – синтетикалық сұйық жанармайдың жаңа түрі, ол мазуттан физико-химиялық қасиеттері бойыншада, жану қасиеттері бойыншада ерекшеленеді. ВМЭ құрамындағы су – балласт емес, ол жанармайдың жану процесін жақсартатын және жылдамдататын өзіндік катализатор.

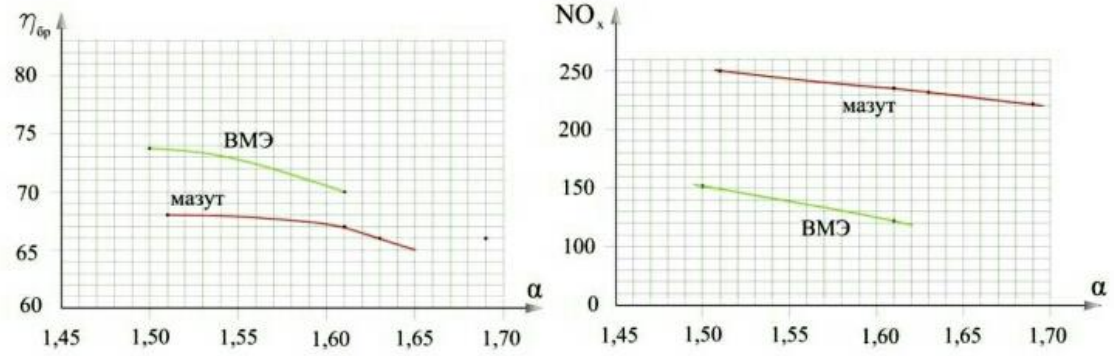
Су-мазутты эмульсияны алу жолдары қарастырылып, талданып көрсетілген [1,2]. Толқындық диспергатордың көмегімен жоғары дәрежелі сужанармайлы эмульсиягы алуға болатындығы анықталған [2].

Төменгі қуатты бу қазандықтарында жүргізілген зерттеулер бойынша, СМЭ-ні жанармай ретінде қолдану арқылы технологиялық және экологиялық тиімділікке қол жеткізуге болатындығы дәлелденген.

Тәжірибелік мәліметтерді графикалық өңдеу нәтижесінде, жылу энергиясын жоғалту және жоғары ауаның коэфициенті мен қазандықтардың жылу жүктемесіне байланысты жылу генераторларының ПӘК тиімділігі қарастырылған, сондай-ақ азот оксидтерінің жоғарғы ауа коэффицентіне байланысты шығарылуының графикалық тәуелділігі көрсетілген (1,2-сурет). Алынған тәжірибелік нәтижелердің зиянды заттардың теориялық механизмдеріне тәуелділігіне салыстыру жүргізілді [3].




**1-сурет.** Артық ауаның коэффициенті бойынша q2, q3 жылу шығындарының тәуелділігі




**2-сурет.** ηбр қазандығы мен азот оксидінің бөлінуінің артық ауа коэффицентіне тәуелділігі.

Жүргізілген әртүрлі зерттеу нәтижелеріне мынадай сәйкес: «брутто» қазандықтарының пештегі мазуттың ПӘК 66,76 % құрады, ал гидротұрақтандырылған мазутта пайдаланатын «брутто» қазандықтарының ПӘК-і 71,79 % құрады. «Брутто» қазандықтарының ПӘК-і жоғарлауы 5,03% құрады. 1Гкал жылу өндіруге қолданылатын жалпы жанармайдың төмендеуі 14,99 кг у.т./1Гкал болды. азот оксидінің бөлінуі 1,5-2 есе төмендеді.

Энергия тиімділігін арттырудың келесі бағыты – энергия үнемдеуші қондырғыларды орнату. Федорова У.Д., Лебедева Е.А. зерттеулеріне сәйкес олардың ішінде ең тиімдісі, конденсациялау түріндегі утилизаторларды қондыру [3]. Жоғарғы деңгейдегі ылғалды жанармайларды қолдану, олардың ішінде «су жанармайлы эмульсия» (СЖЭ) су буларының конденсациясын айтарлықтай

жоғарлатады. Оған қоса су буының парциальді (ішінара) қысымының жоғарлауы судың контактілі (байланыс) су үнемдегішінен шығар алдындағы температурасын жоғарлатуға мүмкіндік береді. Осының барлығы, конденсациялы жылу алмастырғыштарды топливосжигающих (жанарма жағу) қондырғыларда қолдануға себеп бола алады.

Конденсациялы жылуалмастырғыштардың әр түріне жасалған сараптамаларға талдау жасалынды (байланыстырғыш аппараттар ЭК-БМ, беттік-конденсациялаушы КТАН және беттік калориферлі түріндегі).

Осы, қарастырылған қондырғыларды талдасақ:

1. Белсенді саптамасы бар байланыс жылу алмастырғышы (КТАН) – ре-куперативті-араластырғыш түріндегі аппарат болып табылады. Ол болаттан дайындалған корпустан, сонымен қатар, айналмалы жылу тасымалдағышы бар белсенді саптаманың суландыру жүйесінен және араластырғыш құрылғыдан тұрады. Бір мезгілде жоғарыдан төмен қарай қозғалатын газ ағынымен және суландыратын сумен жуылатын тегіс құбырлар шоғырының беті, олардың ішінде қыздырылған жылу тасығыш ағып өтетін, қарапайым саптамалармен салыстырғанда елсенді саптама деп аталды, мысалы, Рашиг сақинасынан. Суғарғыш судың ағыны газдан таза су ағынына жылу беруді, түтікшенің ішінде ағуды қарқындату үшін пайдаланылады.

Белсенді саптамасы бар байланыс жылу алмастырғышының басты кемшілігі - суық судың катушканы суаратын жоғарғы «зиянды» аймағының болуы. Ішінде ең жоғарғы температураға дейін қыздырылған су ағады, дегенмен бұл катушканы қыздырмайды, керісінше оны салқындатады.

2. Калорифердің бір секциясын орнату ДЕ-10-14 ГМ қазандығының өнімділігін 7 ^ 8% - ға арттыруға мүмкіндік береді. Газдардың температурасы экономайзерге кіре берістегі газдардың температурасы 120-К34 °С, жылытылатын судың параметрлері - 5-^22 °С құрады. Жылутилизатор жасайтын қосымша аэродинамикалық кедергі, түтінсорғышты ауыстырусыз жану өнімдерінің көлемін азайту есебінен еңсеріледі [3].

Табиғи сынаулар утелизаторлардың жылу беру коэффициентінің жану өнімдерінен, су буының конденсациясы жағдайында газ жылдамдығынан тәуелділігін алуға мүмкіндік берді. 2-ші және 3-ші қазан агрегаттары үшін КСК-4-12 типті калориферлер базасындағы топтық конденсациялық беттік жылу пайдалану қондырғысының жобасы жұмыста ұсынылған [4] . Конденсация сатыларын тексеру кезінде авторлар [4] түтін газдарын суыту үшін қажетті жылу беру К коэффициенттерін анықтады. Конденсация режиміндегі жылу алмастырғыштарда жылу алмасу қарқындылығы к= \ ось-200 Вт / (м2-К) [5], дәл сондай тәртіптегі деп есептей отырып, түйіспелі экономайзерлердің сынақ мәліметтерімен салыстырылды. Бұл, есептеу дөрекі болып табылады, себебі К газ жылдамдығы мен жылу алмастырғыштың бетін түтін газының конденсатымен суландыру тығыздығының функциясы болып табылады [6]. Беттік калорифирлі түріндегі коденсациялы жылу алмастырғыштардың жұмыс істеу тиімділігін арттыру үшін келесі мәселелерді шешу қажет: жану өнімдерін терең суытуға арналған қондырғыларды әзірлеу кезінде сыртқы газ құбырлары мен түтін мұржасының "құрғақ" режимінде жұмысты қамтамасыз ету; сондай-ақ қазандықтың жылумен жабдықтау жүйесінде түтін газдарының конденсатын пайдалану мүмкіндігі мәселесін шешу қажет.

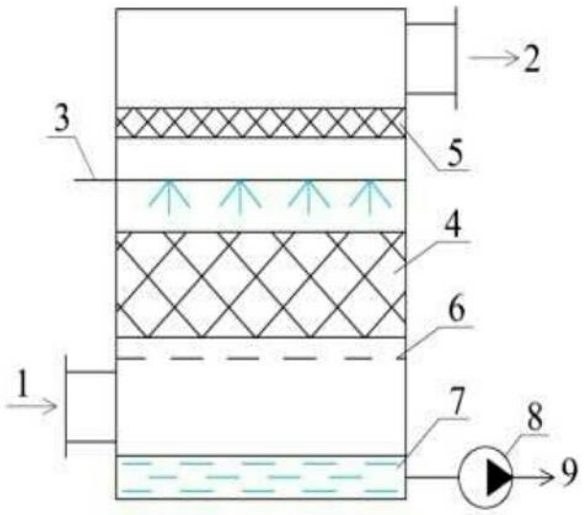
3. Экономайзерлердің бірқатар тәжірибелі үлгілерінде декорбонизаторлар орнатылған, оның қызметі ССМ (**Система Скважинная Метрологическая**)-принципі бойынша еркін судің мөлшерін төмендетеді. Орнатылған декарбонизатордың жұмыс істеу принципі контактілі экономайзерде қыздырылатын су өздігінен ағатын ауамен үрленетін саптама қабатына түседі, онда СС>2 десорбциясы болады. Бұл ретте судың рН артады. Газ-ауа қоспасын соруды қазандықтың түтін сору немесе төмен қысымды арнайы желдеткішпен жүргізуге болады. ЭК-БМ1 байланыс блок экономайзерлеріне кіріктірілген декарбонизаторларды орнату қарастырылмаған.

Жоғары жылу тиімділігіне ие бола отырып, НИИСТ конструкциясының қарсы ағынды саптамалы жылутилизаторлары-экономайзерлерінің кемшіліктері бар [7]. Ең бастысы, байланыс әдісімен қыздырылған судың сапасы ауыз суға арналған ГОСТ 2874-82 талаптарына сәйкес келмейді.

Саптама камерасындағы қарсы ағын түтін газдарының жылдамдығы 24-3 м/с артық емес болғанда жұмыс істеуге мүмкіндік береді, жоғары жылдамдықта судың көтерілуін арттырады және байланыс камерасының гидростатикалық режимін бұзады [3].

Осы талдауларды салыстыра келе, әр түрдің артықшылығы мен кемшілігі анықталды. Байланыстырғыш аппаратты оның ішінде байланыс блокты экономайзерлерін қазандықтың газ жолында қолдану, конденсатты жанармайдан бөліп алып, техникалық мақсатта қолдануға мүмкіндік береді, соның арқасында техникалық су шығынын азайтуға болады. Осы артықшылықтар

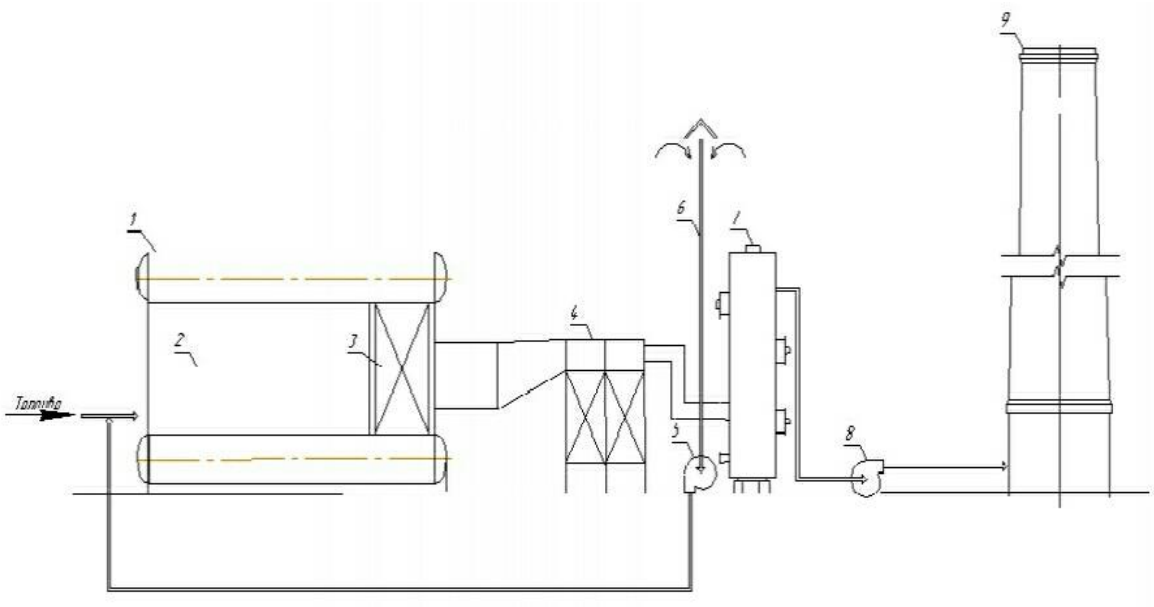
байланыстырғыш су үнемдегіші ЭК-БМ-2 қондырғысын ұсынуға себеп бола алады. Байланыстырғыш су үнемдегішінің құрылымы 3-суретте көрсетілген. (Жүктемелі люктер көрсетілмеген)




**3-сурет.** Байланыс экономайзерінің құрылымы:
*1-жанатын өнімнің кіретін бөлімі; 2-жанатын өнімнің шығатын бөлімі; 3-суландыру жүйесі; 4-сақиналы Рашиг саптамасы (насадка из колец Рашига); 5-тамшыларды ұстайтын қабат; 6-газ тарататын тор; 7-жылынған су; 8-сорғыш; 9-тұтынушы.*

Байланыс су экономайзерінде түтін газдары суық сумен суарылады, бұл олардың температурасын шық нүктесіне дейін төмендетуге мүмкіндік береді. Бұл ретте түтін газдарының физикалық жылуы ғана емес, сонымен қатар ондағы су буының конденсациясының жылуы да пайдаланылады, сондай-ақ түтін газдарынан конденсат алынады. Жылу-диодтаушы (жылу утилизатор) жасайтын қосымша аэродинамикалық кедергі, олардың температурасының төмендеуі нәтижесінде жану өнімдерінің көлемінің азаюы есебінен және су буының конденсациясы салдарынан еңсеріледі (преодолевается)[8].

Қазандықтың газ-ауа жолында контактілі (байланысты) экономайзерді орнатудың сызба нұсқасы 4-суретте көрсетілген.




**4-сурет.** Қазандықтың газ-ауа жолы сызбасы:
*1-бу қазандығы; 2-жағу камерасы; 3-жанып біту камерасы; 4-су экономайзері; 5-үрлеу желдеткіші; 6-ауа жинағыш шахтасы; 7-байланыс экономайзері; 8-түтінтартқы; 9-мұржасы.*

Қорыта келгенде, әртүрлі сараптамаларға сәйкес мұнай өңдеуші заводтардағы бу қазандықтарының энергетикалық тиімділігін арттыру үшін су-мазутты эмульсияны жанармай ретінде қолдануды ұсынуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, су буының конденсациясы беретін жылуды байланыстырғыш утилизаторында қолдану және конденсаттарды техникалық су ретінде қолдану мұнай өңдеуші көсіпорындарының энергетикалық тиімділігін айтарлықтай арттырады.

ӘДЕБИЕТ

[1] http://www.afuelsystems.com

[2] Геллер С.В. Приготовление водомазутных эмульсий посредством волновой диспергации // Журнал "Новости теплоснабжения" (Москва). – 2010. № 4 (апрель). С. 21-23.

[3] Федорова У.Д., Лебедева Е.А., Повышение энергоэффективности котельной установки // Современные наукоемкие технологии. – 2014. - № 5-1. - С. 184-186;

[4] Попов А.С., Новгородский Е.Е., Пермяков Б.А. Групповая теплоутилизационная установка паровой котельной // Промышленная энергетика. 1997. № 1.С. 42-44.

[5] Аронов И.З. Контактный нагрев воды продуктами сгорания природного газа. Л.: Недра, 1990. 280 с.

[6] Богуславский Л.Д., Ливчак В.И. Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирование воздуха. М.: Стройиздат, 1990.624с.

[7] Аронов И.З., Пресич Г.А., Смирнов В.А. Анализ тепловой эффективности контактных теплоутилизаторов с промежуточным теплообменником // Промышленная энергетика. 1986. № 1. С. 44-46.

[8] Кудинов А.А. Энергосбережение в теплогенерирующих установках. - Ульяновск:Ул. ГТУ.- 2000.- 159с.

[9] Резников М.И., Липов Ю.М. Паровые котлытепловых электростанций: Учебник для вузов. – М.: Энергоиздат, 1981. – 240 с.

[10] Сидельковский Л.Н., Юренев В.Н. Котельные установки промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 528 с.

[11] Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. - М.: МЭИ, 7-е изд., 2001.-472с.

[12] Сафонов А.П. Сборник задач по теплофикации и тепловым сетям.-М.: Энергоатомиздат, 1985.-231с.

[13] Зингер Н.М. Гидравлические и тепловые режимы теплофикационных систем. -М.: Энергоатомиздат, 1985,.-320с.

[14] Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей. 14-е изд.-М.: Энергия, 1990.- 365 с.

[15] Усембеков С.У. Жылумен қамтамасыз ету жүйелері. - Алматы: АЭжБИ, 1998.-78 б.

[16] Деев Л.В., Балахничев Н. А., Котельные установки и их обслуживание, Москва, Высшая школа, 1990 г.

[17] Охотин В. С. И др. Основы теплотехники, Москва, Высшая школа, 1984 г.

[18] Бордюков А. П., Гинзбург-Шик Л. Д. Тепломеханическое оборудованиетепловых электростанций, - М.: Энергия, 1978 г.

Инаятов А.Б., Байжуманов К.Д., Дарханова А.А.

**Повышение энергетической эффективности паровых катлов в теплоэлектроцентрале**

**Резюме**. Приведены способы повышения энергоэффективности котельной установки за счет использования водомазутной эмульсии и энергосберегающего оборудования. Представлена схема газовоздушного тракта котельной установки с включением энергосберегающего оборудования.

**Ключевые слова**: котельная установка, водо-мазутная эмульсия, энергосберегающее оборудование, энергоэффективность.

МРНТИ 44.31.31

**R.K. Manatbayev, N.B. Kalassov**
(Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Republic of Kazakhstan, e-mail: kalasov.nurdaulet@gmail.com)

## APPLICATION OF ALTERNATIVE ENERGY SOURCES IN OPERATION OF GAS TURBINES

**Abstract.** At the turn of the twenty-first century, humanity faced a serious problem concerning not only the production of energy from non-renewable sources (coal, oil, gas, etc.) from an economic point of view, but also serious environmental difficulties that violate the dynamic equilibrium in nature. It is now clear that the widespread use of non-renewable energy sources leads to negative processes: to the growth of thermal, chemical and radioactive pollution of the environment, which disrupts the natural habitat of humans. Reducing fossil fuel consumption and replacing renewable sources of energy allows societies to overcome these problems.

Renewable energy sources can be used to generate electricity at gas turbines, and renewable energy can also be used with fossil fuels to reduce the cost of electricity generated and $CO_2$ emissions.

Studies by foreign scientists have shown that hybrid gas turbines using solar energy increase the efficiency of the installation, and also reduce the consumption of fossil fuels.

By its geographical position, the Republic of Kazakhstan is located in the wind belt of the northern hemisphere and there are fairly strong air currents in a large territory of Kazakhstan, mainly of the north-east and south-west directions. In some regions of Kazakhstan, the average annual wind speed is more than 6 m/s, which makes these areas attractive for the development of wind power.

For this reason, to improve the efficiency of GTI operation and reduce fuel consumption, this paper proposes to use wind turbines for direct replacement of fuel in thermal cycles of gas turbine installations, which has no analogues both in the Republic of Kazakhstan and abroad. Where the air is heated not with the help of exhaust gases, but with the help of an electric heater, which is powered by a wind generator.

**Key words:** Gas turbine installation, Wind energy installation, heat cycles, regenerative cycle, heat supply cycle.

**Р.К. Манатбаев, Н.Б. Каласов**
(Казахский Национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан, e-mail: kalasov.nurdaulet@gmail.com)

## ПРИМЕНЕНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В РАБОТЕ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК

**Аннотация.** На рубеже XXI века, с точки зрения экономики, человечество столкнулось с серьезной проблемой, касающейся не только производства энергии из невозобновляемых источников (уголь, нефть, газ и др.), но и с серьезными экологическими трудностями, нарушающими динамическое равновесие в природе. Теперь уже ясно, что широкое применение невозобновляемых источников энергии ведет к негативным процессам: к росту теплового, химического и радиоактивного загрязнения окружающей среды, что нарушает естественную среду обитания человека. Снижение потребления ископаемого топлива и замена возобновляемых источников энергии позволяют обществам преодолеть эти проблемы.

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) можно использовать для выработки электроэнергии на газотурбинных установок, также ВИЭ можно применить с ископаемым топливом для уменьшения стоимости вырабатываемой электроэнергии и выбросов $CO_2$.

Исследования зарубежных ученых показало, что гибридные газотурбинные установки (ГТУ) использующие энергию солнца, увеличивает эффективность установки, также уменьшает расход ископаемого топлива.

Республика Казахстан по своему географическому положению находится в ветровом поясе северного полушария и на значительной территории Казахстана наблюдаются достаточно сильные воздушные течения, преимущественно северо-восточного, юго-западного направлений. В ряде районов Казахстана среднегодовая скорость ветра составляет более 6 м/с, что делает эти районы привлекательными для развития ветроэнергетики.

По этой причине для повышения эффективности работы ГТУ и уменьшения расхода топлива, в данной работе предлагается использовать ветроэнергетическую установку (ВЭУ) для прямого замещения топлива в тепловых циклах газотурбинных установок, который, не имеет аналогов как в РК, так и за рубежом. Где нагрев воздуха производится не с помощью отработавших газов, а с помощью электронагревателя, который питается ветрогенератором.

**Ключевые слова:** Газотурбинная установка, Ветроэнергетическая установка, Дарье, тепловые циклы, регенеративный цикл, цикл подводом теплоты.

### Введение

Растущий спрос на энергию для различных целей, таких как экономическая и промышленная деятельность и отсутствие ископаемого топлива, в ближайшее время потребует модификацию существующих энергосистем.

Кроме того, ископаемое топливо имеет неблагоприятные экологические эффекты, которые побуждают общества снижать зависимость на них от своей деятельности. Снижение потребления ископаемого топлива и замена возобновляемых источников энергии позволяют обществам преодолеть эти проблемы. Годовой темп роста возобновляемых источников энергии для мира в период с 1990 по 2017 год составил 2,2%, что был выше, чем общий запас первичной энергии (1,9%).

Доля нетрадиционных источников энергии (НИЭ) в топливно-энергетическом балансе очень мала; также проблемой, которая касается всех регионов Казахстана, является энергоснабжение отдаленных сельских потребителей. Огромная территория Казахстана и низкая плотность населения в сельской местности требуют наличия сельских линий электропередач, протяженностью около 360 тыс.

км. Содержание сельских электрических сетей большой протяженности, равно как и значительные потери (25-50%) при передаче электроэнергии в значительной степени повышают стоимость электроэнергии, что делает энергоснабжение отдаленных небольших потребителей нерентабельным [1]. Альтернативой для энергоснабжения отдаленных потребителей может служить именно использование нетрадиционной неисчерпаемой энергии. Кроме того, применение НИЭ дает возможность комплексно решать задачи:

- снижения (существенного) отрицательного воздействия традиционной энергетики на окружающую среду;

- снижения, в известном масштабе, использования органического топлива в низкопотенциальных тепловых процессах и сохранение его как сырья для химической промышленности.

Таким образом, важнейшим аспектом энергетической политики стало создание экологически чистых энергетических установок на традиционных видах топлива, а также разработка и проведение мер по энергозамещению и ресурсосбережению. В РК разработана Государственная научно-техническая программа «Экологически чистая энергетика», включающая набор проектов решения этой проблемы.

Суровый климат, трудности с доставкой запчастей и отсутствие квалифицированного персонала вынуждают применять наиболее простые и, следовательно, наиболее надежные схемы и конструкции использования энергии ветра. Таким образом, обычная схема прямого включения ВЭУ в сеть здесь неприемлема, поскольку выпадает наиболее топливоемкий сектор энергоснабжения – теплоснабжение. Также нужно будет сложно и дорого решать проблемы качества генерируемой электроэнергии ветроэлектрических станции (ВЭС) и резервирования мощности при том, что отработанной технологии ВЭС, в том числе поддержания необходимого качества производимой ими электроэнергии, в РК нет. К тому же, параллельная работа ВЭУ и ГТУ практически невозможна ввиду низкой маневренности последних.

В связи с этим представляется перспективным объединение ВЭУ Дарье и ГТУ в едином комплексе. Предлагается использовать электроэнергию ВЭУ для прямого замещения топлива в тепловых циклах газотурбинных установок. Где теплый воздух будет браться от электронагревателя, который питается за счет ветрогенератора.

**ГТУ с использованием солнечной энергии**

Солнечная энергия является одной из самых популярных возобновляемых источников энергии которая заметно развивается в последние годы из-за своей доступности и простоте эксплуатации. Солнечная энергия применяется для различных целей, таких как отопление, опреснение воды и выработка электроэнергии.

Способность к солнечному нагреву может быть использована для улучшения существующих электростанции, использующие ископаемое топливо [2, 3]. В этом методе выходной газ из компрессора газовой турбины нагревается солнечной энергией и затем поступает в камеру сгорания [4]. Нагрев сжатого воздуха с помощью солнечной энергии повышает эффективность установки. Более того, это приводит к снижению затрат на выработанную электроэнергию [5]. На основании исследования, проведенного Амелио М. и др. [6], использование солнечной энергии на электростанциях привело к более высокой эффективности (60,9% по сравнению с 51,4% для цикла, рассматриваемого в качестве эталонного условия), которое означает более низкий расход топлива для той же вырабатываемой мощности.

Солнечные газовые турбины практически используются для выработки электроэнергии. Siemens и Caterpillar являются одними из первых производителей солнечных газовых турбин [7, 8].

Исследования, проводимые на гибридных газотурбинных системах, растут в связи с повышением эффективности цикла и снижением расхода воды и топлива [9, 10]. Dabwan YN. и др. соавт. [11] провели исследование интегрированных электростанций на солнечной энергии и природном газе, и пришли к выводу, что уровень себестоимости вырабатываемой электроэнергии снизился в диапазоне от 75% до 86% относительно линейного отражателя Френеля.

В простых солнечных гибридных газотурбинных системах воздух, выходящий из компрессора, подогревается солнечной энергией перед поступлением в камеру сгорания [12]. При применении этой конфигурации производительность цикла будет улучшена по сравнению с обычными циклами Брайтона без предварительного нагрева воздуха. Такой компонент, как рекуперативное и аккумулирование тепловой энергии в цикле, позволяет повысить эффективность цикла [13]. Grange B.

и др. соавт. [9] добавили блок аккумулирования тепловой энергии (АТЭ) к электростанции, как показано на рисунке 1.

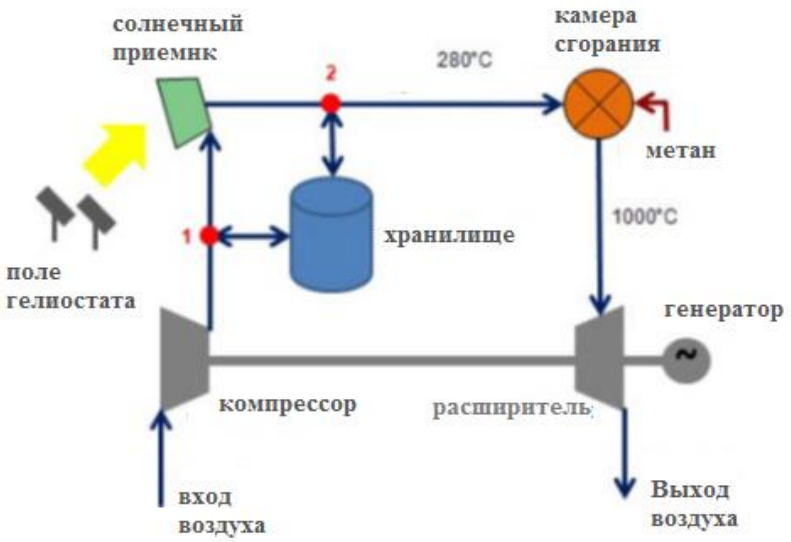



**Рис. 1.** Солнечная гибридная газовая турбина

**Использования ветроэнергетической установки в работе газотурбинных установок**

Для повышения эффективности работы ГТУ и уменьшения расхода топливо, в данной работе предлагается использовать ВЭУ для прямого замещения топливо в тепловых циклах газотурбинных установок. Где нагрев воздуха производиться не с помощью отработавших газов, а с помощью электронагревателя, который питается ветрогенератором. Посредством электронагревателя 2, установленного в тракте ГТУ перед камерой сгорания (КС) топлива 4, подогревается воздух, поступающий в КС. Это соответственно позволяет снизиться потреблению топлива, изменением расхода которого поддерживается заданная температура газов на входе в турбину (рис. 2).

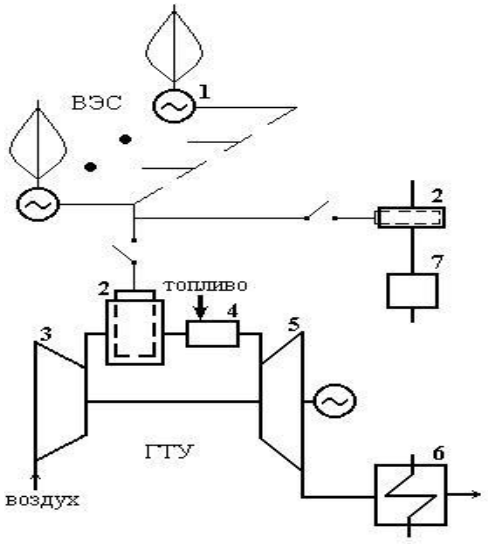



**Рис. 2.** Схема гибридной ГТУ использующей энергию ветра
*1 - ветроэлектрическая установка; 2 - электронагреватель; 3 - компрессор; 4 - камера сгорания; 5 - газовая турбина; 6 - подогреватель сетевой воды или паровой котел; 7 - котельная*

В работе рассматривался широко используемый турбокомпрессор SJ180 от Fuyuan turbo. Он используется в дизельных двигателях для судовых генераторов. В качестве преобразователя ветровой энергии был выбран ВЭУ Дарье карусельного типа. Эти вертикально-осевые аппараты имеют ряд преимуществ по сравнению с широко распространенными пропеллерными ветротурбинами: 1) не

зависит от направлений ветра, 2) высокий коэффициент использования энергии ветра, 3) так как турбина Дарье имеет вертикальную ось вращения, то генераторов тока можно разместить на уровне земли, это облегчить работу по обслуживанию и ремонту генераторов, 4) имеет значительную ометаюмую площадь. Технические характеристики конструкции приведены в таблице 1.

Таблица 1. **Технические характеристики конструкции**

| Параметры | Значение |
|---|---|
| ВЭУ Дарье карусельного типа | |
| Мощность генератора, кВт | 1,5 |
| Рабочий диапазон скорости ветра, м/с | 4-35 |
| Номинальная скорость ветра, м/с | 7 |
| Диаметр ротора, м | 2 |
| Высота ротора, м | 4 |
| Число лопастей, шт | 2 |
| Число махов, шт | 2 |
| Частота вращения ротора, об/мин | 60-130 об/мин |
| Диапазон температур эксплуатации, $^0$C | От -50 до +50 $^0$C |
| Срок службы силовых узлов | 10 лет |
| Масса ВЭУ, кг | 780 |
| Турбокомпрессор SJ180 от Fuyuan turbo | |
| Массовый расход воздуха, кг/с | 1,49 |
| Изоэнтропическая эффективность компрессора | 0,85 |
| Изоэнтропическая эффективность турбины | 0,83 |
| Коэффициент давления | 3,69 |
| Скорость [об / мин] | 52000 |
| Температура на входе в турбину, $^o$C | 400 |
| Компоненты двигателя | |
| Давление в воздуховодах | 0,02 |
| Перепад давления в КС | 0,02 |
| КПД вала / генератора | 0,98 |
| Температура на входе в турбину, $^o$C | 400, 600, 800 |

Для данных компонентов ГТУ, производительность двигателя зависит главным образом от температуры на входе в турбину $T_{вх}$. Хорошо известно, что чем выше $T_{вх}$, тем лучше производительность двигателя. Однако, увеличение $T_{вх}$ делает необходимым использование более дорогих материалов. Свойства материала для используемых компонентов, в частности, турбины, накладывают ограничения на то, насколько высоким может быть $T_{вх}$. Ввиду этих противоположных тенденций, а также для получения информации, которая может быть полезна при выборе $T_{вх}$, моделирование характеристик исследуемой ГТУ выполняется для различных значений $T_{вх}$.

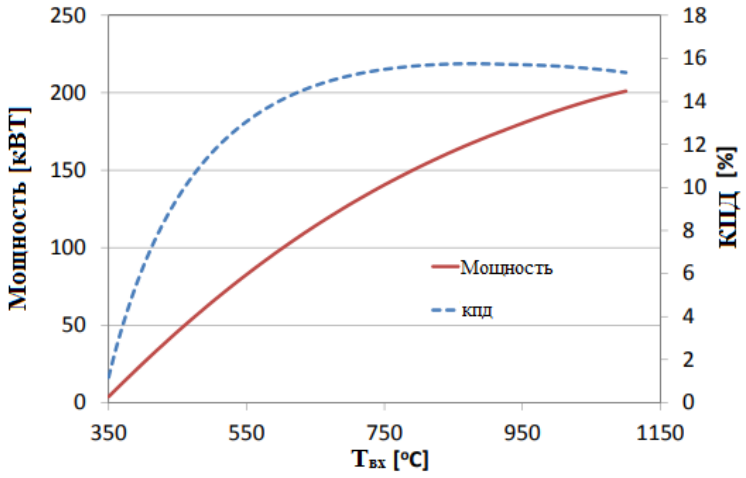



**Рис.3.** Зависимость мощности и термического кпд от температуры на входе в турбину

На рисунке 3 оценены и изображены мощность и термический КПД установки. Мощность увеличивается с $T_{вх}$, в то время как тепловая эффективность достигает максимума для $T_{вх}$, равного 850 С. Здесь изучаются три случая температуры на входе турбины: (а ) 400 С, потому что это номинальная температура турбины на входе; (б) 800 ° С, поскольку он является максимальным; и (с) 600 $^0$С, промежуточное из двух, чтобы установить динамику производительности.

Таким образом получив необходимую температуру на входе в турбину имеем возможность повысить эффективность ГТУ, также уменьшить расход ископаемого топливо, что позволит уменьшить стоимость вырабатываемой электроэнергии и выбросов $CO_2$.

**Заключение**

Актуальность внедрения такой схемы возрастает в связи с принятыми РК по Киотскому протоколу обязательствами по ограничению потребления топлива, а также существующей необходимостью замены изношенных дизельных электростанций и части котельных современными небольшими ГТУ-ТЭЦ, которые могли бы сразу комплектоваться ВЭУ. ГТУ здесь более привлекательны для использования на ТЭЦ, чем дизельные двигатели, поскольку допускают большую свободу в выборе температурного графика тепловой сети. Причем из-за относительно слабого влияния КПД ГТУ на топливную экономичность комплекса ГТУ+ВЭУ может быть целесообразен переход на пониженную температуру газа на входе в турбину ради повышения ресурса и надежности работы ГТУ. В течение всего срока эксплуатации ГТУ+ВЭУ морально не устареют относительно непрерывно совершенствуемых чисто топливных ГТУ, так как здесь удельный расход топлива на производство электроэнергии всегда будет ниже. При необходимости для уменьшения расхода топлива можно установить дополнительную ВЭУ.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Дукенбаев К. Д. Нурекен Е. Энергетика Казахстана (технический аспект). - Алматы, 2001.-312 с.

[2] Barigozzi G, Bonetti G, Franchini G, Perdichizzi A, Ravelli S. Thermal performance prediction of a solar hybrid gas turbine. Sol Energy. 2012;86:2116-2127.

[3] Bellos E, Tzivanidis C, Antonopoulos KA. Parametric analysis and optimization of a solar assisted gas turbine. Energy Convers Manage. 2017;139:151-165.

[4] Olivenza-León D, Medina A, Calvo Hernández A. Thermodynamic modeling of a hybrid solar gas-turbine power plant. Energy Convers Manage. 2015;93:435-447

[5] Buck R, Brauning T, Denk T, Pfander M, Schwarzbozl P, Tellez F. Solar-hybrid gas turbine-based power tower systems (REFOS). J Sol Energy Eng. 2002;124(3):2-9.

[6] Amelio M, Ferraro V, Marinelli V, Summaria A. An evaluation of the performance of an integrated solar combined cycle plant provided with air-linear parabolic collectors. Energy. 2014;69:742-748.

[7] “www.siemens.com,” Siemens. [Online].

[8] “www.caterpillar.com,” Caterpillar. [Online].

[9] Grange B, Dalet C, Falcoz Q, Siros F, Ferrière A. Simulation of a hybrid solar gas-turbine cycle with storage integration. Energy Procedia. 2014;49:1147-1156.

[10] Santos M, Merchán R, Medina A, Calvo Hernández A. Seasonal thermodynamic prediction of the performance of a hybrid solar gas-turbine power plant. Energy Convers Manage. 2016;115:89-102.

[11] Dabwan YN, Mokheimer EM. Optimal integration of linear Fresnel reflector with gas turbine cogeneration power plant. Energy Convers Manage. 2017;148:830-843.

[12] Ni M, Yang T, Xiao G, et al. Thermodynamic analysis of a gas turbine cycle combined with fuel reforming for solar thermal power generation. Energy. 2017;137:20-30.

[13] Merchán R, Santos M, Reyes-Ramírez I, Medina A, Hernández AC. Modeling hybrid solar gas-turbine power plants: thermodynamic projection of annual performance and emissions. Energy Convers Manage. 2017;134:314-326.

[14] Felsmann C, Gampe U, Freimark M. Dynamic Behavior of a Solar Hybrid Gas Turbine System. In ASME Turbo Expo, Montréal, Canada, 2015. –38

Манатбаев Р.Қ., Қаласов Н.Б.

**Газ турбиналық қондырғылардың жұмысына альтернативті энергия көздерін қолдану**

**Түйіндеме.** Жиырма бірінші ғасырдың басында адамзат жаңартылмайтын көздерден (көмір, мұнай, газ және т.б.) энергия көздерін экономикалық тұрғыдан ғана емес, табиғатта динамикалық тепе-теңдікті бұзатын күрделі экологиялық қиыншылықтарға қатысты маңызды проблемаға тап болды. Жаңартылмайтын энергия көздерін кеңінен пайдалану теріс процестерге әкеледі: қоршаған ортаның термиялық, химиялық және радиоактивті ластануының өсуіне, адамның табиғи мекенін бұзады. Қазба отынын тұтынуды азайту және жаңартылатын энергия көздерін ауыстыру қоғамға осы проблемаларды еңсеруге мүмкіндік береді.

Жаңартылатын энергия көздерін газ турбиналары үшін электр энергиясын өндіруде қолдануға болад. Сонымен қатар, жаңартылатын энергия көздері өндірілетін электр энергиясының құнын және $CO_2$ шығарындыларын азайту үшін қазба отынымен бірге қолданыла алады.

Шетелдік ғалымдардың зерттеулері бойынша, күн энергиясын қолданатын гибридтік газ турбиналы қондырғылардың тиімділігінің артуы, сондай-ақ қазба отын шығынын азаюы көрінді.

Өзінің географиялық жағдайы бойынша Қазақстан Республикасы солтүстік жарты шардың жел белдеуінде орналасқан және Қазақстанның ірі аумағында, негізінен солтүстік-шығыс және оңтүстік-батыс бағытта өте күшті ауа ағындары бар. Қазақстанның кейбір өңірлерінде желдің орташа жылдық жылдамдығы 6 м/с асады, бұл желдің қуатын дамыту үшін бұл аудандарды тартымды етеді.

Сондықтан ЖЭҚ жұмысының тиімділігін арттыру және отынды тұтынуды төмендету мақсатында осы мақалада Қазақстан Республикасында да, шет елдерде де ұқсастығы жоқ газ турбиналық қондырғылардың жылу циклдарында отынды тікелей ауыстыру үшін жел турбиналарын пайдалану ұсынылады. Ауа шығатын газдардың көмегімен емес, жел генераторы арқылы жұмыс істейтін электр жылытқышы арқылы жүзеге асырылады.

**Түйін сөздер:** Газ турбиналы қондырғы, Жел электр қондырғысы, Дарье, жылулық цикл, регенеративті цикл, жылу беру циклі.

ӘӨЖ 656.2
МРНТИ 50.47.02

**[1]V. Lakhno, [2]A. Oralbekova**
([1]National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine,
[2] Kazakh University Ways of Communications, Almaty, Kazakhstan
E-mail: ayaulym83@mail.ru)

## ANALYSIS OF CLASSIFICATION MANAGEMENT METHODS FOR THE DETECTION AND DIAGNOSIS OF FAULTS IN THE CONDITIONS OF A PRIORI UNCERTAINTY OF SIGNS

**Abstract.** The main way to achieve maximum progress in improving the functional efficiency of automated control systems (ACS), including ACS, which are involved in the process of detecting (diagnosing) malfunctions of various complex machines, units and entire systems, is to provide them with the property of adaptability based on the use of "artificial intelligence".

**Keywords**: detection, intellectual, technological processes, automated control systems.

**[1]В.А. Лахно, [2]А.О. Оралбекова**
([1]Украинаның өмір және табиғатты қорғау ұлттық университеті Киев, Украина,
[2] Қазақ қатынас жолдары университеті, Алматы қ., Қазақстан Республикасы
e-mail: ayaulym83@mail.ru)

## БЕЛГІЛЕРДІҢ АПРИОРЛЫҚ БЕЛГІСІЗДІГІ ЖАҒДАЙЫНДА АҚАУЛЫҚТАРДЫ ДЕТЕКТРЛЕУ ЖӘНЕ ДИАГНОСТИКАЛАУ ҮРДІСТЕРІНІҢ ЖІКТЕЛІМДІК БАСҚАРУ ӘДІСТЕРІН ТАЛДАУ

**Аңдатпа.** Автоматтандырылған басқару жүйесінің (АБЖ), оның ішінде алуан күрделі машиналардың, агрегаттардың және тұтас жүйелердің ақаулықтарын детектрлеу (диагностикалау) үрдістерінде іске қосылған АБЖ-ның функционалдық тиімділігін арттыруда максималды жетістікке қол жеткізудің негізгі жолы «жасанды интеллекетті» қолдану негізінде оларға бейімделу қасиеттерін беру болып табылады.

**Түйін сөздер:** детектрлеу, интеллектуалдық, технологиялық үрдістерді, автоматтандырылған басқару жүйесі.

### Кіріспе

Қазіргі кезде ақпараттық қоғамнан оның жоғарғы әлеуметтік-экономикалық формациясына өтуі жүріп жатыр, ол шартты түрде бағдарланған қоғамды білу деп аталады.

Автоматтандырылған басқару жүйесінің (АБЖ), оның ішінде алуан күрделі машиналардың, агрегаттардың және тұтас жүйелердің ақаулықтарын детектрлеу (диагностикалау) үрдістерінде іске қосылған АБЖ-ның функционалдық тиімділігін арттыруда максималды жетістікке қол жеткізудің негізгі жолы «жасанды интеллекетті» қолдану негізінде оларға бейімделу қасиеттерін беру болып табылады [3-5]. Бұл кезде көптеген технологиялық үрдістерді, оның ішінде тораптар мен агрегаттардың техникалық жағдайын бақылау кезінде басқару жүйелерін интеллектуалдандыру ой

қызметін моделдеу және қатаң түрде формалданған шешім алгоритмі жоқ міндеттердің шешімі үшін немесе априорлық белгісіздік жағдайында қолданылатын әдістерге негізделген эвристикалық бағдарламалауды пайдалану жолымен жүзеге асады [6–8]. «Интеллектуалдық жүйе» терминіне келер болсақ, оның бірнеше анықтамалары бар [9].

**Зерттеу нысаны**

Жұмыста [10] «интеллектуалды» жүйе дегенде өз міндеттерін орындау үшін қызметкерлер мен құрал-жабдыққа көмектесетін жүйе түсініріледі.

Жұмыстардың авторлары [1-4] осы терминнің астарында мәліметтер мен ақпараттық массивтер жиынтығының өміршеңдігі циклын қамтамасыз етуге бағытталған ақпараттық технологиялардың жиынтығын түсіндіреді. Бұл кезде әртүрлі мәліметтерді өңдеудің үйлесімділігі, ақпаратты және білімді басқару туралы сөз болады.

**Зерттеу материалдары мен әдістері**

Жұмысқа сәйкес [5] келесі функциялардың орындалуын қамтамасыз ететін болса, жүйе интеллектуалды болады:

қоршаған орта туралы білімді жинақтау, жүйемен алынған тұжырымдардың прагматикалық пайдасын максимизациялаудың және бағаларды алудың кейінгі мүмкіндігімен оларды жіктеу;

логикалық тұжырым рәсімдерінің көмегімен жаңа білімді толықтыру;

пайдаланушылармен қарым-қатынас жасаудың достық интерфейсі;

мәліметтерді осыған ұқсас тақырыптардың каналдары арқылы алу, олар адамдардың қоршаған шындықты түсінуі үшін пайдаланылады;

өзің (басқаша айтқанда, интеллектуалдандырылған жүйе үшін) немесе пайдаланушылар үшін алынған тұжырымдардың түсіндірмелерін (комментарилерін) қалыптастыру;

өзінің білімі мен мәліметтерінің, сондай-ақ алынған логикалық тұжырымдардың есебінен болатын кеңес беру көмегімен пайдаланушыларға (көбінесе орта біліктілікке ие болатын) көмек көрсету.

ТЖК тораптары мен агрегаттарын диагностикалау және детектрлеу міндеттерінде пайдаланылатын шешімдерді қабылдауды қолдау жүйелері (ШҚҚЖ) және сараптамалық жүйелері (СЖ) ТО үрдісінде, сондай-ақ бұзбай бақылаудың әртүрлі әдістерін қолдану және шешімдерді сараптау кезінде көмек көрсетуге бағытталған [1-10].

**Зерттеу нәтижелері мен тұжырымы**

Тораптар мен агрегаттардың ақаулықтарын анықтау кезінде ШҚҚЖ немесе СЖ шешімдерді қабылдауды ғана қолдап қоймайды, сонымен қатар анықталған ақаулықтарды жою тәсілдерін де ұсынады. Осылайша, интеллектуалдандырылған ШҚҚЖ немесе СЖ (бұдан ары - ИШҚҚЖ) ТЖК ақаулықтарын детектрлеуді автоматтандырудың, сондай-ақ бұзбай бақылаудың техникалық құралдарының әртүрлі форматты мәліметтерін өңдеу және мониторингтеуді автоматтандырудың және темір жолдарды жөндеу және пайдалану қызметтері үшін ұсыныстарды іздестірудің ажырамас үрдісі болып табылады.

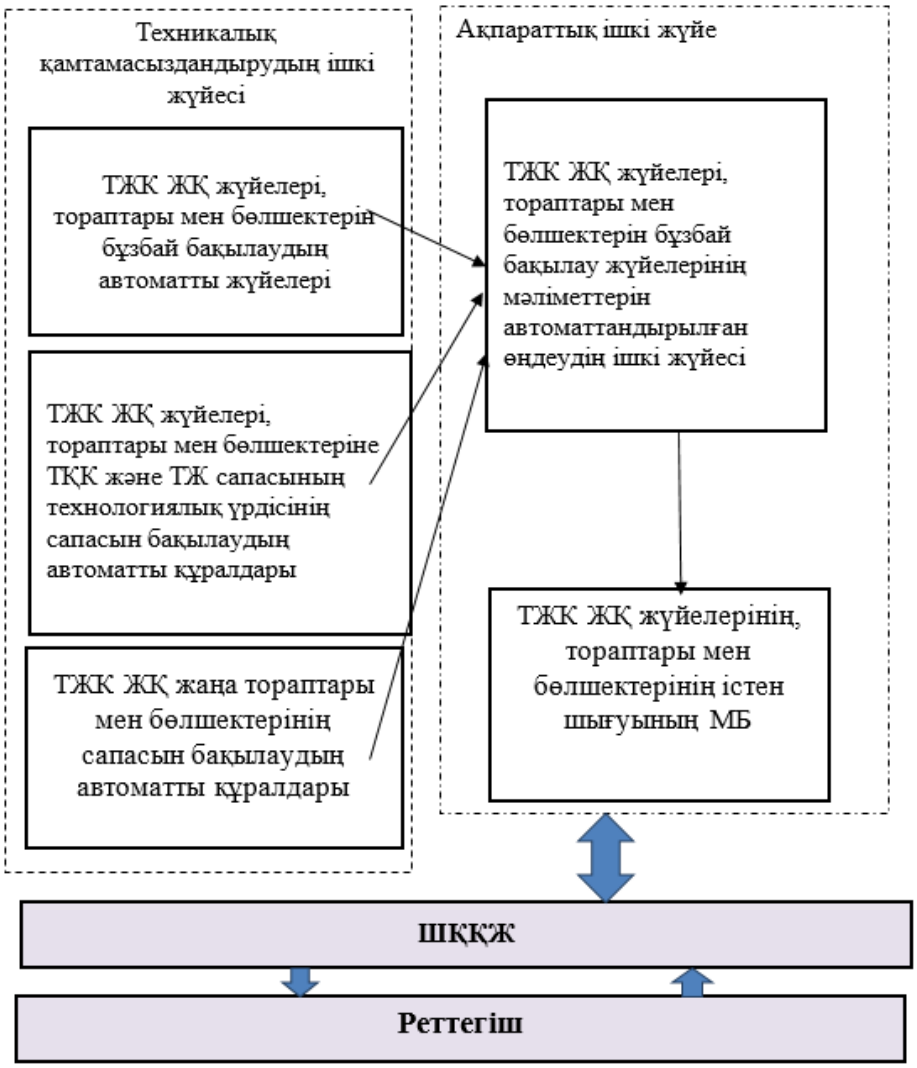
Осындай ИШҚҚЖ құрылымы ТЖК ЖТА детектрлеудің технологиялық үрдістерін мониторингтеу жүйесінің бір бөлігі ретінде 1-суретте көрсетілген.

Осындай тәсіл кезінде, ИШҚҚЖ-да тораптар мен агрегаттардың сенімділігін мониторингтеу бойынша функциялар ғана емес, сонымен бірге жылжымалы құрамның ТҚК және ТЖ технологиялық үрдістерінің сапасы да іске асырылады.

Жоғарыда аталған компоненттердің жинағына байланысты интеллектуалды жүйелердің мынандай түрлерін бөліп көрсетеді:

1) интеллектуалдық ақпараттық-ізденіс жүйелері [6,7];
2) сараптамалық жүйелер (СЖ) [4–10];
3) есептік-логикалық жүйелер [2–4];
4) ШҚҚЖ, оның ішінде ИСППР [5–7];
5) гибридтік жүйелер [8–10].

Интеллектуалдық ақпараттық-ізденіс жүйелері (ИАІЖ) мәліметтер базасының (МБ) проблемалық-бағдарлық (фактографиялық) базаларымен әрекеттесу жүйелері болып табылады. Бұл кезде грамматикалық, сондай-ақ лексикалық мүмкіндіктері бойынша біршама шектелген болса да, табиғи тілдерді қолданады. ИАІЖ үшін лингвистикалық процессорды пайдалану тән [3-5].




**1-сурет.** ТЖК ЖТА детектрлеудің технологиялық үрдістерін мониторингтеу жүйесінің бір бөлігі ретіндегі ИШҚҚЖ құрылымы

СЖ үшін аталған саладағы мамандардың білімдері мен пайымдауларының ережелері жүйесіндегі шоғырлануы тән. Мысалы, диагностикалау (ЖҚ ақаулықтарын детектрлеу) саласын алуға болады. Сондай-ақ СЖ үшін арнайы түсіндірулер жүйесінің болуы тән [6-9]. СЖ құру кезінде инструменталды құралдар маңызды роль атқарады. Осындай инструменталды құралдардың арасындағы әйгілісі LISP және PROLOG сияқты бағдарламалау тілдері болып табылады. Сондай-ақ CENTAUR, G2, KEE және GDA, CLIPS, AT_ТЕХНОЛОГИЯ сияқты сараптамалық жүйе-қабықтар (СЖҚ), басқаша айтқанда әзірлеушіге білім түсінігі жүйелерін қиыстыру үшін бағдарламалау тілдері, нысандар мен рәсімдердің үлкен жиынтығын пайдалануға мүмкіндік беретін технологиялар да әйгілі [6].

Есептік-логикалық жүйелер (ЕЛЖ) диагностикалауды басқару шеңберінде міндеттерді шешуге мүмкіндік береді. Сондай-ақ ЕЛЖ нақты диагностикалық міндеттерді сипаттамасымен қойылуын реттей алады. ЕЛЖ-да бұл әртүрлі білім базаларын (ББ) кеңінен қолдану есебінен мүмкін. Мысалы, осындай ББ дедуктивтік тұжырымды және жоспарлауды регламенттейтін функционалдық семантикалық желілер мен компоненттер түрінде берілуі мүмкін [7–10].

СЖ кейінгі дамуы ББ өздігінен жасауға қабілетті ШҚҚЖ (DSS) болып табылады [10]. ШҚҚЖ – бұл интерактивті автоматтандырылған жүйе, ол мәліметтер мен моделдерді шешімдерді сәйкестендіру және қабылдау үшін қолданады. Заманауи ШҚҚЖ-ға қойылатын, оның ТЖК ЖҚ тораптары мен агрегаттарының ақаулықтарын диагностикалау немесе детектрлеу міндеттеріндегі талаптарды төмендегідей құрастыруға болады [10]:

• шынайы уақыт режимінде жұмыс жасау қабілеттілігі және қолданыстағы басқару жүйелерімен жеңіл бірігу;

• технологиялық икемділік, басқаша айтқанда жеңіл қайта ыңғайланушылық;

• шешуші ережелердің типі бойынша анықталған немесе статистикалық; басқару моделі бойынша әлсіз формалданған; басқару заңы бойынша тұрақтандырушы; басқару типі бойынша жіктеуші бола алады;

• машиналық оқыту (өздігінен оқыту) үрдісінде қызмет етудің кеңістіктік-уақыттық параметрлерін оңтайландыру нәтижесінде туындайтын бейімделушілік.

**Қорытынды**

ШҚҚЖ (немесе ИШҚҚЖ) дұрыс қызмет етуі үшін әртүрлі әдістер пайдаланылады [7]. Бұл ақпараттық ізденіс [3, 7], Data Mining мәліметтерінің интеллектуалдық талдауы [3,6], мәліметтер базасындағы ізденіс [7], прецценттер негізіндегі пайымдаулар [2], имитациялық моделдеу [6,8], эволюциялық есептеулер мен генетикалық алгоритмдер [69, 70], нейрондық желілер [4,3,5,7], оқиғалық талдау [7], когнитивтік моделдеу [3], бағдарламалық агенттер [4,5] және т.б. болуы мүмкін.

ӘДЕБИЕТ

[1] Seeliger, A., Mackel, J., & Georges, D. (2002). Measurement and diagnosis of process-disturbing oscillations in high-speed rolling plants. In Proc. XIV IMEKO World Congress.

[2] Jin, X. S., Guo, J., Xiao, X. B., Wen, Z. F., & Zhou, Z. R. (2009). Key scientific problems in the study on running safety of high speed trains. Engineering Mechanics, 26(Sup II), 8-25.

[3] Bhowmik P. S., Pradhan S., Prakash M. Faultdiagnostic and monitoring methods of inductionmotor: a review, International

[4] Journal of Applied Control, Electrical and Electronics, 2013, Vol. 1, pp. 1–18.

[5] Petr Dolezel, Pavel Skrabanek, Lumir Gago Pattern recognition neural network as a tool for pest birds detection, Computational Intelligence (SSCIIEEE Symposium Series on), 2016, pp. 1–6.

[6] Лепеш, Г.В. Современные методы и средства диагностики оборудования инженерных систем зданий и сооружений/ Г.В. Лепеш // Технико-технологические проблемы сервиса. -2015. - № 4(34) – С. 3 – 8.

[7] ГОСТ 20911-89 Техническая диагностика. Термины и определения Technical diagnostics. Terms and definitions [Текст]. Дата введения 1991-01-01. Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 26.12.89 № 4143. Взамен ГОСТ 20911-75. Переиздание. Ноябрь 2009 г. Режим доступа http://docs.cntd.ru/document/1200009481

[8] Киреев А. Н., Киреева М. А. Анализ погрешностей применения условной чувствительности при ультразвуковом контроле деталей подвижного состава железных дорог //Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2018. – №. 2. – С. 27-34.

[9] Троицкий В. А. Визуально-измерительный контроль протяженных металлоконструкций на основе подвижных магнитных систем //Quality Control Tools and Techniques. – 2018. – Т. 1. – №. 40. – С. 5-14.

[10] Матюшкова О. Ю., Тэттэр В. Ю. Современные методы виброакустического диагностирования //Омский научный вестник. – 2013. – №. 3 (123).

Лахно В.А., Оралбекова А.О.

**Анализ методов классификационного управления процессами детектирования и диагностирования неисправностей в условиях априорной неопределенности признаков**

**Резюме:** В настоящее время происходит переход от информационного общества к его высшей социально-экономической формации, которая условно называется знание-ориентированным обществом. При обнаружении неисправностей узлов и агрегатов автоматизированные СППР или ЭС реализуют не только поддержку принятия решений, но и, как правило, предлагают способы устранения обнаруженных неисправностей.

**Ключевые слова:** детектирования, интеллектуальные, технологические процессы, автоматизированных систем управления.

УДК 681.5

**D. Tukymbekov, A.K. Saymbetov, N.B. Kuttybay, M.K. Nurgaliyev, A.R. Azhibiyeva, M.E. Shaimerdenova**

**ENERGY-EFFICIENT AUTONOMOUS INTELLIGENT STREET LIGHTING SYSTEM BASED ON ZIGBEE**

**Summary.** This paper considers the autonomous intelligent street lighting system, which provides energy efficient use of energy resources. The use of photovoltaic modules to convert solar energy into electrical energy allows the system to be an autonomous. The algorithm of the system is aimed at reducing energy costs, ensuring reliable and safe operation, as well as intelligent operation of the system under different modes. Using the ZigBee cluster tree topology for receiving and transmitting data between nodes reduces latency and costs for electronic devices.

**Key words:** wireless sensor network, photovoltaic module, cluster tree topology.

**Д.Х. Тукымбеков, А.К. Саймбетов, Н.Б. Құттыбай, М.К Нұрғалиев,**
**А.Р.Ажибиева, М.Е. Шаймерденова**
(Казахский Национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан
Email: didar.tuk@gmail.com)

# ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ АВТОНОМНАЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УЛИЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ НА ОСНОВЕ ZIGBEE

**Аннотация.** В данной статье рассматривается автономная интеллектуальная система уличного освещения, которая обеспечивает энергоэффективное использование энергоресурсов. Применение фотоэлектрических модулей для преобразования солнечной энергии в электрическую позволяет системе быть автономной. Алгоритм работы системы направлен на уменьшение затрат энергоресурсов, обеспечение надежной и безопасной работы, а также интеллектуальной работе системы при разных режимах. Использование топологии кластерного дерева ZigBee для приемо-передачи данных между узлами позволяет снизить задержки и затраты на электронные устройства.

**Ключевые слова:** беспроводная сенсорная сеть, фотоэлектрический модуль, топология кластерное дерево.

## ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день система уличного освещения является неотъемлемой частью городской инфраструктуры, которая обеспечивает город необходимым уровнем освещенности в любое время суток при любых погодных условиях. Система уличного освещения способствует свободному движению трафика и уменьшению дорожно-транспортных происшествий на дорогах. Обеспечение стандартными уровнями освещения улиц, кварталов и районов города позволяет также увеличить ночную активность населения и в то же время снижая уровень преступности. Но несмотря на полезное использование уличного освещения, такие виды установок являются одними из самых высоких энергетических потребителей, которые составляют до 2.3% глобального потребления электричества [1]. Также поддержка и обслуживание таких систем обходится очень затратно и сильно сказывается на бюджете городскогоакимата. Обычные традиционные фонарные столбы питаются через общую городскую электросеть. Такая структура уличного освещения потребляет около 114 ТВтч в год, что соответственно приводит к выбросу 69 миллионов тонн CO2 [2].

Для решения этих проблем было предложено использовать солнечные фотоэлектрические панели для энергоэффективности. Но к сожалению, в Казахстане применение таких модулей развивается только в последние годы. Используя фотоэлектрические солнечные модули в качестве альтернативного источника энергии и заменяя газовые лампы на светодиодные, можно существенно сократить затраты на электроэнергию. Например, в результате замены натриевых газоразрядных ламп на качественные светодиодные в системах уличного освещения, ежегодное потребление активной энергии было снижено на 50% [3-4].

Но есть несколько моментов, где применение солнечных фотоэлектрических панелей не всегда обеспечивает фонарные столбы достаточной энергией. Это связано с разными погодными условиями и ориентации модуля относительно к Солнцу в различные периоды времени и на различных широтах. Для этого уместно будет использовать одноосный или двухосный солнечный трекер и группировку батареек каждого фонарного столба для повышения электроемкости системы. Например, использование двухосного солнечного трекера повышает эффективность фотоэлектрического модуля на 9% в сравнении с обычным стационарным солнечным модулем [5].

Для получения данных с различных датчиков, которые установлены на фонарных столбах нужно развертывание беспроводной сенсорной сети. Реализацию такого рода сети можно сделать на основе технологии ZigBee, LoRa, NRF24, SigFOX и т.д. Надежность электронных компонентов, скорость обработки, гибкость конфигурации и многофункциональность, особенность сенсорной сети, сниженные затраты и простота установки делают применение модулей ZigBee для систем уличного освещения более оптимальным вариантом [6-9].

Делая расчет параметров основных свойств сети, а также применяя энергоэффективный алгоритм можно управлять всеми датчиками системы, тем самым модернизируя существующую систему уличного освещения. Контроллер каждого узла сети можно подключить к основному координатору, который в свою очередь выходит к шлюзу Интернет, делая систему одной из частей вещей Интернет IoT.

## 1 Общая схема интеллектуальной системы уличного освещения

### 1.1 Структура кластера

Общая структура предлагаемой интеллектуальной автономной системы представлена на рисунке 1. Как можно заметить, каждые три фонарных столба имеют один общий аккумулятор. Это сделано для того чтобы правильно и равномерно распределять энергию между столбами. Также такая схема помогает уменьшить затраты на электронные устройства и способствует более легко управлять контроллеру всеми сенсорными данными. Вдобавок к этому, для минимизации и расширения сети, три фонарных столба имеют один приемопередающий модуль ZigBee. Дальше передача между тремя столбами происходит через физический проводной канал, который также предназначен для распределения энергоресурсов. Такая структура позволяет охватить больше столбов, и тем самым уменьшая затраты на приемопередатчики. Несколько приемопередающих устройств, которые установлены на конечных устройствах, отправляют данные с сенсорных датчиков маршрутизатору. Эти маршрутизаторы передают данные дальше к высокоуровневым маршрутизаторам и так далее до координатора. Показанная топология называется кластерным деревом беспроводной сети ZigBee, где конечные устройства объединены вкластера, которые имеют один маршрутизатор и несколько соединенных к ним устройств, а кластера в свою очередь соединены между собой высокоуровневым маршрутизатором, который далее передает данные координатору.

Применение топологии кластерного дерева является наилучшим вариантом для предлагаемой системы уличного освещения, так как по сравнению с ячеистой топологией (mesh), она не имеет излишних соединений между маршрутизаторами, что влечет к уменьшению задержек передачи данных и энергопотребления системы [10-12]. На рисунке 1 можно увидеть, что на каждые три фонарных столба приходится один приемопередающий модуль ZigBee, который может быть либо конечным устройством, либо маршрутизатором. Стоит отметить, что каждый кластер имеет только один маршрутизатор.

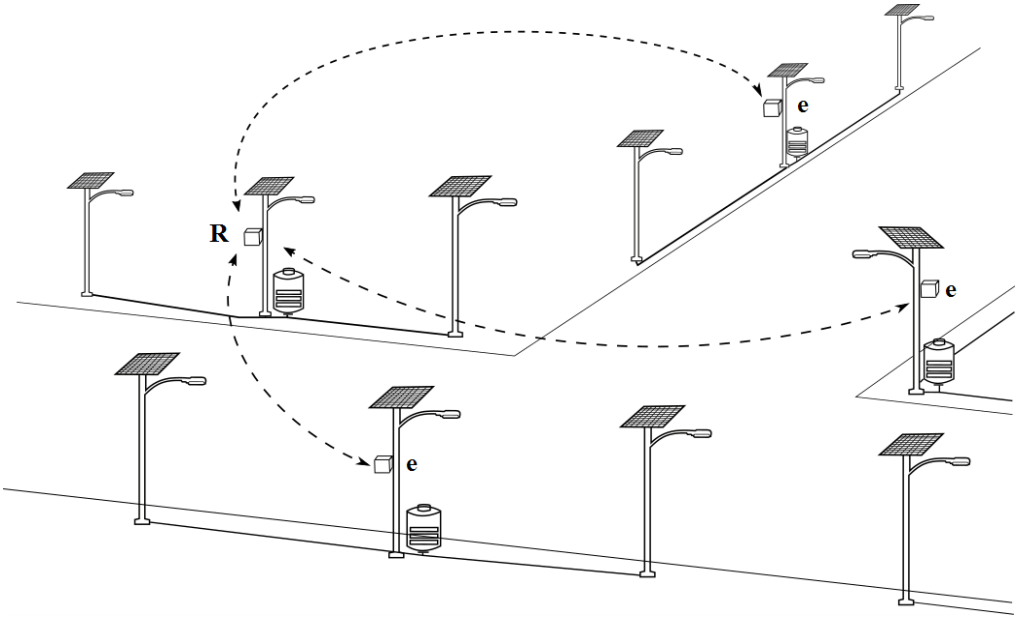



**Рис. 1.** Общая схема кластера топологии дерева интеллектуальной автономной системы уличного освещения

### 1.2 Группировка фонарных столбов

На рисунке 2 представлена схема каждого элемента кластера интеллектуальной системы уличного освещения. Здесь, центральный фонарный столб оснащен приемо-передающим модулем ZigBee и контроллером PLC, который управляет данными от сенсорных датчиков, которые установлены на центральном и соседнем столбах. Также рядом с центральным столбом есть общий аккумулятор, который заряжается от трех солнечных фотоэлектрических панелей и обеспечивает достаточной энергией все электронные устройства.

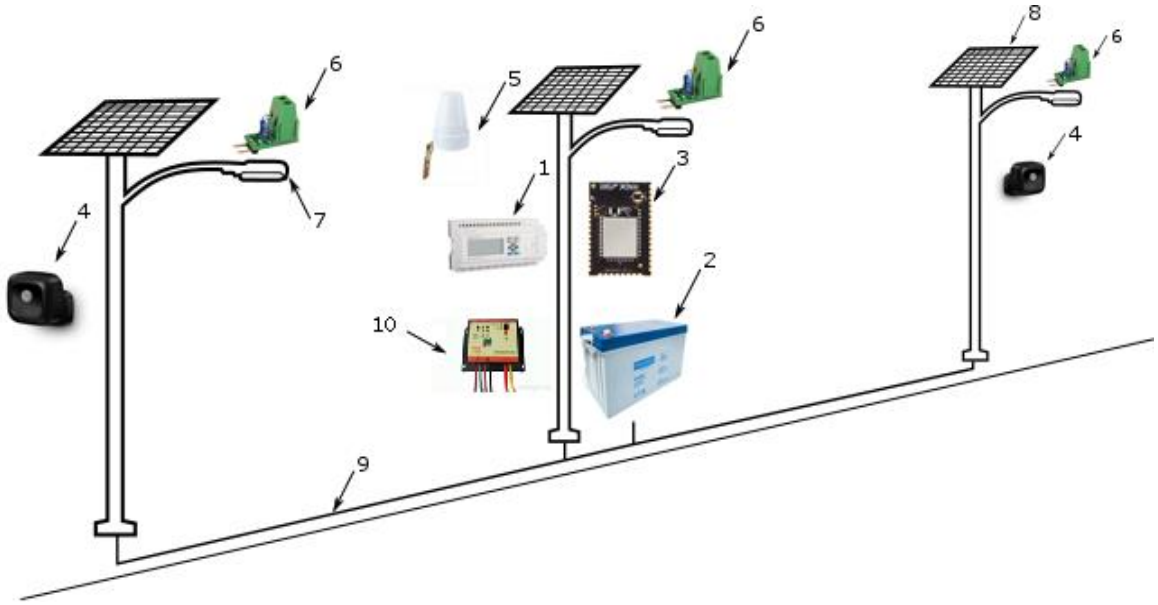



**Рис.2.** Элементы сгруппированных фонарных столбов системы уличного освещения

Элементы, показанные на рисунке выше:

1) PLC (programmable logical controller) – наосновемикроконтроллераAtmega 328
2) Аккумулятор – батарея 12 вольт in/out
3) XBee 3.0 – приемо-передатчик ZigBee
4) Датчик движения
5) Датчик света
6) Делитель напряжения
7) LED светодиодная лампа
8) PV панель - фотоэлектрическая панель
9) Кабель питания и приемо-передачи
10) Контроллер заряда для солнечного панеля

## 2 Алгоритм работы системы

### 2.1 Дневное время

Программа алгоритма работы предлагаемой системы прописывается на микроконтроллере Atmega 328, который установлен на каждом центральном фонарном столбе внутри бокса. Вначале идет проверка всех функционирующих электронных устройств: датчика освещенности, движения, приемо-передающего модуля ZigBee. Затем получаем пинги с тестирования беспроводной сенсорной сети, если где-то есть потери то нужно определить неисправный приемо-передающий блок. Если все боксы в работе, то начинается сама рабочая функция системы.

Рабочий алгоритм начинается с проверки датчика освещенности, то есть получаем сигнал с датчика, который должен определить дневное ли сейчас время или ночное.

Если сигнал получаемый от датчика освещенности выше порогового уровня, то это означает что сейчас дневное время. В таком случае контроллер получает информацию об уровне накопленного заряда аккумулятора и передает ее к координатору через приемо-передающие модули ZigBee. Дальше координатор отправляет данные к серверной части, где система мониторинга обрабатывает информацию и отображает через веб ресурсы. Затем идет перерыв равный 10 минут и обратно проверяется датчик освещенности для дальнейшей работы.

До наступления сумерек, фотоэлектрические панели, которые установлены на фонарных столбах, собирают солнечную энергию и преобразует ее в электрическую с помощью контроллера заряда для солнечных модулей, который регулирует выходное напряжения тока в 12 В. Далее электрический ток, получаемый от трех связанных фонарных столбов, заряжает общий аккумулятор, который установлен рядом с центральным фонарным столбом.

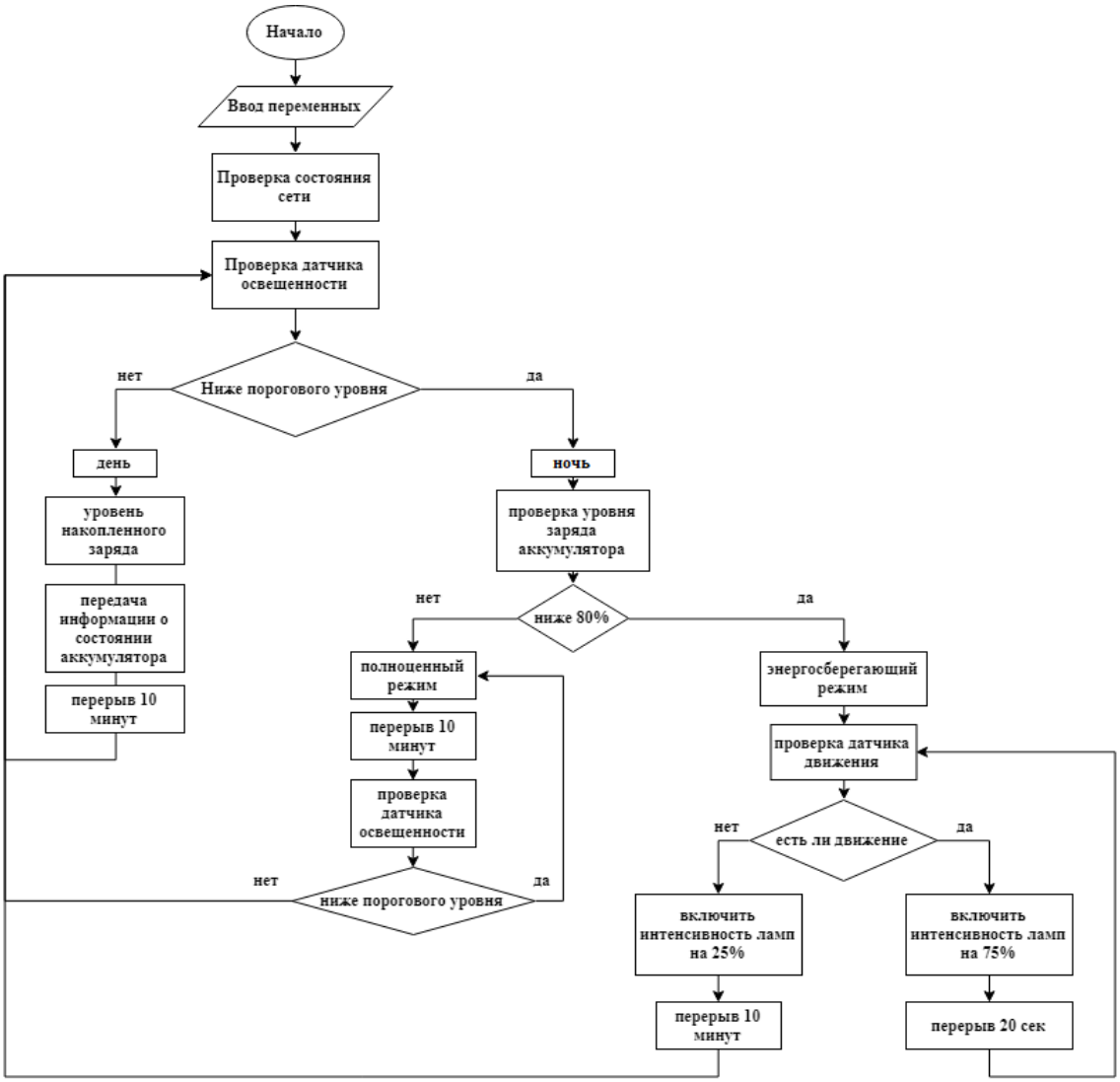



**Рис.3.** Алгоритм работы интеллектуальной автономной системы

В связи с погодными условиями, в облачные дни солнечные панели дают на выходе меньше электрического тока в сравнении с ясным солнечным днем. Для решения такого рода проблем в этой статье было предложено группировать фонарные столбы и делать общий аккумулятор, который будет распределять ток равномерно для каждого фонарного столба.

### 2.2 Ночное время

Когда наступает ночное время суток, сигнал получаемый от датчика освещенности становится ниже порогового уровня. Тогда наш алгоритм проверяет уровень заряда аккумулятора, который заряжался весь день от фотоэлектрических панелей. Если уровень заряда аккумулятора выше 80%, то система начинает работать в полноценном режиме. В таком режиме лампы включаются на 100% и уровня заряда аккумулятора хватает для полной ночной работы системы. Здесь каждые 10 минут идет проверка датчика освещенности для определения наступления утра. Если сигнал с датчика освещенности выше порогового уровня, то алгоритм обратно возвращается в начало цикла для перехода команд для дневного режима. А если сигнал ниже определенного уровня, то система обратно работает в полноценном режиме.

В случае когда заряд аккумулятора ниже 80%, система решает, что данного заряда может не хватить до наступления утра и переходит в энергосберегающий режим. В этом режиме лампы включаются с интенсивностью в 25% с помощью делителя напряжения, который регулирует напряжения для светодиодных ламп. После перехода в энергосберегательный режим следующий шаг алгоритма подходит к проверке датчика движения. Если наблюдается движение пешеходов или

транспортных средств, то светодиодные лампы начинают работать с интенсивностью в 75%. После 20 секунд времени обратно проверяется наличие движения вблизи крайних фонарных столбов, если сигнала нет, то система переключает светодиодные лампы на 25% для энергосбережения. Каждые 10 минут алгоритм возвращается в начало цикла для проверки датчика освещенности, который определяет наступление утра. Полная схема алгоритма представлена на рисунке 3.

**Заключение и дальнейшая работа**

В данной работе был представлен модель работы интеллектуальной автономной системы для уличного освещения. По полученным исследовательским результатам, топология кластерного дерева и группировка элементов, дает результаты в уменьшении задержек и затрат на электронные устройства. Группировка также позволяет аккумулятору равномерно распределять электрический ток между фонарными столбами. Применение фотоэлектрических модулей делает систему автономной, а использование датчиков освещения и движения, светодиодных ламп дает нам энергоэффективную способность системы. Алгоритм работы системы позволяет определять время суток и в соответствии с этим, подстраиваться под нее используя разные режимы работы, что делает систему интеллектуальной.

В дальнейшем планируется усовершенствовать данный алгоритм, используя искусственные нейронные сети для автоматизации процессов перехода между режимами работы. Идея реализации веб мониторинга позволило бы управлять элементами системы при неисправностях узлов, датчиков и т.д.

ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Carli, Raffaele, MariagraziaDotoli, Roberta Pellegrino. "A decision-making tool for energy efficiency optimization of street lighting.Computers & Operations Research, 96, (2018): 223-235.

[2] International Energy Agency. Light’s labour’s lost: policies for energy-efficient lighting. France: IEA; 2006

[3] Andrej Djuretic, MiomirKostic. Actual energy savings when replacing high-pressure sodium with LED luminaires in street lighting. Energy 157 (2018), pp. 367-378

[4] Li, Fusheng, Dahua Chen, Xianjie Song, and Yuming Chen. "LEDs: A promising energy-saving light source for road lighting." In 2009 Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference, pp. 1-3. IEEE, 2009.

[5] Saymbetov, A. K., M. K. Nurgaliyev, Ye Tulkibaiuly, Yo K. Toshmurodov, Ye D. Nalibayev, G. B. Dosymbetova, N. B. Kuttybay, M. M. Gylymzhanova, and Ye A. Svanbayev. "Method for Increasing the Efficiency of a Biaxial Solar Tracker with Exact Solar Orientation."Applied Solar Energy 54, no. 2 (2018): 126-130.

[6] Deo, Sagar, SachinPrakash, and AshaPatil. "Zigbee-based intelligent street lighting system." In 2014 2nd International Conference on Devices, Circuits and Systems (ICDCS), pp. 1-4. IEEE, 2014.

[7] Mishra, Bidhan Chandra, Avipsa S. Panda, N. K. Rout, and Sumant Kumar Mohapatra. "A novel efficient design of intelligent street lighting monitoring system using ZigBee network of devices and sensors on embedded Internet technology." In 2015 International Conference on Information Technology (ICIT), pp. 200-205.IEEE, 2015.

[8] Shahzad, Gul, Heekwon Yang, ArbabWaheed Ahmad, and Chankil Lee. "Energy-efficient intelligent street lighting system using traffic-adaptive control." IEEE Sensors Journal 16, no. 13 (2016): 5397-5405.

[9] Mishra, Bidhan Chandra, Avipsa S. Panda, N. K. Rout, and Sumant Kumar Mohapatra. "A novel efficient design of intelligent street lighting monitoring system using ZigBee network of devices and sensors on embedded Internet technology." In 2015 International Conference on Information Technology (ICIT), pp. 200-205.IEEE, 2015.

[10] Moridi, Mohammad Ali, Youhei Kawamura, MostafaSharifzadeh, Emmanuel Knox Chanda, Markus Wagner, and HirokazuOkawa. "Performance analysis of ZigBee network topologies for underground space monitoring and communication systems."Tunnelling and Underground Space Technology 71 (2018): 201-209.

[11] Leao, Erico, Ricardo Moraes, Carlos Montez, Paulo Portugal, and Francisco Vasques. "CT-SIM: A simulation model for wide-scale cluster-tree networks based on the IEEE 802.15. 4 and ZigBee standards.International Journal of Distributed Sensor Networks 13, no. 3 (2017).

[12] Koubâa, Anis, André Cunha, MárioAlves, and Eduardo Tovar. "TDBS: a time division beacon scheduling mechanism for ZigBee cluster-tree wireless sensor networks." Real-Time Systems 40, no. 3 (2008): 321-354.

Тукымбеков Д.Х., Саймбетов А.К., Құттыбай Н.Б., Нұрғалиев М.К., Ажибиева А.Р., Шаймерденова М.Е.

**ZigBee негізіндегі энергия тиімді автономды интеллектуалды көше жарықтандыру жүйесі**

**Түйіндеме.** Бұл мақалада энергия ресурстарын тиімді пайдалануды қамтамасыз ететін көшені жарықтандырудың автономды зияткерлік жүйесі қарастырылады. Күн энергиясын электр энергиясына түрлендіру үшін фотоэлектрлік модульдерді қолдану жүйеге автономды болуға мүмкіндік береді. Жүйенің жұмыс алгоритмі энерго ресурстардың шығындарына зайтуға, сенімді және қауіпсіз жұмысты қамтамасыз етуге, сондай-ақ әртүрлі режимдерде жүйенің зияткерлік жұмысына бағытталған. Zigbee кластерлік ағаш топологиясын тораптар арасында деректерді қабылдау-жіберу үшін пайдалану кідірістер мен электрондық құрылғылардың шығындарыназайтуға мүмкіндік береді.

**Кілт сөздер**: сымсыз сенсорлық желі, фотоэлектрлік модуль, кластерлік ағаш топологиясы

УДК 372.851.02., 372.800.4.02

**T.K. Khakimova, Zh.K. Spabekova, M. Sakypbekova**

**PROSPECTS OF THE DEVELOPMENT OF MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES**

**Summary:** The article describes the main trends in the development of modern information technologies and features of their standardization. The formation of the young generation is happening today in a rapidly changing world. The use of multifunctional capabilities of computer technology in the preparation of young professionals makes the educational process at the university interesting and accessible.

**Keywords:** information technology, hypertechnology, multiservice networks.

**Т.Х. Хакимова, Ж.Х. Спабекова, М.Ж. Сакыпбекова**
**(**Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Республика Казахстан, e-mail: tyyshtyq.hakimova@gmail.com)

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**Аннотация:** В статье рассмотрены основные тенденции развития современных информационных технологий и особенности их стандартизации. Формирование молодого поколения происходит сегодня в условиях быстро меняющегося мира. Использование многофункциональных возможностей компьютерной техники при подготовке молодых специалистов делает образовательный процесс в вузе интересным и доступным.

**Ключевые слова:** информационная технология, гипертехнология, мультисервисные сети.

XXI век – это век, когда информационные технологии становятся неотъемлемой частью жизненного пространства человека. Сегодня с уверенностью можно констатировать факт существования нового цифрового (сетевого) поколения людей, для которых мобильный телефон, компьютер и Интернет являются такими же естественными элементами их жизненного пространства, как природа и общество. Для развития современного образования уже недостаточно влияния человеческого капитала. В настоящее время на рынке ИТ представлен широкий спектр решений, разработанных разными производителями, по одинаковым или отличающимся принципам, архитектурам, функциональным возможностям. Проблема выбора конкретного вида технологии для потребителя сопряжена с рисками, связанными с определением функциональности технологии, ее перспективностью, позициями на рынке и т.д. Ошибка в стратегии выбора ИТ грозит потребителю существенными затратами на сопряжение выбранной технологии с другими, имеющимися на рынке и перспективными, на расширение выполняемых функций, а часто и на приобретение другой, более совершенной технологии. Поэтому при проведении выбора конкретной технологии потребитель должен помимо традиционных технических, экономических и организационных факторов учитывать и общие тенденции и особенности развития рынка ИТ. Ошибка в стратегии выбора ИТ грозит потребителю затратами выбранной технологии с другими, имеющимися на рынке и перспективными.

**Тенденции развития информационных технологий**

Критерии практического применения ИТ в различных областях:

- количество производителей (разработчиков) конкретного вида ИТ;
- количество технических решений по реализации ИТ;
- совместимость технологий.

Можно выделить следующие характерные этапы в развитии и применении ИТ.

На первом этапе имеем положение, при котором существовало множество производителей множества технологий. Реализация одной и той же функциональной задачи в этих условиях не обеспечивала совместимости технологий как “снизу вверх” - при появлении новых версий, так и “по горизонтали” - выполненные различными производителями.

Вторым закономерным этап применение стандартизации ИТ. Вырабатывается общие подходы к реализации конкретной ИТ, позволяет обеспечить совместимость решений реализации той же ИТ разными производителями. Возникает ситуация, когда существовало множество производителей технологий, при этом обеспечивалась их некоторая (решение частной задачи взаимодействия) совместимость.

Это имеет следующие последствия:

- совместимость решений расширила круг производителей и снизило цену на продукцию;

• наличие стандартизованного решения или нескольких решений привело к ситуации, когда на рынке осталось от одной до трех-пяти стандартизованных реализаций для каждого вида ИТ, при этом все остальные реализации отпали;

• на начальном этапе развития и активного применения стандартизованных решений снижалась общая цена разработки новых и модификации существующих решений.

Наличие существующего стандартизованного решения по реализации конкретной ИТ не обеспечивает возможности для их совершенствования без изменения требований действующих стандартов. Учитывая длительность периода процедуры внесения согласованных изменений в стандарты, можно сделать вывод о необходимости поиска новых решений. Постепенно резервы обычной стандартизации исчерпали свой потенциал. Это связано с тем, что резко возросла сложность технологических решений в информационно-вычислительно-телекоммуникационной среде (ИВТС). Появились ситуации, когда реализация комплексного решения в ИВТС через применение разрозненных стандартизованных технологий не обеспечивала достижение поставленной цели.

Подобные подходы были закреплены в международных стандартах [1], документах международных консорциумов [2] и научной литературе и получили название методов функциональной стандартизации и подходов открытых систем [3]. В России эти подходы активно разрабатывались, начиная с 90-х годов прошлого века силами коллективов Российской Академии наук, Госстандарта, отраслевых НИИ и технических университетов. К настоящему времени в России опубликован ряд монографий [3-4] и принят ряд стандартов [5-6], определяющих практическую методологию для разработчиков ИВТС.

В этих условиях начался третий этап развития ИТ: применение методов функциональной стандартизации, когда стандартизации подвергаются не отдельные решения в проекте, а набор решений, направленный на достижение заданной цели функционирования. При таком подходе решения, предлагаемые множеством производителей, могли быть разными по внутренней организации, но на интерфейсах обмена с другими решениями, с внешней средой они должны иметь согласованные правила организации взаимодействия по форматам, протоколам, организации процесса и т. д. На этом этапе мы получаем ситуацию, когда имеется много производителей, несколько решений по конкретной реализации набора ИТ и обеспечивается совместимость решений. Это позволило обеспечить наличие внутренней (в рамках более эффективной реализации набора ИТ) конкуренции между производителями, что неуклонно привело к развитию самих технологий.

Современный уровень развития и применения ИТ как раз соответствует характерным признакам третьего этапа. Вместе с тем, уже со второго этапа ясно прослеживается тенденция к сокращению до одной, реже двух-пяти, реализаций, применяемых для решения конкретной задачи наборов ИТ технологий. При этом, подобные реализации усложняются в своей структуре, увеличивается (расширяется) набор реализуемых функций и т. д. Учитывая, что обеспечение эффективного межреализационного взаимодействия становится все более дорогим и сложным, а необходимость в расширенном применении новых, комплексных ИТ постоянно возрастает, то, по всей видимости, можно говорить о приближающемся наступлении четвертого этапа в развитии ИТ. В этом случае возникнет ситуация, когда будет один или несколько производителей и одна (две) гипертехнология, при этом естественно будет обеспечиваться и совместимость решений. В этом, что число разработчиков конкретных гипертехнологий будет неуклонно сокращаться, среди них возникнет четкая специализация в разработке и производстве конкретного типа технологий. Примером может служить ситуация на рынке ERP-систем, где существенную часть рынка занимает продукция SAP, а доля следующего по объему производителя Oracle меньше в 2-3 раза.

**Основные области применения гипертехнологий и особенности стандартизации**

Появление комплексных технологий или гипертехнологий, в которых согласованность реализации относится ко всему решению, уже можно наблюдать в современной ИВТС. Так, например, в области телекоммуникационных систем наблюдается появление таких комплексных технологий, как мультисервисные сети, сети мобильной связи третьего поколения и т. д. В области информационных и информационно-управляющих систем зарождение гипертехнологий (ГИТ) относится к интеграции приложений, интеграции данных, интеграции систем, что проявляется в решениях, используемых в электронной коммерции, электронных правительствах, системах автоматизации управленческой деятельности и т. д. Для вычислительных систем это относится к созданию многопроцессорных вычислительных комплексов с параллельными вычислениями, grid-структурам и т. д. Учитывая факторы, а именно: наличие всего одного-двух разработчиков и производителей комплексной (гипер)технологии, а также высокие сроки и сложность процедуры принятия международных

стандартов, можно сделать вывод о том, что существующие процедуры принятия международных и национальных стандартов становятся неэффективными в условиях использования ГИТ.

Процедура принятия как национального, так и международного стандарта является длительной и сложной, занимает 5-7 лет. Длительность процедуры принятия стандарта противоречит реалиям жизненного цикла современных ИТ. Стоимость разработки стандартов, функциональных - в частности, а стандартов для ГИТ - в особенности, становится дорогостоящим и трудоемким делом. При этом, разрабатываемый национальный стандарт не должен противоречить существующим и потенциальным международным стандартам.

Путь совершенствования процесса стандартизации в мировом масштабе:

- необходимо оставить два уровня стандартизации: международную и корпоративную (консорциумную);
- упростить процедуру и сократить технологические сроки принятия международных стандартов;
- ввести международное разделение ответственности между странами за поддержание и совершенствование конкретных стандартов.

Эти меры приведут к существенной экономии затрат (накладных) на процессы стандартизации в мировом масштабе и облегчат бремя стандартизации на уровне основных экономически развитых государств.

Основные характеристические черты ГИТ:

- значительный масштаб комплексной функциональной задачи (КЗЧ), для решения которой будет применяться ГИТ;
- широкое применение согласованного и взаимоувязанного набора
- открытых международных стандартов и международных

функциональных стандартов;

- совместимость ГИТ с другими ГИТ и ИТ;
- наличие общей модели реализации ГИТ;
- наличие общего архитектурного решения КЗЧ, реализуемого в ГИТ;
- широкое использование типовых конструктивно реализационных решений (протоколы, схемы, блоки и т. д.).

Появление ГИТ согласуется также с тенденциями к минимизации технологических решений, вытекающими из оценок степени открытости информационных систем [7].

**Заключение**

Многообразие решений, моделей и архитектур реализации ИТ, процессы развития ИТ находятся в фазе бурного роста и развития и увеличения многообразия. Вместе с тем, в ближайшее время следует ожидать появления стандартизованных (де-факто и де-юре) моделей и архитектурных решений для широкого спектра видов ГИТ, а их дальнейшее развитие пойдет по пути совершенствования.

ЛИТЕРАТУРА

[1] ISO/IEC TR 10000-1:1998 Information technology. Framework and taxonomy of International Standardized Profiles. Part 1. General principles and documentation framework.

[2] ISO/IEC TR 10000-1:1998 Information technology. Framework and taxonomy of International Standardized Profiles. Part 2. Principle sand taxonomy for OSI profiles.

[3] ISO/IEC TR 10000-1:1998 Information technology. Framework and taxonomy of International Standardized Profiles. Part 3. Principles and taxonomy for open system environment profiles.

[4] IEEE Std.1003.23:1995 IEEE Guide for Developing User Organization Open System Environment (OSE) Profile.

[5] Батоврин В.К., Гуляев Ю.В., Петров А.Б. и др. /Под ред. Олейникова А.Я. Технология открытых систем. М.: Янус-К. 2004. С. 288.

[6] Руководство по проектированию профилей среды открытой системы / Рекомендации института инженеров по электротехнике и электронике (IEEE). М.: Янус-К. 2002. С. 158.

[7] ГОСТ Р ИСО/МЭК 10000-1-99 ИТ. Основы и таксономия международных функциональных стандартов. Часть 1. Общие положения и основы документирования.

[8] ГОСТ Р ИСО/МЭК 10000-1-99 ИТ. Основы и таксономия международных функциональных стандартов. Часть 2. Принципы и таксономия профилей ВОС.

[9] ГОСТ Р ИСО/МЭК 10000-1-99 ИТ. Основы и таксономия международных функциональных стандартов. Часть 3. Принципы и таксономия профилей среды открытой системы.

[10] Рекомендации по стандартизации Р.50.1.022-2000 / Рекомендации по стандартизации. ВОС. Государственный профиль взаимосвязи открытых систем России. Редакция 2.

[11] Петров А.Б. Интегральные количественные характеристики открытости информационных систем //Информационные технологии и вычислительные системы. 2003. № 3. С. 73-75.

[12] Хакимова Т., Спабекова Ж. О РОЛИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ МАРКЕТИНОВОГО АНАЛИЗА, Took part in the IV Internatinal Scientific-Practical Conference" Quality Management: Search and Solutions" on November27-29, 2018, in Casablanca(Morocco)

[13] Хакимова Т., Спабекова Ж. Smart в образовании ISBN 978-601-336-514-5 Материалы Региональной научно - практичесой конференции «Духовная модернизация как ключевой факторразвития Казахстана в условиях четвертой промышленной революции», 262-265стр.23 ноября Костанай, 2018

[14] Хакимова Т., Спабекова Ж. О роли инновационных процессов в образовании ISBN 2413-5488 Высшая школа Казахстана Информационно-аналитический журнал/Information and analytical magazine №1/2018 Стр.: 23-25

[15] Хакимова Т., Керимбаев Н. и др. "HISTORICAL AND PHILOSOPHICAL ASPECTS IN ETHNOMATHEMATICAL EDUCATION OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN" ICERI2017 (10th annual International Conference of Education, Research and Innovation) Dates: 16th-18th of November, 2017 Place: Seville (Spain)

[16] Хакимова Т., Рахимжанова Л. Research method in project-oriented training Сборник докладов Международной научно-практической конференции «Активные методы обучения» 31-33стр. 23-24 ноября 2017 г. Almaty, Kazakhstan

[17] Хакимова Т., Рахимжанова Л. Methodical Approaches to Teaching of Computer Modeling in Computer Science Course ISSN 1913-9020 E-ISSN 1913-9039 International Education Studies; Vol. 8, No. 8; 2015 ISSN 1913-9020 E-ISSN 1913-9039 Published by Canadian Center of Science and Education

[18] Хакимова Т., О безопасности и защиты информации в курсе информационных технологий ISBN 978-601-298-446-0. Материалы VII Международная научно-методическая конференция «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ И НАУКЕ (ММ ИТОН)» 1-2 октября 2015года,543-546стр. КАЗАХСТАН, Алматы

[19] Хакимова Т. Об информационной безопасности и защиты информации(статья). ISBN 978-601-04-1191-3. Журнал PR и СМИ в Казахстане Сборник научных трудов Выпуск 9 2015г. Алматы, Қазақ университеті.

[20] Хакимова Т. «Инновационные методы обучения информатики» (учебное пособие) ISBN 9965-830-45-2 Издательство"NURPRESS", Алматы,2013г.270стр.

Хакимова Т.Х., Спабекова Ж.Х., Сакыпбекова М.Ж.

**Халықаралық ақпараттық технологияларды даму перспективасы**

**Түйіндеме:** Мақалада заманауи ақпараттық технологияларды дамытудың негізгі үрдістері және олардың стандарттау ерекшеліктері сипатталады. Жас ұрпақтың қалыптасуы бүгінгі күні қарқынды өзгеретін әлемде болып отыр. Жас мамандарды дайындауда компьютерлік технологияның көпфункционалды мүмкіндіктерін пайдалану университеттегі оқу процесін қызықты және қолжетімді етеді.

**Түйін сөздер:** ақпараттық технологиялар, гипертехнологиялар, мультисервистік желілер.

**Z.K. Sarsembekova, T.P. Pentayev**

(Al-Farabi Kazakh national University, Almaty, Kazakhstan, E-mail: Sarsembekovazeynep@gmail.com)

## FEATURES OF THE USE OF MODERN DEVICES AND TECHNOLOGIES IN DETERMINING THE PLANNED AND HIGH-ALTITUDE CONDITION OF ROADS

**Abstract.** The article describes the experience of using modern surveying instruments that increase the accuracy of measurements of surveys in engineering and geodetic surveys carried out during the construction and reconstruction of roads, in particular, at all stages of work and accelerating the technology of work. That is, we are talking about the relevance of geodetic measurements carried out in modern construction works.

In addition, special attention is paid to the types of modern tools and devices, such as electronic total station, GPS, unmanned aerial vehicle, laser scanner, etc., as well as areas of application.

**Key words:** geodetic device, GPS, unmanned aircraft system, global positioning system, geographic information system, laser scanner, road.

**З.К. Сарсембекова, Т.П. Пентаев**

(әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Алматы қ., Қазақстан Республикасы, e-mail: Sarsembekovazeynep@gmail.com)

## АВТОМОБИЛЬ ЖОЛДАРЫНЫҢ ПЛАНДЫҚ-БИІКТІКТІК ЖАҒДАЙЫН АНЫҚТАУДАҒЫ ЗАМАНАУИ АСПАПТАР МЕН ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ҚОЛДАНУДЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

**Түйіндеме.** Мақалада автомобиль жолдарын салу мен қайта қалпына келтіру жұмыстарын жүргізу барысында, атап айтқанда, жұмыстың барлық кезеңдерінде жүргізілетін инженерлік-геодезиялық іздестірулердегі түсірістердің өлшемдер дәлдігін жоғарлататын және жұмыстың орындалу технологиясын

жылдамдататын заманауи геодезиялық аспаптардың қолдану тәжірибесі қарастырылған. Яғни қазіргі заманғы құрылыс жұмыстарында жүргізілетін геодезиялық өлшемдердің өзектілігі жайында баяндалады.

Сонымен қатар электронды тахеометр, GPS, ұшқышсыз ұшу аппарты, лазерлік сканер және т.б сияқты қазіргі заманауи аспатар мен құрылғылардың көмегімен жүргізілген жұмыстардың тәжірибиелері келтірілген.

**Түйін сөздер:** геодезиялық аспаптар, GPS, ғаламдық навигациялық серіктестер жүйесі, геоақпараттық жүйе.лазерлік сканер, автомобиль жолдары.

**Кіріспе.** 2014 жылғы 11 қарашада Мемлекет басшысы кезекті «Нұрлы жол» атты бағдарламасында, «Жол – шын мәнінде өмірдің өзегі, бақуатты тірліктің қайнар көзі», барлық аймақтар теміржолмен, тасжолмен, әуе жолымен өзара тығыз байланысуы керек деп басып айтқан болатын. Қазіргі уақытта қайнаған тіршілік күре жолдардың бойында екені белгілі. Демек алысты жақын ету – Жолдаудың ең басты мақсаты деп айтсақта болады. Яғни көліктік-логистикалық инфрақұрылымдарды дамыту бірінші орынға қойылған мақсат пен тапсырмалар болатын [1].

Қазіргі кезде тиімді көлік-логистикалық ел қалыптастыру жөнінде белсенді жұмыстар жүргізілуде. Ол үшін инфрақұрылымдық дамудың 2015-2019 жылдарға арналған «Нұрлы жол» Мемлекеттік бағдарлама аясында көлік инфрақұрылымын модернизациялау жүргізілуде.

Автожолдар саласындағы инфрақұрылымдық жобалар туралы айтар болсақ, 2020 жылға дейін 11 жоба бойынша жұмыс жүргізу жоспарланған, яғни 7 мың шақырымнан астам жол реконструкцияланады және салынады деп жоспарлануда (1-сурет) [2]. Электрондық ресурс).




**1-сурет**. «Нұрлы жол» бағдарламасы аясында жаңадан салынатын және реконструкциялаудан өтетін автомобиль жолдарының жобасы.

Бүгінгі күні елдегі автомобиль жолдарының ұзындығы 128,3 мың шақырымды құрайды. Оның 97,4 мың км жалпы пайдаланымдағы жолдар. Мұның ішінде 23,5 мың км республикалық маңызы бар, ал 73,9 мың км облыстық және аудандық маңызы бар жолдар [3].

Көлік инфрақұрлымын дамытудың басты мақсаты республика аумағы арқылы өтетін сауда ағындарының өсуі мен әлеуметтік-экономикалық жағдайын әлемдік нарықта бәсекеге қабілеттілігін қамтамасыз ету.

Осыған байланысты автомобиль жолдарын жобалау мен салу жұмыстарында инженерлік-геодезиялық жұмыстар жоғары талаптарға жауап беруі тиіс.

Барлық трассалар жердің ландшафтына сай келуі, табиғи эстетиканы бұзбауы, мүмкіндігінше халық шаруашылығы үшін ең аз құнды жерлерде орналасуы тиіс.

Олар сызықтық, бұрыштық және биіктік өлшеулердің дәлдігін белгілейтін бірқатар нормативтік құжаттар мен бірге жүргізіледі. Алайда қазіргі уақытта қолданыстағы нормативтік құжаттар ескірген, олар тек дәстүрлі геодезиялық аспаптарды қолдануға негізделіп жасалған. Бірақ заман ағымына байланысты қолданылатын геодезиялық аспаптар автоматтандырылып, адамдардың басқару саны азайып, үнемі жетілдіріліп отыр.

Қазіргі таңда автомобиль жолдарының пландық-биіктіктік жағдайын анықтауда Жерсеріктік өлшеу әдістері мен қабылдағыштары, электронды тахеометрлер мен нивелирлер, лазерлік сканерлер, ұшқышсыз ұшу аппараттары кең қолданыс табуда.

Олар деректерді алу мен өңдеу процесін автоматтандыруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, қазіргі жол-құрылыс машиналарын заманауи геодезиялық аспаптармен жабдықтап, өндіріс өнімділігін арттырып қана қоймай жобалық шешімдерді іске асырудың дәлдігін арттыруға да мүмкіндік береді.

Қазіргі заманғы геодезиялық аспаптарды қолдану арқылы шешілетін геодезиялық жұмыстардың негізгі түрлеріне инженерлік-геодезиялық ізденістер, геодезиялық торларды құрастыру, бөлу жұмыстары, орындау жұмыстары, топографо-геодезиялық жұмыстар, құрылыстың деформациясын бақылау, кадастрлық геодезиялық жұмыстар, фасадтық түсіріс, орындалатын жер жұмыстарының көлемін есептеу жатады. Құрылыстағы геодезиялық жұмыстар туралы нақтырақ осы авторлардың жұмысында жазылған [4].

Геодезиялық тірек торлары – орналасуы координаттар мен биіктіктердің ортақ жүйесінде анықталған арнайы белгілермен және центрлермен белгіленген жер бетіндегі пункттер жүйесі.

Геометриялық негізі бойынша пландық, биіктіктік және кеңістіктік геодезиялық торлар деп бөлінеді. Пункттердің пландық координаттары триангуляция, полигонометрия және трилатерация әдістерімен анықталады. Биіктіктік нивелирлік торларда нүктелердің биіктіктерін геометриялық және тригонометриялық нивелирлеу әдістерімен анықтайды. Көбінесе жұмыс нәтижесінде координаттарды да, биіктіктерді де анықтайтын геодезиялық торлар кездеседі, мұндай торлар пландық және биіктіктік торлар деп аталады. Пландық түсіріс негізін 4 класты полигонометриялық және биіктіктік негізді құру [5].

Геодезиялық пландық – биіктіктік түсіріс торларын жерсеріктік технологияларын қолданумен, теодолиттік жүрісті құрумен, триангуляцияны дамытумен, сызықтық-бұрыштық торлармен, тура кері және аралас қилыстырумен, техникалық нивелирлеу жүрісімен, сонымен қатар жерсеріктік биіктіктік анықтаулар арқылы дамытады.

Пландық – биіктіктік негізін жерсеріктік технологияларын қолдану арқылы дамытуда төменде көрсетілген кестедегі ұсыныс орындалу қажет. Толық мәлімет [6].

1-кесте. **Түсірілім негіздемесін дамыту әдістерін қолдану бойынша ұсыныс**

| Түсіріс масштабы; жер бедері қимасының биіктігі | Пландық негіздемесі | | Пландық-биіктіктік немесе биіктіктік негіздемесі | |
|---|---|---|---|---|
| 1:10 000. 1:5000; 1м | Сәулелі | Жерсеріктік анықтау әдістері | Тораптық | Жерсеріктік анықтау әдістері |
| 1:2000, 1:1000, 1:500; 1 м және одан жоғары | Тораптық | Жылдам статикалық немесе реоккупация | Тораптық | Жылдам статикалық немесе реоккупация |
| 1:5000; 0,5м | Сәулелі | Жылдам статикалық немесе реоккупация | Тораптық | Статистикалық |
| 1:2000, 1:1000, 1:500; 0,5м | Тораптық | Жылдам статикалық немесе реоккупация | Тораптық | Статистикалық |

Қазіргі уақытта түсіріс негізінің пландық координаттары мен пунктың биіктігін GPS/ГЛОНАСС технологиясымен түсіріс торларын құру арқылы немесе бір жағы байланбаған пункт әдісі арқылы анықтайды.

**Зерттеу материалдары мен әдістері**

*Зерттеу нысаны*

Қазіргі уақытта геодезиялық жұмыстар әртүрлі шаруашылық салаларында, оның ішінде автомобиль жолдарын салу мен реконструкциялауда маңызы рөл атқарады.

Автомобиль жолдары сияқты күрделі техникалық құрылыстарды жобалау жан-жақты талдауды талап ететін күрделі процесс екенін жақсы білеміз. Сол үшінде салынатын автомобиль жолдары

қозғалыстың жоғарғы қауіпсіздігін қамтасасыз етіп қана қоймай пайдаланылатын материалдардың да сапасы мен шығындарында қарастыру қажет.

Жобаларды орындау мерзімі қысқа әрі сапаға қойылатын талаптар жоғарыболуы тиіс, яғни автомобиль жолдарын жобалауда пайдаланылатын технологиялар мен құралдарды таңдау шешуші рөл атқарады.

Автомобиль жолдарын салуда конструктивтік қабаттардың пландық-биіктіктік жағдайдың және автомобиль жолдарын салудағы жабындыларының дәлдігіне нормативтік құжаттарда көрсетілген талаптар өте жоғары, ал жолдардың конструкциялық жоғарғы қабаттарының және олардың жамылғыларының пландық-биіктіктік күрделі жағдайлары қосымша зерттеулерді қажет етеді.

Жол құрылысы саласын дамытуда заманауи аспаптар мен технологияларды қолданып, зерттеулер мен тәжірибелер жүргізіп жатқан көптеген өз еліміздің және шет ел ғалымдарын айтуға болады, атап айтсақ Середович В.А., Столбов, Ю. В., Столбова С. Ю.,. Пронина Л.А., Уваров А.И; Федотов Г.А., Рахимбердина М.Е., Уставич Г.А. және т.б..

21-ғасырда технологиялардың қарыштап дамып жатқаны бәрімізге мәлім. Жаңа өлшеу технологиялар қолданысқа келіп, дәстүрлі аспаптар мен әдістерді геодезиялық ізденіс жұмыстарында оларды ығыстыруда. Атап айтсақ теодолит, нивелир, дальномер сияқты дәстүрлі аспаптардың орнын GPS/ГЛОНАСС жүйесінің жерсеріктік қабылдағыштары, электронды тахеометрлер, электронды теодолиттер, электронды нивелирлер, лазерлік қашықтық өлшеуіштер және лазерлік сканерлеуші жүйелер алмастыруда.

**Зерттеу әдістері**

Қазіргі уақытта геодезиялық ізденістерде пландық-биіктіктік жағдайды заманауи аспаптармен анықтаудың көптеген жаңа әдістері енгізілуде. Атап айтсақ [7,8] патенттелген «Автомобиль жолының геометриялық элементтерінің параметрлерін және жол бойындағы жолақтардың сипаттамаларын анықтау тәсілдері» атты ғылыми жұмыстарында көруге болады.

Бұл тәсілде автомобиль жолдарын салу мен реконструкциялаудағы геодезиялық түсірістерде жер үсті және мобильдік сканер көмегімен тікелей және кері бағытта автомобиль жолының бақыланатын учаскесінің пландық және биіктіктік негіздемесін орындау болып табылады.

Осы әдістерде қолданылып отырған электронды және лазерлік аспаптар –SPECTRA (Швеция – Германия), LEICA (Швейцария), NIKON, SOKKIA TOPCON (Жапония), PENTAX, TRIMBLE/ SPECTRA/ PRECISION (АҚШ), УОМЗ (Ресей) сияқты әлемдегі жетекші жасаушылардың өнімі.

Қазіргі заманғы электронды тахеометр – жер бетінде горизонталь және вертикаль бұрыштарды, горизонталь, көлбеу арақашықтықтарды және өзара биіктік айырмашылықтарын өлшеуге арналған электрондық-оптикалық аспап. Электронды тахеометр құрылымында кодтық теодолит пен шағын жарық қашықтық өлшеуіш біріктірілген. Электронды тахеометрлер тек техникалық сипаттамалары және конструкциялық ерекшеліктерімен ғана ерекшеленіп қоймай, ол әр түрлі салада қолданылады. 1990 жылдардың басында, электронды тахеометрлердің даму принципінің негізі қаланды [9].

Электронды тахеометрлер мен сандық нивелирлер арқылы жоғары дәлдікті инженерлік-геодезиялық нивелирлеуді жүргізуді жетілдіруде зерттеу жүргізген [10] ғылыми жұмысында танысуға болады.

Автомобиль жолдарының негізі мен жабындыларының биіктіктік жағдайын қамтамасыз ету үшін, геодезиялық жұмыстарды орындауда сандық нивелир (TRIMBLE DINI 0.7) және электронды тахеометр (TRIMBLE M3, бұрыш өлшеудің орташа квадраттық қателігі 5″) аспаптарының қолдану мүмкіндіктері зерттелді [11].

Сондай –ақ IV категориялы автомобиль жолдарын салу мен реконструкциялау кезінеде жол жамылғысы мен негіздерінің пландық жағдайымен бірге биіктіктік жағдайының дәлдігін қамтамасыз етуде электронды тахеометрді қолдануға болатыны зерттелді [12,13].

Электрондық тахеометрлерді қолдана отырып, автомобиль жолдарының шеңберлі айналмасының нақты радиустарын анықтаудың жаңа тәсілі ұсынылған. Бұл әдіс айналмалы қисық шеңбердің көріну жағдайы шектелгенде қолданылады. Толық мәлімет [14] айтылған.

Ендігі кезекте автомобиль жолдарын салу мен реконструкциялау жұмыстарында қолданылатын аспаптардың мүмкіншіліктері мен ерекшеліктеріне тоқталып өтсек.

GPS әскери және азаматтық пайдаланушылармен қолданылып басқарылатын кез келген нүкте орнын анықтайтын жерсеріктік навигациялық жүйе. GPS (Global Position System) – геодезиялық негіздерді құрудағы ең тиімді аспап болып табылады. GPS көмегімен орындалған геодезиялық өлшеулер дәлдігі, әмбебаптығы, жылдамдығы және үнемділігі, тиімділігімен кеңінен тарады. Мұндай

аспаптар жол нүктелерінің жоспарлы және биіктік координаттарын анықтау бойынша GPS-технологиясының дербес жоғары дәлдіктегі құралдары, сондай-ақ жолдарды іздестіру кезінде және бар жол желісін түсіруді (түгендеуді) орындау кезінде трасса бойындағы тірек геодезиялық пункттер ретінде пайдаланылады [9].

Демек, автомобиль жолының жоспардағы және биіктігі бойынша осы координаталық ортада дәлдігі мен ұтқырлық бойынша жерсеріктік геодезиялық бақылау әдістері озық технологияларға жауап береді және жол құрылысын геодезиялық қамтамасыз етудің қазіргі заманғы практикасының инновациялық негізі ретінде кең ауқымды үйлесім алады. Жоғары дәлдікті бұл аспап автомобиль жолдарын геодезиялық ізденістерде немесе жолдарды реконструкциялауда трассаның пландық және биіктіктік нүктелерін анықтауда қолданады. Яғни, жерсеріктік геодезиялық бақылау әдістері бойынша автомобиль жолының пландық және биіктік жағдайын анықтауда дәлдігі мен ұтқырлығы жағынан озық технологиялардың бірі болып саналады. GPS технологиясын автомобиль жолдарында қолданып әртүрлі тәжірбиелер жүргізген ғалымдардың ғылыми мақалаларынан көруге болады [15,16,17,18].

Лазерлі сканер қажетті объектілер моделінің кеңістіктегі координаталарын тез арада анықтап, түсіруге арналған аспап. Лазерлі сканердің жұмыс істеу принципі электронды тахеометрге ұқсас және түсірілетін объектіге дейінгі аралықтарды өлшеп, нәтижесінде әрбір нүктенің координаталарын анықтауға мүмкіндігі бар. Өлшеу жылдамдығы секундына 2000-5000 нүктеге дейін қамтиды. Негізгі принципі, сәуле таратушыдан лазер шоғыры объект бетінен шағылып, қабылдағышқа қайта түседі. Алдын ала берілген реті бойынша призма айналып, лазер шоғырын горизонталь және вертикаль жазықтықта таратады [19].

Лазерлік сканирлеумен шешілетін тапсырмалар: жобалау, деформациялық мониторинг, көлемді есептеу, қайта жасау (реставрация), тау-кен саласы, автомобиль жолдарын реконструкциялау және т.б. [20,21,22,23,24,25,26,]. Лазерлік сканерлеудің үш әдісі бар олар: жер беті лазерлік сканерлеу әдісі, мобильді сканерлеу әдісі, әуелік сканерлеу әдісі 2-кесте [27].

2-кесте. **Сканерлеу әдістерінің сипаттамалары**

| Сканерлеу әдістерінің | Абсолюттік дәлдік | Салыстырмалы дәлдік | Планда сканерлеудің ауданы | Автожолды сканерлеудің жылдамдығы | Сканерлеу мақсатының артықшылықтары |
|---|---|---|---|---|---|
| жер беті лазерлік сканерлеу әдісі | 2 см (маркалардың координаттарын анықтаудың дәлдігі) | 150м-ге 3,5мм | 0,0078 км$^2$ (50м радиусте сканерлеу) | Күніне 0,02 км$^2$ | Ғимараттар мен құрылыстар |
| мобильді сканерлеу әдісі | 2 см (GPS-модулінің дәлдігі) | 100м-ге 3,5мм | 10км$^2$ (ені бойына 100км сканерлеуде 100м) | Күніне 100 км | Қаладағы және қала сыртындағы жолдар, көлік жол айрымдары |
| әуелік сканерлеу әдісі | Пландық -10см, биіктіктік-15см | Пландық -10см, биіктіктік-15см | 140 км$^2$ (ені бойына 400км сканерлеуде 350м) | Күніне 400км | Жер бедері күрделі орманды және батпақты аймақтар |

В.А. Середовичтің монографиясында [26] Жер үсті лазерлік сканерлеу технологиясына және топографиялық жоспарларды жасау әдістемелеріне және жер үсті лазерлік сканерлеу деректерін өңдеуге арналған әртүрлі бағдарламаларды пайдалана отырып, объектілер мен жер бедерінің сандық үлгілерін құруға болатын түрлі әдіс-тәсілдерді ұсынған.

В.Ф. Ловягиннің монографиясында [28] түзу сызықтық құрылыстардың инженерлік ізденістеріндегі геоақпараттық технологияларды қолдану қарастырылған. Автор инженерлік ізденістерде ақпараттық технологияларды және трассалардың балама нұсқаларының кеңістіктік параметрлерін дискретті оңтайландыру әдісін қолдана отырып, жергілікті жердің шектелген учаскелерінің күйін математикалық модельдеу әдістерін қолдануды ұсынады. Автор жұмыс барысында қойылған мәселені шешуде әр текті геодезиялық және геологиялық-геофизикалық өлшеу деректерін өңдеу мен интерпретациялауда жүйелік-құрылымдық және объектілі бағытталған инновациялық әдіснамалық тәсілдің негізінде орындады.

Жаңадан салынатын және реконструкцияланатын құрылыстарда геодезиялық тапсырмаларды шешуде ұшқышсыз ұшу аппаратын қолдану еңбек өнімділігін азайтып, атқарылатын жұмыстың мерзімін айтарлықтай қысқартып қана қоймай экономикалық жағынан да тиімді [29].

Ұшқышсыз ұшу аппаратын пайдаланып қандай да бір нысан немесе жергілікті жер туралы кеңістіктік деректерді жерсеріктік навигациялық жүйе (GPS немесе ГЛОНАСС) қолдану арқылы алады. Ұшқышсыз ұшу аппараты тапсырылған (ҰҰА) бағыт бойынша ұшып туралы дәл және шынайы деректер алуға мүмкіндік береді. Ол деректер инженерлік-геодезиялық зерттеулер жүргізу, түрлі нысандарды жобалау және салу, топографиялық пландар жасау, елді мекендердің бас жоспарларын, аумақтық жерге жайластыру жобаларын дайындауға негіз болады [30].

Тік сызықтық құрылыстарда яғни автомобиль жолдарында ұшқышсыз ұшу аппараты арқылы мониторинг жүргізу жолдың нақты уақыттағы жағдайын анықтауға (көлік кептелістері немесе көлік апаттарын бақылауға), бақылаудың жоғары дәлдігіне байланысты жол жамылғысының нақты жағдайының сызықтық және нүктелік бұзылуларын, бұзылған жердің ауданын, ойық және жарық жерлердің тереңдігін және т.б. геодезиялық дәлдікпен анықтауға болады (2-сурет) [31]. Жолдың белгілі бір аймағын зерттеу арқылы жол жабындыларының жағдайын анықтауға және бұзылу динамикасын бағалауға болады.



**2-сурет**. ҰҰА 150м қашықтықтан түсірілген түсіріс. Жол жабындыларының жарықшалары мен ойықтары.

ҰҰА артықшылығы дәстүрлі аспаптық түсірістермен салыстырғанда ҰҰА қол жетімсіз жерлерді түсіруге мүмкіндігі мол сондай-ақ оған су кедергілері мен жер бедерінің ерекшеліктері қиындық тудырмайды.

**Нәтижелер мен талқылаулар**

Автомобиль жолдарын салу мен реконструкциялау жұмыстарында геодезиялық ізденістердің үш негізгі этаптары бар:

– Геодезиялық өлшеулердің көмегімен автомобиль жол құрылысын жүргізуде – трассаның осьтерін шығару, жобалық белгілерді нақтылыққа шығару, жер қазу, көму жұмыстарының көлемін есептеу, атқару сызбаларын жасау және т.б. орындалады.

– Геодезиялық сараптамалар мен ізденістер жолдың пландық және биіктіктік деформациясын бақылауға мүмкіндік береді.

– Топографиялық түсірулер топопландар мен карталарды жасау және қажетті есептеулерді жүргізу үшін пайдаланылады.

Осы орындалатын геодезиялық қызмет көрсетулерде қарастырылған әдістердің кейбір элементтері жергілікті жердің жағдайына және салынатын құрылыстың түріне байланысты жетілдірулерді қажет етеді [32].

Аталған этаптарда қолданылатын геодезиялық аспаптар мен технологиялар жұмыстың өнімділігін арттыру мен еңбек шығынын азайту барысына байланысты, өндіріс үдерісі мен құрал-жабдықтарға қойылатын талаптар күшейтіледі. Бұндай жағдайларда геодезиялық жұмыстарды жүргізу бір жағынан азаяды, екінші жағынан күрделіленеді. Демек құрлыс технологияларын орындау барысында жаңа геодезиялық аспаптарды пайдалану тиімді болып табылады.

Жоғарғы сапалы автомобиль жолдарын жобалауда, оларға кететін шығындар мен құрылыста қолданылатын материалдарды азайту мақсатында көлік құрылыстарындағы ізденістер мен жобалаудың дәстүрлі технологиялары мен әдістері осы талаптарға толық көлемде жауап бере алмайды. Ал заманауи технологиялар мен әдістерді пайдалану осы міндеттерді шешуге мүмкіндік береді.

Әрбір зерттелген немесе тәжірибиеден өткен өлшеу әдістері нақты бір есептерді шешуге арналып, түрлі қосымшаларда қолданылады. Әдістер мен аспаптардың артықшылықтары мен кемшіліктеріне байланысты салыстырулар өндірістік және ауа райының табиғи жағдайларына байланысты ең қолайлы әдіс пен керекті құралдарды таңдауға және негіздеуге мүмкіндік береді.

Ғылым мен технологиялардың дамуы, заманға сай өндірістік талаптарға байланысты инженерлік-геодезиялық жұмыс өндірісіне қолданылатын аспаптарды таңдап алуға мүмкіндік береді.

Заманауи геодезиялық аспаптар - бұл механиканың, оптиканың, электрониканың соңғы жетістіктерін қазіргі заманғы спутниктік технологиялармен байланыстырған жоғары технологиялардың өнімі. Әрбір аспап тек техникалық сипаттамалар бойынша ғана емес, өзінің артықшылықтарына байланысты белгілі бір қолдану саласына бағдарланады. Сондықтан оларды белгілі бір міндеттерді шешуде оларды жіктеуге болады.

Шет ел мемлекеттерінің тәжірибесін талдай отырып,геодезиялық ізденістердің жоғары дәлдікте орындалуы құрылыстың қызмет мерзіміне, орындалатын жұмыстардың сапасына, материалдардың шығынына және т. б тікелей әсер етеді деген қорытындыға келуге болады [33,34,35]. Барлық іздестіру жұмыстары жол құрылысын салу мен реконструкциялауда техникалық, экономикалық, экологиялық жағынан тиімді инженерлік шешім қабылдаудан басталады. Бұл дегеніміз жоғарыда айтылған заманауи аспаптар мен технологиялардың автомобиль жолдарын геодезиялық қамтамасыз етуде тиімді екенін көрсетеді.

Жаңа технологиялардың дамуына оларды пайдаланудың қарапайымдылығы мен өлшеулердің жоғары дәлдігі ықпал етеді. Ал жаңа аспаптар жаңа технологияның келуіне, яғни қағаз пландар мен карталардың орнына AutoCAD, Кредо бағдарламаларында өңделіп шығарылған сандық пландар мен карталар пайдаланылады.

**Қорытынды.** Ғылыми-техникалық прогрес бір орында тұрмайтыны белгілі, ол күнделікті біздің өмірде көптеген салаларды жетілдіріп отыр. Соңғы жылдары құрылыс жұмыстарының қарқында дамуына байланысты геодезия саласында қолданатын аспаптар мен құрылғылар да қарыштап дамуда.

Құрылыс алаңында қазіргі заманғы кез келген геодезиялық аспаптар ең маңызды және қажетті өндірістік инновация болып табылады.

Заманауи аспаптар мен технологиялар автомобиль жолдарының жағдайын зерттеуде заманға сай дәлдігі жағынан, еңбек өнімділігі жағынан, экономикалық жағынан тиімді екенін көріп отырмыз.

Жол құрылысының барлық құрылымдарына инновациялық жабдықтарды енгізетін болсақ, автомобиль жолдары желісін дамытуда жақсы қарқын беретіні сөзсіз. Демек экономикалық тұрғыдан да инженерлік-геодезиялық іздестірулерге де қаражатты үнемдеуге болады.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Қазақстан Республикасының Президенті Н.Назарбаевтың Қазақстан халқына Жолдауы. 2014жылғы 11 қараша. Электрондық ресурс:http://www.akorda.kz/kz/addresses/kazakstan-respublikasynyn-prezidenti-nnazarbaevtyn-kazakstan-halkyna-zholdauy-2014-zhylgy-11-karasha.

[2] Реконструкция. Электрондық ресурс:http://www.kazautozhol.kz/index.php/ru/dorogi/rekonstruktsiya

[3] Қазақстан: Еуропа мен Азия арасындағы үндестік. Электрондық ресурс: http://transexpress.kz/

[4] Гура Д.А., Рыжкова А.А., Болобан Т.И., Болгова А.С., Черепанов А.С., Кашаев Б.Р.Основные геодезические работы в строительстве // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). 2016. № 2. С. 133-137

[5] Киргизбаева Г.М. Жоғары геодезия: Оқу құралы. – Алматы: ҚазҰТУ, 2014. – 151б

[6] Авакян В.В. Прикладная геодезия: технологии инженерно-геодезических работ. – 2-е изд. – М.: Инфра-инженерия, 2016. – 588с. Электронный ресурс: http://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-prikladnaya-geodeziya-tehnologii-inzhenerno-geodezicheskih-rabot.pdf

[7] Середович В.А., Середович А.В., Иванов А.В. Способ определения неровности поверхности дорожного полотна : пат. 2509978 Рос. Федерация № 2012136545/28; заявл. 24.08.12; опубл. 20.03.2014. – Бюл. № 8. – 3 с.

[8] Середович В.А., Середович А.В., Иванов А.В. Способ определения состояния поверхности покрытия автомобильной дороги по ее геометрическим параметрам : пат. 2526793 Рос. Федерация, № 2013121067/28; заявл. 07.05.13; опубл. 27.08.2014. – Бюл. № 24. – 3 с.

[9] Нүрпейісова М.Б., Рысбеков К.Б. Геодезиялық аспаптар: Оқу құралы. – Алматы: ҚазҰТУ,2010. – 244б

[10] Рыхымбердина, М. Е. Исследование по совершенствованию высокоточного инженерно-геодезического нивелирования цифровыми нивелирами и электронными тахеометрами [Текст] : автореф. дис. канд. техн. наук : 25.00.32 / Рахымбердина Маржан Есенбековна. – Новосибирск, 2013. – 24 с.

[11] Пронина Л.А. Методика расчета и назначения допусков на геодезические работы для обеспечения высотного положения автомобильных дорог автореферат дис. кандидата технических наук / Сиб. гос. ун-т геосистем и технологий. Новосибирск, 2017

[12] Столбов , С.Ю. Столбова , Л.А. Пронина , А.И Уваров Исследование точности высотного положения поверхности покрытия автомобильной дороги с применением разных геодезических приборов Ю.В. //Вестник СибАДИ, том 15, № 1, 2018. Сквозной номер выпуска – 59 (Vol. 15, no. 1. 2018. Continuous issue – 59)С 97-104;

[13] Столбов, Ю. В., Столбова С. Ю., Д. О. Нагаев Обеспечение точности высотного положения оснований и покрытий автомобильных дорог [Текст] : монография /. – Омск : СибАДИ, 2013. – 144 с

[14] Катькало Ю.А., Подстрелова Е.Н., Терещенко А.С., Тулуевский Н.В. Определение действительных радиусов на закруглениях автомобильных дорог электронным тахеометром. Определение действительных радиусов на закруглениях автомобильных дорог электронным тахеометром.// Вестник Белоруского-Российского университета2012. № 3 (36). С. 89-95.

[15] Хромченко А. В.Особенности использования навигационных и геодезических GPS-приёмников при инженерно-геодезических работах.В сборнике: Проблемы развития региональной сети железных дорог сборник научных трудов. Хабаровск, 2003. С. 186-198.

[16] Буланов М.Ю., Конкин А.В., Щербаков В.В., Барсук М.Н. Разработка системы планирования ремонта и эксплуатации автомобильных дорог по результатам мониторинга с использованием GPS//Гео-Сибирь. 2006. Т. 1. № 1. С. 50-53.

[17] Войцехович Ю.В., Цыванеко А.М., Трубчанинов А.Д.Опыт использования GPS для топографических съемок автомобильных дорог в режиме "Кинематика"Маркшейдерский вестник. 2002. № 2. С. 43-50.

[18] Калядина А.Н.Роль Глобальных Систем Позиционирования в обследовании дорогВ сборнике: Сборник научных статей победителей конкурсов научно-исследовательских работ студентов РУДН в 2017/2018 учебном году Под редакцией Д.В. Накисбаева. Москва, 2018. С. 65-68

[19] Ingensand H., Ryf A., Schulz T. Performances and experiences in terrestrial laser scanning. Procs. 6th Conference on Optical 3-D Measurement Techniques, pp 236-243, Zrich, Switzerland, September 22-25, 2003

[20] Iavaronea A., Martina E. Calibration verification facilities for long range laser scanners. Procs. 6th Conference on Optical 3-D Measurement Techniques, Zrich, Switzerland, September 22-25, 2003, pp 268-278,

[21] Yang, B., 2012. Automated Extraction of Road Markings from Mobile Lidar Point Clouds. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. Volume: 78. Issue: 4. 331–338.

[22] Williams K., Olsen M., Roe G., Glennie C. Synthesis of Transportation Applications of Mobile LIDAR. Remote Sens. 2013;5:4652–4692. doi: 10.3390/rs5094652

[23] Кочнева А.А Обоснование методики оценки качества построения цифровых моделей рельефа по данным воздушного лазерного сканирования при проектировании автодорог.автореферат дис. .кандидата технических наук / С.-Петерб. гос. гор. ун-т. Санкт-Петербург, 2016

[24] Герасюк Е.А., Комиссаров А.В. Применение наземного лазерного сканирования для инженерно-геодезических изысканий при реконструкции автомобильных дорог//Интерэкспо Гео-Сибирь. 2017. Т. 9. № 1. С. 37-42. 26

[25] Середович В.А., Комиссаров А.В., Комиссаров Д.В., Широкова Т.А. Наземное лазерное сканирование: монография. – Новосибирск: СГГА, 2009. – 261 с.

[26] Сарычев Д.С. Мобильное лазерное сканирование //САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1 (1). С. 36-41

[27] Евтюков С.А., Перевалов Н.В. Лазерное сканирование при строительстве и ремонте автомобильных дорог Вестник гражданских инженеров. 2018. № 4 (69). С. 132-137.

[28] Ловягин, В. Ф. Информационные технологии в инженерных изысканиях трасс линейных сооружений : монография / В.Ф. Ловягин. – Новосибирск: СГГА, 2010. – 153 с.

[29] Zhou, G., Yang, J., Li, X., Yang, X., 2012. Advances of flash LiDAR development onboard UAV. ISPRS – Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inform. Sci. XXXIX-B3, 193–198.

[30] Балабкина Е.Н., Большакова Д.А Использование беспилотных летательных аппаратов для мониторинга линейных сооружений.Актуальная наука. 2018. № 9 (14). С. 6-8.

[31] Филиппов Д.В., Великжанина К.Ю., Грядунов Д.А. Состояние автомобильных дорог изучает БПЛА // Дороги. Инновации в строительстве. №20. Июль. 2012. С.74-78.

[32] Lamm, R., Psarianos, B. and Mailaender, T. “ Highway Design and Traffic Safety

[33] Powell W. D., Potter J. F., Mayhew H. C., Nunn M.E. The Structural Design of Bituminous Roads // Transport and Road Research Laboratory, TRRL Laboratory Report 1132, Department of Transport, Berkshire, United Kingdom.62p.

[34] Sawangsuriya A., Edil T. B. Evaluating Stiffness and Strength of Pavement Materials // Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Geotechnical Engineering 158, Issue GE4 2005. Pp. 217-230.

[35] Sukumaran B., Kyatham V., Shah A., Sheth D. Suitability of Using California Bearing Ratio Test to Predict Resilient Modulus // Proceedings: Federal Aviation Administration Airport Technology Transfer Conference, 2002. 9p.

Сарсембекова З.К., Пентаев Т. П.

**Особенности применения современных приборов и технологий в определении планово-высотного положения автомобильных дорог**

**Резюме.** В статье рассмотрен опыт применения современных геодезических приборов, повышающих точность измерений съемок в инженерно-геодезических изысканиях, проводимых при проведении работ по строительству и реконструкции автомобильных дорог, в частности, на всех этапах работ и ускоряющих технологию выполнения работ. То есть речь идет об актуальности геодезических измерений, проводимых в современных строительных работах.

Кроме того особое внимание уделено видам современных инструментов и приспособлений, таких как, электронный тахеометр, GPS, беспилотный летательный аппарат, лазерный сканер и и.т.п, а также предусмотрены области применения.

**Ключевые слова:** геодезические приборы, GPS, беспилотный летательный аппарат, система глобальных навигационных система, геоинформационная система, лазерный сканер, автомобильные дороги.

УДК 621.39

**M.K. Nurgaliyev, A.K. Saymbetov, U.K. Bekturgan, M.Y. Shaimerdenova, N.B. Kuttybay, D.Kh. Tukymbekov**

## DEVELOPMENT OF WIRELESS TOUCH NETWORKS ON THE BASIS OF LORA WAN AND NRF24L01 TECHNOLOGIES AND THE STUDY OF THE DISTRIBUTION OF RADIO WAVES IN DIFFERENT CONDITIONS

**Abstract.** Wireless sensor networks are becoming increasingly common in various fields of human activity. To deploy a working wireless sensor network, it is necessary to study its energy and information capabilities, range of operation and other parameters. To this end, in this work has been developed wireless sensor networks based on the LoRa-01 and NRF24L01 technologies and investigated the signal power at the receiver input in open areas, in the building and in urban environments. As a result of the experiments, the power spectra of the signals of the devices were obtained, as well as graphs of the signals depending on the distance and the antenna pattern of the developed modules was constructed. LoRa-01 devices based on LoRa technologies showed the best results. In the future, we plan to develop a wireless sensor network with IoT support.

**Key words:** wireless sensor network, LoRa technology, radio propagation, NRF module, energy-efficient sensor network.

**М.К. Нұрғалиев, А.К. Саймбетов, Ұ.Қ. Бектұрған, М.Е. Шаймерденова, Н.Б Құттыбай, Д.Х. Тукымбеков**
(Казахский Национальный университет им. аль-Фараби, Алматы,
Республика Казахстан Email: madiyar-08@mail.ru)

## РАЗРАБОТКА БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ LoRa WAN И NRF24L01 И ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ

**Аннотация:** Беспроводные сенсорные сети получают все большее распространение в различных сферах человечкой деятельсности. Для развертывания рабочей беспроводной сенсорной сети необходимо исследование ее энергетических и информациионных возможностей, дальности дейтсвия и других параметров. С этой целью в данной работе были разработаны беспроводные сенсорные сети на основе технологий LoRa-01 и NRF24L01 и исследованы мощности сигналов на входе приемника на открытой местности, в здании и городских условиях. В результате экспериментов были получены спектры мощности сигналов устройств, а так же графики зависимости сигналов от расстояния и диаграммы направленности антенн разработанных модулей. Устройства LoRa-01 на основе технологий LoRa показали лучшие результаты. В дальнейшем планируется разработка беспроводной сенсорной сети с поддержкой IoT.

**Ключевые слова**: беспроводная сенсорная сеть, технология LoRa, распространения радиоволн, NRF модуль, энергоэфективная сенсорная сеть.

### Введение

Парадигма Интернета вещей (IoT) представляет вычислительную сеть, подключенную к глобальной сети Интернет, отдельные объекты которой способны взаимодействовать друг с другом или с внешней средой. Исследования, проводимые в области расширения возможностей Интернета

вещей, привели к разработке принципиально новых путей использования возможностей виртуального пространства. Формируются такие категории, как: умные дома, умные города, умный транспорт, умные сети [1-2]. Для IoT не существует фиксированной модели развертывания и все зависит от фантазии и запросов пользователя. Эксперты ожидают подключения более 50 млрд объектов к 2020 году [3]. Большинство устройств будет иметь автономный источник питания. В связи с этим, одной из важных характеристик интернет вещей является продолжительность работы устройства без дополнительного обслуживания и зарядки. Для эффективного решения задач, связанных с энергопотреблением, существуют новые типы сетей LPWAN (LowPowerWideAreaNetworks). Технологии, которые позволяют подключать автономные устройства к глобальной сети, появились в последние несколько лет, и постепенно набирают популярность [4]. Наиболее популярными среди таких технологий являются LoRa, SIGFOX, NB-IoT, Weightless P, nRF24L01+ и др.

В данной работе мы рассмотрим технологии LoRa и NRF24L01 для развертывания сети с поддержкой IoT. Когда говорят о технологии LoRa (протокол LoRaWAN), то чаще всего имеют ввиду и метод модуляции LoRa, разработанный Semtech, и открытый протокол LoRaWAN. Сеть LoRaWAN имеет простую архитектуру типа «звезда» (от англ. star) без ретрансляторов и mesh-связей. Узлам сети характерны низкое энергопотребление, невысокая скорость обмена данными, большая дальность связи (15 км в сельской местности и 5км в плотной городской застройке) и низкая стоимость оконечного оборудования [5]. Устройства на основе технологии LoRa являются идеальным решением для развертывания масштабируемых сенсорных сетей невысокой скорости передачи данных и большой дальности связи при низких уровнях потребления. Приемопередающее устройство NRF24L01+ - микросхема радиочастотного приемопередатчика, работающего на частоте 2,4 ГГц, с помощью которого можно организовать малую локальную сеть, например, для создания «умного дома» или для дистанционного мониторинга и управления различных устройств на промышленном объекте. Трансивер отличается надежностью передачи данных и низким потреблением энергии. К недостаткам можно отнести малый радиус действия устройства около 100 м в условиях прямой видимости [6].

Целью данной работы является разработка беспроводных модулей передачи данных на основе LoRa и NRF24L01 и исследование их возможностей в различных условиях.

**Методика исследования**

Технология беспроводной передачи данных с низким энергопотреблением на больших расстояния LoRa использует нелицензированный спектр радиочастот в промышленном, научном и медицинский радиочастотном диапазоне (ISM band) [7]. Разработчики LoRa поставили цель снизить стоимость устройства, увеличить срока службы батарей на устройствах, повысить пропускную способности сети при поддержке большого количества устройств. Для достижения низкого энергопотребления большинство беспроводных технологий используют частотную модуляцию (FSK). Суть технологии сводится к линейному расширению спектра (Chirp Spread Spectrum, CSS) для поддержания характеристик низкой мощности в интересах увеличения дальности связи. Классическая сеть LoRaWAN состоит из следующих элементов: конечные узлы, шлюзы, сервер сети и сервер приложений [8]. Сеть LoRa обычно имеет топологию «звезда», в которой конечные устройства подключаются через линию LoRa с одним переходом к одному или нескольким шлюзам, которые, в свою очередь, подключаются к общий сетевой сервер (NetServer) по стандартным IP-протоколам. В сетях LoRaWAN каждый шлюз пересылает данные к облачному серверу через какую-либо транспортную сеть. Шлюзы выступают в качестве своего рода мостов для кодирования и декодирования информации, полученной от оконечных устройств и передавая ее к серверам. Шлюз LoRa обеспечивает одновременную работу с 8 каналами, и каждый канал идентифицируется поддиапазонм и коэффициентом расширения.

Технология NRF24L01 работает на той же частоте что и ZigBee однако имеет очень низкий уровень мощности сигнала, вследствие этого имеет низкий уровень потребления, по сравнению с технологией ZigBee. Каждое устройство способно одновременно работать с 6 другими устройствами [12]. Наиболее важным параметром данной технологии является гибкость построения сети. Устройство не требует дополнительного программного обеспечения и работает при питании 3,3В. Для сравнения выбраны следующие технологии беспроводной связи: NRF24L01 и LoRa. Данные технологии выбраны в связи с их релевантностью к нашей цели и относительно невысокой стоимостью на рынке. Нашей главной задачей при анализе данных технологий является исследование распространения сигнала и уровня ослабления сигнала в пространстве в процессе передачи данных с целью выявления

возможности использования той или иной технологий в различных условиях. С этой целью необходимо разработать приемопередающее устройства.

На рисунке 1 показана схема трансивера LoRa-01. Питание устройства производится двумя Li-ion аккумуляторами стандарта 18650 напряжением 3,7 В, контроллером ATMega328, понижающим преобразователем для согласования напряжений AMS1117. На рисунке 2 показана аналогичная схема трансивера. Однако в качестве трансивера выступает NRF24L01. Устройство так же оснащено аккумуляторами и понижающим DC-DC преобразователем AMS1117, так как является маломощным устройством.

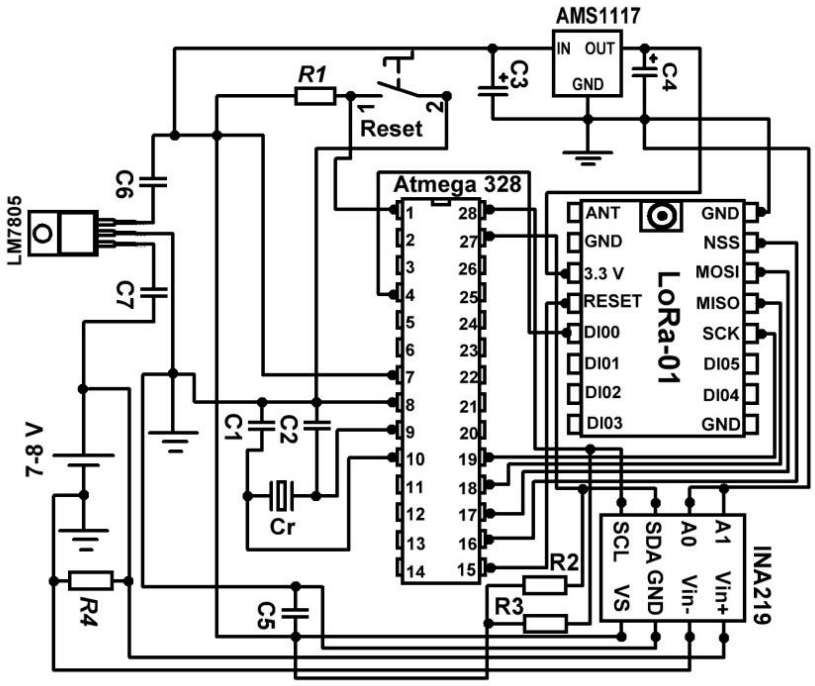



**Рис.1.** Электрическая схема трансивера на основе модели LoRa-01

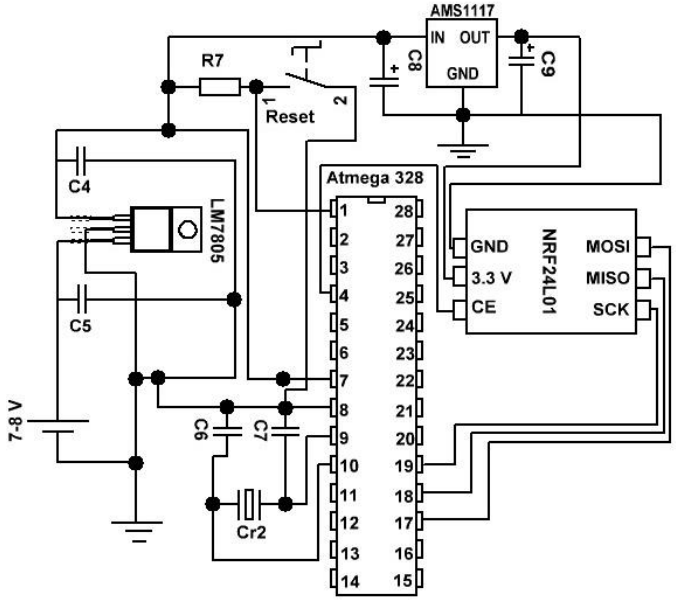



**Рис.2.** Электрическая схема трансивера NRF24L01

Используемый метод исследования мощности сигнала на приемнике заключается в измерении мощности принимаемого сигнала с помощью анализатора спектра на различном расстоянии от источника электромагнитного излучения в открытой местности а так же в присутствии препятствий. Данный метод часто используется в мобильной связи для оценки уровня сигнала базовой станции.

**Результаты и обсуждения**

Для анализа использован одноименный модуль со встроенной антенной. На рисунке 3 показан спектр электромагнитных колебаний в диапазоне частот 2,45 ГГц и 2,6 ГГц, полученный на портативном анализаторе спектра AgilentTechnologiesN9340B. На открытом пространстве мощность сигнала быстро снижается со значения -47 дБм на расстоянии нескольких сантиметров до значения -75 дБм через 10 м. Дальнейшее снижение уровня мощности сигнала происходит намного медленнее. На расстоянии около 100 метров уровень сигнала составляет -99 дБм и практически неотличим от фонового шума. Внутри здания уровень сигнала снижается с -53 дБм на расстоянии нескольких сантиметров до -89 дБм на расстоянии 100 м.

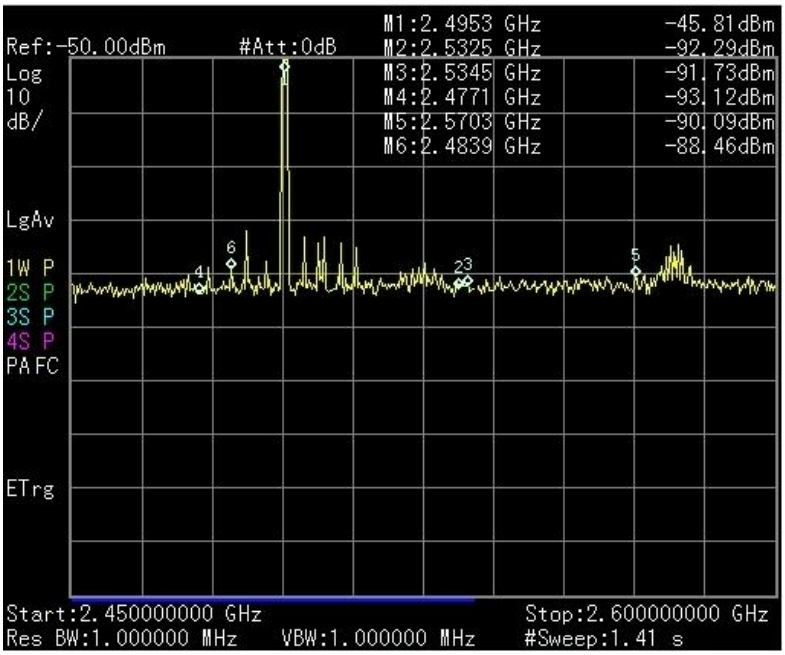



**Рис.3.** Спектр сигнала NRF24L01 на расстоянии нескольких сантиметров от передатчика

При анализе работы трансивера LoRa-01 получены следующие результаты. На рисунке 4 показан спектр колебаний в диапазоне частот от 420 МГц до 460 МГц на расстоянии нескольких сантиметров от передатчика. На открытой местности на расстоянии нескольких сантиметров мощность сигнала находится на уровне -5 дБм, на расстоянии 100 м снижается до уровня -69 дБм.

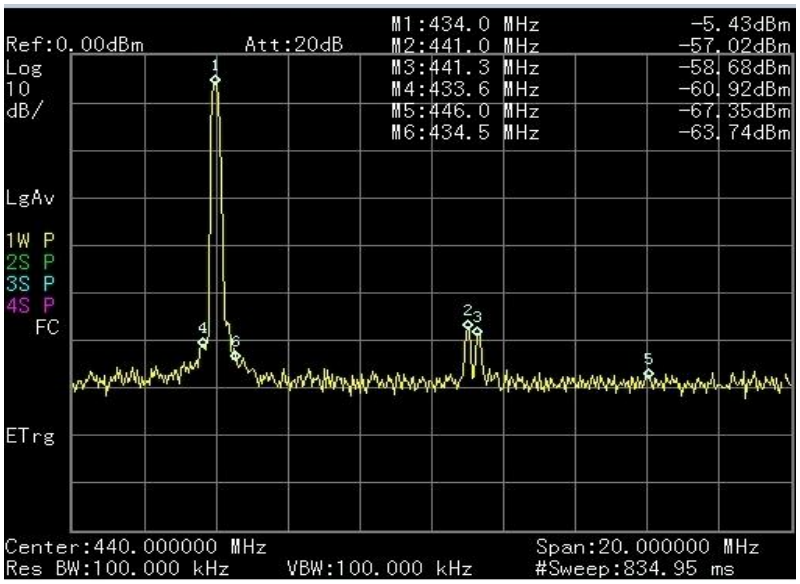



**Рис.4.** Спектр сигнала LoRa на расстоянии нескольких сантиметров от передатчика

В здании уровень сигнала, по сравнению с модулями NRF24L01 находится на порядок выше, на уровне -24дБм на расстоянии нескольких сантиметров и снижается до значения -83дБм при котором приемник все еще способен разобрать, хотя и с задержкой, полученные текстовые сообщения. На рисунке 5 показана зависимость мощности сигнала от расстояния. Кривая мощности сигнала от LoRa лежит выше чем сигнала от NRF24L01, что говорит о низких потерях по сравнению с NRF24L01 при передаче на расстояние до 100 м. Данная технология позволяет установить связь на расстоянии 600 м от источника питания в городских условиях. При этом мощность принимаемых сигналов оказалась равной -120 дБм.

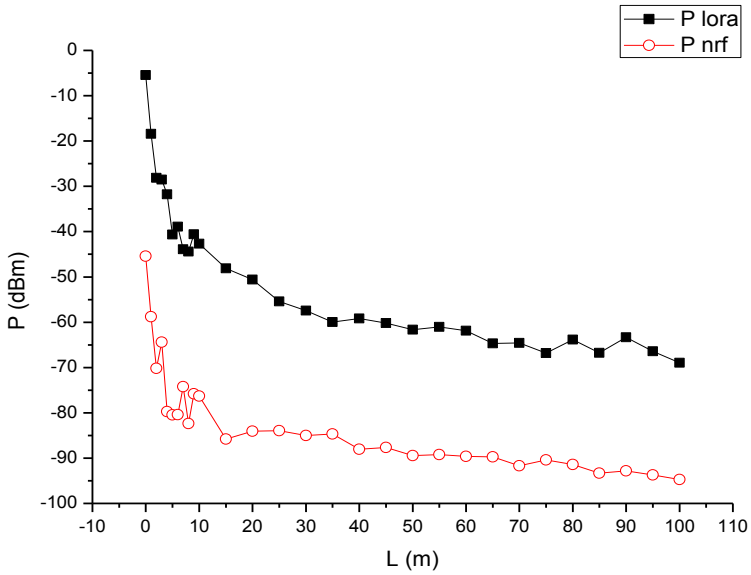



**Рис.5.** Зависимость мощности сигналов передатчиков NRF24L01 и LoRaот расстояния в открытой местности

При исследовании ослабления сигнала внутри здания располагался передатчик посередине коридора на 3 этаже, приемник отслеживал уровень мощности на расстоянии от 0 до 30 метров на том же этаже в одну и другую сторону по коридору, на этажах выше и ниже данного этажа. На рисунке 6 показана схема расположения приемных устройств относительно передающего. На рисунке 7 показана зависимость мощности сигналов передатчиков NRF24L01 и LoRa от расстояния на различных этажах внутри здания. Как видно из графиков изменения уровня мощности сигналов, уровень мощности сигналов от передатчика LoRa находится выше на всех этажах, нежели уровень сигнала от NRF24L01.

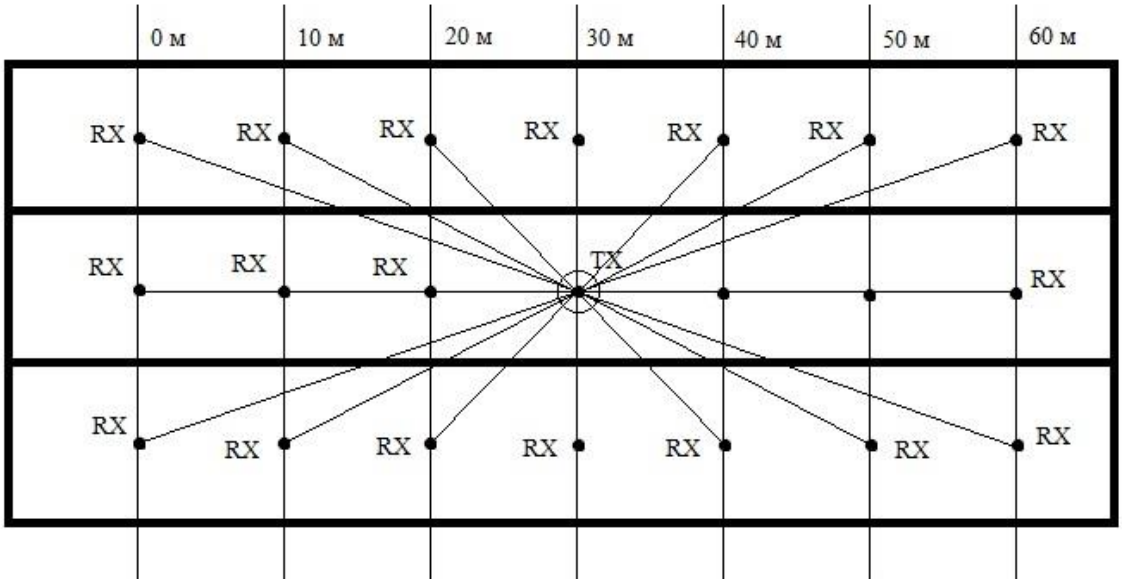



**Рис.6.** Схема расположения узлов сенсорной сети в здании для определения уровня мощности сигнала

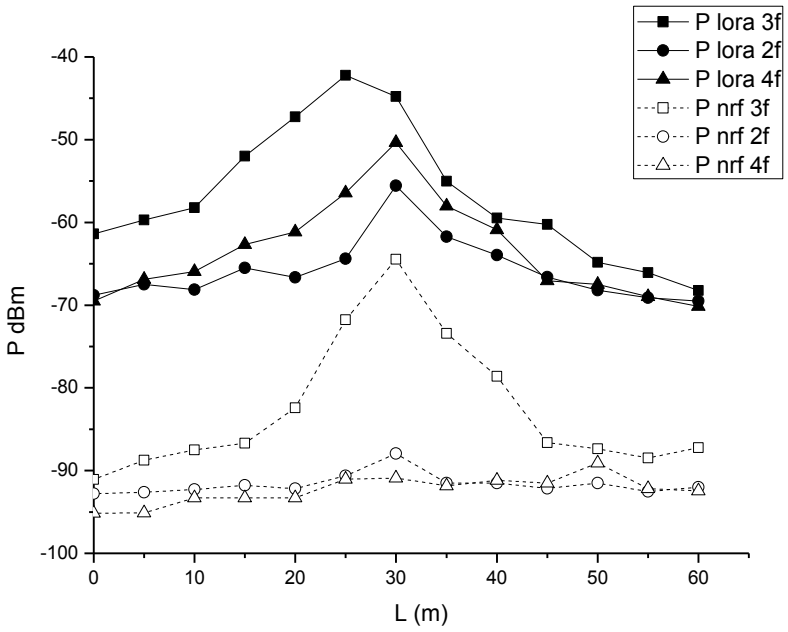



**Рис.7.** Зависимость мощности сигналов передатчиков NRF24L01 и LoRa от расстояния на различных этажах внутри здания

Для более детального исследования уровня ослабления сигнала при использовании в городской местности был проведен эксперимент по исследованию мощности сигнала в зависимости от направления. Расстояние от передающего устройства до принимающего устройства составило 10 метров. Эксперимент был проделан в открытой местности и с учетом влияния здания. На рисунке 8 показана схема расположения передатчика, приемника и препятствия.

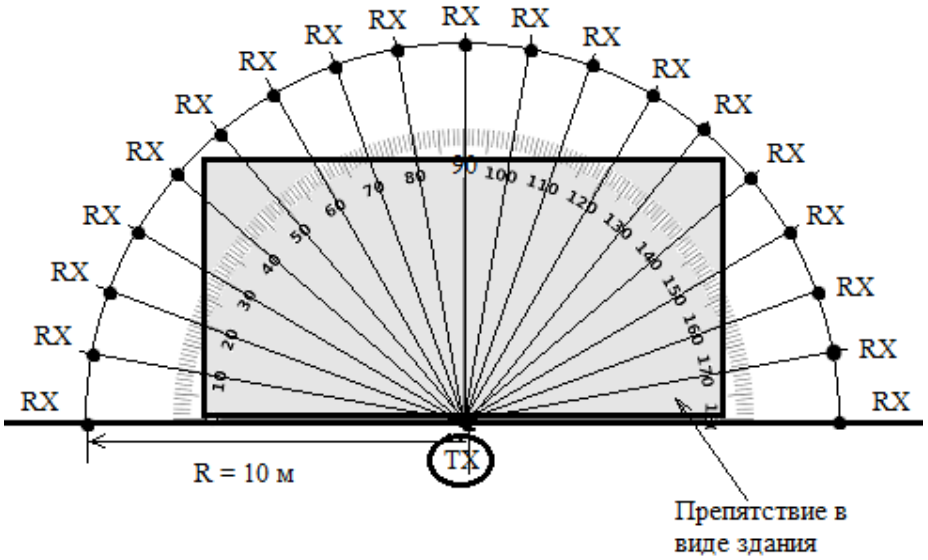



**Рис.8.** Схема расположения передатчика, приемника и препятствия

Полученные результаты были обработаны и представлены в виде кривых на рисунке 9. Здесь “P, LoRaopen” – мощность сигнала передатчика LoRaRa-01 в открытой местности, “P, LoRabuild” - мощность сигнала передатчика LoRaRa-01 при распространении сигнала с препятствием в виде здания. Аналогично, “P, nrfopen”, “P, nrfbuild” – мощности сигнала в открытой местности и с препятствием соответственно. “P, nrfantopen” и “P,nrfantbuild” – мощности сигналов передатчика NRF24L01 в открытой местности и с препятствием с использованием дипольной антенны, длиной 25 мм.

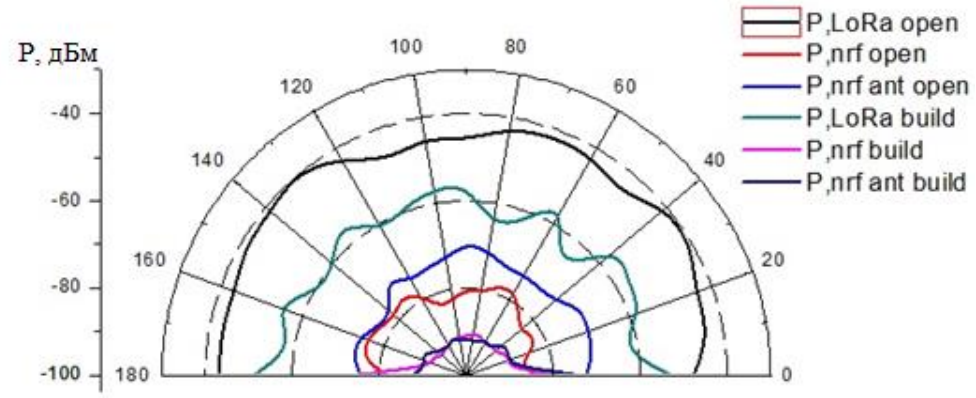



**Рис.9.** Зависимость мощности сигнала от направления распространения сигнала

Как видно из рисунка технология LoRa показывает лучшие результаты в данном случае. Мощность сигнала в открытой местности у данного передатчика практически равна во всех направлениях, и составляет -40 дБм, что нельзя сказать о диаграмме направленности NRF24L01. Встроенная микрополосковая антенна данного устройства дает несимметричную картину с низкой мощностью около -80 дБм. При использовании дипольной антенны мощность сигнала выросла и диаграмма направленности стала более симметричной. Мощности сигнала передатчика LoRa с препятствием колеблется в пределах от -60 дБм до -55 дБм, а диаграмма направленноти так же симметрична относительно центра. Передатчик NRF24L01 имеет мощность сигнала около -90 дБм даже с использованием внешней дипольной антенны.

**Заключение**

В ходе проведенной работы был исследован уровень мощности сигнала на открытом пространстве и в помещении, а так же для имитации распространения волн в городских условиях, исследовано распространение волн сквозь здания для трансиверов LoRa и NRF24L01.

В результате проведенных лабораторных экспериментов выявлено, что сигналы от передатчика LoRa-01 при распространении в открытом пространстве, в здании и сквозь препятствия будут иметь больший уровень мощности по сравнению с сигналами от передатчика NRF24L01 на расстоянии до 100 м. Данная модель позволяет установить связь на расстоянии 600 м в городских условиях при мощности приемника -120 дБм. В дальнейшем мы планируем использование технологии LoRa для создания сети с поддержкой IoT.

ЛИТЕРАТУРА

[1] A. M. Abu-Mahfouz, T. Olwal, A. Kurien, J. L. Munda, and K. Djouani,“Toward developing a distributed autonomous energy managementsystem (DAEMS),” in *Proc of the IEEE AFRICON 2015 Conference*, 3.14–17 September, Addis Ababa, Ethiopia, 2015, pp. 1–6.

[2] A. M. Abu-Mahfouz, Y. Hamam, P. R. Page, and K. Djouani, “Realtimedynamic hydraulic model for potable water loss reduction,”*Procedia Eng.*, vol. 154, no. 7, pp. 99–106, 2016.

[3] Want, Roy, Bill N. Schilit, and Scott Jenson. "Enabling the internet ofthings," *Computer, vol.* 48, no. 1, pp 28-35, 2015.

[4]Koucheryavy A., Vladyko A., Kirichek R., Makolkina M., Paramonov A., Vybornova A., Pirmagomedov R.: The Prospects for Research in the Field of Communications Networks on the 2017–2020 Years // Telecom IT. 2016.

[5] Светлов А.И. ОднокристальныеISM-трансиверы Semtech: уверенная связь в сложных условиях. – М: Вестник связи, 2015. – № 4. – С. 32-34

[6] Лихолетова М.В., Устюгов В.А. Технический обзор микросхемы приемопередатчика nRF24L01+ // Международный научный журнал «JuvenisScientia». СПб: Издательство «Социально-гуманитарное знание». — 2016. №6. С.4-5.

[7] A. J. Wixted, P. Kinnaird, H. Larijani, A. Tait, A. Ahmadinia, and N.Strachan, “Evaluation of LoRa and LoRaWAN for wireless sensornetworks,” *IEEE SENSORS*, 2016, pp. 1–3.

[8] Гимранов Р. Р., Киричек Р. В., Шпаков М. Н. Технология межмашинного взаимодействия LoRa // Информационные технологии и телекоммуникации. 2015. № 2 (10). С. 62–73. URL: http://www.sut.ru/doci/nauka/review/2-15.pdf

[9] Centenaro, M., Vangelista, L., Zanella, A., Zorzi, M. Long-Range Communications in Unlicensed Bands: the Rising Stars in the IoT and Smart City Scenarios // IEEE Wireless Communications. 2016. Vol. 23. Iss. 5. pp. 60–97

[10] Alexandru, L.; Valentin, P. A LoRaWAN: Long Range Wide Area Networks Study. In Proceedingsof the International Conference on Electromechanical and Power Systems (SIELMEN), Iasi, Romania,11–13 October 2017; pp. 417–420.

[11] Albert, P.; Florian, H. Practical Limitations for Deployment of LoRa Gateways. In Proceedings of the IEEEInstrumentation and Measurement Society, Naples, Italy, 27–29 September 2017; pp. 1–5.

[12] NordicSemiconductor, Техническая характеристика nRF24L01 – Отто Нилсенс. – 2007. – 74 с.

[13] Лихолетова М.В., Устюгов В.А. Технический обзор микросхемы приемопередатчика nRF24L01+ // Международный научный журнал «JuvenisScientia». СПб: Издательство «Социально-гуманитарное знание». — 2016. №6. С.4-5.

Нұрғалиев М.К., Саймбетов А.К., Бектұрған Ү.Қ., Шаймерденова М.Е.,
Құттыбай Н.Б., Тукымбеков Д.Х.

**LoRa WAN және NRF24L01 технология негізінде сымсыз сенсорлы желіні жасау және әр түрлі жағдайда радиотолқындардың таралуын зерттеу**

**Түйіндеме.** Сымсыз сенсорлық желілер адамзат қызметінің түрлі салаларында кеңінен таралған. Жұмыс істеп тұрған сымсыз сенсорлы желіні өрістету үшін оның энергетикалық және ақпараттық мүмкіндіктерін, қызмет ету қашықтығын және басқа да параметрлерді зерттеу қажет. Осы мақсатта бұл жұмыста LoRa-01 және NRF24L01 технологиялары негізінде сымсыз сенсорлық желілер әзірленді және ашық жерде, ғимаратта және қалалық жағдайларда қабылдау құрылғысындағы сигналдардың қуаты зерттелді. Эксперимент нәтижесінде әзірленген модульдердің сигналдарының қуат спектрлері, сондай-ақ сигналдардың арақашықтықтан тәуелділік графиктері және антенналарының бағытталу диаграммалары алынды. LoRa технологиясы негізінде жасалынған LoRa-01 құрылғылары үздік нәтижелер көрсетті. Одан әрі IoT технологиясын қолдануымен сымсыз сенсорлық желіні әзірлеу жоспарлануда.

**Кілт сөздер:** сымсыз сенсорлық желі, LoRa технологиясы, Радиотолқын таралуы,NRF модуль, энерготиімді сенсорлық желі.

УДК 621.8.78.

**R.A. Kozbagarov, M.A. Jumanov, Y.B. Kaliyev**

**THE INTERACTION OF THE OPERATING TOOL OF THE BULLDOZER WITH THE STICKY ROCKS WITHOUT A COMPACTED CORE**

**Abstract.** The processes of interaction of the bulldozer blade with sticky rocks are a set or a combination of elementary interactions - active and passive resistance to the movement of the operating tools in a sticky environment on the surface of the operating tools must be calculated taking into account the speed of movement, which determines the speed of application of the load, affects the amount of resistance.

**Keywords**: Bulldozer, blade, knife, soil, digging

**Р.А. Козбагаров, М.А. Жуманов, Е.Б. Калиев**
(Сәтбаев университеті, г. Алматы, Республика Казахстан, ryctem_1968@mail.ru)

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ РАБОЧЕГО ОРГАНА БУЛЬДОЗЕРА С ЛИПКИМИ ПОРОДАМИ В ОТСУТСТВИЕ УПЛОТНЕННОГО ЯДРА**

**Аннотация.** Процессы взаимодействия отвала бульдозера с липкими породами представляют собой совокупность или сочетание элементарных взаимодействий - активного и пассивного сопротивления перемещению рабочих органов в липкой среде по поверхности рабочих органов необходимо рассчитывать с учетом скорости перемещения, который обусловливает скорость приложения нагрузки, влияет на величину сопротивления.

**Ключевые слова:** Бульдозер, отвал, нож, грунт, копания.

Работоспособность и эффективность средств механизации определяются особенностями взаимодействий рабочих органов с нефтебитуминозными породами. Совершенствование оборудования возможно на основе количественной и качественной оценки процессов взаимодействия, которые осложняются липкостью породы. Необходимо установить характерные типы взаимодействий элементов рабочих органов, действующих в общей совокупности взаимодействия рабочего органа в целом.

Совершенствование использования машин, разработка нормативной базы и рекомендаций по модернизации оборудования зависят от глубины познания особенностей взаимодействия рабочих органов машин и обрабатываемого материала в зоне контакта. Взаимодействия различных по конструкции и назначению рабочих органов со средой с учетом их параметров и свойств материала - основа расчетного определения возникающих сопротивлений, необходимых при проектировании и совершенствовании машин

и механизмов. Изучение сути происходящих при этом процессов позволяет определить составляющие общего сопротивления, проверить на практике теоретические положения, выявить влияние отдельных свойств материала и конструктивных параметров рабочего органа на взаимодействие в целом.

Накоплен большой опыт по использованию различных средств и способов, позволяющих проникнуть в суть процесса взаимодействия рабочих органов с материалом. Регистрацию перемещений частиц материала относительно массива и органа, передающего нагрузку, а также развития процессов в целом широко используют при исследованиях резания грунтов различными рабочими органами обработки металлов давлением, движения тел различной конфигурации в жидкостях и газах, перемещения частиц материалов в процессе обогащения и др. Анализ проведенных исследований позволяет выявить процессы, протекающие при взаимодействии рабочих органов и тел различной конфигурации со средой.

Наиболее распространенные рабочие органы землеройных машин, предназначенных для разработки и перемещения грунта, - отвальные, поэтому взаимодействие их с грунтом исследовано наиболее полно. В.И. Баловнев [1] выделяет три зоны при взаимодействии отвала бульдозера с грунтом: формирования стружки у режущей кромки; движения пласта по отвалу и зону разрыхленного материала, образующую призму волочения. При наборе грунта в ковшовый орган на завершающем этапе также выделяются три характерные зоны: отделения грунта от массива и формирования пласта; движения пласта (части грунта) внутри ковша и зона неподвижных участков внутри ковша. Кроме того, Ю.А. Ветров [2] учитывает зону разрушения материала в боковых расширениях прорези.

Липкость почвогрунтов и мероприятия по ее снижению изучены Р.П. Заднепровским [3,4,5]. Основными методами снижения адгезии влажных грунтов являются:

- создание на границе грунт - рабочий орган пограничного слоя из полиэтилена, эпоксидных композиций, резины, органических смазок, водных прослоек при электроосмосе, снижающих силы прилипания в 1,2-5 раз и повышающих производительность машин на 10 - 40%;

- внешние воздействия вибрацией звуковой частоты, ультразвуком, магнитным полем, а также нагрев поверхностей рабочих органов;

- комбинированные методы;

- конструктивно-технологические мероприятия, включающие уменьшение площади контакта, снижение времени контакта за счет увеличения скорости перемещения рабочих органов.

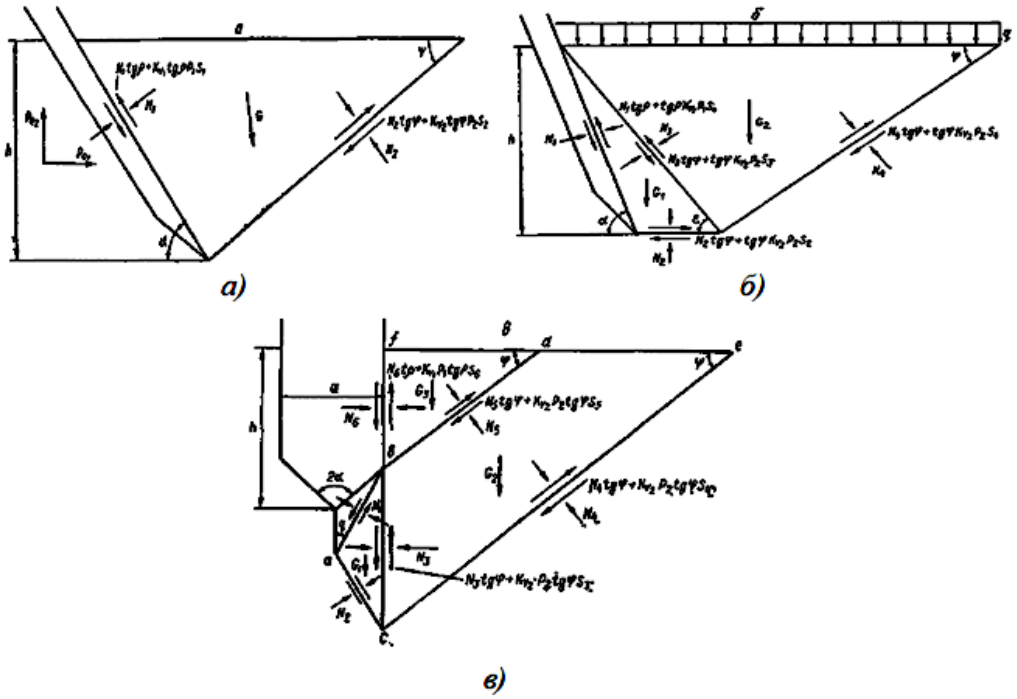



**Рис. 1.** Физическая модель активного взаимодействи
*а - при отсутствии уплотненного ядра; б- наличии его;*
*в- при нормальном воздействии рабочего органа на массив породы*

Работоспособность и эффективность средств механизации определяются особенностями взаимодействий рабочих органов с липкими породами. Совершенствование оборудования возможно на основе количественной и качественной оценки процессов взаимодействия, которые осложняются

липкостью породы. Необходимо установить характерные типы взаимодействий элементов рабочих органов, действующих в общей совокупности взаимодействия рабочего органа в целом.

Величина липкости материалов характеризуется силой отрыва, отнесенной на единицу площади, работой отрыва и временем, необходимым для нарушения связи между контактируемыми материалами при действии постоянной нагрузки. Часто липкость характеризуют минимальной силой, необходимой для отрыва. Эту величину называют адгезионной прочностью, адгезионным давлением (напряжением), давлением прилипания или удельным прилипанием.

Поскольку при разрушении контакта двух тел происходит чаще всего адгезионно-когезионный разрыв связи, то по-видимому при характеристике слипания поверхностей двух разнородных материалов следует употреблять термин прилипание. Природа его окончательно не выявлена, но известно несколько теорий, объясняющих физико-химическую сущность адгезионных явлений: адсорбционная, электрическая, диффузионная, химическая и др.

Математическая модель активного взаимодействия может быть получена на основе рассмотрения двух возможных перемещений или воздействий элементов рабочих органов на материал: касательного и нормального к поверхности липки породы [6,7,8,9,10,11]. Первая схема реализуется при перемещении рабочих органов бульдозера, экскаватора, погрузчика, скребкового конвейера; вторая - при внедрении рабочих органов экскаватора, бульдозера, воздействия их ходовых частей, штампов на массив породы. В зависимости от угла воздействия или заострения рабочего органа каждая схема может быть двух видов, которые отличаются наличием или отсутствием уплотненного ядра, дополняющего рабочий орган.

Влияние скорости перемещения для любой схемы взаимодействия на возникающие сопротивления проявляется по поверхностям скольжения и рабочего органа. Этот показатель учитывают так же, как и при пассивном взаимодействии, коэффициентом влияния скорости.

Для модели активного взаимодействия может быть принят за основу метод поэлементного расчета сопротивлений. При этом необходимо принять следующие допущения: призмы материала, ограниченные плоскостями скольжения, при взаимодействии не подвергаются уплотнению, а являются как бы «затвердевшими телами»; плоскости скольжения имеют прямую форму и выходят на свободную поверхность под углом, равным $\frac{\pi}{4}-\frac{\varphi}{2}$, где $\varphi$ -угол внутреннего трения липкой породы.

Рассмотрим схему активного взаимодействия [12,13,14,15] при касательном перемещении рабочего органа и угле его наклона меньше $\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}$, т. е. когда уплотненное ядро отсутствует (рисунок 1, а, б, в). Согласно методу поэлементного расчета сопротивления [6,8], искомое сопротивление может быть найдено путем последовательного рассмотрения условий равновесия призм материала, ограниченных поверхностями скольжения.

С учетом сцепления материала и скорости сдвига по поверхностям скольжения математическая модель процесса может быть получена при решении системы уравнений подвижного равновесия:

$$\begin{aligned}\sum x &= N_1\sin\alpha+\left(Ntg\delta+tg\rho\cdot K_{\upsilon 1}p_1S_1\right)\cos\alpha-N_2\cdot\sin\psi-\left(N_2tg\varphi+tg\varphi\cdot K_{\upsilon 2}p_2S_2\right)\cos\psi=0,\\ \sum y &= N_1\cos\alpha-\left(N_1tg\rho+tg\rho\cdot K_{\upsilon 1}p_1S_1\right)\sin\alpha+N_2\cdot\cos\psi-\left(N_2tg\varphi+tg\varphi\cdot K_{\upsilon 2}p_2S_2\right)\sin\psi-G=0,\end{aligned}\quad (1)$$

где $N_1$ - сила нормального давления на лобовую поверхность рабочего органа; $N_2$ - нормальная сила, действующая на поверхности скольжения материала; $\alpha,\psi,\rho,\varphi$ - углы соответственно наклона (резания) рабочего органа, наклона плоскости скольжения, внешнего трения, внутреннего трения; $p_1$ - удельное прилипание; $p_2$ - сцепление; $K_{\upsilon 1}$ и $K_{\upsilon 2}$ - коэффициенты влияния скорости на показатели липкости и сцепления; $G$ - силы тяжести материала, ограниченного поверхностями скольжения; $S_1$ и $S_2$ - площади плоскостей скольжения.

При глубине резания $h$, ширине рабочего органа $b$ и плотности материала $\gamma$ сила тяжести материала, ограниченного плоскостями скольжения, может быть определена по формуле

$$G=\frac{1}{2}\gamma bh^2\left(ctg\alpha+ctg\varphi\right)=\frac{1}{2}\gamma bh^2\frac{\sin\left(\alpha+\psi\right)}{\sin\alpha\cdot\sin\psi}.\quad (2)$$

Площади поверхностей скольжения по поверхности рабочего органа и внутри материала будут соответственно равны

$$S_1 = \frac{hb}{\sin\alpha}; \quad S_2 = \frac{hb}{\sin\psi}.$$

Систему уравнений (1) переписываем в виде

$$\begin{aligned} N_1 \frac{\sin(\alpha+\rho)}{\cos\rho} - N_2 \frac{\sin(\psi+\varphi)}{\cos\varphi} &= K_{\upsilon 1} p_1 S_1 tg\rho\cos\alpha + K_{\upsilon 2} p_2 S_2 tg\varphi\cos\psi, \\ N_1 \frac{\cos(\alpha+\rho)}{\cos\rho} + N_2 \frac{\cos(\varphi+\psi)}{\cos\varphi} &= K_{\upsilon 1} p_1 S_1 tg\rho\sin\alpha + K_{\upsilon 2} p_2 S_2 tg\varphi\sin\psi. \end{aligned} \quad (3)$$

Решим систему (3). Для этого исключим $N_2$, умножив первое уравнение на $\cos(\varphi+\psi)$, а второе - на $\sin(\varphi+\psi)$, и почленно сложим. В результате получим:

$$\begin{aligned} N_1 \frac{\sin(\alpha+\rho)\cos(\varphi+\psi)+\cos(\alpha+\rho)\sin(\varphi+\psi)}{\cos\rho} &= K_{\upsilon 1} p_1 S_1 tg\rho\left[\sin\alpha\sin(\alpha+\psi)-\cos\alpha\cos(\varphi+\psi)\right]+ \\ + K_{\upsilon 2} p_2 S_2 tg(\varphi+\psi) + \cos(\psi+\varphi) + G\cdot\sin(\psi+\varphi) & \end{aligned} \quad (4)$$

или

$$N_1 = \frac{\sin(\alpha+\rho+\varphi+\psi)}{\cos\rho} = -K_{\upsilon 1} p_1 S_1 tg\rho\cos(\alpha+\varphi+\psi) + K_{\upsilon 2} p_2 S_2 \cdot\sin\varphi + G\cdot\sin(\psi+\varphi). \quad (5)$$

Отсюда величина $N_1$ равна:

$$N_1 = \frac{-K_{\upsilon 1} p_1 S_1 \sin\rho\cos(\varphi+\alpha+\psi) + K_{\upsilon 2} p_2 S_2 \sin\varphi\cos\rho + G\sin(\psi+\varphi)\cos\rho}{\sin(\alpha+\rho+\varphi+\psi)}. \quad (6)$$

Сопротивление $P_{01}$ в направлении движения рабочего органа находится как сумма проекций сил $N_1$ и $N_1 tg\rho + K_{\upsilon 1} p_1 S_1 tg\rho$ на это направление:

$$\begin{aligned} P_{01} &= N_1 \frac{\sin(\alpha+\rho)}{\cos\rho} + K_{\upsilon 1} p_1 S_1 tg\rho\cos\alpha = \\ &= \frac{K_{\upsilon 1} p_1 S_1 \sin\rho\sin(\varphi+\psi) + K_{\upsilon 2} p_2 S_2 \sin(\alpha+\rho) + G\sin(\varphi+\psi)\sin(\alpha+\rho)}{\sin(\alpha+\rho+\varphi+\psi)}. \end{aligned} \quad (7)$$

Подставляя значения $S_1, S_2$ и $G$ получаем

$$P_{01} = \frac{hb\left[K_{\upsilon 1} p_1 S_1 \sin\rho\sin(\varphi+\psi) + K_{\upsilon 2} p_2 S_2 \sin\varphi\sin\alpha\sin(\alpha+\rho) + \frac{\gamma h}{2}\sin(\alpha+\psi)\sin(\varphi+\psi)\sin(\alpha+\rho)\right]}{\sin\alpha\sin(\alpha+\rho+\varphi+\psi)}.$$

Перепишем выражение для расчета сопротивления в следующем виде:

$$P_{01} = hb\left(\frac{\gamma h}{2}a_1 + K_{\upsilon 1} p_1 a_2 + K_{\upsilon 2} p_2 a_3\right), \quad (8)$$

где

$$a_1=\frac{\sin(\alpha+\varphi)\sin(\varphi+\psi)\sin(\alpha+\rho)}{\sin\alpha\sin\psi\sin(\alpha+\rho+\varphi+\psi)};\quad a_2=\frac{\sin\rho\sin(\varphi+\psi)}{\sin\alpha\sin(\alpha+\rho+\varphi+\psi)};$$

$$a_3=\frac{\sin\varphi\sin(\alpha+\rho)}{\sin\psi\sin(\alpha+\rho+\varphi+\psi)}. \qquad (9)$$

При $\psi=\frac{\pi}{4}-\frac{\varphi}{2}$ коэффициенты $a_i$ ($i=1,2,3$) определяются из выражений

$$a_1=\frac{\sin\left(\alpha+\frac{\pi}{4}-\frac{\varphi}{2}\right)\sin\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right)\sin(\alpha+\rho)}{\sin\alpha\sin\left(\frac{\pi}{4}-\frac{\varphi}{2}\right)\sin\left(\alpha+\rho+\frac{\pi}{4}-\frac{\varphi}{2}\right)};\quad a_2=\frac{\sin\rho\sin\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right)}{\sin\alpha\sin\left(\alpha+\rho+\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right)};$$

$$a_3=\frac{\sin\varphi\sin(\alpha+\rho)}{\sin\left(\frac{\pi}{4}-\frac{\varphi}{2}\right)\sin\left(\alpha+\rho+\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right)}. \qquad (10)$$

Таким образом, процессы взаимодействия рабочих органов добывающих машин с липкими породами представляют собой совокупность или сочетание элементарных взаимодействий - активного (рабочего органа на среду) и пассивного (среды на рабочий орган), каждое из которых может происходить при относительном перемещении или без такового. Сопротивления перемещению рабочих органов в материальной среде или породы по поверхности рабочих органов необходимо рассчитывать с учетом скорости перемещения, так как она обусловливает скорость приложения нагрузки, что, в свою очередь, влияет на величину сопротивления.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Баловнев В.И. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин. М., 1981. 335 с;

[2] Ветров Ю.А., Кархов А.А., Кондра А.С., Станевский В.П. Машины для земляных работ. Киев, 1981. 383 с;

[3] Заднепровский Р.П. Результаты снижения трения и прилипания влажных грунтов при разработке землеройными машинами//Строительные и дорожные машины. 1973. №5. С. 31-33;

[4] Таран М.В., Козбагаров Р.А. Строительные машины и оборудование. Учебно-методическое пособие. - Алматы: КазАТК, 2012.-143 с;

[5] Козбагаров Р.А., Даулеткулова А.У., Дайнова Ж.Х., Камзанов Н.С. Строительные, путевые машины и оборудование. Учебно-методическое пособие. -Алматы: КазАТК, 2015.-297 с;

[6] Козбагаров Р.А., Жусупов К.А. Математическая модель взаимодействия адгезий рабочих органов машин с липкой средой. Вестник КазАТК, Алматы, 2013г, №3, -С.10-16;

[7] Bulldozers (Construction Machines) – September 1, 2014, by Charles Lennie (Author);

[8] Bulldozers (Construction Vehicles at Work), August 1, 2016, by Kathryn Clay (Author);

[9] Сурашов Н.Т., Козбагаров Р.А., Камзанов Н.С. Влияние угла захвата и наклона боковых граней ножа отвала бульдозера на силу резания грунта. Вестник КазНТУ, Алматы, 2015 г, №6 (112), -С.155-160;

[10] Козбагаров Р.А., Калиев Е.Б., Таңатаров Ж.Н. Анализ бульдозерного отвала адаптируемого типа. Вестник КазНИТУ, Алматы, 2016 г. №4 (116),-С.175-177;

[11] Турдалиев А.Т., Козбагаров Р.А., Абибуллаев А.Н. Анализ исследования износа режущих элементов землеройно-транспортных машин. Вестник КазНИТУ, Алматы, 2016 г.№4 (116),-С.187-190;

[12] Жусупов К.А., Козбагаров Р.А., Есенгалиев М.Н., Кекилбаев А.М. Разработка экскавационно-транспортных машин с инерционным ротором для обработки плотных грунтов. «Наука и мир» Международный научный журнал, Волгоград, 2016 г. №10 (38) , С. 39-42;

[13] Козбагаров Р.А., Бодиева А.Т. Анализ взаимодействия бульдозерного отвала адаптируемого типа со средой. «Наука и мир» Международный научный журнал, Волгоград, 2016 г. №2 (42) , С. 16-19;

[14] Козбагаров Р.А., Таран М.В. Процессы воздействия рабочих органов землеройных машин со средой. Сборник материалов Международной научно - практической конференции «Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе», посвященной 200-й годовщине победы Росии в Отечественной войне 1812 г. - Пермь, 2012 г, -С.182-191;

[15] Zhussupov K.A., Kunelbayev M.M., Yesengaliyeb M.H., Taran M.V., Uskembaeva V.O. Comparative analysis of the main indicators yon-socioffective inertial rotary excavator. International Conference on Transportation and Civil Engineering (ICTCE[1]15). March 21-22, 2015 London (UK). pp 75-83.

Козбагаров Р.А., Жуманов М.А., Калиев Е.Б.

**Тығыздалған ядро болмаған кезде бульдозердің жұмыс органының жабысқақ жыныстармен өзара іс-қимылы**

**Түйіндеме.** Бульдозердің қайырма күрегінің жабысқақ жыныстармен өзара іс - қимыл жасау процестері қарапайым өзара іс-қимылы жұмыс органдарының жабысқақ ортада оның орын ауыстыруына белсенді және пассивті кедергінің жиынтығы немесе үйлесімі болып табылады, ол жұмыс органдарының беті бойынша қозғалу жылдамдығын ескере отырып кедергіні есептеу қажет.

**Негізгі сөздер:** Бульдозер, қайырма күрек, пышақ, топырақ, қазу

УДК 621.8.78.

**R.A. Kozbagarov, N.S. Kamzanov, J.H. Dainova**

## ANALYTICAL ANALYSIS OF DRIVING RESISTANCE OF THE KNIFE INTO THE GROUND BEFORE START AND WHILE DRIVING A BULLDOZER

**Abstract.** In the process of the bulldozer operating tool need to bury in the ground with a stationary car at high angles of cut, and when the movement of the machine at lower values of cutting angle. This reduces the amount of resistance acting on the blade knife.

**Key words**: Bulldozer, blade, knife, ground, cutting, sinking, indentation

**Р.А. Козбагаров, Н.С. Камзанов, Ж.Х.Дайнова**
(Сәтбаев университеті, г. Алматы, Республика Казахстан, ryctem_1968@mail.ru)

## АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАГЛУБЛЕНИЯ НОЖА В ГРУНТ ПЕРЕД НАЧАЛОМ И ПРИ ДВИЖЕНИИ БУЛЬДОЗЕРА

**Аннотация.** В процессе работы бульдозера рабочий орган нужно заглублять в грунт при неподвижной машине при больших углах резания, а при движения машины при меньших значениях угла резания. Это уменьшает величину сопротивления действующие на нож отвала.

**Ключевые слова:** Бульдозер, отвал, нож, грунт, резания, заглубления, вдавливания.

Заглубление рабочего органа бульдозера в грунт является начальным и важным этапом копания, оказывающим существенное влияние на рабочий процесс машины. Заглубление рабочего органа бульдозера при неподвижной машине [1] можно представить как вдавливание в массив штампа, имеющего сложную форму, на который действует сила, развиваемая механизмом привода. Под действием силы тяжести рабочего органа и силы, развиваемой приводом, в грунтовом массиве под ножом возникают напряжения, величина и распределение которых зависят от нагрузки, геометрических параметров ножа и параметров грунта.

Под воздействием силы тяжести рабочего органа и силы, развиваемой механизмом привода, в грунтовом массиве под ножом возникают напряжения, величина и распределение которых зависят от величины нагрузки, геометрических параметров ножа и свойств грунта. В процессе вдавливания грани ножа деформируют грунт массива, создавая в нем напряженное состояние. При достижении нагрузкой некоторой критической величины в грунте возникают зоны сдвигов, они, сливаясь, образуют сплошную поверхность скольжения, по которой происходит выпирание грунта из-под штампа [2,4,5].

Наиболее простым и наглядным способом определения направления поверхностей скольжения, а также необходимой для сдвига (предельной) нагрузки на нож, является графический способ С.С.Голушкевича [1, 2]. С целью проверки влияния угла резания на сопротивление вдавливанию было рассмотрено заглубление в грунт, при разных углах резания, нового стандартного ножа бульдозера.

Процесс заглубления рассматриваем как периодически повторяющиеся сколы элементов вырезаемой стружки, вызываемые внедрением ножа с ломаной передней гранью в образовавшийся при предыдущем сколе откос массива на величину $h_3$. Расчет состоит из двух этапов:

I - определение поверхностей скольжения в грунтовом массиве при помощи характеристических кругов С.С. Голушкевича [3];

II - определение аналитическим путем давлений, воспринимаемых гранями ножа. При расчетах пассивного отпора грунта, действующего на грани ножа, пользуемся методикой, предложенной профессором К.А. Артемьевым [1].

Площадь контакта грани *BC* с грунтом по мере вдавливания постепенно увеличивается, а грани *AB*, начиная с глубины $h = AB\sin\alpha$, стабилизируется (рисунок 1). С увеличением площади контакта грани с грунтом увеличивается объем призмы выпирания, а следовательно, и величина силы, необходимой для создания в грунте предельно напряженного состояния. Величина вертикального давления определяется по зависимости:

$$q_B = \frac{R_B}{F_r},$$

где $R_в$ - вертикальная составляющая результирующей силы отпора грунта, действующая на грани ножа; $F_r$ - проекция нижней поверхности ножа, находящейся в контакте с грунтом, на горизонтальную плоскость.

Изменение величины $q_в$ с увеличением $h$ в процессе вдавливания изменяется незначительно. Исключение составляет начальный участок до $h$ =0,003 м, что объясняется характером изменения сил $R_в$ и $R_r$ (рисунок 2) [6,7-12].

Анализ имеющихся данных позволяет сказать, что угол резания также влияет на сопротивление заглублению ножа. С увеличением угла $\alpha$ от 45 до 70° пассивный отпор, действующий на грани ножа $R_{AB}$ и $R_{BC}$, уменьшается нелинейно, причем действующий на грань *BC* более интенсивно (рисунок 3). Если при $\alpha$ =45° и $h$ =0.01 м $R_{BC}$ =24350 Н, $R_{AB}$ =5530 Н, то при $\alpha$ =70° и $h$ =0,01 м $R_{BC}$ =7953 Н, $R_{AB}$ =2100 Н.

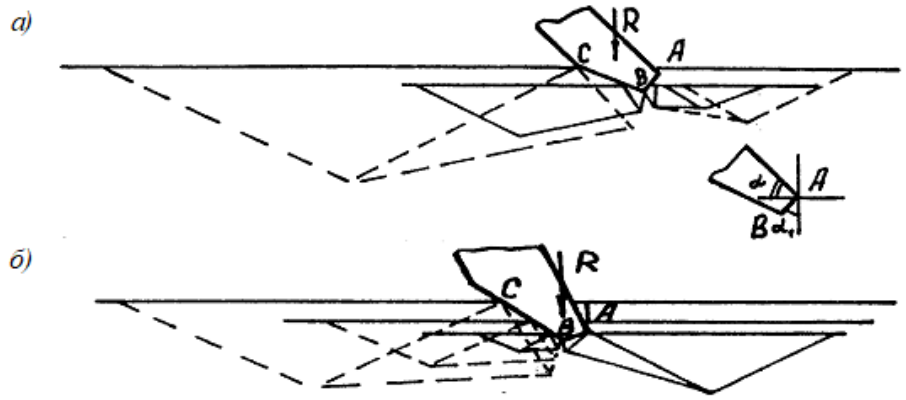



**Рис. 1.** Поверхности скольжения в грунте при вдавливании ножа
*а - угол резания $\alpha$ =45°, б - угол резания $\alpha$ =70°*

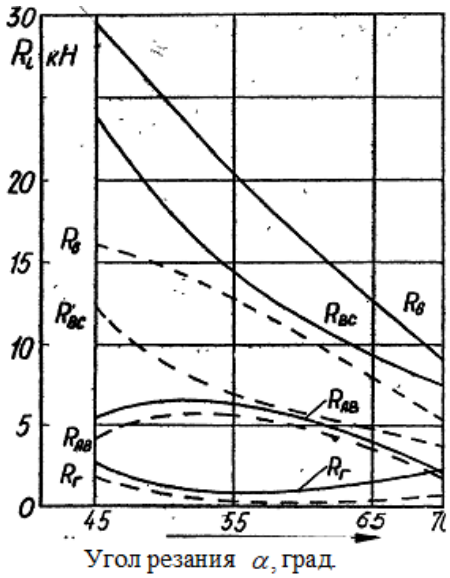



**Рис. 2.** Влияние угла резания на составляющие отпора грунта
(---------) - глубина вдавливания ножа 0,01 м,
(- - - - - ) - глубина вдавливания ножа 0,005 м

Увеличение угла резания от 45 до 70° (в 1,56 раза) уменьшило $R_{BC}$ в 3,06 раз, а $R_{AB}$ в 2,63 раза. Это объясняется тем, что с увеличением $\alpha$ изменяется угол наклона грани *AB* и *BC* к горизонту, изменяется площадь контакта грани с грунтом, объем призмы выпирания и, как следствие,

уменьшается величина пассивного отпора грунта, действующего на грани ножа. С увеличением угла резания изменяется и удельное вертикальное давление ножа на грунт $q_в$, которое уменьшилось для рассматриваемого случая в 1.78 раз при $h = 0.01$ м.

Таким образом, заглубление ножа в грунт при неподвижной машине сопровождается увеличением пассивного отпора грунта, действующего на грани ножа. По мере заглубления пассивный отпор грунта, действующий на заднюю грань ножа *B,C* возрастает прямо пропорционально величине заглубления. С увеличением угла резания пассивный отпор грунта, действующий на грани ножа уменьшается. Следовательно, заглублять рабочий орган бульдозера в грунт при неподвижной машине нужно при больших углах резания.

При заглублении ножа в грунт имеет место фактически сопротивление грунта резанию, так как количество грунта на рабочем органе незначительно и прочие сопротивления копанию относительно невелики. Для определения общего сопротивления внедрению ножа в грунт необходимо определить сопротивления резанию каждой гранью ножа. Сопротивление резанию вначале определяем для ножа шириной *1м*, без учета сопротивлений сколу по боковым граням [6-15].

Давление грунта на грань *MB* (рисунок 3, а) определяем как давление сыпучего тела на подпорную стенку, поскольку призма грунта $MM_3B$ была выколота раньше и сейчас осуществляется только ее перемещение.

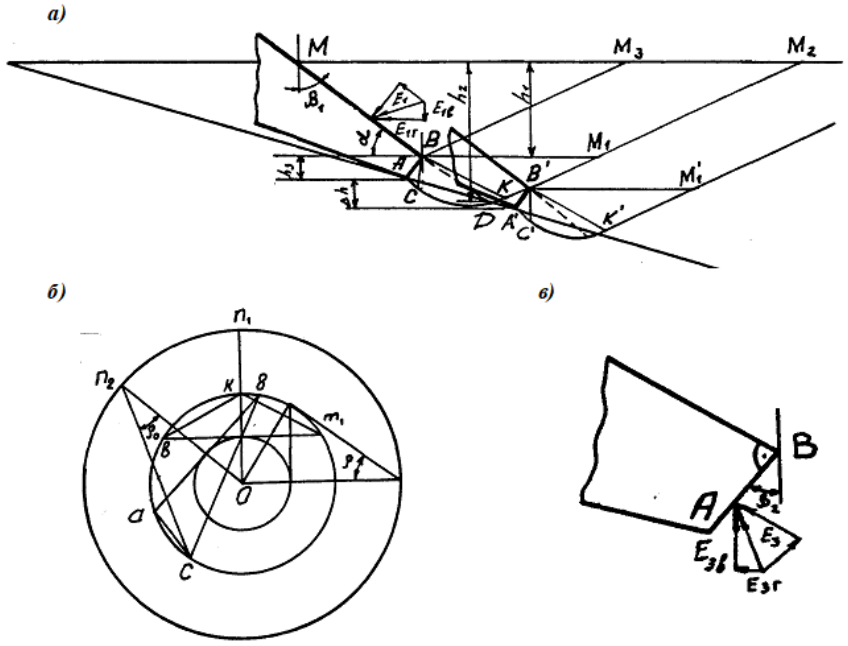



**Рис.3.** Расчетная схема определения сопротивлений, действующих на нож при заглублении
*а - расчетная схема; б - система характеристических кругов;*
*в - схема сил, действующих на грань АВ*

Горизонтальная составляющая давления на грань МВ определится по формуле

$$E_{1r} = M_1 K_1 \frac{\gamma h_1^2}{2}.$$

Вертикальная составляющая находится по формуле

$$E_{1B} = M_2 K_1 \frac{\gamma h_1^2}{2},$$

где $\gamma$ - объемная масса грунта.

Значения коэффициентов $M_1, M_2, K_1$ определяются в зависимости от угла $\beta_1$ наклона грани *BM* к вертикали [1,3,4].

Для определения давления на грань ножа *AB* находим по характеристическим кругам (рисунок 3, б) направления поверхностей скольжения, принимая за поверхность земли горизонтальную плоскость, проведенную через точку *B*.

Величину конечного радиуса логарифмической спирали определяем по формуле

$$\overline{BK} = \overline{BC}e^{\theta tg\rho},$$

где $\theta$ - $\angle$ СВК; е - основание натуральных логарифмов.

Плоскость скольжения $KM_1$ продолжаем до поверхности грунта (точка $M_2$). От воздействия наклонной грани $AB$ в грунте перед гранью возникает три зоны: $BKM_1$, $BKC$, $ABC$. Определение давления на грань $AB$ производим следующим образом. Ввиду малости призмы выпирания $KBM_1$ без особого ущерба для точности можно давление на грань $BK$ принять приблизительно равным давлению на плоскость $BD$, являющуюся продолжением ножа $BM$; горизонтальную и вертикальную составляющие давления на плоскость $BD$ определяем как разность давлений на грани $MD$ и $MB$:

$$E'_{2r} = M_1\left\{K_1\left[\frac{\gamma}{2}\left(h_2^2 - h_1^2\right) + ch_2 ctg\rho\right] - ch_2 ctg\rho\right\};$$

$$E'_{2B} = M_2\left\{K_1\left[\frac{\gamma}{2}\left(h_2^2 - h_1^2\right) + ch_2 ctg\rho\right] - ch_2 ctg\rho\right\},$$

где $\rho$ - угол внутреннего трения грунта; С - коэффициент сцепления грунта.

Чтобы получить искомое решение в замкнутой форме, перенесем действие горизонтальной и вертикальной составляющих $E'_{2г}$ и $E'_{2в}$ на плоскость $BM_1$, для него внесем некоторые поправки в полученные значения составляющих. Вычитаем из полученных значений массу призмы $BM_1D$ и илы сцепления по плоскости $M_1D$.

Горизонтальная составляющая силы сцепления $c_г$ равна:

$$C_r = \overline{DM_1}c\cos\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\rho}{2}\right).$$

Вертикальная составляющая силы сцепления $c_в$ равна:

$$C_B = \overline{DM_1}c\sin\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\rho}{2}\right).$$

Собственная масса призмы $BM_1D$ равна:

$$G_B = \frac{\overline{BM_1}\gamma h_4}{2},$$

где

$$\overline{DM_1} = \frac{h_4}{\sin\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\rho}{2}\right)};$$

$$h_4 = \frac{\overline{AB}\sin\alpha'\sin\alpha}{\cos\beta_1}e^{\theta_1 tg\rho};$$

$$\alpha'_1 = \frac{1}{2}\left[\frac{\pi}{2} + \rho + \rho_0 + \arcsin\frac{\sin\rho_0}{\sin\rho}\right];$$

$$\theta_1 = \frac{\pi}{2} - \frac{1}{2}\left[\frac{\pi}{2} + \rho - \rho_0 - \arcsin\frac{\sin\rho_0}{\sin\rho}\right].$$

где $\rho_0$ - угол трения грунта о нож; $\alpha'_1 = \angle$ ВАС; $\theta = \angle$ СВД.

Величину АВ определяем непосредственно на машине или задаемся.

Окончательно для сил, действующих на плоскость $BM_1$:

$$E_{2r} = E'_{2r} - C_r; \qquad E_{2B} = E'_{2B} - C_B - G.$$

Тогда вертикальная равномерно распределенная пригрузка, действующая на плоскость $BM_1$, составит:

$$q = \frac{E_{2B}}{BM_1}.$$

Давление на грань АВ в условиях, когда границей сыпучего тела является горизонтальная поверхность с пригрузкой интенсивностью q , может быть определено в замкнутой форме:

$$E_{3r} = M_3\left\{K_2\left[\frac{\gamma h_3^2}{2} + qh_3 + Ch_3 ctg\rho\right] - Ch_3 ctg\rho\right\};$$

$$E_{3B} = M_4\left\{K_2\left[\frac{\gamma h_3^2}{2} + qh_3 + Ch_3 ctg\rho\right] - Ch_3 ctg\rho\right\}.$$

Коэффициенты $M_3$, $M_4$,$K_2$ определяем в зависимости от угла $\beta_2$ наклона грани АВ к вертикали (рисунок 3, в).

Расстояние между двумя последовательными сколами $\Delta h$ определяем как

$$\Delta h = \frac{\overline{BM_1}\sin\delta\sin\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\rho}{2}\right)}{\sin\left(\delta + \frac{\pi}{4} - \frac{\rho}{2}\right)}$$

где $\delta = arctg\frac{V_2}{V_1}$; $V_2$ - скорость опускания рабочего органа; $V_1$ - скорость поступательного движения машины.

Суммарное сопротивление резанию гранью МВА при ширине резания b:

$$W_p = \left(W_p' + W_p''\right)\cdot b,$$

где $W_p' = E_{1r}$ - сопротивление резанию гранью ВМ; $W_p'' = E_{3r} + E_{2r}$ - сопротивление резанию гранью АВ.

Дополнительное вертикальное давление на нож, необходимое для устойчивого внедрения ножа в грунт, будет равно:

$$\sum E_B = \left(E_{3B} - E_{1B}\right)\cdot b.$$

Таким образом, при внедрении отвала бульдозера в грунт в процессе движения машины перед режущим ножом создается напряженное состояние грунта только с одной стороны, расположенной перед ножом по ходу движения. Поэтому, сопротивления заглублению отвала при движении машины меньше, чем при его внедрении в грунт при неподвижной машине. Таким образом, это позволяет внедрять отвал в грунт при меньших значениях угла резания.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Артемьв К. А. Основы теории копания грунта скреперами. Машгиз,1963: Госстройиздат, 1961, т.2.-543 с;

[2] Ветров Ю. А. Резания грунтов землеройными машинами. -М.: Машиностроение, 1971,-360 с;

[3] Голушкевич С. С. Статистика предельных состояний грунтовых масс. Л., Гостехтеориздат, 1957;

[4] Соколовский В. В. Статика сыпучей среды, Физматгиз. 1960;

[5] Козбагаров Р.А., Даулеткулова А.У., Дайнова Ж.Х., Камзанов Н.С. Строительные, путевые машины и оборудование. Учебно-методическое пособие.-Алматы: КазАТК, 2015.-297 с;

[6] Bulldozers (Construction Machines) – September 1, 2014, by Charles Lennie (Author);

[7] Bulldozers (Construction Vehicles at Work), August 1, 2016, by Kathryn Clay (Author);

[8] Козбагаров Р.А., Ускембаева Б.О. Оптимизация кинематической схемы рыхлителя с регулируемым углом рыхления. Вестник КазАТК, №2-3 (93) Алматы, 2015 г, -С. 76-81;

[9] Сурашов Н.Т., Козбагаров Р.А., Камзанов Н.С. Влияние угла захвата и наклона боковых граней ножа отвала бульдозера на силу резания грунта. Вестник КазНТУ, Алматы, 2015 г, №6 (112), -С.155-160;

[10] Козбагаров Р.А., Калиев Е.Б., Таңатаров Ж.Н. Анализ бульдозерного отвала адаптируемого типа. Вестник КазНИТУ, Алматы, 2016 г. №4 (116),-С.175-177;

[11] Турдалиев А.Т., Козбагаров Р.А., Абибуллаев А.Н. Анализ исследования износа режущих элементов землеройно-транспортных машин. Вестник КазНИТУ, Алматы, 2016 г.№4 (116),-С.187-190;

[12] Жусупов К.А., Козбагаров Р.А., Есенгалиев М.Н., Кекилбаев А.М. Разработка экскавационно-транспортных машин с инерционным ротором для обработки плотных грунтов. «Наука и мир» Международный научный журнал, Волгоград, 2016 г. №10 (38) , С. 39-42;

[13] Козбагаров Р.А., Бодиева А.Т. Анализ взаимодействия бульдозерного отвала адаптируемого типа со средой. «Наука и мир» Международный научный журнал, Волгоград, 2016 г. №2 (42) , С. 16-19;

[14] Козбагаров Р.А., Таран М.В. Процессы воздействия рабочих органов землеройных машин со средой. Сборник материалов Международной научно - практической конференции «Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе», посвященной 200-й годовщине победы Росии в Отечественной войне 1812 г. - Пермь, 2012 г, -С.182-191;

[15] Zhussupov K.A., Kunelbayev M.M., Yesengaliyeb M.H., Taran M.V., Uskembaeva V.O. Comparative analysis of the main indicators yon-socioffective inertial rotary excavator. International Conference on Transportation and Civil Engineering (ICTCE[I]15). March 21-22, 2015 London (UK). pp 75-83.

Козбагаров Р.А., Камзанов Н.С., Дайнова Ж.Х.

**Бульдозердің жұмыс алдына немесе қозғалғанда топыраққа пышақты ендіру кедергісін аналитиклы анықтау**

**Резюме.** Бульдозердің жұмыс істеу процесінде жұмыс органы қозғалмайтын машинада топыраққа кесу бұрыштарын үлкен мәнімен немесе машина қозғалғанда кесудің бұрышының аз мәндерінде тереңдеу қажет. Бұл қайырма күректің пышағына әсер ететін кедергі көлемін азайтады.

**Негізгі сөздер:** Бульдозер, қайырма күрек, пышақ, топырақ, кесу, тереңдету, ығыстыру

УДК: 621.926.50

**[1]A.Y. Uderbayeva, [1]A.A. Nauryzbayeva, Smaylova G.A [2] A.B. Seitova**

([1,2]Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan, E-mail: aigerimnauryz@mail.ru)

([3]Institute of information and telecommunication technologies, Kazakh national research technical university named after K.I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan, E-mail: i.akerke@inbox.ru)

## ANALYSIS OF IMPROVING THE QUALITY OF THE ARMOR CONE CRUSHERS

**Abstract.** The article analyzes the study of methods to improve the quality of performance of armor cone crushers. The armor of cone crushers operates under high voltage, with cyclic loads of 100 ... 190 t, which causes failures of units and leads to downtime of units. One shift of downtime of the unit of large crushing means to stop the equipment throughout the production chain.

In accordance with this, the article raises an urgent scientific problem of development and research of new effective integrated repair technologies for restoring the efficiency of large-size wear parts and components of crushing and grinding equipment of the mining and processing plants in order to reduce downtime, improve efficiency and resource of its work, which reduces production costs for the manufacture of ferrous metals and has both scientific and practical significance for the development of the national economy.

The best results were obtained with a new high-manganese steel 125G18H2MNL, in which the combination of alloying elements increases the mechanical and operational properties of armor, toughness and wear resistance

**Keywords:** cone crusher, grinding, armor, steel, part, units, mining and processing plants, vanadium, austenite grain, titanium, microstructure, grain structure

**[1]А.Е. Удербаева, [1]А.А Наурызбаева, [1]Смайлова Г.А,[2]А.Б. Сейтова**

([1,2]Казахский национальный аграрный университет Республика Қазақстан, г. Алматы e-mail: aigerimnauryz@mail.ru

[3]Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева, г. Алматы e-mail: i.akerke@inbox.ru)

## АНАЛИЗ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА РАБОТОСПОСОБНОСТИ БРОНЕЙ КОНУСНЫХ ДРОБИЛОК

**Аннотация:** В статье проанализировано исследование методов повышения качества работоспособности броней конусных дробилок. Броня конусных дробилок работает под большим напряжением, при циклических нагрузках 100-190 т, что вызывает отказы узлов и приводит к простоям агрегатов. Одна смена простоя агрегата крупного дробления означает остановку оборудования по всей технологической цепочке.

В соответствии с этим в статье рассмотрена актуальная научная проблема - разработка и исследование новых эффективных комплексных ремонтных технологий восстановления работоспособности крупных габаритных изнашиваемых деталей и узлов, дробильно-измельчительного оборудования в горно-обогатительных комбинатах с целью сокращения простоя оборудования, повышения эффективности и ресурса его работы, что снижает производственные затраты и имеет как научную, так и практическую значимость для развития машиностроения страны.

**Ключевые слова:** конусная дробилка, измельчение, броня, сталь, деталь, узлы, горно-обогатительные комбинаты, ванадий, зерно аустенита, титан, микроструктура, зерно структуры

В современном машиностроительном производстве черные металлы являются основным конструкционным материалом, спрос на который ежегодно возрастает. Железо и его сплавы составляют свыше 90% общемирового производства металлов, поэтому снижение производственных затрат на изготовление черных металлов обеспечивает снижение себестоимости изделий машиностроительного, нефтегазового и других производств. Измельчение руды на дробилках и в мельницах с помощью брони. На горно-обогатительных комбинатах (ГОКах) является одним из основных этапов производства черных металлов.

В процессе эксплуатации брони конусных дробилок работают в сложном напряженном состоянии при циклическом характере действующих нагрузок. Они воспринимают и передают усилия дробления 100…190 т. Возникающее при этом временное сопротивление сжатию составляет 100…150 МПа. Все это определяет повышенные требования к качеству стали, применяемой для изготовления броней, а также требования к прочности и качеству изготовления деталей и узлов дробилок [1-2].

Эффективным решением проблемы повышения износостойкости броней конусных дробилок, подверженных большим нагрузкам, является легирование стали.

Небольшое содержание хрома в стали приводит к ее упрочнению и меньшей карбидной неоднородности структуры. Наличие молибдена, ванадия и никеля способствует образованию после закалки мелкозернистой структуры аустенита и повышению вязкости стали, что, несомненно, приводит к повышению прочности и способности работать в условиях ударного нагружения.

Положительное влияние на свойства стали оказывает ванадий, который сильно измельчает структуру крупных отливок.

Ванадий является сильным карбидообразующим и нитридообразующим элементом, поэтому в высокомарганцовистой стали с высоким содержанием углерода и азота он способен образовывать тугоплавкие и твердые частицы нитридов и карбидов, которые регулируют процессы кристаллизации и упрочняют аустенитную матрицу стали [2-3] .

Исследование проведенных плавок стали 110Г13Л с ванадием показали, что присадки ванадия изменили природу и характер распределения неметаллических включений в стали. Образующиеся карбонитриды ванадия выпадают выше температуры ликвидуса и являются дополнительными центрами кристаллизации, измельчая на 1-2 балла зерно аустенита [3-4-5].

Микротвердость стали с ванадием непрерывно возрастает по мере повышения концентрации ванадия за счет повышения легированности аустенита. Однако по однородности более гомогенной является сталь с содержанием ванадия 0,3 %.

Проведенные исследования показывают, что при введении до 0,3 % ванадия повышение механических свойств стали составляет:

- предел прочности $\sigma_в$ = 830 МПа;
- относительное удлинение $\delta$= 32 % ;
- ударная вязкость $a_н$ составила 2,27 МДж/м$^2$.

Установлено, что присадки дорогостоящего ванадия необходимо осуществлять в оптимальных количествах в пределах 0,2 – 0,3 %.

Это способствует повышению механических свойств стали и ее усталостной прочности [6-7-8].

Легирование ванадием наиболее эффективно, если в стали 110Г13Л присутствует титан. Исследованиями установлено , что наилучшие характеристики стали с введение ванадия формируются при содержании в ней титана в пределах 0,04 – 0,07 %.

На рисунке 1 показаны микроструктуры отливок стали 110Г13Л с добавками титана и ванадия.

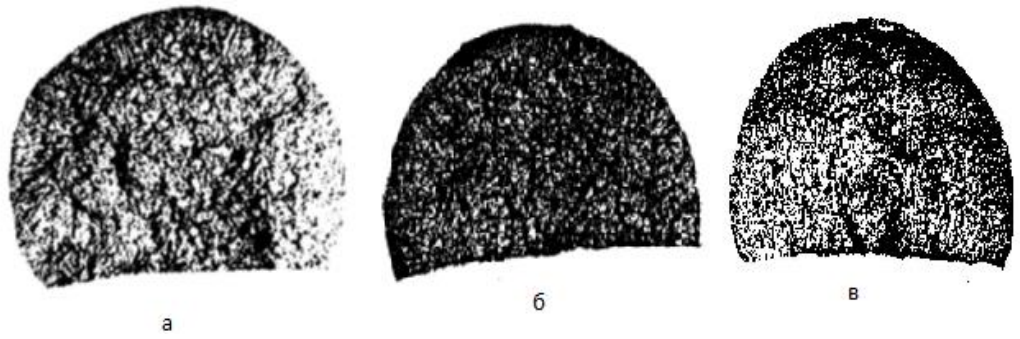



**Рис.1.** Микроструктура отливок из стали 110Г13Л и той же стали с модификаторами: а – сталь 110Г13Л без модификаторов; б – сталь 110Г13Л с 0,07 – 0,13 % Ti; в – сталь 110Г13Л с 0,2 – 0,3 % V и 0,04 – 0,07 % Ti. [8].

Исследование приведенных микроструктур наглядно показывает, что совместное введении в сталь титана и ванадия резко измельчает зерно структуры. У такой стали способность к наклепу оказалась выше, чем у обычной стали 110Г13ГЛ. Твердость у модифицированной стали на глубине отливки 1мм составила 550 – 600 НВ, между тем как у стали без присадок она составляет 490 – 500 НВ. Сравнительный анализ стойкости 70 броней конусных дробилок из стали 110Г13Л с различными модификаторами приведен в таблице 1.

Таблица 1. **Анализ стойкости броней конусных дробилок с модификаторами** [8].

| Броня дробилок из стали 110Г13Л с различными модификаторами | Стойкость брони в часах | | |
|---|---|---|---|
| | Без модификатора | Модификатор Ti | Модификатор Ti и V |
| КСД – 2200<br>КМД – 2200 | 550<br>385 | 700<br>500 | 900<br>625 |

Для улучшения комплекса механических и эксплуатационных характеристик материала броней дробилок была разработана новая экспериментальная сталь марки 125Г18Х2МНЛ. Из разработанной стали получены отливки броней для эксплуатируемых дробилок, которые были испытаны в реальных производственных условиях.

На основе проведенных исследований был выполнен анализ применяемой новой стали, определено влияние нового состава и структуры стали на износостойкость и ударную вязкость броней. Химический состав новой стали 125Г18Х2МНЛ приведен в таблице 3, где для сравнения приведен химический состав стали марки 110Г13Л [9-10].

Таблица 3. **Сравнительный химический состав двух сталей, применяемых для изготовления брони дробилок**. [9-10].

| Марка стали | Химический состав двух сталей | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | C | Mn | Si | Cr | Ni | P | Mo | S |
| 110Г13Л | 0,9-1,3 | 11,5-14,5 | 0,4-1,0 | $Д_0$ 0,05 | - | До 0,12 | - | - |
| 125Г18Х2МНЛ | 1,1-1,4 | 16,0-20,0 | 0,3-0,8 | 1,0-2,0 | 0,2-0,5 | До 0,07 | 0,2-0,5 | До 0,03 |

В результате успешного испытания на ГОК броней дробилок из новой стали было принято решение о полном переходе при изготовлении новых броней на сталь 125Г18Х2МНЛ.

Улучшение механических и эксплуатационных свойств броней из новой стали было достигнуто, прежде всего, в результате комплексного введения легирующих компонентов – хрома, никеля и молибдена, и снижения содержания фосфора до 0,07 %. Различие процентного содержания химических элементов в новой и ранее применяемой стали наглядно показано в приведенной таблице 3.

Небольшое содержание хрома в стали приводит к резкому упрочнению и меньшей карбидной неоднородности. Наличие молибдена и никеля в стали способствует образованию после закалки мелкозернистой и тонкой структуры аустенита и повышению вязкости стали, что несомненно приводит к повышению прочности и способности к упрочнению при работе в условиях ударного нагружения в сочетании с абразивным износом. Исследования показывают, что применение новой стали позволило увеличить стойкость броней в 1,5 раза. Это, в свою очередь позволило сократить количество плановых ремонтов дробилок, что показано в таблице 4.

Таблица 4. **Уменьшение количества плановых ремонтов дробилок в результате применения для брони новой стали** [10].

| Тип дробилки | ККД 1500/180 | КСД- 3000 | КМД - 3000 |
|---|---|---|---|
| Сокращения ремонтов в % | 42,0% | 54,2% | 55,3% |

**Заключение:** Наилучшим результатом были получены при новой высокомарганцовистой стали 125Г18Х2МНЛ, у которой сочетание легирующих элементов повышает механические и эксплуатационные свойства броней, ударную вязкость и износостойкость. При этом стойкость броней была увеличена в 1,5 раза, а количество ремонтов дробилок уменьшено на 42,0% … 55,3 %.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Бойко П.Ф. Повышение долговечности броней дробилок. Бойко П.Ф., 324

Мнацаканян В.У., Схиртладзе А.Г., И.И.Зиновьева. Ж. «Ремонт, восстановление, модернизация» №3, 2015.

[2] Бойко П.Ф. Ремонтное восстановление точности конусов дробилок.

Ст. в сб. «Технологические методы восстановления работоспособности горных машин на месте эксплуатации..» Ж. ГИАБ. №1. 2015. с. 12-15.

[3] Бойко П.Ф. Актуальные проблемы механообработки деталей горных машин. Набатников Ю.Ф. Мнацаканян В.У., Бойко П.Ф. Труды международного научного симпозиума «Неделя Горняка -2016», ГИАБ. Специальный выпуск № 1. 2016. с.418 – 428.

[4] Бойко П.Ф. Оценка уровня качества машин. Радкевич Я.М., Бойко П.Ф.

Ст. в сб. «Технологические методы восстановления работоспособности горных машин на месте эксплуатации..» Ж. ГИАБ. №1. 2015. с. 3 - 6.

[5] Бойко П.Ф. Инновационные технологии ремонта дробильно-измельчительного оборудования. Монография. Изд. РОСА. 2016, 327 с.

[6] Борщев В.Я. Оборудование для измельчения материалов: дробилки и мельницы: учебное пособие, Тамбов: издательство Тамбовского Государственного Технического Университета, 2004. – 75с.

[7] Перов В.А., Андреев Е.Е., Биленко Л.Ф. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых: Учеб. пособиедлявузов. – 4-ед изд., перераб. и доп.- М.: Недра, 1990.- 301 с.:ил.

[8] Андреев С.Е., Перов В.А., Зверевич В.В. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1980.

[9] Бойко П.Ф. Восстановление изношенных поверхностей отверстий в деталях машин. Схиртладзе А.Г., Бойко П.Ф., Новиков О.А., Сб. трудов XVII научной конференции «Математическое моделирование и информатика». МГТУ «СТАНКИН». 2015г.

[10] Бойко П.Ф. Оптимизация технического обслуживания и ремонта механического оборудования. Горный журнал №6, 2011 с. 52-54

Удербаева А.Е., Наурызбаева А.А, Смайлова Г.А, Сейтова А.Б.

**Конустық ұсақтағыштардың броньдарының жұмыс істеу сапасын арттыру**

**Түйіндеме.** Мақалада конустық ұсақтағыштардың броньдарының жұмыс істеу сапасын арттыру әдістерін зерттеу талқыланады.

Конустық ұсатқыштардың флаконы 100...190 т циклдық жүктемелерде үлкен кернеумен жұмыс істейді, бұл тораптардың істен шығуын тудырады және агрегаттардың тоқтап қалуына әкеледі. Ірі ұсақтау агрегатының тоқтап қалуының бір ауысуы барлық технологиялық тізбек бойынша жабдықтың тоқтатылуына әкеп соғады. Осыған сәйкес мақалада жабдықтың тоқтап қалуын қысқарту, оның жұмысының тиімділігі мен ресурсын арттыру мақсатында тау-кен байыту комбинаттарында ұсақтау жабдығының ірі габаритті тозатын бөлшектері мен тораптарының жұмысқа қабілеттілігін қалпына келтірудің жаңа тиімді кешенді жөндеу технологияларын әзірлеу және зерттеу өзекті ғылыми проблема қойылған, бұл қара металдарды дайындауға өндірістік шығындарды төмендетеді және елдің халық шаруашылығын дамыту үшін ғылыми және практикалық маңыздылығы бар.

Нәтижесінде ең жақсы көрсеткіш ретінде 125Г18Х2МНЛ жаңа жоғары марганецті болатты алынды, онда қоспалаушы элементтердің үйлесімі броньдардың механикалық және эксплуатациялық қасиеттерін, соққы тұтқырлығы мен тозуға төзімділігін арттырады.

**Кілттік сөздер:** конустық ұсақтағыш, ұсақтау, бронь, болат, деталь, тораптар, на тау-кен байыту комбинаттары, ванадий, аустенит зерносы, титан, микроструктура, зерно сқұрамы.

УДК 681.5

**N.B. Kuttybay, A.K. Saymbetov, M.K. Nurgaliyev, M.Y. Shaimerdenova, D.Kh. Tukymbekov, A.K. Meirkhanov**

## DEVELOPMENT OF A TWO-AXIS SOLAR MONITORING SYSTEM FOR THE OPTIMAL ORIENTATION TO THE SUN

**Abstract.** The work is devoted to the development of a highly accurate, autonomous, two-axis solar tracker operating without photosensitive sensors, and the construction on the basis of the coordinates of the movement of the Sun across the sky. The system is oriented to the Sun, using the coordinates stored in the external flash drive. The work shows the block diagram of the tracking system for the Sun, as well as the electrical circuit of the control unit. Showing the comparative results of the developed system of tracking the Sun and a fixed panel. Thus, the work of the solar tracker does not depend on external interference and weather conditions, such as the cloudy sky.

**Key words.** Sun tracking system, solar battery, photosensitive sensor, battery.

**Н.Б. Құттыбай, А.К. Саймбетов, М.К. Нұрғалиев, М.Е. Шаймерденова, Д.Х. Тукымбеков, А.Қ. Мейірханов**
(Казахский Национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан Email: nurjigit.10.93@gmail.com)

## РАЗРАБОТКА ДВУХОСНОЙ СИСТЕМЫ СЛЕЖЕНИЯ ЗА СОЛНЦЕМ ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ОРИЕНТАЦИИ К СОЛНЦУ

**Аннотация.** Работа посвящена разработке высокоточного, автономного двухосевого солнечного трекера работающего без фоточувствительных датчиков, и построению на основе координат движения Солнца по небу. Система ориентируется к Солнцу, используя координаты сохраненные во внешнем флеш-накопителе. В работе показана блок схема системы слежения за Солнцем, а так же электрическая схема блока управления. Показаны сравнительные результаты работы разработанной системы слежения за Солнцем и фиксированной панели. Таким образом, работа солнечного трекера не зависит от внешних помех и погодных условий, таких как облачное небо.

**Ключевые слова.** Система слежения за солнцем, солнечная батарея, фоточувствительный датчик, аккумулятор.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

На протяжении тысячелетий мы полагались на сжигание ископаемого топлива для выработки энергии, но в современном мире использование нефти, газа и угля для наших энергетических потребностей становится проблемой. Изменение климата является одной из крупнейших экологических проблем, с которыми мы когда-либо сталкивались, и основная причина этого - наша зависимость от ископаемого топлива. Сжигание угля, нефти и других ископаемых видов топлива является основным средством, с помощью которого мы производим электричество, но оно также приводит к высоким концентрациям загрязняющих веществ в нашем воздухе и воде. Также использования ископаемого топлива для производства энергии заключается в том, что в мире не существует неограниченного количества запасов полезных ископаемых. За последние пару веков мы все больше и больше полагаемся на мировые поставки ископаемого топлива, и этот запас быстро истощается[1].

На сегодняшний день переход к возобновляемой источнику энергии является одной из актуальных тем человечества во всем мире. В качестве источника чистой и возобновляемой энергии солнечная энергия привлекает все больше внимания, особенно в области производства электроэнергии. Преобразование экологического чистого электричества из Солнечного излучения стало возможным благодаря открытию фотоэлектрического механизма, а так же последующей разработке солнечного

элемента - полупроводникового материала, который преобразует видимый свет в постоянный ток. Существует множество способов преобразования солнечной энергии в электричество или тепло, будь то в промышленных или коммерческих масштабах. Процесс преобразования солнечной энергии в электрическую осуществляется в основном с помощью плоских фотоэлектрических преобразователей. Выходная мощность, которую могут производить эти системы, зависит от различных факторов, включая количество энергии, которую они получают от солнечного излучения [2,3]. Поскольку положение солнца меняется в течение дня, солнечный трекер является более эффективным методом увеличения производства энергии. По этой причине солнечный трекер изучается все большим количеством исследователей по всему миру [4-8].

В настоящее время существует два типа солнечных трекеров, основанных на способности к слежению за Солнцем: одноосный трекер и двухосный трекер. Одноосные трекеры могут вращаться по направлению к азимуту угла Солнце или же высоте Солнца над горизонтом. Двухосные трекеры могут вращаться и по азимуту и по высоте Солнца. Наиболее эффективным в применение является двухосные трекеры. Так как эти трекеры могут точно ориентироваться к положению Солнца [9].

В [10] представлен компактный одноосный солнечный трекер в котором Солнечное излучение детектируется двумя фоторезисторами (LDR), расположенными на поверхности фотоэлектрической (PV) панели. В статье[11] разработали одноосную систему автоматического отслеживания Солнце с помощью детектора света - фоторезистора, действующего как датчик и используемый для нахождения координат солнечного света путем определения уровня яркости солнечного света. В [12] предложили двухосную систему солнечного слежения с использованием программируемого логического контроллера, с использованием пяти фоторезисторов для захвата максимального источника света. В статье [13] представлено установка солнечной панели с двухосевым контроллером отслеживания солнечной энергии.

Анализируя данные материалы, можно сказать, что все разработанные трекеры функционируют для нахождения максимального потока солнечного излучения с помощью встроенных фотопринимающих датчиков. Такие алгоритмы работы трекеров не всегда является эффективным, так как для точного нахождение солнечного потока проходит достаточного времени, в свою очередь для вращения механизма системы увеличивается расход энергий. С одной стороны трекеры с низкой точностью, такие как одноосный трекер, приведет к большим потерям солнечной энергии, по сравнению с двухосевым трекером.

В этой статье представлена двухосный солнечный трекер с точной ориентацией к Солнцу, работающий на основе данных координат движение Солнце сохраненную в блоке управления (контроллер). В системе слежения за Солнцем отсутствует фотопринимающие датчики. В результате исследовательской работы был построен двухосный солнечный трекер и алгоритм системы слежения за Солнцем; были взяты экспериментальные данные эффективности работы солнечного трекера.

## 2. Проектирование системы слежения за солнцем

### 2.1 Структурная блок схема солнечного трекера

Блок схема двухосной системы слежения за Солнцем представлена на рисунке 1. Фотоэлектрический модуль подключен к контроллеру уровня заряда аккумулятора, здесь уровень напряжения стабилизируется, далее через него аккумулятор наполняется электрическим зарядом. Блок управления подключен через понижающий преобразователь напряжения к аккумулятору. Блок питания стабилизирует напряжение у входа который составляет 12 В с преобразованием на выходе 5 В. Логический контроллер в блоке управления связан с флеш картой, где хранятся все сезонные и временные координаты движения Солнца. За счет этих данных трекер будет точно и безошибочно отслеживать Солнце и расход энергии для вращения шаговых двигателей системы сравнительно уменьшиться по сравнению с системой на основе фотодатчиков, где вследствие неточностей работы фоторезисторов могут быть искажения. Вследствие искажений шаговые двигатели часто вынуждены менять положение трекера, что приводит к энергетическим затратам. Система состоит из двух шаговых двигателей: первый – отвечает за азимутальный угол, второй же за высотой Солнца. Через драйверы шаговых двигателей подключены к управляющему блоку системы.

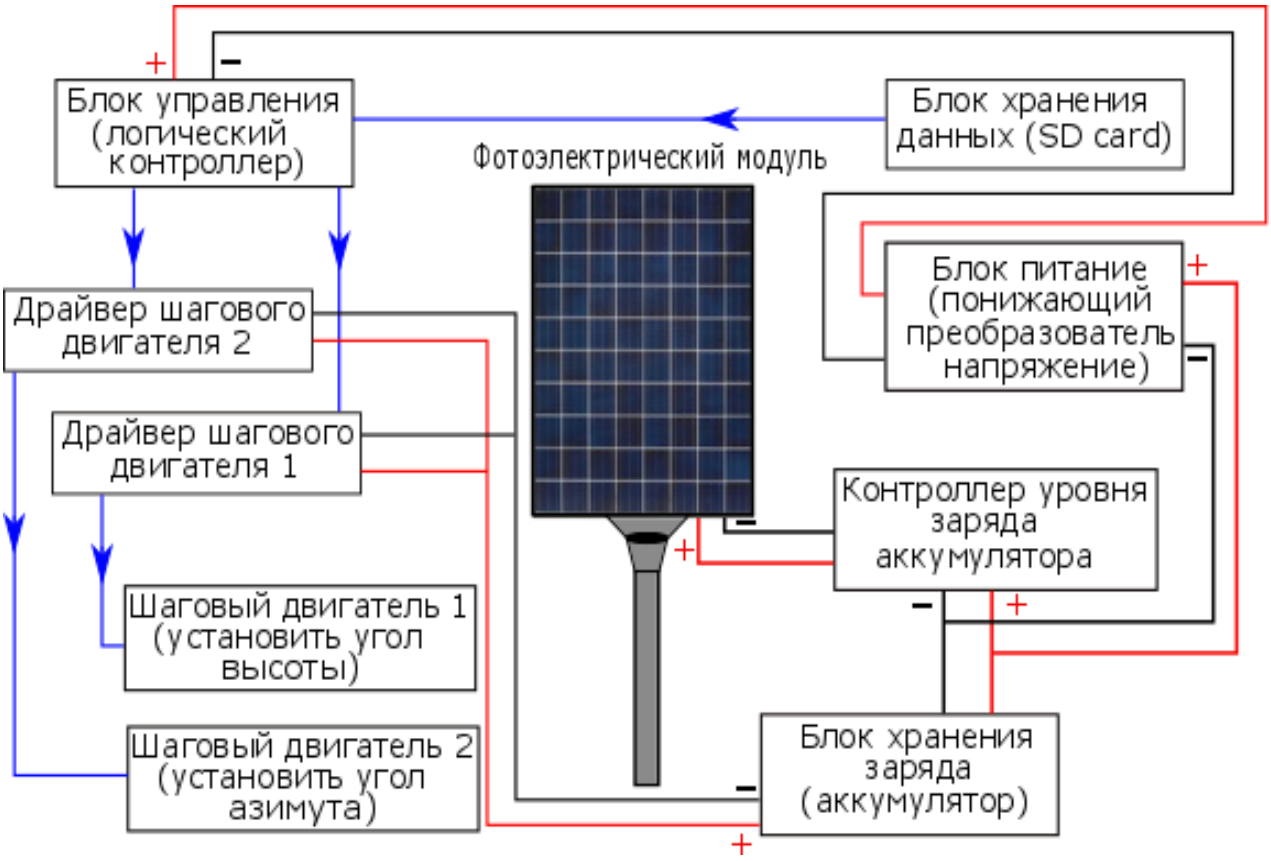



**Рис.1.** Блок схема системы слежения за Солнцем

Во флеш-накопителе хранятся данные об азимуте и высоте Солнца, а так же угле склонения Солнца на весь год. Расчеты координат Солнца производятся по формуле угла склонения δ, высоты α и угол азимута β положения. Угол склонения δ рассчитывается по формуле:

$$\delta = sin^{-1}\left(\sin(23.45^0)\, sin\left(\frac{360}{365}(d-81)\right)\right)$$

где δ - угол склонения, а d – порядковый номер текущего дня года, так как 1 января является как d=1.Угол высоты α вычисляется как:

$$\alpha = sin^{-1}\left(\sin(\delta)\sin(\varphi) + \cos(\delta)\cos(\varphi)\cos\left(15^0(LST-12)\right)\right)$$

где φ - широта местоположения системы слежения за солнцем, а LST - местное солнечное время. Теперь, последний что надо рассчитывать является азимутальным углом β:

$$\beta = sin^{-1}\left(\frac{\sin(\delta)\sin(\varphi) + \cos(\delta)\cos(\varphi)cos\left(15^0(LST-12)\right)}{\cos(\alpha)}\right)$$

**2.2 Управляющий электронный блок солнечного трекера**

На рисунке 2 показан электронный блок автоматизированного Солнечного трекера. Здесь главным компонентом является программируемый логический контроллер ATmega8. Питание к нему подводится через понижающий преобразователь постоянного напряжение сделанный на основеLM317. Далее к логическому контроллеру подключена внешняя флэш-память. Флеш - накопитель так же как и ATmega8 питается через понижающий модуль от 5 В к 3,3 В постоянного напряжения, сделанный на основе AMS1117. Шаговые двигатели подключены к программируемому контроллеру через драйверов типа A4988. Также имеется реле, подключенное к драйверам, через него подается напряжение к шаговым двигателям.

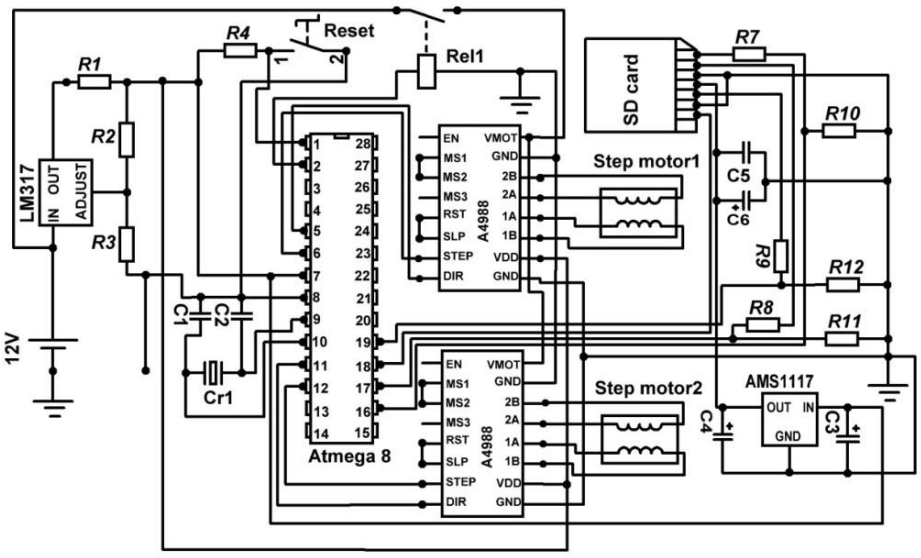



**Рис.2.** Электронная схема блока управления системы слежения за Солнцем

### 3. Построение алгоритма работы системы слежения за солнцем

Алгоритм работы системы слежения за Солнцем показан на рисунке 3. Контроллер работает по заданному программному алгоритму. На первом этапе работы системы микроконтроллер переходит в рабочий режим. Далее вводятся нужные порты ввода/вывода микроконтроллера и переменные. После этого микроконтроллер обращается к флеш - накопителю, за координатами Солнца. Получив нужную информацию, микроконтроллер считывает обороты шагового двигателя по азимуту и по высоте Солнца. Далее, система начинает ориентироваться к направлению солнечного излучения. Затем система прерывается на 15 минут и снова переходит к считыванию данных с внешнего накопителя. Этот цикл будет повторяться до тех пор пока микроконтроллер не получить команду о закате Солнце. Если поступит команда о закате, тогда микроконтроллер уходит в спящий режим.

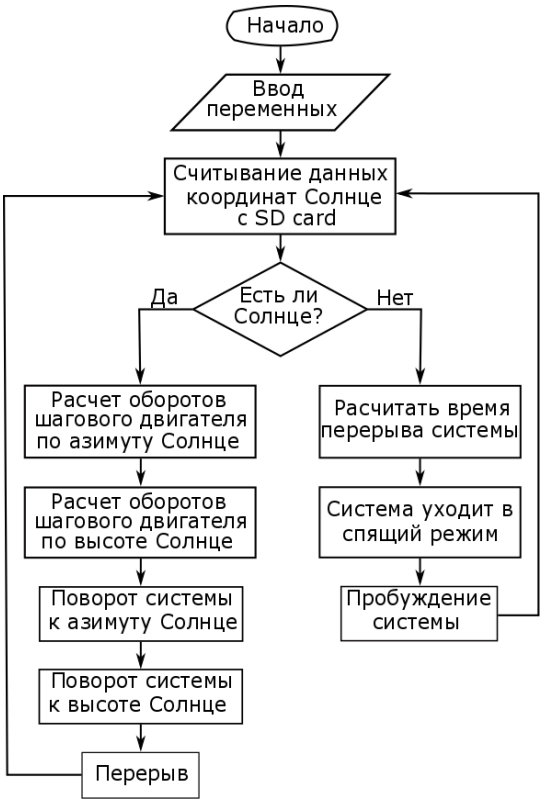



**Рис.3.** Алгоритм работы солнечного трекера

**4. Результаты и обсуждение**

Система из фотоэлектрического модуля была изготовлена с целью экспериментально оценить эффективность предлагаемого солнечного трекера. Экспериментальные данные были получены в ясный день на территорий университета КазНУ им. аль-Фараби. В результате проведенного эксперимента были получены сравнительные электрические характеристики солнечного трекера и стационарного модуля. Фотоэлектрические панели у обеих систем были выбраны с мощностью 20 В. В технических характеристиках солнечной панели были указаны следующие величины: вырабатываемый максимальный ток 1,16 А, вырабатываемое максимальное напряжение 17,3В. На рисунке 4 представлены данные электрического тока вырабатываемые солнечным трекером и стационарным фотоэлектрическим модулем. Экспериментные данные были получены повторно каждый 10 минут времени. Как мы видим у солнечного трекера вырабатываемый ток намного больше, чем у стационарного модуля. Здесь наибольшая величина тока соответствует с моментом времени, когда солнце находиться на максимальной высоте. Далее через несколько времени производимые токи резко понижается, это соответствует тем, что солнечное излучение накрывается густыми облаками.

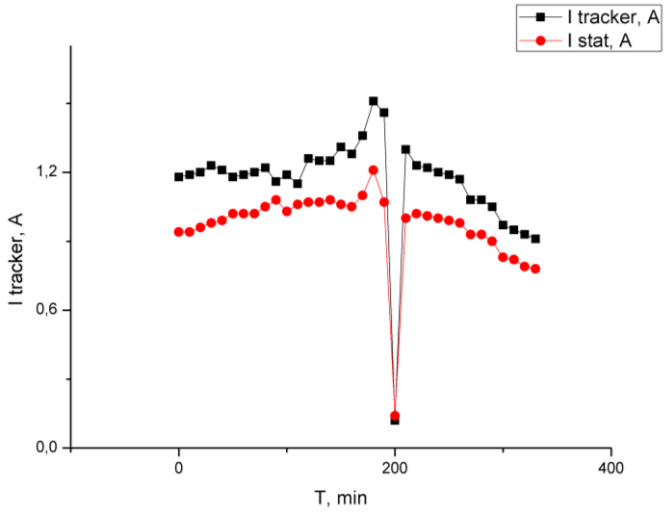



**Рис.4.** Ток солнечной батареи системы слежения за Солнцем и стационарного модуля в течение дня

На рисунке 5 представлены сравнительные данные напряжения, выдаваемые между системой слежения за солнцем и стационарным модулем. Здесь тоже можно увидеть некоторые спады напряжение вырабатываемые фотоэлектрическими модулями. Они тоже объясняется с облачными явлениями.

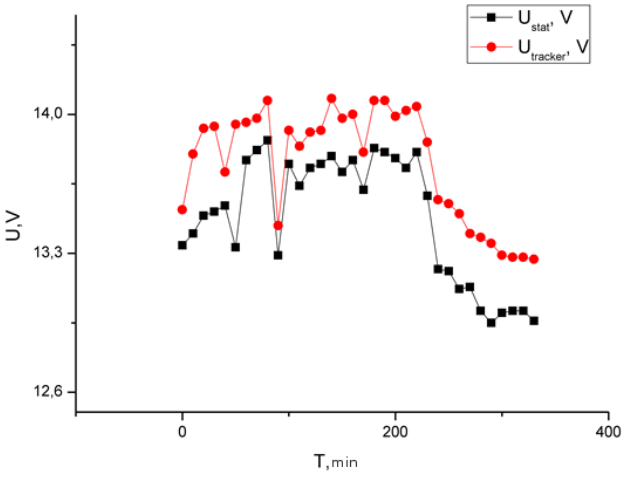



**Рис.5.** Напряжение солнечной батареи системы слежения за Солнцем и стационарного модуля в течение дня

В рисунке 6 представлены сравнительные данные мощностей, выдаваемые системой слежения за Солнцем и стационарным модулем.

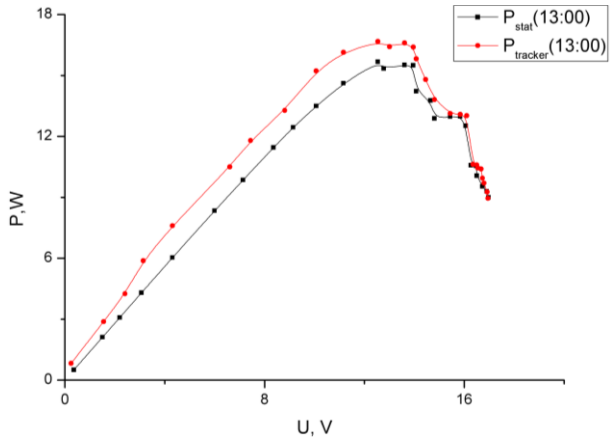



**Рис.6.** Сравнение мощностей между системой слежения за Солнцем и стационарной панелью

На рисунке 7 представлены КПД выдаваемые системой слежения за Солнцем и стационарным модулем. Здесь КПД солнечного трекера увеличился на 10% сравнительно со стационарным солнечным модулем.

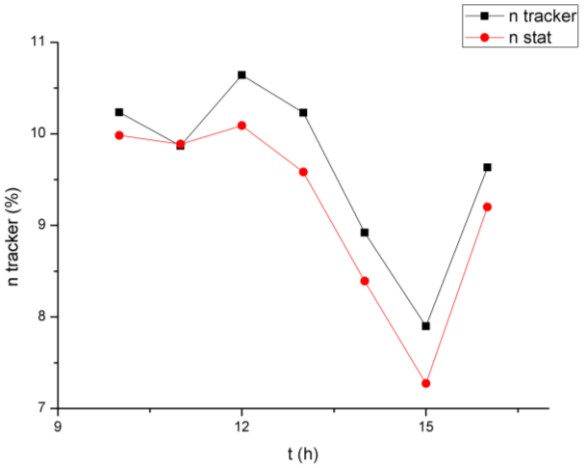



**Рис.7.** КПД системы слежения за Солнцем и стационарной солнечной модули

**Заключение**

В ходе исследовательской работы были сконструированы два фотоэлектрических модуля с разными механизмами работы. Первый модуль работал в стационарном положении без вращательных механизмов. Второй модуль имел систему слежения за Солнцем без применения фотоэлектрических датчиков на основе суточной траектории движения Солнца по небу. Полученные результаты показали, что система слежения за Солнцем является более эффективной по сравнению со стационарной системой слежения за Солнцем.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Banerjee A., Majumder A., Banerjee A., Sarkar S., and Bosu D., “Harnessing non conventional solar energy through conventional thermal power systems,” International Conference and Workshop on Computing and Communication, pp. 1–7, 2015.

[2] Tang, Runsheng, and Tong Wu. "Optimal tilt-angles for solar collectors used in China." Applied energy 79.3 (2004): 239-248.

[3] Chang, Tian Pau. "The Sun’s apparent position and the optimal tilt angle of a solar collector in the northern hemisphere." Solar energy 83.8 (2009): 1274-1284.

[4] A.-J. N. Khalifa and S. S. Al-Mutawalli, “Effect of two-axis sun tracking on the performance of compound parabolic concentrators,” Energy Conversion and Management, vol. 39, no. 10, pp. 1073–1079, 1998.

[5] G. C. Bakos, “Design and construction of a two-axis sun tracking system for Parabolic Trough Collector (PTC) efficiency improvement,” Renewable Energy, vol. 31, no. 15, pp. 2411–2421, 2006.

[6] S. Abdallah and S. Nijmeh, “Two axes sun tracking system with PLC control,” Energy Conversion and Management, vol. 45, no. 11-12, pp. 1931–1939, 2004.

[7] C. Alexandru and M. Comsit, “The energy balance of the photovoltaic tracking systems using virtual prototyping platform,” in Proceedings of the 5th International Conference on European (EEM ’08), pp. 1–6, Electricity Market, May 2008.

[8] T. Tomson, “Discrete two-positional tracking of solar collectors,” Renewable Energy, vol. 33, no. 3, pp. 400–405, 2008.

[9] Saymbetov, A. K., et al. "Method for Increasing the Efficiency of a Biaxial Solar Tracker with Exact Solar Orientation." Applied Solar Energy 54.2 (2018): 126-130.

[10]Chin, C. S., A. Babu, and W. McBride. "Design, modeling and testing of a standalone single axis active solar tracker using MATLAB/Simulink." Renewable Energy 36.11 (2011): 3075-3090.

[11] Ponniran, Asmarashid, Ammar Hashim, and AriffuddinJoret. "A design of low power single axis solar tracking system regardless of motor speed."International Journal of Integrated Engineering 3.2 (2011).

[12] Zolkapli, M., et al. "High-efficiency dual-axis solar tracking developement using Arduino." 2013 International Conference on Technology, Informatics, Management, Engineering and Environment.IEEE, 2013.

[13] Barsoum, Nader. "Fabrication of dual-axis solar tracking controller project." Intelligent Control and Automation 2.02 (2011): 57.

Құттыбай Н.Б., Саймбетов А.К., Нұрғалиев М.К., Шаймерденова М.Е., Тукымбеков Д.Х., Мейірханов А.Қ.

**Күнді оптималды бағдарлауға арналған екі осьтік күнді бақылайтын жүйені жасау**

**Түйіндеме.** Бұл жұмыста фотосезгіш датчиктерсіз жұмыс істейтін жоғары дәлдіктегі, автономды, екі осьтік және күн сәулесінің қозғалысының координаттары негізінде жұмыс істейтін күн трекерлері құрылады. Жүйе сыртқы флэш-дискке сақталған координаттарын пайдаланып, күнге бағытталады. Жұмыста күнді бақылайтын жүйенің блок схемасы, сондай-ақ басқару блогының электрлік схемасы көрсетілген. Күнді бақылайтын жүйе мен тұрақты бағытта орнатылған күн панелі жұмысының нәтижелері салыстырылып көрсетілген. Осылайша, күн трекерінің жұмысы сыртқы әсер етуші факторлар мен ауа-райының жағдайына , мысалы, бұлтты аспанға байланысты болмайды.

**Кілт сөздер.** Күнді қадағалау жүйесі, күн батареясы, фотосезгіш датчик, аккумулятор.

**A.A. Temirbayev, O.K. Tuyenbayev, B.A. Karibayev, N. Meirambekuly, S.O. Orynbassar, T.T. Shynazarova**

(Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: nurs.kaznu@gmail.com)

**MULTI-BAND ANTENNA BASED ON ANISOTROPIC FRACTAL FOR CUBESAT NANO-SATELLITES**

***Abstract.*** This paper presents antennas for CubeSat nanosatellites based on an anisotropic fractal of the first and second iteration. Monopole antennas are located at 45 degrees to the end of the nanosatellite, which allows to obtain an improved directivity of the antenna. The antenna based on the anisotropic fractal of the first iteration has two resonant frequencies, 433 MHz and 1.4 GHz with maximum gains of 1.85 and 4.64 dBi, respectively. The antenna based on AF second iteration has four resonant frequencies, 433 MHz with a maximum gain - 1.94 dBi, 1.25 GHz - 4.03 dBi, 1.9 GHz - 4.86 dBi and 2.9 GHz with a maximum gain 5.62 dBi

***Keywords*:** Nanosatellites, antenna, anisotropic fractal, small spacecrafts.

**А.А. Темирбаев, О.К. Туенбаев, Б.А. Карибаев, Н. Мейрамбекұлы, С.О. Орынбасар, Т.Т. Шыназарова**

(Казахский национальный университет им. Аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан, e-mail:nurs.kaznu@gmail.com)

**МНОГОДИАПАЗОННАЯ АНТЕННА НА ОСНОВЕ АНИЗОТРОПНОГО ФРАКТАЛА ДЛЯ НАНОСПУТНИКОВ СТАНДАРТА CUBESAT**

**Аннотация.** В работе представлены антенны для наноспутников стандарта CubeSat на основе анизотропного фрактала первой и второй итерации. Антенны монополь расположены под 45 градусов к торцевой части наноспутника что позволяет получить улучшенную направленность антенны. Антенна на основе анизотропного фрактала первой итерации имеет две резонансные частоты, 433 МГц и 1,3 ГГц с максимальными усилениями 1,85 и 4,64 dBi соответственно. Антенна на основе АФ второй итерации имеет пять резонансных частот, 433 МГц с максимальным усилением - 1,94 dBi, 1,25 ГГц - 4,03 dBi, 1,9 ГГц – 4,86 dBi и 2,9 ГГц с максимальным усилением 5.62 dBi.

**Ключевые слова:** Наноспутники, антенна, анизотропный фрактал, малые космические аппараты.

**ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время сфера малых космических аппаратов (МКА) переживают большой бум популярности. Это связано в первую очередь с удобностью в эксплуатации, дешевизной и мобильностью. Кроме того, данные программы можно реализовать не только на государственном уровне, ну и на уровне компаний, университетов и других организации.

Наноспутники один куб, стандарта CubeSat, имеют размер 10x10x10 $см^3$, и вес до 1 кг. Сами космические аппараты стандарта могут быть от 1U, 2U, 3U, 6U и т.д. [1].

Одной из главных модулей наноспутников является приемо-передающая система. В данную систему входит и антенны наноспутника, с помощью которых осуществляется прием и передача данных.

Благодаря современным технологиям можно планировать относительно сложные миссии, например, для наблюдения Земли [2], дистанционного зондирования [3], экспериментов в области коммуникационных технологий [4], проверки оборудования и других научных задач в образовательных целях [5], [6].

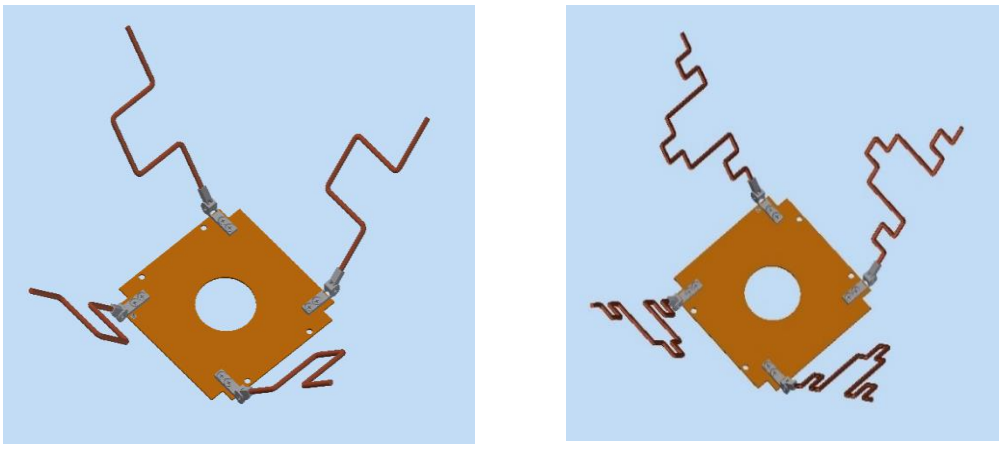
Как правило, МКА полагаются на системы связи ОВЧ/УВЧ диапазона с развертываемыми монопольными или дипольными антеннами для восходящей и нисходящей линий связи с низкой скоростью передачи битов (команды и телеметрия), которые являются диапазонами частот международного любительской связи, выделенных Международным Союзом Телекоммуникации [7].

Так как МКА ограничены в размерах в соответствии стандартам, очень важным является миниатюризация элементов, и в том числе антенн. Нами предлагается использование штыревых антенн фрактальной формы. Термин «фрактальная антенна» впервые использован французским математиком Мандельбротом в 1975 году для описания фрактальной формы, которую можно подразделить на множество частей; каждый из них - уменьшенная копия целого.

**ГЕОМЕТРИЯ И КОНЦЕПЦИЯ АНТЕНН**

Фрактальная антенна - это антенна, основанная на фрактальной геометрии, имеющий свойство самоподобие. Со времени открытия фрактальной антенны прогресс доказал, что геометрия фрактала помогает уменьшить размер антенны и придает ей многодиапазонные свойства [8–9]. Исследовав возможность использования фрактальных антенн в малых космических аппаратах, мы можем решить две проблемы. Во-первых, мы можем уместить габариты антенны в размере соответствующей требованиям стандарта CubeSat. Во-вторых, мы можем получить универсальную многодиапазонную антенну.

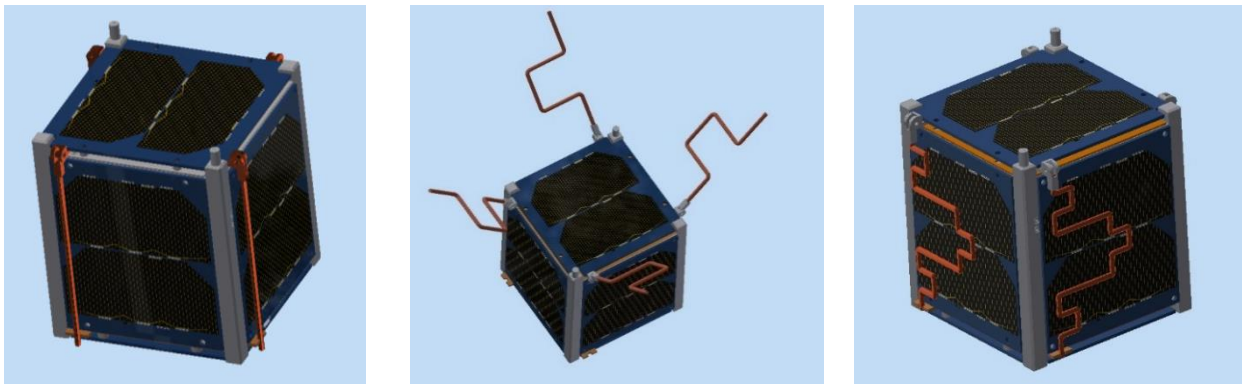
В данной работе мы предлагаем использовать в МКА антенну АФ-геометрии. Данная фрактальная геометрия была впервые предложена профессором Жанабаевым З.Ж. [10].



а б

**Рис.1.** Многодиапазонная антенна для CubeSat на основе анизотропного фрактала первой (а) и второй (б) итерации.

На рисунке 1 показаны антенны для наноспутников на основе анизотропного фрактала. Антенна состоит из четырех монополей, расположенных, на шарнирах с пружиной, под $45^0$ от торца наноспутника. Антенна собирается, развернувшись на $135^0$, завязывается обжигаемыми нанонитями на плату, с обжигающими резисторами, расположенный с другого торца наноспутника.



а б в

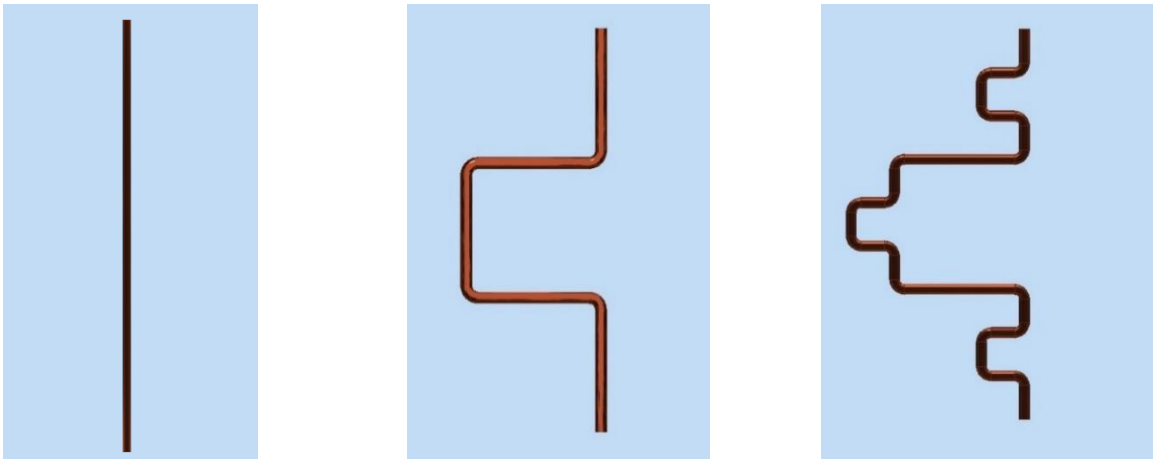
**Рис.2.** Наноспутник 1U с штыревой монополь антенной (а), раскрытой АФ антенной первой итерации (б) и с собранной АФ антенной второй итерации (в).

**МОДЕЛИРОВАНИЕ АНТЕННЫ**

Для моделирования и исследовании данных типов антенн использовалась программные пакеты HFSS 13.0 и CST Microwave Studio. Как материал излучающей части антенны использовалась медь (ε=1,0), диаметр проволоки d=2,8 мм. В данной работе мы сравнили антенны АФ-геометрии с традиционной вертикальной антенной монополь для 430 МГц. Ее длина составляет 172 мм. Но при этом нужно учитывать то что такая длина не помещается в наноспутнике 1U, но ее можно использовать в других версиях данного аппарата.

АФ формируется анизотропной структурой, с увеличением количество итерации П образные части фрактала появляются только в одном направлении, при этом боковые отрезки не меняют свою форму. В данном фрактале самоподобие наблюдается с участием 5 отрезков, то есть N(δ) = 5, также коэффициент масштаба δ=3.

Фрактальная (суммарная) длина антенны первой итерации составляет 172 мм (435 МГц), высота антенны составляет 102 мм. Для второй итерации фрактальная длина антенны составляет 237 мм, высота 102 мм.



а б в

**Рис.3.** Геометрия антенн, а – вертикальная антенна монополь, б- антенна на основе АФ первой итерации, в- антенна на основе АФ второй итерации.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Полученные в результате симуляции антенн АФ геометрии мы сравнили с характеристиками традиционной вертикальной антенны. АФ антенна первой итерации (рис. 3а) имеет две резонансы частот (рис. 4), располагающиеся в диапазонах частот 430 МГц (УКВ) и 1,3 ГГц (L-диапазон). Данные диапазоны обширно используются в космической связи. УКВ диапазон используется для получения данных телеметрии, не требующих больших скоростей передачи. В сравнении с традиционной антенной (A_0), АФ антенна первой итерации (AF_1) имеет более высокий коэффициент отражения в частотном диапазон 430 МГц.

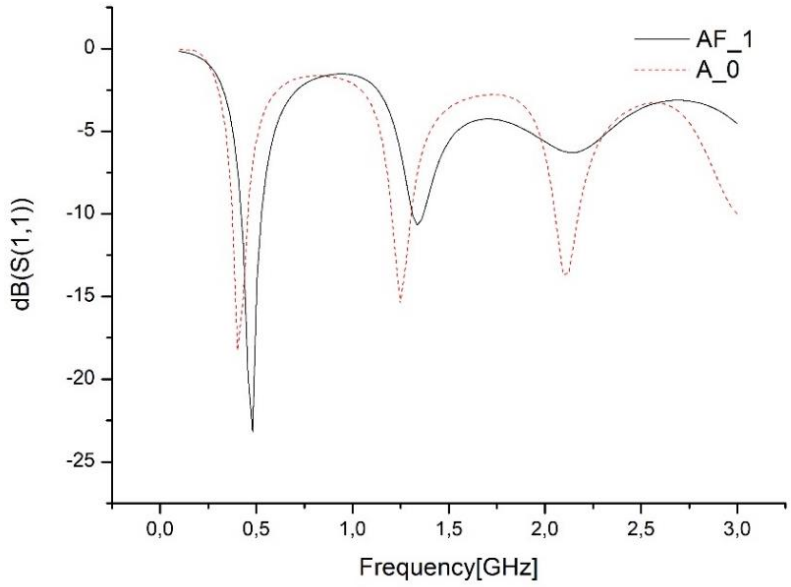



**Рис.4.** Резонансные частоты вертикальной монополь антенны 172 мм и антенны АФ-геометрии первой итерации.

Далее были получены основные характеристики АФ-антенны второй итерации. В результате обнаружены пять резонансных частот в четырех разных диапазонах работы (Рис. 5). Это частоты 430 МГц (УКВ - диапазон), 1,25 ГГц и 1,9 ГГц (L- диапазон), 2,9 ГГц (S-диапазон).

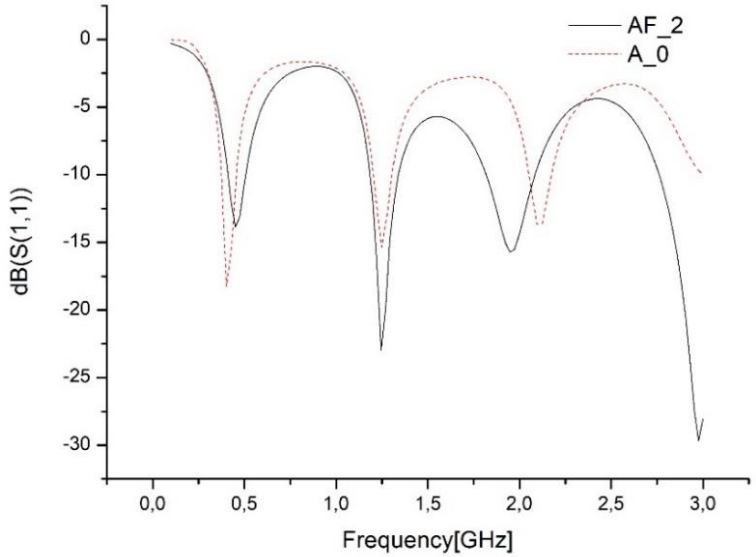
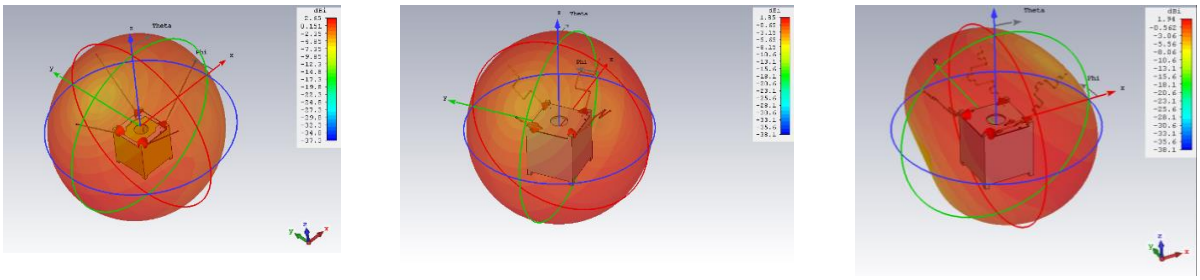



**Рис.5.** Резонансные частоты АФ-антенны второй итерации в сравнении с резонансными частотами традиционного монополя.

По сравнении с традиционной вертикальной антенной (A_0) антенна на основе АФ второй итерации имеет более высокий коэффициент отражения в частотах диапазона L. Но самый большой коэффициент отражения в S (1,1) антенны АФ второй итерации наблюдается в частотном диапазоне S. В МКА диапазон S (2-4 ГГц) широко используется в передачи информации требующих больших скоростей, например, снимки бортовых оптических аппаратов.

Полученные в результате симуляции трехмерные диаграммы направленности (ДН) вертикальной антенны и антенн АФ-геометрии в частотном диапазоне 430 МГц (рис. 6) свидетельствуют о том, что в данной частоте все антенны, включая антенны АФ-геометрии имеют всенаправленные характеристики. Для получения данных телеметрии и команд этот вид направленности является наиболее подходящим.

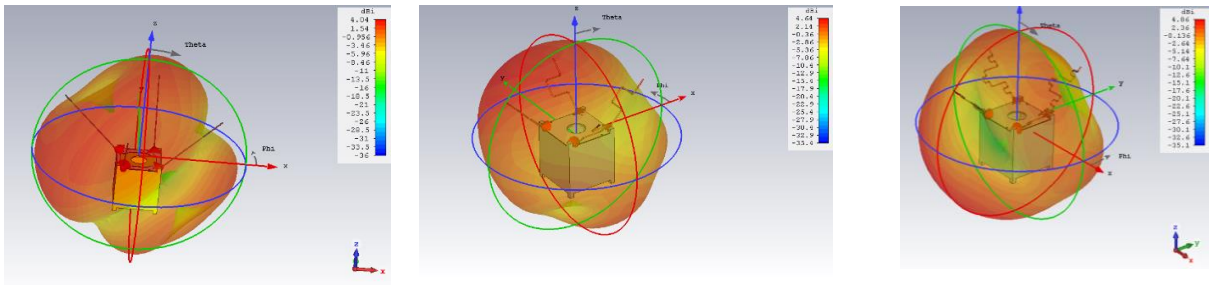


а б в

**Рис. 6.** Трехмерные диаграммы направленности антенн по для частотного диапазона 430МГц:
а – ДН вертикальной монополь антенны, б – ДН АФ антенны первой итерации,
в - ДН АФ антенны второй итерации.

Но следует отметить что максимальное усиление АФ антенн ниже по сравнении с традиционной вертикальной антенной. Данный параметр 2,65 dBi для традиционной вертикальной антенны, 1,89 dBi и 1.94 dBi для АФ антенн первой и второй итерации соответственно.

ДН антенн в частотах L-диапазона (рис. 7), используемая в спутниковой навигации, терпит некоторое изменение. Максимальное усиление антенн АФ-геометрии примерно ровняются друг к другу, с показателями 4,64 dBi и 4,86 dBi для АФ антенны первой и второй итерации соответственно. А вот максимальное усиление для данного диапазона вертикальной антенны немного ниже, на уровне 4,04 dBi.

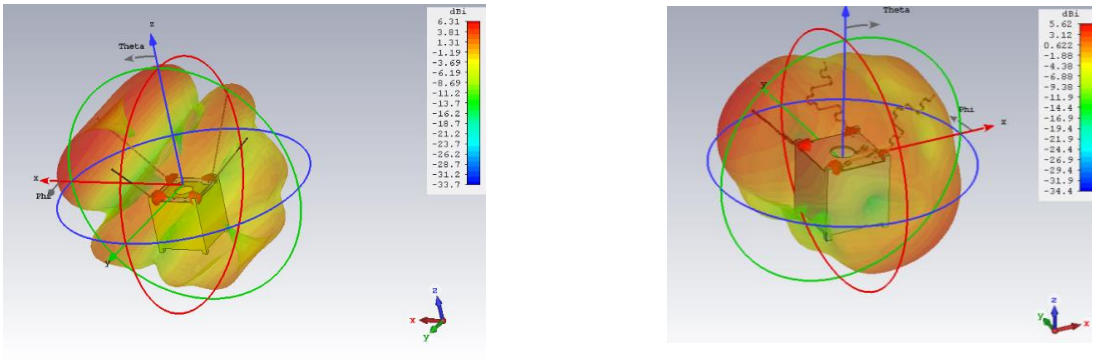


**а** **б** **в**

**Рис. 7.** Трехмерные ДН антенн в частотах L-диапазона:
а – ДН вертикальной антенны, б – ДН антенны АФ первой итерации, в – ДН антенны АФ второй итерации.

Так как в S(1,1) параметре АФ антенны первой итерации не обнаружены какие-либо резонансные частоты в S-диапазоне, рассматривать ДН данной антенны в данном диапазоне не будем.

Если сравнивать ДН двух антенн, традиционной вертикальной антенны и антенны АФ-геометрии второй итерации, можем заметить что ДН антенны АФ-геометрии более гладко усторена. Но максимальное усиление ветрикальной антенны выше чем АФ антенны второй итерации, 6,3dBi против 5,62 dBi.



а б

**Рис. 8.** Трехмерные ДН антенн в частотах S - диапазона:
а – ДН вертикальной антенны, б – ДН антенны АФ второй итерации.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В данной работе предложены многодиапазонные антенны на основе анизотропного фрактала первой и второй итерации для наноспутников стандарта CubeSat. Антенная система состоит из четырех монополей АФ-геометрии расположенных под 45 градусов к торцевой части, в четырех углах. Данные антенны работают в нескольких диапазонах и позволяют уместить всю длину антенны в плоскость соответствующей боковой стороне наноспутника. Располагаются данные антенны как обычные традиционные вертикальные антенны и раскрываются методом обжиганием завязанных антенн нитей с помощью резистора. По частотным и энергетическим характеристикам антенны на основе АФ соответствуют нескольким диапазонам частот работы МКА. Первый из них покрывает радиолюбительский диапазон, используемый для передачи низкоскоростной информации 430 МГц, который широко используется для получения данных телеметрии, передачи команд и других целей. Остальные частоты работ соответствуют диапазонам L (1.3 ГГц в антенне геометрии АФ первой итерации, 1,25 и 1,9 ГГц в антенне геометрии АФ второй итерации) и S (2.9 ГГц).

ЛИТЕРАТУРА

[1] CubeSat Design Specification (CDS), Rev. 12, The CubeSat Program, CALPOLY SLO; http:// www.CubeSat.org.

[2] R. Sandau, “Status and trends of small satellite missions for earth observation,” Acta Astronautica, vol. 66, no. 12, pp. 1 – 12, 2010.

[3] A. A. Mahmoud, T. T. Elazhary, and A. Zaki, “Remote sensing cubesat,” vol. 7826, 2010, pp. 78 262I–78 262I–8.

[4] A. Babuscia, B. Corbin, R. Jensen-Clem, M. Knapp, I. Sergeev, M. Van de Loo, and S. Seager, “Commcube 1 and 2: A cubesat series of missions to enhance communication capabilities for cubesat,” in 2013 IEEE Aerospace Conference, March 2013, pp. 1–19.

[5] R. Nugent, R. Munakata, A. Chin, R. Coelho, and J. Puig-Suari, “The cubesat: The picosatellite standard for research and education,” Aerospace Engineering, vol. 805, pp. 756–5087, 2008.

[6] A. Toorian, K. Diaz, and S. Lee, “The cubesat approach to space access,” in 2008 IEEE Aerospace Conference. IEEE, 2008, pp. 1–14.

[7] Panel on Frequency Allocations Spectrum Protection for Scientific Uses, Committee on Radio Frequencies, National Research Council, Hand-book of Frequency Allocations and Spectrum Protection for Scientific Uses. The National Academies Press, 2007.

[8] E. L. Barreto and L. M. Mendonc¸a, “A new triple band microstrip fractal antenna for C-band and S-band applications,” Journal of Microwaves, Optoelectronics and Electromagnetic Applications, vol. 15, no. 3, pp. 210–224, 2016.

[9] T. Benyetho, J. Zbitou, L. El Abdellaoui, H. Bennis, A. Tribak, and M. Latrach, “A novel design of elliptic fractal multiband planar antenna for wireless applications,” in Proceedings of the 1st URSI Atlantic Radio Science Conference, Gran Canaria, Spain, May 2015.

[10] Жанабаев З.Ж. Фрактальная модель турбулентности в струе // Известия СО АН СССР, серия техн.-наук. 1988. Вып.4. № 15. С.57-60.

Темирбаев А.А., Туенбаев О.К., Карибаев Б.А., Мейрамбекұлы Н., Орынбасар С.О., Шыназарова Т.Т.

**Cubesat стандартының наноспутниктеріне арналған анизотропты фрактал негізіндегі көпдиапазонды антенна**

**Түйіндеме.** Бұл жұмыста CubeSat стандартына сәйкес наножерсеріктеріне арналған анизотропты фракталдың бірінші және екінші итерациясына негізделген антенналар ұсынылады. Монополь антенналар, бағытталу көрсеткіштерін жақсарту мақсатында, наножерсерігінің соңғы бөлігіне 45 градус бұрышпен орналасқан. Анизотропты фракталдың бірінші итерациясы негізінде жасалған антеннаның резонанс жиіліктері 433 МГц және 1,4 ГГц болып табылса максималды күшейту көрсеткіші осы жиіліктер бойынша сәйкесінше 1,85 және 4,64 dBi. Анизотропты фракталдың екінші итерациясы негізінде жасалған антеннаның резонанстық жиіліктері 433 МГц максималды күшейту - 1,94 dBi, 1,25 ГГц - 4,03 dBi, 1,9 ГГц – 4,86 dBi, 2,9 ГГц – 5.62 dBi.

**Кілт сөздер:** Наножерсеріктері, антенна, анизотропты фрактал, кіші ғарыш аппараттары.

УДК 006.83

**A.A. Turliyeva, M.N. Mukhtarova**

## INSPECTION OF CONFORMITY OF THE CONTROL OBJECT WITH THE REGARD TO REGULATORY TECHNICAL DOCUMENT

**Summary.** This work is devoted to the organization of quality control of raw materials and finished products at an enterprise for the production of concrete and reinforced concrete products. At present, at all industrial enterprises there are not only questions about improving the quality of products, but also questions about stable quality. In this connection, the rules for confirming the conformity of their quality are given and indicated.

**Key words:** Technical control, quality, concrete, reinforced concrete products, reinforcing steel, embedded products.

**А.А. Турлиева, М.Н. Мухтарова**
(Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы)

## БАҚЫЛАУ ОБЪЕКТІСІНІҢ НОРМАТИВТІК-ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰЖАТТАМАНЫҢ БЕЛГІЛЕНГЕН ТАЛАПТАРЫНА СӘЙКЕСТІГІН ТЕКСЕРУ

**Аңдатпа.** Аталған жұмыста бетон және темірбетон бұйымдарын өндіру бойынша кәсіпорындарда шикізат пен дайын өнімнің сапасын бақылауды ұйымдастыру мәселелері туралы айтылады. Қазіргі таңда барлық өнеркәсіп кәсіпорындарында шығарылатын өнімнің сапасын арттыру туралы ғана мәселелер ғана емес, сонымен қатар сапа тұрақты болуы туралы жайлы мәселелер туындап отыр. Соған байланысты олардың сапасының сәйкестігін растау ережелері келтіріліп, көрсетілген.

**Түйін сөздер:** Техникалық бақылау, сапа, бетон, темір бетон, арматуралық болат, қалау бұйымдары.

Техникалық бақылау – бұл белгілі бір өлшеуіш, органолептикалық және тіркеуші әдістерін қолданатын, нормативтік-техникалық құжаттамасында белгіленген талаптарымен бақылау объектісінің сәйкестігін тексеруден тұратын рәсім. Техникалық бақылаудың мақсаты ақаулар мен жарамсыздықты анықтау болып табылады, ал бақылау объектілері - бұл өнімдер, жабдықтар мен үрдістер.

Техникалық бақылауды ерекшелендіретін бірнеше белгілер бар: өндірістік үрдістің сатысы бойынша; өткізу әдісі бойынша; бақылау объектісіне әсер ету бойынша; қолданылатын басқару элементтері бойынша.

Енгізу – кәсіпорынға келіп түсетін материалдарға, шикізатқа және жартылай фабрикаттарға қатысты жүзеге асырылатын бақылау. Бұл бақылаудың мақсаты, сапасыз шикізаттың өндіріске ену мүмкіндігін болдырмау болып табылады.

Операциялық – технологиялық операцияны орындау кезінде немесе аяқталғаннан кейін бақылау. Бұндай бақылау түрі шығу кезінде ақаудың пайда болу ықтималдылығын азайтады.

Қабылдап алу - сатуға жарамдылығы туралы шешімді қабылдайтын өнімдерді бақылау. Осы бақылаудан кейін сапалы өнімге сапа куәлігі жазылып, беріледі.

Инспекциялық – арнайы уәкілетті тұлғалар жүзеге асыратын, бақылаудың тиімділігін тексеру мақсатындағы бақылау түрі.

Белсенді бақылау кезінде сапаны жақсартуға мүмкіндік беретін параметрлердің немесе жұмыс кезенінің реттілігінің өзгеруі туралы шешімдер қабылданады.

Пассивті бақылау кезінде нақты жағдай тіркеледі, яғни бір партиядағы жарамсыз немесе ақаулы өнімдердің саны.

Жаппай бақылау кезінде, партиядағы барлық өнім бірліктері бақылауға алынады. Бұл бақылау түрі кіші сериялық кәсіпорындарында пайдаланылып, ал сүт өнеркәсібі кәсіпорындарында пайдаланылмайды.

Іріктеме бақылау кезінде таңдаулы немесе жеке бірлікті өнімдер тексеріледі, бұндай бақылау түрі барлық тағам өнеркәсібінің кәсіпорындарында қолданылады.

Бұзып бақылау кезінде, өнім тексеруден кейін әрі қарай пайдалану үшін жарамсыз. Бақылаудың бұл түрі негізінен тамақ өнеркәсібінде қолданылады.

Бұзбай бақылау кезінде ақаусыз өнімдер пайдаланымға берілуі мүмкін.

Өлшеуші - техникалық құралдарды пайдалану арқылы бақылау.

Органолептикалық – арнайы дайындықтан өткен, яғни дәм айырушы мамандар бақылауды жүргізеді. Бақылаудың бұл түрі, адамның сезім мүшелері көмегі арқылы алынған ақпарат пайдаланылады: есту, көру, иіс сезу, дәм сезу және түйсіну.

Осылайша, өнім сапасын техникалық бақылау арқылы жақсы бұйымдардан нашар бұйымдарды бөліп алуға немесе анықтауға мүмкіндік береді. Технологиялық процесс аяқталғаннан соң, өнімнің сапасы бақылау кезінде өзгеруі мүмкін емес, тек қана нақты жағдай белгіленуі мүмкін, яғни ақау пайызы.

Өнімнің белгіленген талаптарға сәйкес келмеуі ақау деп аталады. Ақауды анықтау мүмкіндігі бойынша айқын немесе жасырын болуы мүмкін. Өнімдегі айқын ақауды анықтау үшін нормативтік құжаттарда тиісті ережелер, әдістемелер және өлшеу құралдары қамтамасыз етілген.

Нормативтік құжаттарда тиісті әдістер мен құралдар көзделмеген ақау жасырын деп аталады. Тамақ өнімдеріне қатысты жасырын, білінбейтін ақауларға құрамында микотоксиндер, хлорорганикалық қосылыстардың болуы және де басқаларын жатқызуға болады.

Сапаға әсер етудің маңыздылығы бойынша ақаулар критикалық, елеулі және елеусіз болып бөлінеді. Өнімді мақсаты бойынша пайдалануға жол берілмейтін ақау критикалық деп аталады. Елеулі ақау - өнімнің қасиетіне айтарлықтай әсер ететін ақау. Елеусіз ақау - өнімді мақсаты бойынша пайдалануға айтарлықтай әсер етпейтін ақау және бұйымдардың сақталу қабілеттілігі. Критикалық ақаулары бар өнім – ақау деп аталады.

Барлық өнеркәсіп кәсіпорындарында шығарылатын өнімнің сапасын арттыру туралы ғана мәселе емес, сонымен қатар сапа тұрақты болуы туралы жайлы мәселе тұр. Ол үшін шығарылатын өнімді бақылау жеткіліксіз, ең бастысы - жарамсыз өнімнің неліктен пайда болғанын түсіну. Ақау тудыратын себептер анықталғанда, технологиялық процесті басқару әлдеқайда жеңіл болады. Бұл үшін ақаудың пайда болуын талдаудың статистикалық әдістері бар. Бұл әдістердің мақсаты – сапасыз өнімнің алдын алу немесе азайту жөніндегі техникалық және басқарушы іс-шараларды әзірлеу болып табылады [1].

Сапаны басқару жүйесі мынадай функциялардың орындалуын ұйымдастырады және регламенттейтін процеске әсер етеді: кәсіпорында сапа саясатын әзірлеу; өнімнің барлық кезеңдерінде оның сапасын бақылау; шығарылатын бұйымдар мен перспективалы бейнелердің сапасы туралы, сондай-ақ ғылым, техника және технология жетістіктері туралы ақпаратты жинау, талдау және бөлу; анықталған кемшіліктерді немесе өнімнің сапасын төмендететін факторларды жоюға бағытталған қажетті іс-шараларды әзірлеу және өндіріске енгізу.; материалдық базаны нығайту бойынша іс-шараларды енгізу, жұмыс істеушілердің қызығушылығын арттыру және кәсіпорынды басқаруда қазіргі заманғы әдістерін пайдалану; жеткізушілермен, тұтынушылармен мемлекеттік және аумақтық органдармен сапа мәселелерін шешу.

Сапа саясатын әзірлеу - сапаны болжау және жоспарлау. Болжамдау функциясы нарықтың қажеттіліктерін ескере отырып, өнім сапасының перспективалық деңгейін белгілеуге бағытталған. Болжам жасау жаңа техника мен технологияларды жасау қарқынын жеделдету үшін, олардың деңгейін арттыру және бәсекеге қабілеттілікті қамтамасыз ету үшін қажет.

Сапаны жоспарлау кезінде перспективалық үлгілерді әзірлеуді, шығарылатын өнім сапасының деңгейін арттыруды, ескірген өнімді өндірістен алынып тастауы, жоғары сапа санатына өнімді аттестаттау бойынша тапсырмаларды жоспарлауды, сапаны арттырудың ұзақ мерзімді бағдарламаларын жоспарлауды көздеген жөн [2].

Жоспарлау кешенді болуы тиіс, ғылым мен техниканы дамыту, өнімді өндіріске қою, кәсіпорынды қайта құру, ұжымдарды әлеуметтік дамыту жоспарларын байланыстыруға негізделген болуы керек. Яғни прогрессивті және жақсартылған сапаны қамтамасыз ету жөніндегі жоспарланған іс-шаралар бір мезгілде жаңа үлгілерді жасаудың техникалық-экономикалық негіздемесі сияқты жұмыстарды жоспарлауды және орындауды, жақсы сапа үлгілерін жасау жөніндегі ғылыми-зерттеу және тәжірибелік-конструкторлық жұмыстарды орындауды, өнімге арналған нормативтік құжаттаманы қайта қарауды көздеуі тиіс, сапаны бақылаудың прогрессивті әдістемелерін енгізу, тәжірибелік өндірісті ұйымдастыру, оның ішінде оны метрологиялық қамтамасыз ету, жаңа өндіріс ресурстарымен материалдық-техникалық жабдықтау жоспарын жасау, жұмысшыларды жаңа жұмыс тәсілдеріне оқыту, жұмысшылардың біліктілігін арттыру, инженерлік-техникалық қызметкерлердің жаңа кадрларын даярлау, еңбекті бағалау жүйесін жетілдіру, қызметкерлердің жоғары сапалы өнім шығаруға қызығушылығын арттыру және т.б.

Қазіргі заманғы бәсекелестік жағдайында нарықтың жағдайы туралы ақпаратты жинау мен өңдеуімен айналысатын кәсіпорынның маркетинг қызметі үлкен мәнге ие. Маркетинг қызметінің

зерттеу объектілері: тауар, нарық сыйымдылығы, сұраныс, бәсекелестік шарттары, нарықты сегменттеу болып табылады.

Материалдық базаға қатысты сапаны басқару функциясы жаңа техника мен технологияларды енгізуді, өндірістік ғимараттарды қайта жаңартуды, перспективалы және арзан материалдарды енгізуді және т.б. көздейді.

Сапаны басқару саласындағы мемлекеттік және аумақтық органдармен өзара іс-қимыл нормативтік құжаттардың жай-күйіне мемлекеттік және ведомстволық қызметтерді қадағалауды, өндірісті аттестаттау мен сертификаттауды, өнім мен сапа жүйелерін сертификаттауды, сондай-ақ қызметін заңнамалық және нормативтік мемлекеттік актілермен қамтамасыз етуді көздейді [3].

Сапа көрсеткіштерінің жүйесі. Сапаны бағалау тұрғысынан барлық өнеркәсіптік өнім екі класқа бөлінеді: пайдалану кезінде шығындалатын өнім және өз ресурсын пайдалану кезінде шығындалатын өнім. Бұл кластар өз кезегінде бес топты қамтиды. 1-топқа шикізат пен табиғи отын, мысалы пайдалы қазбалар, сұйық, қатты және газ тәрізді отын, тау жыныстарынан жасалған құрылыс материалдары жатады. 2-топқа материалдар мен өнімдер, мысалы майлайтын майлар, металл дайындамалары, химиялық өнімдер, құрылыс материалдарының көпшілігі (цемент, бетон толтырғыштар, орман материалдары, мұнай битумдары, полимерлер және т.б.) жатады. 3-топқа шығындалатын өнімдер (азық-түлік өнімдері, катушкадағы сымдар мен кабельдер, темір-бетон бұйымдарындағы салынатын бөлшектер) кіреді. 4-топты жөндеілмейтін (қалпына келтірілмейтін) бұйымдар құрайды, атап айтқанда: болттар, гайкалар, кірпіш, керамикалық плиткалар, полистирол мен т. б. қаптау плиталары. 5-топқа жөнделетін (қалпына келтірілетін) бұйымдар жатады. Бұл құрылыс материалдары өнеркәсібі кәсіпорындарында қолданылатын технологиялық жабдықтар (діріл алаңдары, бетон араластырғыштар, жылумен өңдеу камералары, каландрлар, көпір крандары және т.б.), өлшеу және сынау техникасы. Жөнделетін бұйымдарға түрлі ғимараттарды, инженерлік құрылыстарды және кейбір құрылыс конструкцияларын жатқызуға болады.

Сенімділік және ұзақ мерзімділік көрсеткіштері нақты пайдалану жағдайларында материалдар мен бұйымдардың сенімділігі мен ұзақ мерзімділігінің қасиеттерін сипаттайды. Сенімділік қасиеті өнімді әзірлеу сатысында құрылады, оны өндіру сатысында қамтамасыз етіледі және пайдалану сатысында ұсталынып тұрады. Құрылыс бұйымдарының көптеген қасиеттерін бақылау үшін - беріктігін, су өткізбеушілігін, жылу өткізгіштігін, шытынаулардың болмауын және т. б. болмауы үшін, техникалық сипаттамаларды және олардың ауытқуларын тексеру жеткілікті. Егер ауытқулар ТНҚА-де көрсетіліп рұқсат етілген шектерде болса, бұйымдар зауыттан шығарылады және құрылысқа жеткізіледі [4].

Құрылыс бұйымдары қалпына келтірілетін және қалпына келтірілмейтін болып бөлінеді. Қалпына келтірілетін бұйымдарды істен шыққан жағдайда жөндеуге немесе ауыстыруға болады. Қалпына келтірілмейтін бұйымдар, мысалы, қабырға панельдерінің байланыстары, салмалы бөлшектер, жасырын электр сымдарын жөндеу немесе ауыстыру мүмкін емес.

Әрбір құрылыс бұйымына, элементке немесе жүйеге белгілі бір күй мен қасиеттер тән. Ең маңызды күйлер түрі: ақаудың болуы, ақаудың болмауы және жұмысқа қабілеттілігі.

Жарамдылық бұйымның қазіргі кезде негізгі параметрлерге қатысты (беріктігі, ылғалдылығы, жылу өткізгіштігі, өлшемдері), сондай-ақ пайдалану ыңғайлылығын, сыртқы түрін және т. б. сипаттайтын қосалқы параметрлерге қатысты белгіленген барлық талаптарға толық сәйкес келетін жағдайымен сипатталады.

Ақаулық – бұйымның жай-күйімен сипатталады,нақты уақытқа сәйкес негізгі немесе қосалқы параметрлерге қатысты талаптарға сәйкес болмауымен сипатталады.

Жұмыс істеу қабілеттілігі-бұйымның нақты уақытта функциялардың қалыпты орындалуын сипаттайтын негізгі параметрлерге қатысты барлық талаптарға сәйкес келетін жағдайы. Бұл жұмысқа қабілеттіліктің жарамдылықтан айырмашылығы, жарамдылығы міндетті түрде жұмысқа қабілеттілікті қамтиды [5].

Істен шығу дегеніміз, жүйе, элемент немесе бұйымның толық немесе жартылай жұмыс істеу қабілетінен айырылуы. Жұмыс қабілеттілігінің жоғалуы негізгі параметрлердің ең болмағанда біреуі белгіленген рұқсатнамалардан тыс шығатын осындай ақаулықтан туындайды. Істен шығу кенеттен және біртіндеп пайда болуы мүмкін. Кенеттен істен шығу кенеттен немесе секірмелі түрде параметрлердің өзгеруі нәтижесінде пайда болады (бұзылу, қабыршықтану және т.б.). Біртіндеп істен шығулар (тозатын) параметрлердің баяу өзгеруі салдарынан пайда болады, мысалы, қоршаған ортаның әсерінен материалдардың тозуы және деформациясы.

Бұйымның, элементтердің немесе жүйенің сенімділігінің қалыптасуының ең маңызды қасиеттері: тоқтаусыздық, ұзақ уақытқа жарамдылығы және жөндеуге жарамдылығы болып табылады.

Тоқтаусыз жұмыс істеу деп - бұйымның белгілі бір режимдерде және белгілі бір уақытта пайдалану кезінде жөндеуге мәжбүрлі үзілістерсіз жұмыс істеу қабілетін айтады. Тоқтаусыз жұмыс істеу көрсеткіштеріне тоқтаусыз жұмыс істеу ықтималдығы, бірінші істен шыққанға дейінгі орташа жұмыс істеу, істен шығуға арналған жұмыс істеу, істен шығу қарқындылығы және т. б. жатады.

Істен шығу - бұл екі жүйелі істен шығу арасындағы бұйымның қалыпты жұмысының орташа уақыты. Істен шығуға істелген жұмыс уақыт бірлігінде (бұйымның үздіксіз жұмыс режимінде) немесе бұйым аралықтармен жұмыс істейтін циклдарда өлшенеді. Істен шығудың жұмыс істеу көрсеткіші жөнделетін бұйымдардың сенімділігін бағалау үшін қолданылады, яғни 5-топқа жататын [6].

Бірінші істен шыққанға дейінгі орташа істелген жұмыс, бірінші істен шыққанға дейінгі партиядағы жөнделетін (қалпына келтірілмейтін) бұйымның орташа жұмыс істеу уақытымен сипатталады. 4-топтың жөнделмейтін бұйымдары, мысалы, қаптауға арналған керамикалық плитка, әдетте, кенеттен істен шығумен (бұзылумен) сипатталады, одан кейін оны ары қарай пайдалану орынсыз болып табылады.

Жөнделмейтін бұйымдардың істен шығуының сандық көрсеткішін көрсету үшін, істен шығудың қарқындылық көрсеткіші қолданылады. Істен шығу қарқындылығы тоқтаусыз бұйымның уақыт бірлігінде істен шығу ықтималдығын білдіреді. Қарапайым жағдайда істен шығулардың қарқындылығы істен шығуға дейінгі жұмыс уақытына кері пропорционал.

Ұзақ уақыт жұмыс істеу ұғымы, бұйымның шекті жағдайға дейін "жөндеуге" қажетті үзілістері бар жұмыс істеу қасиеттері бар қабілеттілігін сақтау. Шекті жағдай бұйымның бұзылуымен, қауіпсіздік талаптарымен немесе экономикалық пайымдаулармен анықталады. Құрылыс бұйымдарының беріктігі әдетте күнтізбелік қызмет мерзімімен өлшенеді.

Жөндеуге жарамдылық-істен шығуды алдын алу, анықтау және жою нәтижесінде оның жарамдылығын қалпына келтіруге және берілген техникалық сипаттаманы сақтауға икемділігін сипаттайтын бұйымның қасиеті. Жөндеуге жарамдылық негізінен қалпына келтірілетін бұйымдарға, жүйелер мен элементтерге жатады[7].

Сақтау-бұйымның техникалық құжаттамада белгіленген сақтау және тасымалдау мерзімі ішінде және мерзімінен кейін келісілген пайдалану көрсеткіштерін сақтау қасиеті. Сақтаушылықты ақау пайда болғанға дейін сақтау және тасымалдау уақытымен сандық бағалайды.

МЕМСТ 13015.0 сәйкес құрама бетон және темір бетон бұйымдарының сапасына қойылатын негізгі талаптар.

МЕМСТ 13015.0 сәйкес құрама бетон және темір-бетон бұйымдарының (бұдан әрі-конструкциялар) бетон сапасының негізгі көрсеткіштеріне:

- бетонның нақты беріктігі (жоба кезінде, босату, беру);
- бетонның суыққа төзімділігі;
- бетонның су өткізбеушілігі;
- орташа тығыздығы (жеңіл және автоклавты ұяшықты бетон үшін);
- көлемі бойынша ылғалдылығы (жеңіл және автоклавты ұяшықты бетон үшін);
- жылу өткізгіштігі (жеңіл және автоклавты ұяшықты бетон үшін);
- қажалғыштығы.

МЕМСТ 13015.0 конструкциялардың бетонына да пайдалану шарттарына (агрессивті ортаның әсеріне) байланысты сапаға қосымша талаптар белгіленуі мүмкін.

Сондай-ақ МЕМСТ 13015.0 арматуралық болат пен қалау бұйымдарына, құрылымдарды дайындау дәлдігіне, қорғаныс қабатының қалыңдығына, үстіңгі бетінің сапасына және конструкциялардың сыртқы түріне қойылатын талаптар белгіленеді.

Темір-бетон бұйымдарындағы бетонның босату беріктігі бұйымдарды тасымалдау, монтаждау шарттарын және тиеу мерзімін ескере отырып, сондай-ақ оларды дайындау технологиясын және құрылыс ауданының климаттық жағдайларына және жыл уақытына байланысты бұйымдардағы бетон беріктігінің одан әрі өсу мүмкіндігін ескере отырып тағайындалады[8].

Бетонның нақты беріктігі (жобалық кезеңде, беру және босату) ТНҚА-да көрсетілген бетонның нормаланатын беріктігіне байланысты, сондай-ақ бетон беріктігінің нақты біртектілік көрсеткішін ескере отырып, МЕМСТ 18105 бойынша белгіленген талаптарға сәйкес болуы тиіс.

Цементті үнемдеу мақсатында бетон беріктігінің жоғары біртектілігін қамтамасыз етуге болатын кәсіпорындар үшін МЕМСТ 13015.0 оның құрамын тиісті таңдау жолымен нормаланумен (бірақ талап етілгеннен кем емес) салыстырғанда бетонның нақты беріктігін төмендетуді ұсынады.

Сапаның жоғары санатты конструкциялары үшін партиядағы қысу бойынша бетон беріктігінің вариация коэффициенті нақты түрлердің конструкцияларына ТНҚА-да белгіленеді және одан көп болмауы тиіс:

9% - ауыр бетонға арналған барлық кластарға немесе В12,5 класындағы жеңіл бетон маркаларына арналған;

10% - жеңіл бетон үшін (ірі кеуекті құрылымды бетонды қоспағанда) В10 және одан төмен класты, сондай-ақ тығыз силикатты бетон үшін;

12% - автоклавты ұяшықты бетон үшін.

Конструкцияларды тұтынушыға жеткізу, талап етілген босату беріктігіне жеткеннен кейін рұқсат етіледі.

Қысуға арналған бетонның босату беріктігінің мәні конструкцияларды дайындау технологиясын, оларды тасымалдау мен монтаждауды, конструкциядағы бетонның беріктігінің одан әрі өсу мүмкіндігін және оның толық есептік жүктememен нақты жүктелу мерзімдерін ескере отырып, алдын ала есептеумен белгіленуі тиіс [9].

Қысуға арналған нормаланған бетонның босату беріктігінің ең аз мәні (пайызбен бетон класына байланысты) қысуға кем болмауы тиіс:

50-С12/15 және одан жоғары сыныпты бетоннан жасалған конструкциялар үшін;

70 - С8/10 және одан төмен сыныпты бетоннан жасалған конструкциялар үшін (жеңіл бетоннан жасалған конструкциялардан басқа));

80-В10 және одан төмен класты жеңіл бетоннан жасалған конструкциялар үшін;

100-автоклавты қатаю бетонынан жасалған конструкциялар үшін.

Алдын ала кернеулі конструкциялар үшін нормаланған бетонның босату беріктігінің мәні бетонның нормаланатын беру беріктігінен төмен болмауы тиіс.

Қысуға нормаланған бетонның босату беріктігінің мәнін МЕМСТ 13015.0 міндетті 1-қосымшаға сәйкес (автоклавты қатаю бетонынан жасалған құрылымдардан басқа) тағайындау керек.

Егер қысуға нормаланған бетонның босату беріктігі ТНҚА-да нақты түрдегі конструкцияға болмаса, онда ол нақты ғимараттың (құрылыстың) жобасында немесе конструкцияларға тапсырыс беру кезінде көрсетілуі тиіс. Қажет болған жағдайда нормаланған босату беріктігін төмендетуге немесе оны арттыруға, бірақ конструкцияны жобалау ұйымымен, дайындаушымен және тұтынушымен келісілген жағдайда, қысуға беріктігі бойынша бетон класының 90% - дан аспауы тиіс [10].

Арнайы конструкциялар үшін (қада, шпунт, көпірлер, блоктар, тоннельдер тюбингтері және ғимаратты монтаждау кезінде пайда болатын күшті есептеу айқындаушы болып табылатын конструкциялар) тиісті негіздеме кезінде бетон класының қысуға беріктігі бойынша 100% - ға тең бетонның нормаланатын босату беріктігінің мәнін белгілеуге рұқсат етіледі.

Нормаланған бетонның босату беріктігінің мәні, беріктігі бойынша класына байланысты осьтік созылуға немесе иілу кезінде созылуға (оларды нормалау кезінде) ТНҚА-ға нақты түрлердің конструкцияларына орнатылуы тиіс.

Бетонның босату беріктігін тағайындау кезінде жыл кезеңін ескеру қажет: суық немесе жылы.

МЕМСТ 13015.0 сәйкес жылдың суық кезеңі ретінде, аймен басталып аяқталатын, сыртқы ауаның орташа айлық температурасы 0°-пен сипатталады, ал жылу кезеңі - жылдың қалған уақытымен сипатталады.

Тұтынушыға бетонның босату беріктігімен, беріктігінен төмен конструкцияны жіберу, оның беріктік класына сәйкес келетінің жіберу [11].

Конструкция бетонының аязға төзімділігі және су өткізбеушілігі ТНҚА-да орнатылған аязға төзімділігі және су өткізбеуі бойынша маркаларға сәйкес болуы немесе конструкцияға тапсырыс беру кезінде көрсетілуі тиіс.

Жеңіл және автоклавты ұяшықты бетондардың нақты орташа тығыздығы тығыздық бойынша бетонның нақты біртектілігін сипаттайтын, талап етілетін тығыздық коэффициентіне байланысты ТНҚА-да көрсетілгеннен аспауы тиіс.

Сыртқы қоршау конструкцияларының жеңіл бетонның (көбіктенген перлитті құмдағы немесе күлдегі бетоннан басқа) ылғалдылығы (көлемі бойынша) оларды тұтынушыға жіберу кезінде аспауы тиіс:

13% - тұрғын, қоғамдық және қосалқы ғимараттар мен құрылыстар үшін;

15% - өндірістік ғимараттар үшін.

Көбіктенген перлитті құмда немесе күлде жеңіл бетонның босату ылғалдылығы:

15% - тұрғын, қоғамдық және қосалқы ғимараттар мен құрылыстар үшін;

18% - өндірістік ғимараттар үшін.

Тұтынушыға конструкцияларды жіберу кезінде автоклавты ұяшықты бетонның ылғалдылығы (салмағы бойынша) аспауы тиіс:

25% - құмдағы автоклавты ұяшықты бетон үшін;

35% - күлдегі автоклавты ұяшықты бетон үшін.

Жеңіл бетонның және сыртқы қоршау конструкцияларының автоклавты ұяшықты бетонның жылу өткізгіштігі (жылу өткізгіштігінің коэффициенті) осы түрлердің бетондарына ТНҚА-да белгіленген мәндерден 10% - дан артық болмауы тиіс [12].

Бетонның уатылуы ТНҚА-да белгіленген конструкцияға нақты түрлерге сәйкес келуі және одан артық болмауы тиіс:

0,7 г/см² – қозғалыс қарқындылығы жоғары жағдайларда жұмыс істейтін конструкциялар үшін (магистральды көшелердегі тротуарлардың плиталары және т. б.));

0,8 г/ см² – қозғалыстың орташа қарқындылығы жағдайында жұмыс істейтін конструкциялар үшін (қоғамдық және өндірістік ғимараттар мен құрылыстар баспалдақтарының элементтері, жер асты жаяу жүргіншілер өткелдеріндегі еденге арналған плиткалар және т. б.));

0,9 г/ см² – қозғалыс қарқындылығы аз жағдайларда жұмыс істейтін конструкциялар үшін (тұрғын үй ғимараттары баспалдақтарының элементтері, квартал ішіндегі өтпелі жолдар бойынша тратуарларды жабуға арналған плиткалар және т.б.).

МЕМСТ 13015.0 арматуралық болат пен қалау бұйымдарына қойылатын талаптар орнатылған [13].

Конструкцияны арматуралау үшін қолданылатын арматуралық болаттың түрлері мен сыныптары нақты түрдегі конструкцияларға ТНҚА талаптарына сәйкес болуы тиіс.

Арматуралық болат осы болаттарға арналған ТНҚА талаптарын қанағаттандыруы тиіс.

Арматуралық және салмалы бұйымдардың нысаны мен өлшемдері және олардың конструкциялардағы жағдайы ТНҚА-да немесе жобалау құжаттамасында көрсетілгендерге сәйкес болуы тиіс.

Дәнекерленген арматуралық және салмалы бұйымдар ГОСТ 10922 талаптарын қанағаттандыруы тиіс.

Сондай-ақ салмалы бөлшектерге, монтаждық ілмектерге, автоклавты ұяшықты бетонға арналған арматуралық бұйымдардың коррозияға қарсы жабындысына қойылатын талаптар орнатылған.

МЕМСТ 13015.0 конструкциялары үшін, дайындау дәлдігіне қойылатын талаптар орнатылған. Геометриялық параметрлердің нақты ауытқуларының мәндері кестені есепке ала отырып, МЕМСТ 21779 бойынша дәлдіктің тиісті сыныптары үшін рұқсат мәндеріне байланысты нақты түрлердің конструкциясында белгіленген шекті мөлшерден аспауы тиіс (Кесте 1).

Кесте 1. **МЕМСТ 13015.0 сәйкес геометриялық параметрлердің нақты ауытқуларының мәні.**

| Геометриялық параметрдің ауытқу түрлері | Геометриялық параметр | Дәлдік класы |
|---|---|---|
| Сызықтық өлшемнен ауытқу | Конструкцияның ұзындығы, ені, биіктігі, қалыңдығы немесе диаметрі, шығыңқы, ойықтар, тесіктер, ойықтар өлшемдері мен орналасуы;<br>конструкциялардағы салмалы және жалғаушы бұйымдардың ұзындығы, ені, қалыңдығы (диаметрі) және орналасуы;<br>конструкцияға салынатын бағдарлардың | 5-тен 8-ге дейін |
| | (ілмектеу және сүрту орындарының, орнату суреттерінің) орналасуы | |
| Тік сызықтан ауытқу | Кез келген қимадағы конструкция бетінің нақты түрінің тік сызықты болуы: | |

| | | |
|---|---|---|
| | берілген ұзындықта<br>барлық ұзындықта | 1-ден 3-ке дейін<br>“ 3 “ 6 “ |
| Жазықтықтан ауытқу | Конструкция бетінің жазықтығы: | |
| | жапсарлас жазықтықта<br>шартты жазықтықта | 1-ден 3-ке дейін<br>“ 3 “ 5 |
| Геометриялық параметрдің ауытқу түрлері | Геометриялық параметр | Дәлдік класы |
| Перпендикулярлықтан ауытқу | Конструкцияның аралас беттерінің перпендикулярлығы | 5-тен 8-ге дейін |
| Диагональ теңдігінен ауытқу (ірі өлшемді құрылымдар үшін) | Диагональ ұзындығының айырымы | 3 және 4 |

Конструкциялардың бетінде арматуралық шығарылымдарды қоспағанда, жұмыс және конструктивтік арматураларды ашық ұстауға жол берілмейді. Жұмыс арматурасына дейін бетонның қорғау қабаты қалыңдығының нақты ауытқуларының мәні кестеде көрсетілген шекті мәндерден аспауы тиіс (Кесте 2).

Конструкциялардың бетонды беттері А1 - А7 санатына бөлінеді. Бұл ретте бетон бетіндегі раковиналардың, жергілікті қабаттар мен ойпаттардың және конструкциялардың қабырғалары бетонының айналасының өлшемдері 3-кестеде көрсетілген мәндерден аспауы тиіс [14].

Кесте 2. **Қорғаныс қабаты қалыңдығының нақты ауытқулары, мм**

| Арматураның өзек бетіне дейін бетонның қорғаныш қабатының номиналды қалыңдығы | Бетонның қорғаныш қабатының қалыңдығы бойынша шекті ауытқулар<br>көлденең қиманың сызықтық өлшемі кезінде конструкциясы немесе оның элементтері | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 100 дейін | 101 - 200 | 201 - 300 | 300 жоғары |
| 10 - 14 дейін | +4 | +5 | +6 | - |
| 14-тен жоғары “ 19 “ | +4; -3 | +8; -3 | +10; -3 | +15; -5 |
| “ 19 | ±5 | +8; -5 | +10; -5 | +15; -5 |

Кесте 3. **А1-А7 бетонды бетінің санаты үшін раковиналардың, жергілікті аралықтардың, ойпаттардың және қабырға околдарының өлшемдері, мм**

| Бетон конструкция-сының бетінің санаты | Диаметр немесе раковинаның ең үлкен көлемі | Бетонның қатпарының биіктігі немесе ойықтың тереңдігі | Конструкцияның беті бойынша өлшенетін бетонның қырының айналасының тереңдігі | 1 м қабырғаға бетонның шеңберінің жиынтық ұзындығы |
|---|---|---|---|---|
| А1 | Жылтыр (эталон бойынша) | | 2 | 20 |
| А2 | 1 | 1 | 5 | 50 |
| А3 | 4 | 2 | 5 | 50 |
| А4 | 10 | 1 | 5 | 50 |
| А5 | Регламенттел-мейді | 3 | 10 | 100 |
| А6 | 15 | 5 | 10 | 100 |
| А7 | 20 | Регламенттелмейді | 20 | Регламенттел-мейді |

Құрылыс алаңында одан әрі өңдеуге (бояуға, желімдеуге, қаптауға және т.б.) жатпайтын рельефті, кедір-бұдырлы, түйіршіктелген, тас тәрізді, тегістелген, жылтыр беттердің, толтырғыштарды немесе қапталған плиткалармен және басқа да беттердің сапасы тапсырыс берушінің келісімі бойынша конструкцияны жасаушы кәсіпорын бекіткен әрлеу эталонына (тұтас конструкцияның немесе оның фрагментінің беті түрінде) сәйкес келуі тиіс.

Тұтынушыға жеткізілетін бетон конструкциясында, ақауы болмауы қажет, яғни сызат түспеген болуы керек [15].

Болат төсеме бұйымдарының ашық беттері, арматуралар шығару, монтаждық ілмектер мен ілмектеу тесіктері бетон немесе ерітіндіден тазартылуы тиіс.

ӘДЕБИЕТ

[1] Пономарёв, С.В. Управление качеством продукции. Введение в системы менеджмента качества: учебное пособие / С.В. Пономарёв, С.В. Мищенко, В.Я. Белобрагин. – М. : РИА "Стандарты и качество", 2004.– 248 с.

[2] Аудит и новый стандарт ИСО 19011. – М. : НТК "Трек", 2003. – Вып. 19. – 60 с. – (Сер. Всё о качестве. Отечественные разработки).

[3] Иванова, Г.Н. Проблемы сертификационного аудита системы менеджмента качества / Г.Н. Иванова, Е.Л. Казмировский, В.А. Богатов // Методы менеджмента качества. – 2004. – № 7.

[4] Самсаев М. Өзара ауыстырымдылық, стандарттау, сертификаттау негіздері және техникалық өлшеу. Сапа менеджменті: оқу құралы.- Алматы: Бастау, 2008.- 262 б.

[5] Болдырев А.С., Добужинский В.И., Рекитар Я.А. Технический прогресс в промышленности строительных материалов. -М.: Стройиздат, 1980. 480 с.

[6] Шлайн И.Б. Перспективы повышения качества заполнителя для бетона. В сб." Повышение эффективности и качества бетона и железобетона". Тезисы IX Всесоюзной конференции по бетону и железобетону. - М.: Стройиздат, 1983, С.27.30.

[7] Берг, О. Я. Высокопрочный бетон / О.Я. Берг. - М.: ЁЁ Медиа, 2015. - 50 с.

[8] Бетонные и железобетонные конструкции. Без предварительного напряжения арматуры. СП 52-101-2003. - М.: ДЕАН, 2012. - 128 с.

[9] Бетоны. Материалы. Технологии. Оборудование. - Москва: Высшая школа, 2014. - 378 с.

[10] Журнал бетонных работ. - М.: Безопасность труда и жизни, 2012. - 56 с.

[11] Туманов, Антон Бетонные и железобетонные конструкции / Антон Туманов. - Москва: Наука, 2015. - 104 с.

[12] Журнал бетонных работ. - М.: ДЕАН, 2016. - 369 с.

[13] Изделия железобетонные и бетонные для строительства. Общие технические требования. Правила приемки, маркировки, транспортирования и хранения. ГОСТ 13015-2003. - М.: ДЕАН, 2013. - 93 с.

[14] Баженов Ю.М. Технология бетона. М.: изд-во АСВ. 2002. 500 с.

15 Ахвердов И.Н. Основы физики бетона. М.: Стройиздат. 1981. 464 с.

Турлиева А.А., Мухтарова М.Н.

**Проверка соответствия объекта контроля относительно нормативно-технического документа**

**Аннотация.** Данная работа посвящена вопросам организации контроля качества сырья и готовой продукции на предприятии по производству бетонных и железобетонных изделий. В настоящее время на всех промышленных предприятиях возникают не только вопросы о повышении качества выпускаемой продукции, но и вопросы о стабильном качестве. В связи с этим приведены и указаны правила подтверждения соответствия их качества.

**Ключевые слова:** Технический контроль, качество, бетон, железобетонные изделия, арматурная сталь, закладные изделия.

УДК 663/664 (075.8)

**U.O. Tungyshbayeva, R.U. Wazhanova, K.R. Manap, M.S. Serikkyzy**
(Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: ulbala_84@mail.ru)

**THE MAIN QUALITY AND SAFETY PROBLEMS IN THE BAKERY PRODUCTION. FACTORS AFFECTING PRICING**

**Abstract.** In the modern world there are two types of power: the power of oil and food. And the power of food is even more powerful than the power of oil. That is why the most important means of our communication with two thirds of the world's population will be food. The same opinion is expressed by the Western European press: “The absolute weapon is wheat,” where the grain is placed on a par with atomic weapons and oil.

The article analyzes the most common factors affecting the pricing of bakery products. It also focuses on the issue of foodborne illness.

**Key words:** quality, food industry, Republic of Kazakhstan, safety, food products, profitability of bakery products, foodborne illness

**У.О. Тунгышбаева, Р.У. Уажанова, М.С. Сериккызы, К.Р. Манап**
(Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы, e-mail:ulbala_84@mail.ru)

# ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ В СИСТЕМЕ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЦЕНООБРАЗОВАНИЕ

**Аннотация.** В современном мире есть два вида власти: власть нефти и продовольствия. Причем власть продовольствия еще более могущественна, чем власть нефти. Именно поэтому самым важным средством нашего общения с двумя третями населения планеты станет продовольствие. Такое же мнение высказывает и западноевропейская пресса: «Абсолютное оружие - пшеница», где ставят зерно в один ряд с атомным оружием и нефтью.

В статье проведен анализ по наиболее распространённым факторам, влияющие на ценообразование хлебобулочных изделий. Также ставится акцент на вопрос болезни пищевого происхождения.

**Ключевые слова:** качество, пищевая промышленность, Республика Казахстан, безопасность, пищевая продукция, рентабельность хлебобулочных изделий, болезни пищевого происхождения

## Введение

Сложность систем безопасности пищевых продуктов требует приверженности всех заинтересованных сторон и совместное участие в успехе. В целом, пищевая промышленность является крупнейшей отраслью в стране, несмотря на относительно низкий уровень вклада.

Ниже представлены данные по производству продуктов питания по видам экономической деятельности за 2016 год согласно официальным данным Комитета по статистике РК[3].

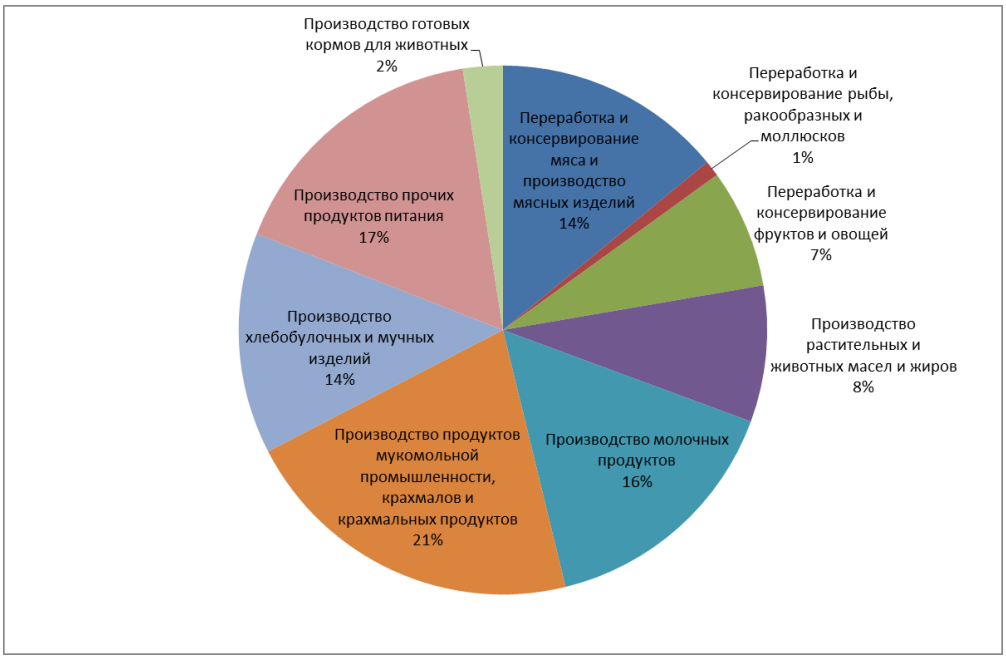



**Рис.1.** Статистические данные по производству продуктов питания по ВЭД за 2016 год по РК

В связи с увеличением цен на сырье, продолжающимся ростом тарифов на энергоносители (18—25 % в год), износом оборудования и использованием низкотехнологических систем производства, растут индивидуальные издержки предприятий. Как следствие, происходит частичное снижение производительности труда, недостаточно эффективное использование сырьевых, человеческих, временных, финансовых, энергетических и других ресурсов.

Рентабельность многих хлебопекарных предприятий на текущий момент имеет очень низкие показатели. Хлебопекарная промышленность – одна из наиболее трудоемких отраслей пищевой индустрии. На финансовое состояние данной отрасли отрицательно влияют высокий удельный вес хлебобулочных изделий массовых сортов с низкой добавленной стоимостью и рукотворная ценовая политика в большинстве регионов. При устоявшейся рентабельности производства 2–3 % сложно говорить о развитии предприятия, обновлении основных фондов и т. д. Поэтому в настоящее время жестко встает вопрос о повышении рентабельности хлебопекарного бизнеса[1].

Одной из задач повышения благосостояния народа является его высококачественное питание, оптимально сбалансированное по содержанию отдельных пищевых веществ, их физиологической и энергетической ценности. В Казахстане хлебобулочный продукт потребляют традиционно много – на одного человека в среднем 120-155 кг в год. В периоды экономической нестабильности потребление хлеба возрастает, так как хлеб относится к наиболее дешевым продуктам питания.

Современное приоритеты научного обеспечения хлебопекарной промышленности направлены на решение основных проблем отрасли: развитие ассортимента диетических изделий, создание высокоэффективных технологий, улучшение качества и безопасности продукции, повышение технического уровня предприятий

**Методика проведения анализа**

Хлебопекарная промышленность – одна из наиболее трудоемких отраслей пищевой промышленности. Для выработки около 7 млн. т хлеба ежегодно перерабатывается около 5,5 млн. т муки, используются значительные объемы других сырьевых ресурсов, электроэнергии и газа. За этими цифрами стоит, прежде всего, труд рабочих и специалистов, 80 % из которых – женщины. Сочетаются ли условия их работы с теми задачами, которые мы ставим перед собой? Если считать кадровый потенциал хлебопечения высшей ценностью, то, безусловно, – да. Однако на данный момент уровень ручного труда в хлебопекарной промышленности составляет 50 %, а на некоторых участках – 100 % и не отличается от ручных операций 20—30-х годов XX века. Причинами выступают и нехватка средств для покупки техники, и отсутствие самого оборудования отечественного производства.

В результате, для производства 1 т хлебобулочной продукции 7–10 наименований на зарубежном оборудовании заняты 3 человека, у нас – 6–8 при более высоком расходе топлива и электроэнергии.

Ручной труд подразумевает наличие человеческого опасного фактора на безопасность продукции. Это подразумевает наличие опасных рисков связанных с человеческими факторами. На производстве человеческий фактор никогда не исключается, когда процессом управляет человек. По этой и другим причинам крайне необходимо развивать модернизацию производства для обеспечения безопасности и качества продуктов потребления. Таким образом определены факторы обуславливающие ценообразование хлебобулочных изделий[2].

**Результаты определения факторов, влияющие на ценообразование хлебобулочных изделий**

Таким образом, определены следующие признаки как характеристики производства, влияющие на безопасность хлебобулочных изделий и требующие управленческих и производственных решений:

| Факторы | Примечание |
|---|---|
| Ограничение срока годности хлебобулочных изделий | Хлебобулочные изделия являются скоропортящиеся продуктами, свойства продукта могут очень быстро изменяться физиологическими процессами и микробиологическим загрязнением, что может привести к ухудшению качества продукта. Это требует как управленческих, так и производственных решений. Необходимы высокие частоты доставки, чтобы обеспечить требуемое качество продукции, это требует планирования и контроля. Есть методы производства, такие как , которые могут продлить срок хранения. |
| Временная доступность сырья | Растительные продукты, которые могут быть в составе хлебобулочных изделий производятся и собираются сезонно. Поскольку некоторые продукты, полученные из других стран, которые хранятся в определенных условиях, могут привезти к изменению состава продукта. Поэтому временная доступность требует управленческих и производственных решений. Например, изменчивость продукции может быть предотвращена специальными требованиями по спецификациям или путем смешивания нескольких партий продуктов. |

| | |
|---|---|
| Осведомленность потребителей | Потребители должны знать о взаимосвязи между рационом питания и здоровьем, включая нежелательные компоненты, которые в ходят в состав продукта (например, патогены и токсиканты), а также желательные компоненты (например, витамины). Однако потребители не могут наблюдать за этими компонентами и требуют достоверной информации об уровнях и воздействии на безопасность пищевых продуктов и здоровье человека. |
| Многокомпонентность хлебобулочных изделий | Хлебобулочные продукты являются гетерогенными из-за, среди прочих, мелких сортов культивирования и размножения сезонных переменных и времени сбора урожая. Это требует как управленческого, так и производственного аспектов, хотя такого рода изменения качества вряд ли можно контролировать. Тем не менее, эффекты могут быть сведены к минимуму из-за особых требований к спецификациям или путем смешивания нескольких партий продуктов. |
| Высокая сложность цепочки поставок хлебобулочных изделий | Количество связей в цепочке поставок продовольствия является большим и сложным: например, покупатели, поставщики, розничные магазины и оптовики. Происхождение и обработка продуктов трудно прослеживается, что также может оказать влияние на предоставление безопасной продукции. Поэтому высокая сложность цепочки поставок требует как управленческих, так и производственных аспектов. Допустим, системы мониторинга и информации могут использоваться для отслеживания характеристик системы производства, тогда как методы упаковки могут касаться происхождения, обработки и срока годности продукта. |
| Низкая рентабельность хлебобулочных изделий | Хлебобулочные продукты имеют низкую рентабельность, что требует как управленческих, так и производственных аспектов. Если продукт не соответствует ожиданиям, то потребители будут жаловаться и/или не будут покупать его в следующий раз. Следовательно, необходимы маркетинговые усилия для получения информации об удовлетворённости клиентов и влиянии на качественный опыт клиентов. Кроме того, рентабельность производства низкая, что требует расширения. |

**Выводы**

Пищевые стандарты для хлебобулочных изделий должны удовлетворять значительным критериям безопасности, будучи приемлемыми для потребителя.

Установление цены на продовольствие крайне неустойчивая наука, связанные с факторами, такими как, как погодные условия, которые диктуют производственные урожаи или стоимость труда и отгрузки, связанные с производственной площадью и т.д. В Министерстве сельского хозяйства США совместно со службой экономических исследований принято считать что от каждого доллара, потраченный на питание, пищевая промышленность получает около 18,6 ¢ а стоимость обеспечения безопасности этой пищи должна соответствовать33,7 ¢ что не соответствует с 18,6 ¢, это с учетом затрат сектора услуг, понесенных в течение, поставок до потребителя.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Anandappa, Marienne A., "EVALUATING FOOD SAFETY SYSTEMS DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION BY QUANTIFYING HACCP TRAINING DURABILITY" (2013).Theses and Dissertations Animal and Food Sciences. Paper http://uknowledge.uky.edu/animalsci_etds/19

[2] http://gorstat.gov.kz

[3] Оценка эффективности внутренней подготовки кадров по системе НАССР на хлебопекарном предприятии А Республики Казахстан. «Новости науки Казахстана», №2/2018

У.О.Тунгышбаева, Р.У. Уажанова, М.С.Сериккызы, К.Р.Манап

**Еңбектің өнімдерін өндіру сапасы және қауіпсіздік жүйесінің негізгі мәселелері. Бағалауға арналған факторлар**

**Түйіндеме:** Қазіргі әлемде биліктің екі түрі бар: мұнай мен тамақ күші. Тамақтың қуаты майдың күштерінен әлдеқайда күшті. Сондықтан әлем халқының үштен екісімен қарым-қатынасымыздың маңызды құралы азық-түлік болады. Батыс Еуропаның баспасөзі дәл осындай пікірде: «Астық қаруы - бұл бидай», онда астық атомдық қару мен майға теңестіріледі. Мақалада нан пісіру өнімдерінің бағасына әсер ететін ең таралған факторлар талданады. Сондай-ақ, ол азық-түлікпен ауыратын науқастарға да назар аударады.

**Түйінді сөздер:** сапа, нан тоқаш өнімі, қауіпсіздік, азық-түлік, нан сапасы, азық-түлік қауіпсіздігі.

УДК 664.4

**U.O. Tungyshbayeva, R.U. Wazhanova, K.R. Manap, M.S. Serikkyzy**
(Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, e-mail:ulbala_84@mail.ru)

## THE MAIN DIRECTIONS OF THE DEVELOPMENT OF MODERN INTERNATIONAL MANAGEMENT IN THE FIELD OF FOOD QUALITY AND SAFETY. PRACTICE OF APPLICATION OF THESE STANDARDS IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**Abstract.** In the present period, modern enterprises of various industries are forced to operate in conditions of high complexity and dynamism of the surrounding socio-economic environment. You can stay on the market only if there are real advantages over highly organized competitors, and for this you need to have a perfect organization of the enterprise.

The article analyzes the main trends of the modern style of international management in the field of food quality and safety. The practice of applying these standards in the Republic of Kazakhstan was also studied.

**Key words:** quality, food industry, Republic of Kazakhstan, safety, food products, profitability of bakery products, foodborne illness

**У.О. Тунгышбаева, Р.У. Уажанова, М.С. Сериккызы, К.Р. Манап**
(Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы, e-mail:ulbala_84@mail.ru)

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОГО МЕЖДУНАРОДНОГО МЕНЕДЖМЕНТА В ОБЛАСТИ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ. ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ ДАННЫХ СТАНДАРТОВ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

**Аннотация.** В настоящий период современные предприятия различных отраслей вынуждены функционировать в условиях высокой сложности и динамичности окружающей социально-экономической среды. Удержаться на рынке можно только при наличии реальных преимуществ перед высокоорганизованными конкурентами, а для этого необходимо иметь совершенную организацию работы предприятия.

В статье проведен анализ по основным тенденциям современного стиля международного менеджмента в области качества и безопасности пищевых продуктов. Также изучалась практика применения данных стандартов в Республике Казахстан.

**Ключевые слова:** качество, пищевая промышленность, Республика Казахстан, безопасность, пищевая продукция, международный стандарт

### Введение

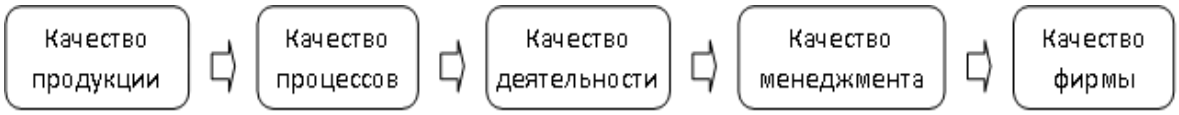



**Рис** - Основные направления развития современного международного менеджмента

Сегодняшние покупатели хотят получить товары и услуги более высокого качества, дополнительные услуги, удобства, ориентированные на потребителя, возможность возврата и гарантии - и все это по более низкой цене. Сотрудники хотят иметь творческую работу и достойную оплату собственного труда. Инвесторы хотят видеть отдачу от инвестиций, партнеры хотят, чтобы фирма учитывали и их выгоду. Акционеры рассчитывают на дивиденды. Руководство компании вынуждено

постоянно отслеживать множество разнообразных параметров, динамически расставляя приоритеты: сегодня нужно урегулировать отношения с акционерами, завтра - приступить к созданию нового продукта, а послезавтра - воодушевить персонал и достойно ответить на происки конкурентов и новые пожелания клиентов [1]. Руководство компании должно уметь формализовать проблемы, декомпозировать их, ранжировать, моделировать возможные варианты решения, фокусировать на них свое внимание и концентрировать ресурсы [2].

**Результаты анализа**

*Основные тенденции современного стиля менеджмента в области качества и безопасности пищевых продуктов*

Анализируя опыт передовых мировых компаний, построивших эффективные конкурентоспособные системы управления, можно выделить следующие основные тенденции современного стиля менеджмента в области качества и безопасности пищевых продуктов, которые указаны ниже в таблице 1:

Таблица 1. **Основные тенденции современного стиля систем**

| № | Основныетенденции современного стиля менеджмента | Описание |
|---|---|---|
| 1 | *Ориентация на клиента и рынок, понимания потребительских пред-почтений, которое позволило бы завоевать рынок* | Необходимо увлекать потребителя, завоевывать его доверие и предложить такую продукцию, чтобы покупатель гордился своим выбором и рассказывал об этом другим. Стратегия, движимая потребителем, нацеливает на удовлетворение потребностей и ожиданий потребителей благодаря гарантии, что характеристики деятельности и результаты бизнеса будут лучше, чем у самых сильных конкурентов. Устойчивый рост доли рынка обеспечивает не только реклама, но и инновации - выпуск новых категорий товаров и расширение существующего ассортимента. Сегодняшний искушенный покупатель реагирует в основном на улучшение продукта, на новые возможности его применения или на прогрессивные изобретения, которые имеют принципиально новую ценность и экономят время . |
| 2 | *Переход от авторитарного стиля руководства к лидерству* | руко¬водить надо не силой административного верховенства, а авторитетом знаний, умений и человечности, то есть, будучи лидером данного коллектива.<br>В современном менеджменте лидерство выступает как особая функция управления, связанная с запуском и проведением организационных изменений. Лидерство руководства должно заключатся в создании глубинней (лич¬ностной) мотивации персонала, когда сфера профессиональной деятельности воспринимается как сфера их жизни; вовлечении всех работников в принятие решений, а также использовании неформальной организации для координации решений . |
| 3 | *Повышение роли стратегического планирования* | Проблема стратегического планирования становится очень актуальной в условиях повышения нестабильности условий работы предприятий. Недостаточная проработка процесса стратегического планирования, неподготовленность руководителей разного уровня к принятию обоснованных, взвешенных и обдуманных решений ведет к таким явлениям, как разрыв хозяйственных связей, невыполнение договорных обязательств, взаимные неплатежи, снижение инвестиционной активности и т.п. Разработанная и реализованная на предприятии стратегическая программа позволяет устранить временные затруднения, сохранить и укрепить рыночные позиции при любых обстоятельствах, опираясь в основном на собственные ресурсы . |
| 4 | *Создание системы общего менеджмента предприятия* | Постепенно все большую популярность стало завоевывать мнение о том, что оптимизация отдельных производственных процессов с целью снижения издержек не способна дать компании необходимый стимул для роста и опережающего развития. Общепризнанным стало мнение о том, что управление качеством на уровне всей фирмы имеет важнейшее |

| | | |
|---|---|---|
| | | значение для обеспечения конкурентоспособности и укрепления позиции фирмы на рынке .<br>Важно именно комплексное применение системы менеджмента, основанное на реинжиниринге всех бизнес-процессов. Создание и управление системой взаимодействующих динамичных процессов для достижения поставленной цели способствует повышению результативности и эффективности деятельности организации. |
| 5 | *Оптимальное использование человеческого потенциала организации* | В любой организации самое ценное это ее сотрудники и именно от них, во многом зависит развал или процветание фирмы. Управление человеческими ресурсами является интегральной частью стратегического управления, поскольку кадровые стратегия и политика обеспечивают тот уровень развития организационной культуры и структуры, подготовки и мотивации персонала, которые определяют соответствующую результативность и энергоемкость достижения целей. Особенности малого и среднего бизнеса требуют от руководителей высокого профессионализма в области управления персоналом, навыков использования современных технологий оптимизации человеческого потенциала и минимизации его ограничений как залогов повышения конкурентоспособности и развития организации. |
| 6 | *Принятие научно-обоснованных решений на основе анализа полной и достоверной информации* | Механизм принятия руководителем решений должен основываться на объективных и достоверных данных, т.е. управление должно осуществляться не на основе интуиции и ощущений босса, а на основе твердо установленных фактов и их научного анализа. А для этого конечно нужна достоверная и полная информация, которая должна тщательно собираться и всесторонне изучаться с помощью современных методов, включая статистические методы сбора и анализа данных. Принятие решений на основе фактов снижает огромные потери от неэффективности управленческих решений. При этом идет накопление информации, которая постепенно превращается в знания. |
| 7 | *Применение информационных технологий* | Для осуществления эффективного управления необходимо располагать наиболее полной информацией об управляемом объекте. Поскольку способности человека к обработке информации ограничены, как и возможность справиться с ее все возрастающим количеством, возникает потребность в способах хранения, обработки и передачи информации, то есть в информационных технологиях.<br>Главным условием эффективности функционирования систем менеджмента является наличие интегрированной системы сбора и анализа информации о продукции на всех этапах ее жизненного цикла. Если нет возможности получить информацию, по результатам которой можно управлять процессами производства, то сократить затраты по устранению дефектов производства и повысить на этой основе его эффективность не удастся.<br>Для интеграции информационных процессов, используемых на различных этапах жизненного цикла продукции, существуют различные информационные технологии, обеспечивающие создание единой информационной среды для процессов проектирования, производства, испытаний, поставки и эксплуатации продукции. |

Применение информационных технологий позволяет повышать эффективность работы предприятия за счет:

• моделирования материальных, информационных и финансовых потоков с целью выбора оптимального комплекса технологических процессов;

• интегрированной информационной системы сопровождения продукции на всех этапах ее жизненного цикла;

• системы информационного взаимодействия с субподрядчиками, обеспечивающей высокую эффективность процессов материально-технического снабжения;

• интегрированной информационной системы управления качеством продукции на всех этапах ее жизненного цикла;

• интегрированной информационной системы взаимодействия с потребителями продукции [].

*Практика применение международных стандартов в Республике Казахстан*

В республике в течение последних лет активно проводится работа по внедрению на предприятиях и организациях систем менеджмента. Современные системы менеджмента, основанные на практике и знаниях успешных международных компаний, позволяют решать в комплексе вопросы механизма регулирования рынка, влияющие на конкурентоспособность казахстанских предприятий.

Так, устойчивому постоянному соблюдению прав и обеспечению удовлетворенности потребителей в части получения качественной продукции (услуг) способствует система управления качеством, созданная в соответствии с международными стандартами ISO серии 9000. Обеспечению надежных условий в части защиты здоровья собственного персонала служит система менеджмента профессиональной безопасности в соответствии с международными стандартами OHSAS 18000. Условия для последовательной и целенаправленной защиты окружающей среды от негативного воздействия компании создает система экологического менеджмента в соответствии со стандартами ISO 14000.

В целях дальнейшего развития и внедрения новых систем менеджмента на предприятиях Республики Казахстан Премьер - Министром РК К. Масимовым за № 1100 от 22 октября 2010 года утверждено постановление Правительства «Программа по техническому регулированию и созданию инфраструктуры качества». Согласно вышеуказанной Программе проводится мониторинг предприятий, внедривших и сертифицировавших системы менеджмента, в том числе и экспорт ориентированных.

По представленным данным Акиматов областей, городов Астаны и Алматы по состоянию на 1 июня 2015 года 8527 предприятий Республики Казахстан внедрили и сертифицировали системы менеджмента на соответствие международным и национальным стандартам. Из них 7281 - по ИСО 9001; 13269 - ИСО 14001; 1221 - OHSAS 18001; 111 - ИСО 22000, 16- SA 8000.

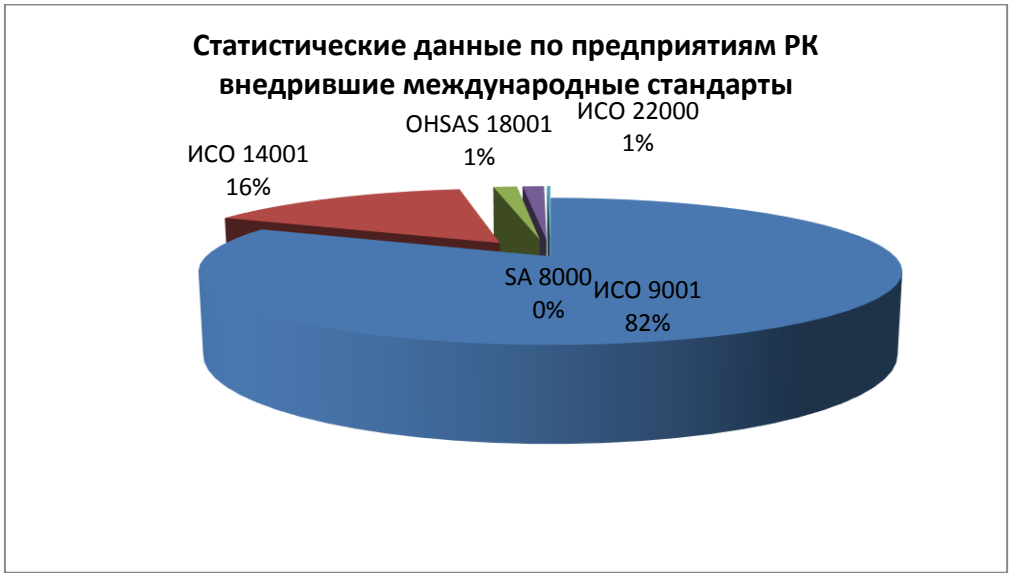



**Рис.** - Статистические данные по предприятиям РК внедрившие международные стандарты по состоянию на 1 июня 2015 года

Количество экспорт ориентированных предприятий в Казахстане, внедривших системы менеджмента – 319. На стадии внедрения 85 предприятия

Из 8527 предприятий/организаций, сертифицированных на соответствие международным стандартам, наибольшее количество предприятий/организаций, внедривших системы менеджмента, сосредоточены в крупных областях и городах республики, таких как: г. Алматы – 2349 (27 % от общего количества внедривших и сертифицировавших системы менеджмента), Карагандинская область – 1317 (15 %), г. Астана – 1129 (13 %), Актюбинская область – 906 (10,6%), Южно-Казахстанская область – 882 (10,3%), Жамбылская область – 837 (9,8 %), Алматинская область – 794 (9,3 %). Наименьшее количество предприятий, внедривших системы менеджмента приходятся на такие области как, Северо-Казахстанскую – 145 предприятий (1,7 % от общего количества, внедривших системы менеджмента), Костанайскую – 250 (2,9 %), Акмолинская – 283 (3,3%).

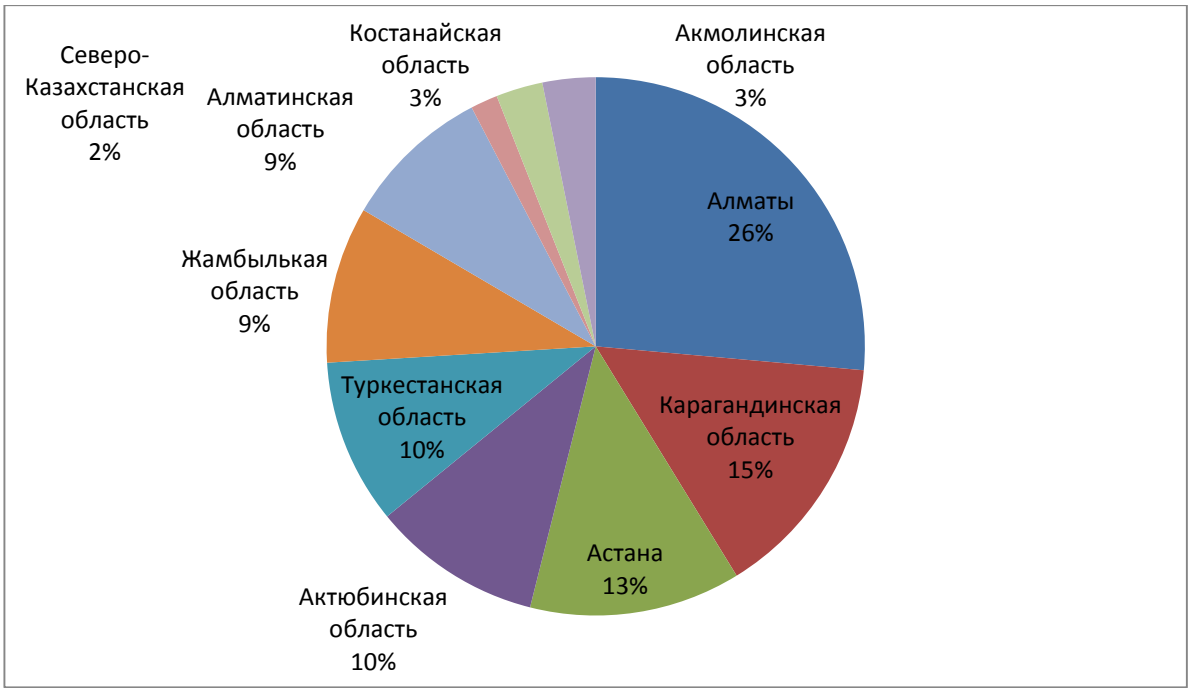



**Рис.** – применение международных стандартов в городах и регионах Республики Казахстан

Общее количество предприятий, внедривших системы менеджмента, за 2014 года увеличилось во всех регионах Республики Казахстан на 766 (по сравнению с итогами 2014 года). (http://memst.mid.gov.kz/ru/pages/sistema-menedzhmenta-2)

**Выводы**

По мнению многих зарубежных экспертов, в ближайшие несколько лет весь мировой рынок наукоемких технологий и промышленной кооперации полностью перейдет на информационные технологии и будет оперировать только с продукцией, имеющей цифровую документацию. Наши ведущие предприятия- экспортеры уже сегодня сталкиваются с ситуацией, когда зарубежные заказчики требуют представления пользователю технической документации в электронной форме.

Таким образом, современный взгляд на менеджмент лучше всего выражается следующим образом: менеджмент есть системное управление предприятием как частью целого и, одновременно, управление целым посредством его части с применением инновационных подходов к таким областям, как взаимодействие с клиентом, маркетинг, лидерство руководства, стратегическое планирование, человеческие ресурсы, оценка деятельности предприятия, а также эффективное применение информационных технологий, способствующих развитию предприятия.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Anandappa, Marienne A., "EVALUATING FOOD SAFETY SYSTEMS DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION BY QUANTIFYING HACCP TRAINING DURABILITY" (2013).Theses and Dissertations Animal and Food Sciences. Paper http://uknowledge.uky.edu/animalsci_etds/19

[2] http://gorstat.gov.kz

[3] Оценка эффективности внутренней подготовки кадров по системе НАССР на хлебопекарном предприятии А Республики Казахстан. «Новости науки Казахстана», №2/2018

Тунгышбаева У.О., Уажанова Р.У., Сериккызы М.С., Манап К.Р.

**Азық-түлік өнімдерінің сапасы мен қауіпсіздігі саласындағы қазіргі заманғы халықаралық менеджментті дамытудың негізгі бағыттары. Қазақстан Республикасындағы стандарттар мәліметтерінің қолдану тәжірибесі**

**Түйіндеме:** Қазіргі кезеңде түрлі салалардың қазіргі заманғы кәсіпорындары қоршаған орта жағдайының күрделілігі мен динамизмі жағдайында жұмыс істеуге мәжбүр. Сіз жоғары ұйымдастырылған бәсекелестердің үстінен нақты артықшылықтар болған жағдайда ғана нарықта қалуыңыз мүмкін және бұл үшін сізге кәсіпорынның тамаша ұйымдастырылуы қажет. Мақалада азық-түлік сапасы мен қауіпсіздігі саласындағы халықаралық басқарудың заманауи стилінің негізгі бағыттары талданады. Сондай-ақ, Қазақстан Республикасында осы стандарттарды қолдану тәжірибесі зерделенді.

**Түйінді сөздер:** сапа, нан тоқаш өнімі, қауіпсіздік, азық-түлік, нан сапасы, азық-түлік қауіпсіздігі.

УДК 621.18.01

**A. Adiluly, B.Torekul, B.T.Bakhtiyar, D.Umyshev, M.Otinshiyeva**
(Almaty University of Power Engineering and Telecommunication, Kazakhstan, Almaty
E-mail: adiluly.a@mail.ru b.bakhtiyar@aues.kz d.umyshev@aues.kz)

## HEAT TRANSFER AUGMENTATION AND FLUE GAS TEMPERATURE

**Abstract.** Consideration of methods of heat exchange and temperature intensification and investigation of heat exchange intensity in a gas turbine beam of a hot-water boiler with heat exchange intensification
**Key words:** heat transfer augmentation, boiler, heat transfer coefficient.

**А. Адилулы, Б.Торекул, Б.Т Бахтияр, Д.Умышев, М.Отыншиева**
(Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, Республика Казахстан
E-mail: adiluly.a@mail.ru b.bakhtiyar@aues.kz d.umyshev@aues.kz)

## ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООБМЕНА И ТЕМПЕРАТУРЫ УХОДЯЩИХ ГАЗОВ

**Аннотация.** Рассмотрение способов интенсификации теплообмена и температуры и исследование интенсивности теплообмена в газотурбинном пучке водогрейного котла с интенсификацией теплообмена
**Ключевые слова:** интенсификация теплообмена, котел, коэффициент теплоотдачи.

### Введение

Анализ последних публикаций и информации, размещенной на интернет-сайтах производителей водогрейных котлов малой мощности (ВКММ), позволил сделать вывод, что современная котельная техника малой и средней тепловой мощности развивается в следующих направлениях: повышение энергетической эффективности путем снижения тепловых потерь и наиболее полного использования энергетического потенциала топлива; уменьшение габаритов котельного агрегата за счет интенсификации процесса сжигания топлива; интенсификации теплообмена в топочной камере и на поверхностях нагрева; снижение загрязняющих атмосферу газообразных выбросов (CO, NOx, SOx); повышение надежности работы котла.

Интенсификацию теплообмена в элементах котла можно проводить двумя путями: установлением интенсификаторов теплообмена в топке или в жаротрубном элементе. Как отмечено в работах [1, 2], первый способ ощутимо влияет как на теплотехнические, так и на экологические результаты (КПД возрастает на 1 – 3%, выбросы CO уменьшаются в 5 раз, NOx в 2 раза). Как правило, в цилиндрическую топку устанавливают вторичные излучатели, что способствует лучшему теплообмену в топке, а также приводит к улучшению экологических показателей. Для ВКММ такой способ интенсификации практически не используют. Поскольку размеры топки достаточно малы, единственным способом интенсификации теплообмена является установление турбулизирующих вставок в газотрубном пучке.

На сегодняшний день известны различные способы интенсификации теплообмена в конвективных элементах водогрейных котлов: применение перфорированных поверхностей, многослойных конвективных поверхностей, оребрения, а также вставок различной конфигурации.

В водогрейных котлах фирм Viessman (Германия), Baltur (Италия) конвективные поверхности выполнены в виде двух стальных труб, вставленных одна в другую и спрессованных таким образом, чтобы оболочка внешней трубы имела гофрированную форму и образовывала ряд замкнутых воздушных каналов [3].

В работе [4] отмечают, что установление профилированных поверхностей теплообмена в виде кольцевой накатки и скрученных лент позволяет снизить температуру отходящих газов до 150 – 170 ºС и повысить КПД котла до 92 – 93% при незначительном увеличении металлоемкости.

Применение винтовых скрученных лент в утилизационных газотрубных ВК [5] позволило снизить температуру отходящих газов на 12% при увеличении сопротивления системы на 16%. Следует отметить, что данные исследования проводили при турбулентном движении теплоносителя. Установка интенсификаторов в виде пустотелого усеченного конуса (рис. 1) 2[6] повысила КПД котла с 85% до 89 – 93% (в зависимости от параметров интенсификатора). Температура отходящих газов снизилась в 1,33 – 2,32 раза, а давление повысилось в 1,1 – 3,96 раза. Следует отметить, что данные исследования проводили в котлах с вынужденной тягой при турбулентном движении дымовых газов.

Авторы [7 – 9] проводили исследования эффективности комбинированных интенсификаторов (скрученная лента с согнутой вокруг нее проволочной вставкой) в котлах мощностью 20 и 200 кВт. Авторы указывают на значительный эффект от использования таких интенсификаторов за счет лучевого теплообмена. Соотношение между тепловым потоком за счет излучения к суммарному тепловому потоку в газотрубном элементе в диапазоне Re, равном 1600 – 2100, составляет 15 – 24%.

Анализ работ показал, что основная часть исследований интенсификации теплообмена проведена для турбулентного и частично переходного режима. Несмотря на то, что на сегодняшний день исследованиям эффективности работы котлов с интенсификацией теплообмена в литературе уделено значительное внимание, но теоретически и экспериментально обоснованных методов расчета ВКММ с интенсифицированным теплообменом в литературе нет.

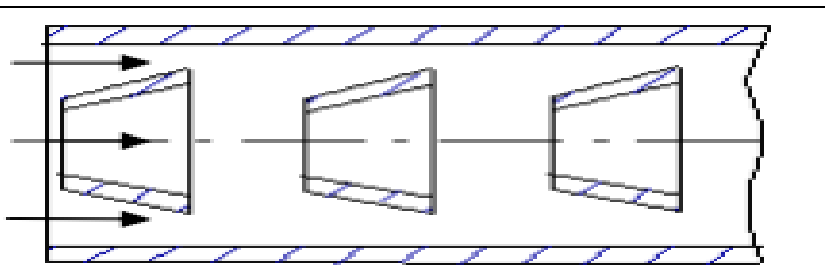


**Рис. 1.** Вставки в виде пустотелого усеченного конуса

**Исследование интенсификации теплообмена в газотурбинном пучке котла**

Для исследования интенсификации теплообмена в жаротрубном элементе ВК мощностью 32 кВт создан экспериментальный стенд согласно ДСТУ 3948-2000 [10]. Предложен оригинальный способ интенсификации теплообмена [11]. Оборудование стенда, методика проведения исследований и показатели газоанализатора во время испытаний описаны в работе [12]. Перед проведением основной серии экспериментов по интенсификации теплообмена в жаротрубном пучке котла были проведены числовые расчеты теплообмена в гладкотрубном канале. В первом приближении нами было принято, что тепловой расчет топки проводят согласно нормативному методу (НМ), а коэффициент теплоотдачи по формуле Михеева для ламинарного режима.

$$Nu = 1.4 * \left(Re * \frac{d_{вх}}{L}\right)^{0.4} Pr_{г}^{0.33} * \left(\frac{Pr_{г}}{Pr_{ст}}\right)^{0.25} \quad (1)$$

Сравнение результатов данного опыта с расчетами показали недостаточное соответствие нормативного метода (НМ) тепловых расчетов котлоагрегатов условиям работы котла. Результаты расчета показали, что расчетная температура на выходе из котла для эксперимента без интенсификации теплообмена на 100 ºС выше, чем полученная экспериментальным путем. Таким образом, реальная интенсивность теплообмена выше рассчитанной по НМ, поэтому в первом приближении нами было предложено вводить поправку на определение температуры дымовых газов на выходе из топки. А соответствующие результаты исследований опубликованы в работе [12].

Следует отметить, что НМ теплового расчета котлов [13] содержит рекомендации по методике расчета котлов большой мощности с хвостовыми поверхностями, краткие указания по проектированию топочных устройств и поверхностей нагрева стационарных котлов и необходимую для этого справочную информацию. Однако методика теплового расчета котлоагрегатов, приведённая в методе для теплообмена в топке котла, не учитывает особенностей работы конструкции ВКММ.

Анализ работ зарубежных авторов [14, 15] по исследованию теплотехнических показателей котлов мощностью 50 кВт и 1 МВт показал, что расхождение между рассчитанной температурой на выходе из котла и экспериментальной составляет до 25%. Такое расхождение авторы связывают с тем, что известные зависимости для расчета конвективного теплообмена недостаточно учитывают теплообмен в коротких трубах, а именно начальный участок гидродинамической стабилизации потока.

Авторами [8, 16] получены похожие результаты. Исследования показали, что различия между измеренными и рассчитанными по известным зависимостям значения критерия Нуссельта в гладкой трубе составляют 20 – 40%. В указанных работах обоснована необходимость учета начального участка для коротких труб.

Величина поправки на начальный участок, предложенная различными исследователями, существенно отличается.

Поправочный коэффициент на начальный участок имеет вид:

$$\varepsilon_l = 1 + C/(L * d)^m \quad (2)$$

Для определения среднего значения критерия Нуссельта необходимо расчетное значение Nup умножить на поправку (2). Так, согласно данным [14], Хаузен предложил коэффициенты c = 1, m = 2/3, Грасс – c = 2,3, m = 1; Миллс – c = 2,4, m = 0,68. Авторы [15] путем экспериментальных исследований котла на биомассе мощностью 50 кВт с L / d = 19,1 получили коэффициенты c = 5,7, m = 0,6. В отечественной литературе Сукомелом А. С. для L/d <15 поправка предложена в виде $\varepsilon_l$=1.38*(L/d)$^{-0.12}$ . Согласно [17], если сведений о протекании процесса недостаточно для оценки $\varepsilon_l$ поправку можно записать в виде $\varepsilon_l \approx 1+2/(L/d)$. Там же приведены соответствующие таблицы для определения поправочного коэффициента для вязкостно-гравитационного режима при L/d<50.

Авторами проведено численное исследование влияния параметра L/d на значение $\varepsilon_l$, предлагаемое разными исследователями (рис. 2).

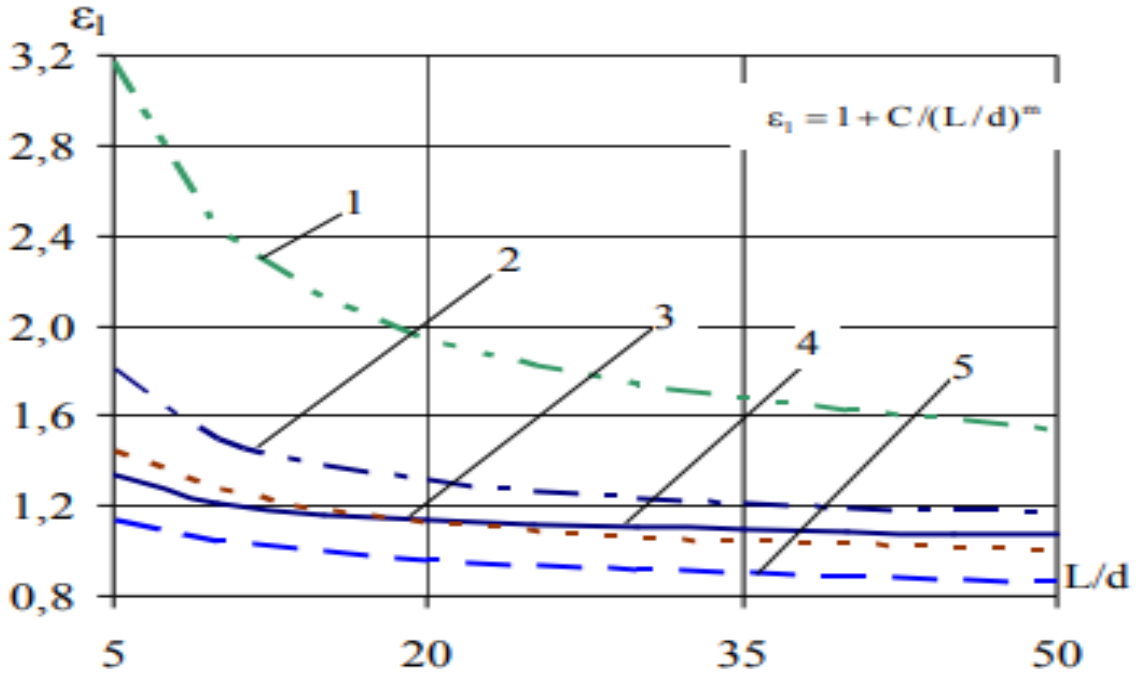



**Рис. 2.** Зависимость поправочного коэффициента от соотношения L/d. 1 – C= 5,7, m=0,6; 2 – C= 2,4, m=0,68; 3 – C= 1, m=2/3; 4 – табличные данные для вязкостно-гравитационного режима [17 ]; 5 – табличные данные для турбулентного режимуа [17]

Следует отметить, что в отечественной литературе значение поправочных коэффициентов значительно ниже, чем предлагают зарубежные авторы.

В результате эксперимента (рис. 3) температура дымовых газов на выходе из котла без интенсификации теплообмена составила 366 $^0$C, другие данные на рис. 3 – расчетные. Ближайшее расчётное значение температуры отходящих газов 392 $^0$C, что на 7 % больше экспериментальных значений.

Анализ полученных результатов показал (рис. 3), что использование поправок зарубежных авторов даёт незначительные расхождения в рассчитанных и измеренных величинах температуры отходящих газов. Это можно объяснить тем, что поправочные коэффициенты были выведены в условиях, близких к работе котла.

$$Nu = 0.062 * Re^{0.693} Pr_{\text{г}}^{0.33} * (1 + \frac{2.4}{(L*d)^{0.68}}) \quad (3)$$

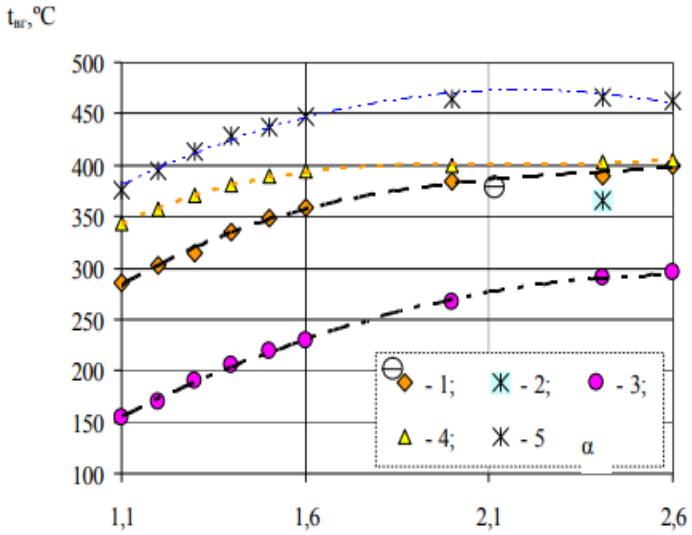



**Рис. 3.** Сопоставление экспериментальных и рассчитанных значений температуры отходящих газов:
1 – по формуле (1) с коэффициентами в поправке (2) c = 2,4, m = 0,68; 2 – экспериментальные данные;
3 – по (1) с c = 5,7, m = 0,6; 4 – по формуле предложенной авторами на основе эксперимента (3);
5 – по формуле (1) без учета поправки.

Как показали результаты, учет поправки, учитывающей интенсивность теплообмена на начальном участке гидродинамической стабилизации потока, позволяет более точно определять температуру газов на выходе из котла. Это весьма важно на этапе проектирования теплогенерирующего оборудования малой мощности, поскольку неверный выбор зависимости для расчета теплообмена приведет к увеличению металлоемкости котла или котел будет спроектирован на меньшую, чем необходимо, мощность.

С целью выявления влияния интенсификации теплообмена на основные теплотехнические показатели котла нами проведены численные исследования. В качестве интенсификаторов приняты во внимание пластина, скрученная лента и согнутая пластина, установленные на всю длину жаротрубного пучка (рис. 4).

Размеры котла, теплота сгорания топлива приняты такие же, как и в экспериментальных исследованиях [12]. Переменным параметром является коэффициент избытка воздуха. Расход топлива в расчетах остается постоянным Вр = 3,8 м 3 /час. Результаты численных экспериментов представлены на рис. 5. Пластина снижает температуру отходящих газов на 25 – 43 %, увеличивая при этом КПД котла на 6,52 – 15,7 %, а это, в свою очередь, приводит к росту мощности котла. Наилучшие показатели эффективности наблюдают для изогнутой пластины. При снижении температуры на выходе из котла на 43,75 – 53,68 % КПД возрастает на 7,9 – 24 ,5 %. Такой эффект достигается за счет излучения от вставок к стенке трубы.

Улучшение теплотехнических показателей котла происходит на фоне роста потерь давления в газотрубном пучке. Но за счет самотяги дымовой трубы аэродинамические процессы в котле не ухудшатся. В котлах с наддувом возрастет мощность дымососа.

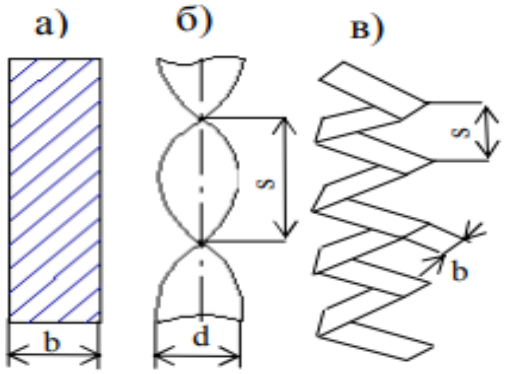



**Рис. 4.** Интенсификаторы теплообмена: а) пластина b = 42 мм; б) скрученная лента s / d = 4,2;
в) согнутая пластина b = 20 мм; s = 30 мм

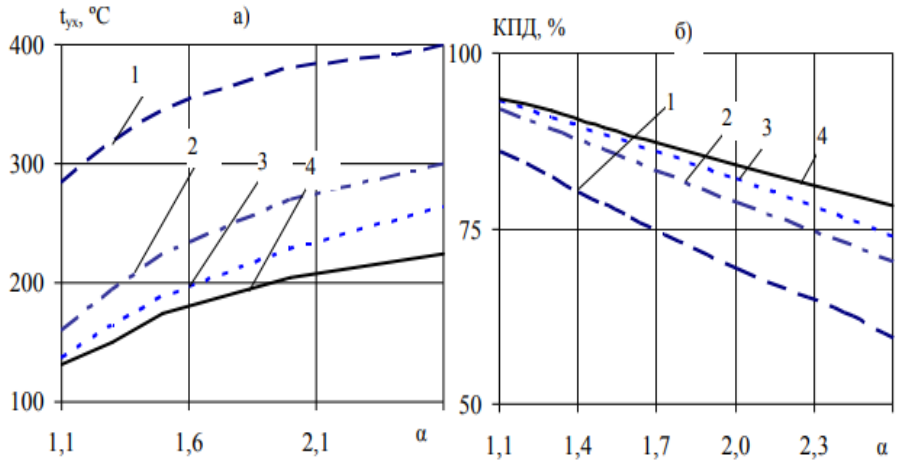



**Рис. 5.** Зависимость температуры отходящих газов (а) и КПД котла (б) от коэффициента избытка воздуха. 1 – гладкотрубный котел, 2 – котел с пластиной, 3 – котел со скрученной лентой, 4 – котел с изогнутой пластиной.

**Заключение**

Проанализированы современные направления развития котельной техники малой мощности. Рассмотрены современные способы интенсификации теплообмена в водогрейных котлах малой мощности. На основе собственных исследований и анализа работ авторов предложено рассчитывать теплообмен в гладкотрубный каналах водогрейных котлов с учетом поправки на интенсивность теплообмена на начальном участке гидродинамической стабилизации потока. Наиболее адекватным поправочным коэффициентом, по нашему мнению, является коэффициент, предложенный Миллсом. Показано, что использование пластин различной конфигурации существенно улучшает теплотехнические показатели котла. Пластина снижает температуру отходящих газов на 25 – 43 %, увеличивая при этом КПД котла на 6,52 – 15,7%, а это, в свою очередь, приводит к росту мощности котла. Наилучшие показатели эффективности наблюдаются для изогнутой пластины. При понижении температуры на выходе из котла на 43,75 – 53,68 % КПД возрастает на 7,9 – 24,5%. Такого эффекта достигают за счет излучения от вставок к стенке трубы.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Басок Б. И. Численное моделирование процессов аэродинамики в топке водогрейного котла со вторичным излучателем / Б. И. Басок., В. Г. Демченко, М. П. Мартыненко // Промышленная теплотехника. – 2006. – № 1. – С. 17 – 22.

[2] Гришкова А. В. Уменьшение выбросов оксидов азота от водогрейных котлов путем внесения в топку промежуточного излучателя с оптимальными параметрами / А. В. Гришкова, Б. М. Красовский, А. Ю. Ракитин // Промышленная энергетика. – 2004. – № 5. – С. 32 – 33.

[3] Петриков С. А. Прогрессивные способы интенсификации теплообмена в отопительных котлах / С. А. Петриков, Н. Н. Хованов // Промышленная энергетика. – 2003. – № 12. – С. 18 – 22.

[4] Шахлина Н. А. Интенсификация теплообмена в газотрубных котлах с использованием профилированных поверхностей теплообмена : автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук : спец. 05.14.04 “Промышленная теплоэнергетика” / Н. А. Шахлина. – Екатеринбург, 2007. – 20 с.

[5] Колядин Е. А. Исследование и научное обоснование интенсификации теплообмена в судовых газотрубных утилизационных котлах : автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук : спец. 05.08.05 “Судовые энергетические установки и их элементы ( главные и вспомогательные”/ Е. А. Колядин. – Астрахань, 2007. – 20 с.

[6] Investigation of turbulators for fire tube boilers using exergy analysis [Електронний ресурс] / Betul Ayhan // Turkey Journal engineering environmental science. – 2001. – №5. – P. 249 – 258. – Режим доступу до журн. : http://mistug.tubitak.gov.tr/bdyim/toc.php?dergi=muh&yilsayi=2001/4.

[7] Neshumayev D. Experimental investigation of various turbulator inserts in gas-heated channels / D. Neshumayev, A. Laid, T. Tiikma // Experimental Thermal and Fluid Science. – 2004. – vol. 28(8). – P. – 877 – 886.

[8] Experimental and numerical investigation of combined heat transfer augmentation technique in gas-heated channels. In: Proceedings of the 4th International Conference on Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics, 18 – 23 Sept. [Електронний ресурс] / D. Neshumayev, T. Tiikma // Cairo, Egypt. – 2005. – Режим доступу: https://www.etis.ee/portaal/publicationInfo.aspx?PubVID=17&LanguageVID=2&FullTranslate=false.

[9] Neshumayev D. Radiation Heat Transfer of Turbulator Inserts in Gas Heated Channels / D. Neshumayev, T. Tiikma, // Heat Transfer Research. – 2008. – vol. 39 (5). – P. 403 – 412.

[10] Котли опалювальні водогрійні теплопродуктивністю до 100 кВт: Методи випробування і контролю теплотехнічних показників : ДСТУ 3948–2000. – [Чинний від 2001-01-01]. – К. : Держстандарт України, 2000. – 33 с.

[11] Пат. 19637 Україна, МПК7 F 28 F 1/00. Вставка для теплообмінної труби / Ткаченко С. Й., Степанов Д. В., Боднар Л. А. заявник та патентовласник Вінницький нац. техн. університет. – № u200607988; – заявл. 17.07.06.; опубл.15.12.06.; Бюл. № 12.

[12] Степанов Д. В. Експериментальні дослідження інтенсифікованого теплообміну в жаротрубному водогрійному котлі / Д. В. Степанов, С. Й. Ткаченко, Л. А. Боднар // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2008. – № 2. – С. 44 – 47.

[13] Тепловой расчет котлоагрегатов (нормативный метод). – СПб: НПО ЦКТИ, 1998. – 256 с.

[14] Yrjola J. Modelling and experimental studies on heat transfer in the convection section of a biomass boiler / J. Yrjola., J. Paavilainen // Int. J. Energy Research. – 2006. – vol 30 (12) – P. 939 – 953.

[15] Modelling and experimental study on wood chips boiler system with fuel drying and with different heat exchangers. Doctoral Dissertation [Електронний ресурс] / J. Yrjola // Helsinki University of Technology. Department of Mechanical Engineering. Laboratory of Applied Thermodynamics. Режим доступу до дисертації http://lib.tkk.fi/Diss/2006/isbn9512284391/isbn9512284391.pdf.

[16] Neshumayev D., Tiikma T. Radiation heat transfer of turbulator inserts in gas heated channels / D. Neshumayev, T. Tiikma // Heat Transfer Research. – 2008. – vol. 39(5). – P. 403 – 412.

[17] Исаченко В. П. Теплопередача / Исаченко В. П., Осипова В. А., Сукомел А. С. – Энергоиздат, 1981. – 412 с.

Әділұлы А., Торекұл Б., Бахтияр Б.Т, Умышев Д., Отыншиева М.

**Жылу алмасу және түтін газдарының температурасын интенсификациялау**

**Түйіндеме**. Жылу алмасу және температураны интенсификациялау әдістерін қарастыру және жылу алмасуды интенсификациялаумен су жылытатын қазандықтың газ турбинасының арқалығында жылу алмасу қарқындылығын зерттеу

**Түйінді сөздер**: жылу беру интенсификациясы, қазандық, жылу беру коэффициенті.

УДК: 930.2:51.002

**S. Zhakezhan, V. Kulikova**
(M. Kozybayev North Kazakhstan State University, Petropavlovsk, Kazakhstan.
E-mail: sayagul-77@mail.ru)

## THE APPLICATION OF MATHEMATICAL-STATISTICAL METHODS OF THE ANALYSIS OF MASS HISTORICAL SOURCES

**Abstract.** In the article, the author analyzes mathematical and statistical methods of analysis of mass historical sources. The essence of knowledge mathematization in the modern science is revealed (in the aspect the applied component is the application of specific mathematical methods of historical information measurement). The fact that history, along with the exact and natural Sciences, refers to mathematics, indicates a high level of its development and the urgent need for quantitative specification.

**Key words:** modified method, the boundaries of the intervals, size, correlation, source, mathematical tools, analysis.

**С.А. Жәкежан, В.П. Куликова**
(Северо-Казахстанский государственный университет им. М. Козыбаева, Петропавловск, Республика Казахстан, E-mail: sayagul-77@mail.ru)

## ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИКО-СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА МАССОВЫХ ИСТОРИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ

**Аннотация.** В статье анализируются математические и статистические методы анализа массовых исторических источников. Раскрывается сущность математизации знаний в современной науке (в этом аспекте прикладной составляющей является применение конкретных математических методов измерения исторической информации). Тот факт, что история наряду с точными и естественными науками относится к математике, свидетельствует о высоком уровне ее развития и о настоятельной необходимости количественного уточнения.

**Ключевые слова:** модифицированный метод, границы интервалов, размер, корреляция, источник, математический инструмент, анализ.

**1. Введение.**

История наряду с точными и естественными науками обращение к математике свидетельствует о высоком уровне ее развития и высокой потребности в количественном уточнении.

Применение математических методов в онтологическом аспекте имеет два уровня: 1. измерение каких-либо признаков объекта исследования и обработка полученных результатов; 2. первичная система количественных показателей включает в себя достаточно сложную математическую обработку, раскрывающую сущность исследуемой детальности в виде модели, т.е. ее формальная математическая форма. Первое историко-социальных процессов и явлений применяется описательная, выборочные методы исследования, второе – многомерный статистический анализ, хотя при научном анализе исторической проблемы невозможно сочетать эти методы.

Говоря о построении математических моделей исторических процессов, мы исходим из того, что моделирование является общим научным методом признания объективной действительности, основанным на исследовании моделей, отражающих (или воспроизводящих) эту истину в предметной (материальной) или идеальной (знаковой) форме. Любой моделью является абстрагированное выражение основного значения объекта моделирования, его аналогом или квазиобъектом. Математическое моделирование направлено на анализ структуры и функций систем, подсистем и их компонентов, определенных в историческом развитии, которое связано с системным способом и состоит в рассмотрении их систем, объединяющих их системы, а также как часть процесса взаимодействия с другими компонентами системы.

**2. Методы.** В работах традиционного направления исследователи для подтверждения своих качественных (содержательных) выводов количественную информацию приводят в иллюстративном аспекте, часто ограничиваясь сбором и простой классификацией или счетом числовых данных, полученных непосредственно из имеющихся в их распоряжении источников. При этом изучению подвергаются в основном такие явления и процессы, числовая информация о которых представлена явно. Скрытая, неявная, конкретно нефиксированная информация исторического источника исследуется ими путем логически-описательного анализа. Традиционный исследователь в этом случае апеллирует понятиями «больше – меньше», «сильнее – интенсивнее – слабее» и т.д.

Опираясь на теоретическую парадигму – всякое качественное социальное явление или процесс, их черты и свойства имеют свою количественную меру, – квантитативная история главной целью ставит не только понимание их сущностно-содержательного смысла и качественного своеобразия, но и выявление в абсолютных или относительных числах этой меры, степени и интенсивности ее проявления.

Такая процедура в отличие от простого счета называется процедурой статистического измерения. Математико-статистическое измерение конкретно-исторических качественных характеристик – «проблема не столько математическая, сколько логико-историческая, так как перевод качественных признаков в количественную форму осуществляется, в первую очередь, в зависимости от содержания и качественной определенности изучаемого явления или процесса» [1].

Так, например, при анализе нарративных (описательных, текстовых) источников измерение качественных характеристик объекта исследования проводится путем частотных, классификационных преобразований, т.е. переводится на язык чисел и цифровых кодов, который хорошо «понимает» компьютер.

В квантитативных работах количественное (числовое) выражение информации носит не просто иллюстративный характер, а является основой для более точных и детализированных выводов, при этом сбор, классификация и обработка этих данных являются существенной частью их исследования. Что же касается выявления латентной информации источников, то привлекаемый к анализу математический инструментарий позволяет исследователю на основе обработки нескольких комплексов источников и установления взаимосвязей характерных признаков объекта исследования синтезировать новый источник (вторичной формы), содержащий отсутствовавшие ранее сведения. При этом количественными характеристиками в историческом исследовании «выступают численные распределения значений признаков, количественные показатели степени зависимости между ними, показатели интенсивности влияния группы факторов на изучаемую систему и т.д.» [2], т.е. то, что может быть измерено и выражено не только в числах, но и в отношениях. Иными словами, упрощенно измерение подразумевает приписывание по определенным правилам историческим объектам или событиям числовых значений, в более широком смысле эта процедура представляет собой установление той или иной функциональной связи между переменными величинами, к которым сводится изучаемая система [1].

А.Р. Корсунский отмечает наличие двух видов измерения, в виде прямого, «когда величина измеряется путем сравнения с эталонной единицей, и косвенного (непрямого), когда измеряется не сама изучаемая величина, а несколько других, по значению которых определяется значение искомой величины (предполагается, что эти величины связаны с измеряемой величиной определенной зависимостью)» [3]. В исторических исследованиях применяется второй вид. Характеру качественного анализа и соотношении количественного и описательного подходов к выражению информации об объективной реальности придавал большое значение И.Д. Ковальченко [1]. Им подчеркивалось, что целью качественного анализа является раскрытие содержательной внутренней сущности объектов, явлений и процессов, а сам анализ включает аналитические и синтетические процедуры, имеющие своей целью «выявление коренных свойств, основных закономерностей и особенностей возникновения и функционирования» этих объектов, явлений и процессов» [1]. При этом, ссылаясь на сложность измерения многообразных и многомерных черт и свойств общественных явлений и процессов, И.Д. Ковальченко подчеркивает, что «… раскрытие количественной меры качественно содержательной определенности любых явлений естественного и общественного мира является высшим уровнем научных исследований» [4].

Количественный анализ крайне эффективен при изучении массовых явлений и процессов, которые необходимо рассматривать как сложные системы со своими структурными компонентами, находящимися в статике или динамическом изменении и развитии.

Первоначальный этап обработки массового информационного материала предполагает его систематизацию, удобную для наглядного восприятия. Поэтому для этих целей обычно используют один из методов описательной статистики – группировочный, смысл которого заключается в разбиении совокупности данных на группы, каждая из которых объединяется общими показателями, при этом сгруппированные данные оформляются в виде таблиц и графиков.

Под совокупностью данных понимаются массовые однородные единицы наблюдения, обладающие некоторыми общими свойствами. Например, совокупность лиц, подвергшихся репрессиям по контрреволюционной статье ст. 52 УК РСФСР 1926 г. или владельцы байских хозяйств, подвергшихся конфискации в 1928 г. Единицы наблюдения как элементы этой совокупности могут быть представлены, как персоналии, события, документы, памятники культуры и т.д.

Единица совокупности обладает определенными свойствами, которые называются признаками (например, пол), а значения признаков – показателями (например, мужской или женский). Группировки, с помощью которых происходит расчленение однородных совокупностей на качественно однородные группы, называют типологическими.

В таблице 1 представлен пример такой группировки.

Таблица 1. **Распределение заседаний Казкрайкома и ЦК КП(б)К в 1937 г., абс. [5].**

| Руководящий орган | Количество заседаний |
|---|---|
| Казрайкома (до сер. Июня 1937 г.) | 27 |
| ЦК КП (б) К (с сер. Июня 1937 г.) | 104 |

Структурные группировки позволяют качественно однородную совокупность представить в виде количественных групп. В этом случае совокупность делят на части и подвергают детальному изучению каждую из них.

Использование компьютера значительно упрощает процесс вычислений, так как анализ на уровне группировок вручную по определенной программе даже небольшого по числу признаков источника требует нескольких сотен часов работы (например, 20 признаков актовых записей о рождении в СССР потребовал создания 190 таблиц [6]). Главные трудности в создании группировок связаны со сложностью анализируемого явления, степенью его изученности и уровнем формализации признака, а так как признаков у явления бывает существенно много, то исследователь должен выявить самые важные, наиболее существенные признаки [2].

Очень часто при изучении группировок возникает проблема определения границ интервалов, т.е. количества разбиений в значениях группировочного признака и их размеров. Например, при изучении зависимости возраста 477 работников предприятия (с 16 до 65 лет) от общего стажа работы возникает вопрос, как же разбить возрастные группы, чтобы они были более представительны. Для этого чаще всего используют формальный способ определения оптимальной величины интервала, предложенный Г.А. Стерджессом, где величина интервала определяется по формуле:

$$k = (x\ max - x\ min) / (1 + 3{,}2 \lg n)\ (1), \qquad (1)$$

где x max – наибольшее значение признака, x min – наименьшее значение признака, n – количество единиц наблюдений, lg n – десятичный логарифм числа n. Например, для приведенных выше возрастных границ, интервал составляет $k = (65 - 16) / (1 + 3{,}2 \lg 477) \approx 5$. Обязательным требованием в этом случает является разбиение интервала с границей не более 5. Формула 1 используется только внутри однородной совокупности, т.е. при структурном изучении явлений. Границы интервалов, принимающие целые значения (дискретные признаки), устанавливаются без совпадения крайних показателей смежных интервалов, тогда ни одно значение признака не попадет в промежуток интервала и не будет упущено. Например, для приведенного диапазона возраста сотрудников предприятия это выглядело бы так, до 19 лет, от 20 до 24, от 25-29, и т.д. лет. В случае использования дробных значений признаков, используется совпадение смежных границ интервалов, например: до 1,0; 1,0-5,0; 5,0-9,0; и т.д.

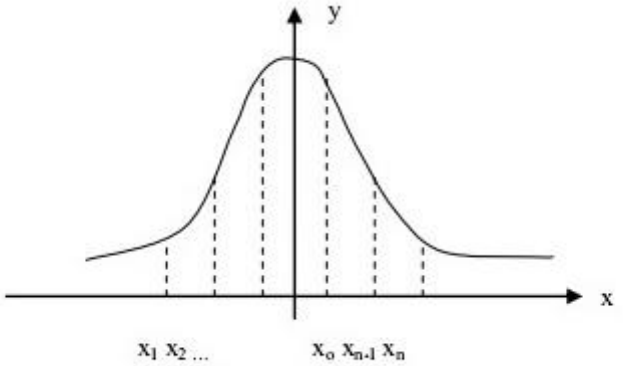
При описании источника важно правильно выбрать форму представления его материала. От наглядности зависит быстрота восприятия различных показателей, а также точность их логического анализа. Данные можно изложить в виде словесного выражения, а также в таблице и при помощи графиков.

Задачи графического метода не исчерпывается только наглядностью материала. С помощью графиков можно проанализировать характер и формы зависимости между признаками, что особенно важно при использовании последующих, более сложных приемов анализа, например на уровне межпризнаковых связей, доказательства правомерности применения методов корреляционного анализа и т.д.

Остановимся на некоторых из них, а именно, на нормальности распределения признаков и линейной зависимости между ними, более подробно. Нормальность и линейность являются основными требованиями при использовании многих методов математической статистики. Если данные условия не соблюдаются, то применение таких методов будет неправомерно и повлечет за собой неверную интерпретацию показателей источника. Однако доказательству этих свойств и тем самым обоснованию правомерности использования ряда математических методов, историк не всегда уделяет должного внимания.

Нормально распределенным признаком называется признак, распределение значений которого имеет плавный колоколообразный симметричный вид, с центром, совпадающим со средней арифметической признака (рисунок 1).

При этом кривая подчиняется определенному математическому закону и имеет следующий вид:




Кривая нормального распределения

$$y = (1/\sigma \sqrt{2\pi}) * \exp(-x^2 / 2\sigma^2) \qquad (2)$$

В основном признаки социальных явлений и процессов не имеют строгой нормальной формы и обладают асимметрией в ту или иную сторону. В практике изучения общественных явлений почти не встречается даже симметричных распределений. Но для того, чтобы проверить, подчиняются ли изучаемые признаки закону нормальности, можно приближенно графически по каждому признаку построить их кривые распределения. Несмотря на то, что графический способ определения нормальности является приближенным, тем не менее он широко используется на практике и дает хорошие оценки. Существуют и более точные методы анализа распределения значений признака,

например χ2 (хи-квадрат) Пирсона или критерий λ А.Н. Колмогорова. Эти критерии предполагают значительное количество вычислений и поэтому требуют использования компьютера со специальной стандартной программой. В частности, О.И. Исмагуловым в своей работе был широко использован метод χ2 (хи-квадрат), подтверждающий правильность выбора признаков распределения фенотипов и генных частот при проведении сравнительного анализа группы крови казахов различных родо-племенных, территориальных групп с аналогичными характеристиками отдельных евразийских народов [7].

Еще одним свойством, которое требует доказательства при использовании математических методов, является линейная зависимость между признаками. Два признака называются линейно-зависимыми между собой, если с увеличением на единицу значений одного из них увеличивается или уменьшается на определенную величину значение второго. Строгой линейности, так же как и нормальности, в социальных явлениях не существует. Однако и здесь вполне может удовлетворить приближенное соблюдение указанного свойства, т.е. концентрации значенийоколо прямой. Проверка формы зависимости проводится также на компьютере при помощи точных методов, какими являются уже отмеченный критерий χ2, способ наименьших квадратов и другие методы. Приведенные табличные и графические формы являются одной из сильных сторон исследований О.И. Исмагулова в оценке достоверности и точности данных.

Для тех случаев, когда распределение признака значительно отличается от нормального вида, а его связь с другими признаками не носит линейного характера, существуют способы преобразования распределений переменной x путем извлечения из них корня или логарифма и т.д.

При использовании математических методов, требующих нормальности и линейности в распределении изучаемых признаков, крайне важна проверка этих свойств относительно каждого признака без исключения, и в том случае, когда имеются существенные отклонения, необходимо вводить соответствующие преобразования [8].

Таким образом, таблицы и графики важны не только для иллюстративного преподнесения материала, они служат источником выявления и характеристики тенденций и закономерностей исторических процессов и явлений.

Значение дальнейшего изучения табличного и графического материала также огромно и при последующем применении математических методов и связано, например, с нахождением обобщенных характеристик, отражающих свойства, общие для всей совокупности в целом. Прежде всего, к ним относится уровень ряда, т.е. среднее значение признака, относительно которого изменяются (варьируют) все его значения, и амплитуда колеблемости, т.е. величина отклонения значений признака от их среднего уровня. К показателям уровня ряда относятся средняя арифметическая, медиана, средняя геометрическая и т.д., к амплитуде колеблемости – вариационный размах, среднее квадратическое отклонение и ряд других показателей [9].

Любая средняя имеет свои конкретные функции в процессе исследования массовых совокупностей, свои формулы для вычисления. Но независимо от этого, ко всем средним предъявляются общие требования, выполнение которых влечет за собой достоверность окончательных результатов. Главное из них состоит в том, что средние величины исчисляются только по отношению к однородным явлениям, к одному и тому же типу явлений, ибо только в этом случае будет отражено их общее свойство. Кроме того, за счет средних происходит нивелирование различных отклонений, что при неверной оценке показателей приводит к искажению действительности.

Наиболее часто используется средняя арифметическая, которая является характеристикой всей изучаемой совокупности или ее части. Нередко ее называют просто средняя. Средняя арифметическая (x), так же как и другие средние, используется в двух видах – как простая средняя и как средняя взвешенная. Методика подсчета средних зависит от формы задания информации в источнике.

Обычно средневзвешенную измеряют по формуле:

$$x = \sum xp / \sum p$$

где x – каждое значение признака, p – его частота.

Корреляционная зависимость означает такую взаимосвязь между признаками, при которой с изменением значений одного признака меняется среднее значение другого. Для выявления и изучения статистических закономерностей массовых процессов в современной математике существуют такие математико-статистические дисциплины как теория вероятностей, математическая статистика, статистическая теория информации, теория игр и т.д.

**3. Результаты.** В основе статистических теорий лежит закон больших чисел, сущность которого заключается в свойстве многих закономерностей объективного мира формироваться и отчетливо проявляться лишь в массовом процессе, лишь при достаточно большом числе элементов совокупности. Этот закон означает, что только в массовых совокупностях могут быть обнаружены и исследованы закономерности общественных явлений. Согласно закону больших чисел, случайные отклонения, присущие единичным явлениям, в большой массе не влияют на средний уровень изучаемой совокупности, на средний уровень основной тенденции. Отклонения индивидуальных элементов как бы уравновешиваются, нивелируются в массе явлений одного типа и перестают зависеть от случайностей, что позволяет выйти на уровень статистической определенности. Таким образом, в силу действия закона больших чисел, статистические закономерности изучаются лишь при исследовании массовых явлений, что дает возможность выявить основные тенденции и отделить их от второстепенных.

Прежде чем приступить к непосредственному вычислению выборочного объема, необходимо задать уровень точности, или допустимую ошибку, с которой исследователю хотелось бы получить те или иные результаты. Один из приближенных методов определения выборочного объема основан на использовании таблиц достаточно больших чисел [2]. Процесс формирования выборочной совокупности является наиболее важным этапом исследования, так как от него зависит основная точность полученных результатов.

В математической статистике предполагается, что выборочная совокупность будет репрезентативной при выполнении следующих условий:

- каждый элемент генеральной совокупности должен иметь равную возможность попасть в выборку;
- отбор единиц наблюдения должен производиться случайным способом;
- проводить его следует, по возможности, из однородных групп;
- выборочная совокупность должна иметь достаточно большой объем [10].

Таким образом, квантитативная история базируется на математико-статистических методах обработки данных исторических источников при помощи компьютерной техники. В основе процесса внедрения этих методов в историческую науку лежат внутренние тенденции ее развития, связанные, в частности, с необходимостью привлечения все большего объема фактических данных (что, кстати, очень характерно для нынешнего информационного общества), изучения ранее востребованных источников иными более детализированными способами, введения в научный оборот новых массовых источников в контексте повышения их информативной отдачи.

**4. Обсуждение.** Математический аппарат позволяет получить более достоверные результаты при анализе явлений массового характера, на качественно новом уровне подойти к исследованию историко-социальных явлений и процессов, выразить в количественной форме степень взаимодействия составляющих их элементов, определить силу и характер влияния различных факторов.

Все более усиливающиеся процессы математизации и компьютеризации исторических исследований оказывают существенное влияние на подход к конкретно-исторической проблеме, на характер используемых источников, на сбор и обработку первичных данных, на направление и содержание анализа данных и, наконец, на проверку выводов исследователя. Но самое главное – они дали возможность исследовать отдельные проблемы, которые вообще не поддаются решению с помощью обычных, традиционных методов исторического исследования.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Количественные методы в исторических исследованиях: уч. пособие для студ. вузов, обуч-ся по спец. «История» / И.М. Гарскова, Т.Ф. Изместьева, Л.В. Милов и др. / под ред. Ковальченко И.Д. – М.: Высшая школа, 1984. – 384 с.

[2] Славко Т.И. Математические методы в исторических исследованиях: Учебник для студентов вузов, обучающихся по историческим специальностям. – Екатеринбург: УрГУ, 1995. – 178 с.

[3] Корсунский А.Р. Проблема измерения социальных явлений в исторических источниках и литературе // Математические методы в исследованиях по социально-экономической истории. – М.: Наука, 1975. – С. 6-38.

[4] Интервью с И.Д. Ковальченко // Информационный бюллетень Комиссии по применению математических методов и ЭВМ в исторических исследованиях при Отделении истории АН СССР. – 1990. – № 1. – 27 с.

[5] АП РК. – Ф. 141.– Оп. 1. – Ф. 708. – Оп. 1, 2/1.

[6] Русина Ю.А. Текущая статистика населения: опыт формирования базы данных – Екатеринбург: УрО АН СССР, 1996. – 79 с.

[7] Исмагулов О.И. Этническая геногеография Казахстана (серологические исследования). – Алма-Ата, 1977. – 160 с.

[8]Математика в изучении средневековых повествовательных источников. - М.: Наука, 1986. - 148 с.

[9] Математические методы в исторических исследованиях: Сб. стат. - М.: Наука, 1972. 236 с.

[10] Математические методы и ЭВМ в исторических исследованиях. - М.: Наука, 1985. - 344 с.

Жәкежан С.А., Куликова В.П.

**Жаппай тарихи деректерді талдаудың математикалық-статистикалық әдістерін қолдану**

**Аннотация.** Мақалада математикалық және статистикалық талдау әдістері көпшілік тарихи көздері. Қазіргі ғылымдағы білімді математикалаудың мәні ашылады (осы аспектіде қолданбалы құраушы тарихи ақпаратты өлшеудің нақты математикалық әдістерін қолдану болып табылады). Тарих нақты және табиғи ғылымдармен қатар математикаға жататыны оның даму деңгейінің жоғары екендігін және сандық анықтаудың аса қажет екендігін көрсетеді.

**Түйінді сөздер:** модификацияланған әдіс, интервал шекарасы, өлшем, корреляция, қайнар көзі, математикалық құрал, талдау.

УДК 004.4

**Y.T. Ramazanov, S.Y. Sibanbayeva**
(Almaty Management University, Almaty, Kazakhstan. E-mail**:** ErmekRamazanovRa@gmail.com)

## DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL SUPPORT OF ANALYTICAL SYSTEM OF VDA TYPE TO IMPROVE THE PRODUCTIVITY OF A HERD BASED ON COMPUTER ASSISTED-LEARNING

**Abstract** The article presents the results of the software development of the software product, the result of which is visualized conclusions about the available productivity of the flock of sheep. The description of the algorithm based on the application of the machine learning method, classification by stochastic gradient descent is given. The article also contains provisions on the use of relational data processing to support decision-making on the production of breeding work in sheep farming by small and individual entrepreneurs.

**Keywords.** Machine learning, stochastic gradient descent, relational data processing, data visualization, available productivity.

**Е.Т. Рамазанов, С.Е. Сибанбаева**
(Алматы менеджмент университет, Казахстан, Алматы, E-mail: ErmekRamazanovRa@gmail.com)

## РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ТИПА VDA ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ СТАДА НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

**Аннотация.** В статье приводятся результаты разработки математического обеспечения программного продукта результатом работы, которой являются визуализированные выводы о наличной продуктивности стада овец. Приводится описание алгоритма, основанного на применении метода машинного обучения, классификации стохастическим градиентным спуском. В статье также изложены положения о применении реляционной обработки данных для поддержки принятии решении по производству селекционных работ в овцеводстве малыми и индивидуальными предпринимателями.

**Ключевые слова**. Машинное обучение, стохастический градиентный спуск, реляционная обработка данных, визуализация данных, наличная продуктивность.

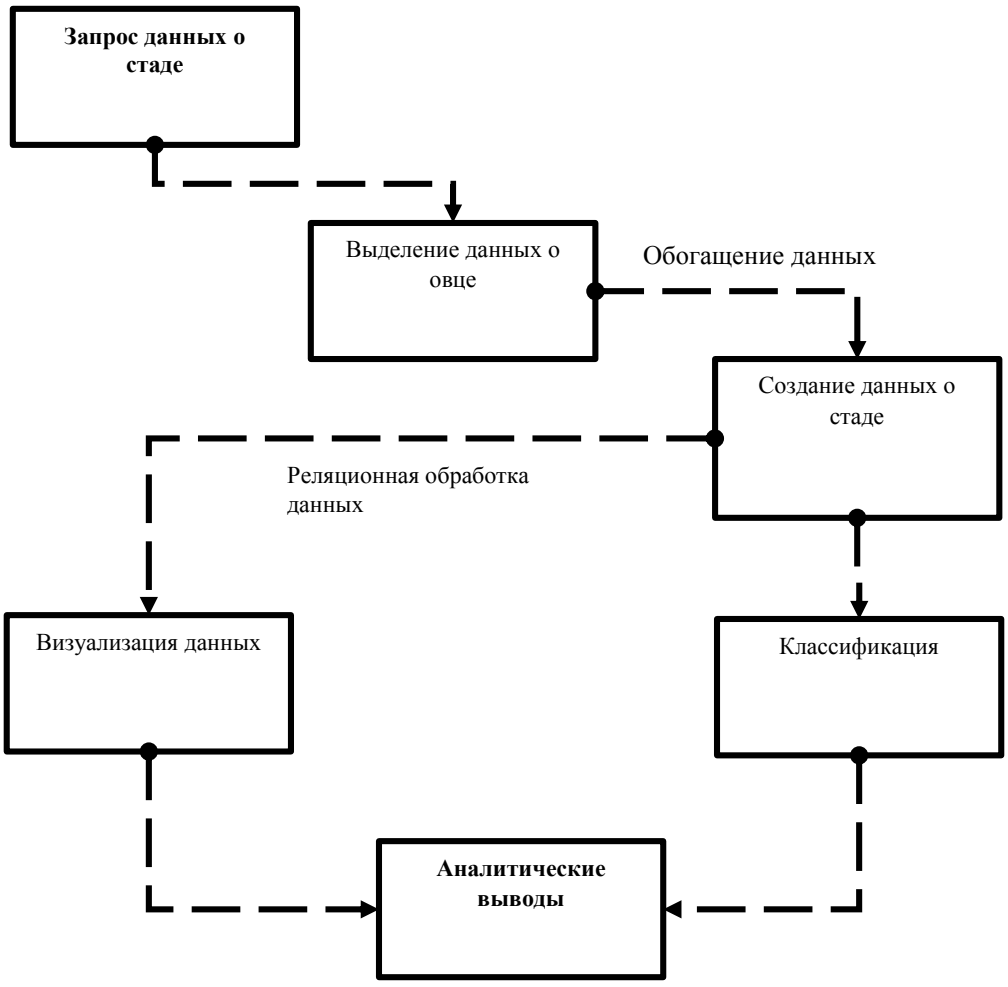
**Введение**. На настоящий момент возрастает потребность в управлении информацией в животноводстве. Точное прогнозирование, анализ состояния процессов, оценка рисков способствуют повышению доходности предприятия. В современных условиях производства и конкуренции аналитическая деятельность становиться необходимой частью коммерческой деятельности в целом. Как известно, аналитика осуществляется на основе информационных систем. Для применения информационной системы сельхозпредприятием требуется соответствующая подготовленность, которая требует дополнительных расходов. Избегая дополнительных затрат, большинство сельхозпредприятии оказывают сопротивление по отношению к внедрению информационных систем. Как правило, меньшее сопротивление по применению информационных систем показывают большие или средние предприятия. Однако с широким применением программного обеспечения с открытыми текстами и Интернет технологии обществом использование информационных систем становиться доступным и для малых предприятии. В связи с этим перед исследователями возникает проблема разработать наиболее функциональную систему с точки зрения конкретного технологического процесса, в нашем случае овцеводства. Что в свою очередь, порождает различные вопросы, связанные с информационными системами в сельском хозяйстве и делают данную проблематику актуальным в сфере информационных технологий.

Каждое хозяйство стремится улучшить свое дело, повысить доходность. Для этого предприятию необходимо вести селекционную, племенную работу. Другими словами, производить отбор лучших овец для дальнейшего разведения. Для уменьшения ошибок при производстве отбора можно использовать накопленные или созданные данные о стаде.

**Результаты**. Разработаем с применением технологии Open Source Engine программный продукт на основе которого, индивидуальный предприниматель, малое фермерское хозяйство или домохозяйство, которое занимается овцеводством, может выполнять аналитическую деятельность и производить отбор стада.

Обзор существующих решении по направлению животноводства показал, что большинство программных продуктов предназначены для обработки информации. Отметим, что мы не рассматриваем системы автоматизирующие технологические процессы или автоматику. В данном контексте рассматриваются системы обработки и анализа данных. Такие системы хорошо представлены в работе [1], системы для введения учета стада, которые, как правило, содержат логистическую информацию или данные о управлении кормами и рационном [2]. Например, системы «Коралл», «Winpas», «1С: Бухгалтерия сельскохозяйственного предприятия», «Сэлекс» и др. В работе [3] представлены системы схожие с системами обработки данных (Electronic data processing). Тут в большинстве случаев представлены фактографические информационные системы на основе баз данных. Программное обеспечение формирующее некоторые выводы или рекомендации в обзоре не обнаружены.

Поставим перед собой задачу разработать программный продукт с применением машинного обучения для обработки и анализа данных о стаде овец с целью отбора для племенного развития. Для




Рамазанов Е.Т. С.Е. Сибанбаева Разработка математического обеспечения аналитической системы типа VDA для улучшения продуктивности стада на основе машинного обучения, 1

преодоления сопротивления по применению и внедрению информационных систем на предприятиях, занимающихся овцеводством была выбрана архитектура локальной информационной системы типа

VDA–системы (Virtual Digital Assistant). Функциональная схема, которой, как показано на рисунке 1, содержит операции реляционных высказывании и операции классификации.

Рассмотрим математическое обеспечение системы. В функциональной схеме показано, что алгоритм работы программы начинается с этапа запроса данных с базы данных. Встроенная база данных реализована на основе системы управления базами данных SQLite и содержит следующие сущности:

— Порода по направлению продуктивности

— Паспорт стадо

Сущность «Порода по направлению продуктивности» связано со структурой данных, которую можно представит следующими таблицами (Таблица 1, Таблица 2). Породы овец классифицированные по продуктивности можно определить на основе источника [4].

Таблица 1.

| Индекс породы, idp | Наименование | Зоотехнические признаки |
|---|---|---|

Таблица 2.

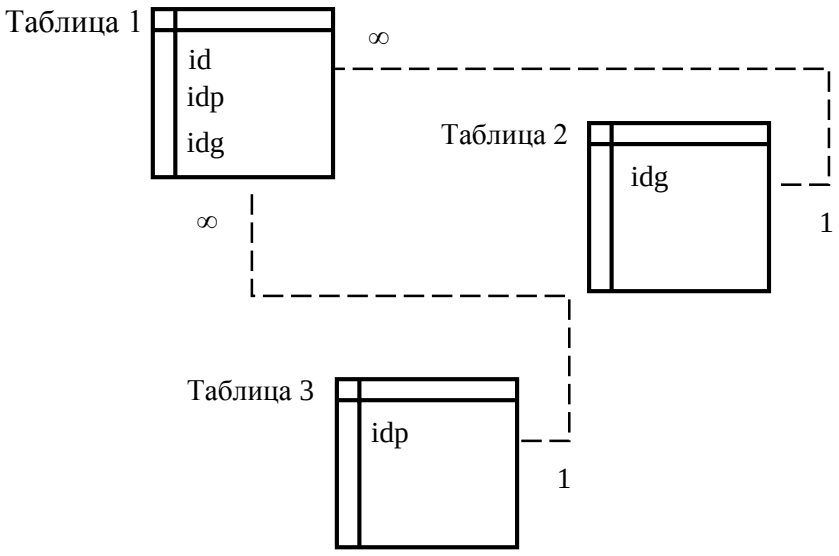
| Индекс группы, ipg | Наименование | Зоотехнические признаки |
|---|---|---|

Сущность «Паспорт стадо» можно описать таблицей 3, в которой указываются наличные характеристики овец в стаде.

Таблица 3.

| Порядковый номер наличной овцы, id | Возраст | Вес | Овцематка /Баран | Индекс породы | Индекс группы |
|---|---|---|---|---|---|

Учитывая приведенные сущности, построим диаграмму данных, которая представлена рисунком 2




Рамазанов Е.Т. С.Е. Сибанбаева Разработка математического обеспечения аналитической системы типа VDA для улучшения продуктивности стада на основе машинного обучения, 2

На основе данной диаграммы данных методом включении и исключении система может формировать различные сводные таблицы. Приведем математическую иллюстрацию реляционной алгебры, которая выполняется на основе SQL запросов.

Учитывая, что мы различаем примерно 22 наименовании пород овец и шесть групп по продуктивности обозначим $n(p_1, p_2, p_3, p_4, p_5)$–количество овец обладающие свойствами $p_1, p_2, p_3, p_4, p_5$ совместно, где $p_1$ – возраст, $p_2$ –вес, $p_3$–порода, $p_4$ –группа по продуктивности, $p_5$– овцематка или баран. Причем признаки $p_3$, $p_4$ являются векторами, которые определены следующим образом:

$$p_3 = (p_{31}, p_{32}, \dots, p_{3\,22}) \tag{1}$$

$$p_4 = (p_{41}, p_{42}, \dots, p_{46}) \tag{2}$$

Для определенности можно принять, что признаки $p_1$, $p_2$ могут принимать только два значения согласно следующим формулам:

$$p_1 = \begin{cases} \overline{p_1}, if\ p_2 < N \\ p_1,\ if\ p_2 \geq N \end{cases}, N = const \tag{3}$$

$$p_2 = \begin{cases} \overline{p_2}, if\ p_2 < M \\ p_2,\ if\ p_2 \geq M \end{cases}, M = const \tag{4}$$

$$p_5 = \begin{cases} 0, \text{если овцематка} \\ 1, \text{если баран} \end{cases} \tag{5}$$

Тогда существуют $2^{30}$ различных конечных подмножеств, которые могут быть отражены сводными таблицами (запросами). Для иллюстрации приведем пример одного запроса (сводной таблицы):

$$n(p_1, \overline{p_2}, p_{31}, p_{42}, 1) = n(p_2) - n(p_1, p_2, p_{31}, p_{42}, 1) \tag{6}$$

Таким образом, реализована основная часть функциональной схемы, то есть, реализована реляционная обработка данных. Приведем математическую модель, реализующая другую часть функциональной схемы, а именно классификацию стадо по продуктивности. Для этого определим основания классификации. Основанием классификации выберем признаки $p_1, p_2, p_4$ . В данной работе приводится вариант основание классификации, не учитывающий зоотехнические характеристики стада. Достаточно проиллюстрировать основную идею функционирования VDA системы.

Классифицируем овец на два противоположных класса. В первый класс определим овец обоснованно пригодных для селекционных работ. Во второй класс определим исключенных по основанию классификации овец. Следует отметить, что таким образом мы выявляем ядро стада. Приведем логическое основание решающего правила классификации. Метафизическим эталонном, обучающей выборкой, первого класса очевидно являются экземпляры, которые обладают следующими свойствами:

$$\exists x \in X: \left\{ x(p_1, p_2, p_4): p_1 = \overline{p_1}, p_2 = \max_{x \in X} p_2, p_4 = \begin{pmatrix} p_{41} \\ p_{42} \end{pmatrix} \right\} \tag{7}$$

где

$$p_{41} = \text{"Мясо шерстные"}$$
$$p_{42} = \text{"Мясо сальные"}$$

Таким образом, полностью реализуется представленная функциональная схема локальной информационной системы типа VDA системы.

**Обсуждение.** VDA система реализована на платформе Python с применением СУБД SQLite и библиотеки Scikit –Learn SGDClassifier. Согласно последним статистическим данным [5] наблюдается повышение интереса населения к животноводству в том числе к овцеводству. Успешное ведение овцеводства требует достаточного опыта и знаний для уменьшения рисков. Программное обеспечение может хорошо зарекомендовать себя как вспомогательное средство временно возмещающая необходимый опыт.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Современные информационные технологии в сельском хозяйстве [Электронный ресурс]: Режим доступа: https://agrarnyisector.ru/sovremennye-informacionnye-tekhnologii-v-selskom-khozyajjstve.html. (Дата обращения 14.02. 2019)

[2] Информационные технологии в сельском хозяйстве [ Электронный ресурс]: Режим доступа: https://scienceforum.ru/2015/article/2015011544 (Дата обращения 14.02. 2019)

[3] Куткова А. Н., Казьмина М. А., Польшакова Н. В. Обзор современных информационных решений автоматизации животноводческих предприятий // Молодой ученый. — 2017. — №4. — С. 167-169. — URL https://moluch.ru/archive/138/38744/ (дата обращения: 27.02.2019).

[4] Производственная классификация овец Республики Казахстан [ Электронный ресурс]: Режим доступа: http://ebooks.semgu.kz/content.php?cont=r;1256 (Дата обращения 14.02. 2019)

[5] Мониторинг количества зарегистрированных и действующих субъектов малого и среднего предпринимательства в Республике Казахстан [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://stat.gov.kz/faces/wcnav_externalId/homeNumbersSMEnterprises

[6] Swanson J.C. Farm animal well-being and intensive production systems // Journal of animal science ,Volume 73.– 2016.–Issue 9. –Pages 2744-2751.

[7] Sugiharti E., Arifudin R., Putra A.T. C-means and fuzzy as base of cattle data collection from manual card system to online information system // Journal of Theoretical and Applied Information Technology, Volume 96.–2018.– Issue 21.– Pages 7176-7186.

[8] Enevoldsen C., Sorensen J.T. The Selection Index—Then, Now, and for the Future // Journal of Dairy Science, Volume 77.–2015.– Issue 10.– Pages 3236-3251.

[9] Kenfo H., Mekasha Y. A study on sheep farming practices in relation to future production strategies // Tropical Animal Health and Production, Volume 50.–2018.– Issue 4.–Pages 865-874.

[10] Lacoursiere C.M., Ullmann J.F. An Open-Source Husbandry Repository // Mary Ann Liebert, Inc., publishers, Volume 15.–2018.– Issue 6.–Pages 656-658.

[11] Wang C., Jiang H., Yin X., Sun S., Zhang Y. Evaluation for natural grassland utilization intensity based on GPS and UAV remote sensing for grassland biomass inversion // Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, Volume 34.–2018.– Issue 19.–Pages 82-87.

[12] Teremin D., Skipin L. The universities role in the creation of information and consulting technologies of modern agribusiness // MATEC Web of Conferences: 2018 International Scientific Conference Environmental Science for Construction Industry, ESCI 2018.– Chine, August 2018.–20.–Pages 193-197.

[13] Seegers H., Fourichon C., Malher X. A framework for animal health management // Veterinary research, Volume 25.–2013.– Issue 2-3.–Pages 165-173.

[14] Hazel L.N., Dickerson G.E., Freeman A.E. Modelling the dynamics and economics of health in individual dairy herds: future tasks for the veterinarian in practice and in research // Journal of Dairy Science, Volume 77.–2016.– Issue 10.– Pages 3236-3251.

[15] Доронин Б.А. Развитие научно-технического прогресса в овцеводстве на основе информационной системы директ-костинг // Российское предпринимательство. – 2006. – Том 7. – № 10. – С. 37-40.

Рамазанов Е.Т., Сибанбаева С.Е.

**Қой өсірудің өнімділігін артыру үшін қойды таңдау кезінде шешім қабылдауға жәрдем беретін VDA типті талдау жүйесінің математикалық жабдығын құру**

**Түйіндеме.** Қой өсірудің өнімділігін артыру үшін қойды таңдау кезінде шешім қабылдауға жәрдем беретін VDA типті талдау жүйесінің математикалық жабдығын құру. Мақалада математикалық жабдықтың негізгі функционалды схемасы және логикасы келтіріліп, оның математикалық негіздерінің тұжырымдамалары ашылған.

**Түйін сөздер**. Машиналы оқыту, стахостикалық градиент әдісі, реляциялық деректерді өндеу, деректерді визуалдау, өнімділік.

УДК 691.263/.166

**I. Sangulova**

(Institute of Industrial Engineering named after A. Burkitbayev, Almaty, Kazakhstan, e-mail: indiraberkinbaykyzy@gmail.com)

## PERSPECTIVE OF MICRO SILICON APPLICATION IN CONSTRUCTION

**Abstract.** Today, the use of microsilicon in construction in terms of increasing the physical, mechanical and chemical properties of a building material, as well as reducing the cost of the finished product is a promising industry. In this regard, as the main additives are examples of the use of silica fume.

**Keywords:** silica fume, effective additive, concrete with the addition of silica fume.

**И. Сангулова**

(А. Бүркітбаев атындағы өнеркәсіптік инженерия институты, Алматы қаласы, Қазақстан Республикасы, e-mail: indiraberkinbaykyzy@gmail.com)

## МИКРОКРЕМНЕЗЕМНІҢ ҚҰРЫЛЫСТА ҚОЛДАНЫЛУ АЯСЫНЫҢ ДАМУЫ

**Абстракт.** Бүгінгі таңда микрокремнеземнің құрылыста материалдың механикалық, физикалық және химиялық қасиеттерін арттыру тұрғысынан да, дайын өнім бағасын арзандату тұрғысынан да өте тиімді болып келеді. Микрокремнеземді аса белсенді әрі кең қолдану құрылыс саласында жаңа мүмкіндіктердің ашылуына септігін тигізеді. Сол себепті, берілген мақалада тиімді қоспа ретінде құрылыстың алуан түрлі салаларында микрокремнеземді пайдалану мысалдары келтіріледі.

**Түйін сөздер:** микрокремнезем, тиімді қоспалар, микрокремнезем қоспаларымен бетон.

Берілген мақаланың мақсаты – болашақта қолданылу аясы кең материал ретінде микрокремнеземнің қолданылуын талдау болып табылады. Микрокремнеземді қолдану материалдың механикалық, физикалық және химиялық қасиеттерін арттыру тұрғысынан да, дайын өнім бағасын арзандату тұрғысынан да өте тиімді болып келеді. Микрокремнеземді аса белсенді әрі кең қолдану құрылыс саласында жаңа мүмкіндіктердің ашылуына септігін тигізеді. Мақалада тиімді қоспа ретінде құрылыстың алуан түрлі салаларында микрокремнеземді пайдалану мысалдары келтіріледі.

Микрокремнезем – бөлшектерінің өлшемі 30-300 Нм аралығында болатын металл кремний немесе ферросилиций қоспалары өндірісінің ақырғы өнімі болып табылады. Микрокремнеземнің басым құраушысы кремнийдің аморфты диоксиді болып табылады, ал қоспалары ретінде металл және аморфты көміртегі тотықтары қолданылады. Өзінің химиялық құрамы мен физикалық қасиеттері жағынан микрокремнезем қайнар көзі, алыну әдісі мен құрылғыларына байланысты алуан түрлі. Кремний диоксидінің құраушысы 85%-дан астам болатын микрокремнеземді портландцементті бетондарда және отқа төзімді материалдарда қоспа ретінде материалдың қасиеттерін жақсарту мақсатында пайдаланады, бұл микрокремнеземнің бетінің жоғары ауданы мен аморфты табиғаты есебінен қол жеткізіледі [1,2]. Ал кремний диоксидінің құраушысы 85%-дан төмен болатын микрокремнеземді әр кезде микрокремнезем қолданысына қажеттілігін толық қанағаттандыру мақсатында, кремний диоксиді құрамында бар екендігін дәлелдеу үшін қыздыру және қышқыл тұндыру жолымен тазарту керек [3,4].

Микрокремнезем өндірістің алуан түрлі салаларында қолданыс табады. Кең таралған бағыттарының бірі құрылыс саласы болып келеді. Жақсартылған сипаттамаларға ие құрылыс материалдарын жасау және олардың ұзақ мерзімді әрі төзімді конструкцияларын жоғарылату мақсатында пайдалану құрылыс саласындағы басым мақсаттардың бірі болып табылады.

Микрокремнезем немесе микротолтырушы деп аталатын кремнезем щаңы (КШ) ферросилиций мен электр пештеріндегіжоғары жиіліктегі кварц көміртегін тотықсыздандыру нәтижесінде түзілетін оның қоспаларын балқыту кезінде түзілетін металлургиялық өндірістің ақырғы қалдық өнімі болып табылады. Кремний қоспаларын балқыту кезінде SiO кремний монооксидінің кейбір бөлігі газ күйіне өтіп, тотығу мен конденсацияға ұшырап, аморфты кремнеземнің жоғары құрамына ие шар тәрізді бөлшектер түріндегі аса ұсақ өнім түзейді.

КШ пайдаланудың жаңа мүмкіндіктері тиімді суперпластификаторлар жасау саласындағы прогресспен тығыз байланысты – олардың үйлесімі жоғары беріктікке (60-тан 150 МПа-ға дейін) ие, аса ыңғайлы төселуі, ұзақ мерзім қызмет ету қасиеттеріне ие жаңа дәуір бетондарын жасауға түрткі болды.

КШ, жоғарыда атап өткеніміздей, орташа үлестік беті шамамен 20 м2/г болатын аморфты кремнеземнің аса ұсақ шар тәрізді бөлшектерін құрайды. КШ жіңішкелігін басқа ұнтақ тәрізді материалдармен салыстыру арқылы көрсетуге болады: кремнезем шаңы 140000-300000см$^2$/г; күл 4000-7000 см$^2$/г; портландцемент 3000-4000 см$^2$/г[5].

Микрокремнеземнің басқа альтернативті атаулары:

- кремнезем ұны;
- кремнезем шаңы;
- кремнеземдік булар;
- кремнезем булары;
- ұшқын кремнезем;
- электр доғалық пештерден кремнезем;
- пирогенді кремнезем;
- кремнеземнің конденсацияға ұшыраған булары;
- табиғи кремнезем үшін қолданылатын термин.

Норвегия Технологиялық институы микрокремнезем құраушысынан тұратын бетон қасиеттерін 35 жыл бойы зерттеумен айналысады. Микрокремнезем ұнтағын дайын бетон қоспаларда 1975 жылдан бастап кеңінен қолдану цементте (1976) және бетонда (1978) микрокремнезем үшін норвегиялық стандарттың қабылдануына әкеп соқты. Канадада бетонда микрокремнеземді қолдану 1981 жылы мақұлданды, сол жылы портландцемент/микрокремнезем нің алғашқы өнеркәсіптік қоспалары Исландияда өндіріле бастады. Канадада мұндай қоспалар 1982 жылы пайда болды. Қазіргі таңда Норвегия, Канада және Исландия алдыңғы қатарлы өндірушілер қатарына жатады. 1984 жылы Ұлыбританияға импорт 10000 тоннадан төмен болса, бүгінгі таңда жыл сайын жоғары сапалы микрокремнеземнің 120000 астам тонна мөлшері әкелінеді.

Микрокремнезем бетонды блоктардан бастап мұнай құрылыстарына дейін барлық жерде қолданылады және оның жұмыс қасиеттері күллі әлем бойынша зерттеліп, тексерілуде.

Басқа тұтқыр материалдармен салыстырғанда микрокремнезем реактивті кремнеземнің жоғары құрамы мен ұсақтығымен ерекшеленеді. Көміртегі құрамына және сәйкесінше оның түсіне пеште жылу регенерациясы жүйесінің болу-болмауы әсер етеді. Оны есепке алмағанда, материалдың пеш ерекшеліктері немесе қоспа құрамына байланысты өзгешеліктері елеулі емес.

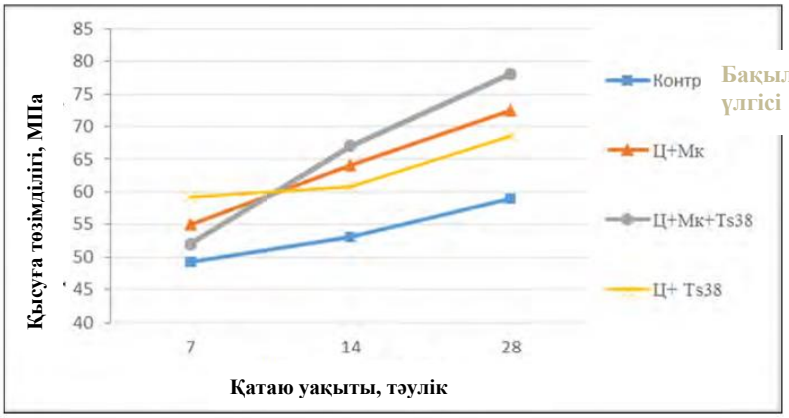
Қазіргі таңда Ұлыбританияда таза қоспалардан тұратын микрокремнезем қолданылады. Металл кремний өндірісінен аза таза өнім келіп, жоғары бағасы мен қолданылу аясының шектеулі болуымен, яғни отқа төзімді материалдардан өндірісінде қолданылуымен ерекшеленеді. Бетонда қолданылатын микрокремнеземді феррокремний қоспаларынан алады. Микрокремнеземнің кейбір өндірушілері әртүрлі көздерден материалды араластырып, сол арқылы реактивті кремнезем құраушысы +/-2% болатын айырмашылық тұрақты болатын өнім алады [6].

Микрокремнезем композитімен қапталған кремний диоксиді немесе титан диоксиді патентті әдебиет көздерінде сипатталды [7,8]. Бұл зерттеулер микрокремнеземнің қолданылу аясын елеулі түрде арттырып, микрокремнезем қорының қолданылу мәнін жақсартты.

Микрокремнезем қалыпты бетондардың беріктігін аса жоғары ететін сығуға беріктігін қамтамасыз ете алады және мұнда шектеуші фактор тек толтырушы беріктігі ғана болып табылады. Табиғи толтырушыларды қолдану кезінде 150 N/mm$^2$-ден жоғары беріктікке қол жеткізілсе, арнайы жоғары төзімділікке ие толтырушылар қолдану кезінде 300 N/mm$^2$ беріктікке қол жеткізуге болады [9].

Көптеген зерттеуші ғалымдар цементті тастың қасиеттеріне әртүрлі үлестік бетіне ие кремнеземді қоспалардың әсер етуі бойынша зерттеу нәтижелерін көрсетті. Цементті тастың қасиеттеріне рецепт-технологиялық факторлардың әсері зерттелді. Микрокремнезем мен нано-$SiO_2$кешендік қоспасымен цементтік тастың беріктігін арттыру заңдылықтары талданды. Рентгенфазалық және дериватографиялық талдау әдістерімен қоспалары бар цементтік тастың фазалық құрамы мен құрылымдық күйінің ерекшеліктері зерттелді. Зерттеулер негізінде 28-тәуліктік қатайған цементтік тастың модификацияға ұшыраған кешендік қоспасының беріктігі бақылау үлгілерімен салыстырғанда 30 %-ға артатындығы анықталды, дисперстіліктің алуан дәрежесімен кремнеземдік қоспалармен цементтік тастың қасиеттеріне синергетикалық әсер ету заңдыдықтары анықталды [10].

1-суретте көрсетілген мәліметтерге сәйкес, цементті модификациялаудың ұсынылған әдістері бақылау үлгісіндегі құрамға қатысты аса тиімді екендігін көрсетеді және цементке құрамы жағынан жақын қоспалардың таңдалғандығын дәлелдейді. Микрокремнезем мен нано-$SiO_2$ біртіндеп енгізілуі ерте кезеңде қысу кезінде беріктігін 10–20 %-ға арттырса, 28 тәулікте 16–24 %-ға арттырады, бірге енгізу кезінде беріктігі 30 %-ға артады [10,15,16].




**Сурет 1**. Цементтік тастың беріктігінің артуының кинетикалық қисықтары

Нанобөлшектердің әсер ету механизмдерінің негізінде мынадай беттік әсерлер жататындығы белгілі: өзгеріске ұшыраған құрылым мен қасиеттеріне ие бөлшектерді қоршайтын заттың (матрицаның) шекті қабаттарының түзілуімен адсорбция, хемабсорбция – нанобөлшектер бетімен, мысалы цементтік таста $SiO_2$ –тің $Ca(OH)_2$ дисперсиялық қоршаған ортасымен химиялық реакциясы [11],топологиялық эффект – нанобөлшектердің кристаллданушы дисперсиялық жүйесінің ақаулары мен ультра-микросаңылауларында нанобөлшектердің шоғырлануы [12]. Бұл әсерлердің әрқайсысы дербес немесе бірігіп көрініс таба алады, бұл олардың әсер ету синергизміне әкеледі.

Көптеген зерттеушілер бетон мен ерітінділер өндірісі кезінде келешегі зор бағыттың бірі нанодисперсті оксидті жүйелердің модификациялық қоспалары ретінде цементтің гидратация өнімдеріне құрамы мен құрылымы жағынан жақын, артық ішкі энергиясына және жоғары химиялық белсенділікке ие $SiO_2$, $Al_2O_3$, $Fe_2O_3$, $CaO$ қолданылуы жатады, бұл жоғары физико-химиялық сипаттамаларға ие материалдар алуға мүмкіндік береді [13,14].

Теориялық тұрғыдан алғанда, микрокремнезем құраушысымен бетонның төмендетілген сілтілігі оның карбондалуға және хлоридтерге төзімділігін әлсіретуі тиіс. Норвегия мен Швецияда 12 жылға дейінгі бетонды конструкцияларды зерттеу нәтижелеріне сүйенсек, микрокремнезем құраушысымен жоғары сапалы бетондар карбондалуға төзімділігі қалыпты портландцементті бетондармен салыстырғанда төмен емес екендігін растайды және теңіз суынан хлоридтердің енуін күштірек алдын алады. Алайда, микрокремнеземмен нашар басылған бетон бұл тұрғыда портландцементпен бетонмен салыстырғанда қатты төзімді емес.

Арматура коррозияның көптеген зертханалық өлшеулері жүргізілгенімен, шынайы жағдайда оның жұмыс сипаттамаларын алдын ала болжау мүмкін емес. Талапқа сай пайдалану шартымен микрокремнезем құраушысы бар бетон болат арматураны сақтау қабілеті қалыпты портландцементпен бетонның төзімділігінен аса елеулі ерекшеленбейді.

Төмен өткізгіштігі мен жоғары беріктігі цементті тасты микрокремнезем құраушысымен бетонды аяз кезінде жоғары төзімділікпен қамтамасыз етеді. Микрокремнезем құраушысымен илемді бетонның тұрақты реологиялық құрылымы тасымалдау мен вибрация кезінде кірістірілген ауа шығындарын төмендетуі тиіс.

Бос әктің төмен құрамы мен төмен өткізгіштігі агрессиялы химиялық заттардың әсер етуіне бетонның төзімділігін арттыратындығы белгілі. Микрокремнеземға ие бетон бұл қасиеттерге ие және бірқатар заттардың әсер етуіне керемет төзімділік қасиетін көрсетеді. Норвегиядағы ұзақ мерзім бойы жүргізілген дала сынаулары бойынша сульфаттарға өзінің шартты төзімділігі бойынша сульфатқа төзімді портландцементке тең екендігі көрсетілді [5,6].

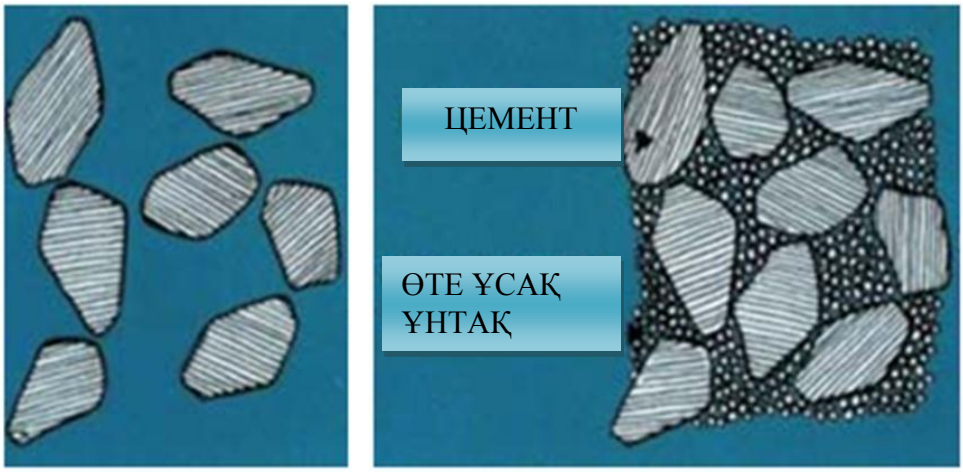
Қоспа мен қоспасыз бетонның бағасының экономикалық тиімділігін салыстыратын болсақ, микрокремнеземді енгізу шикізат құраушыларын 12-14% және одан да жоғары мөлшерге дейін үнемдеуге қол жеткізуге мүмкіндік береді, бұл бетонның классына тәуелді болып келеді.

Тіркесу беріктігі, сығуға төзімділігі, химиялық тұрақтылығы, аязға төзімділігі, тозуға төзімділігі секілді бетонның сипаттамалары жоғарылайды. Өткізгіштігі елеулі төмендейді. Осының барлығы бетонның қызмет ету мерзімін арттырады.

Микрокремнезем қолданылған бетонның негізгі көрсеткіштері:

- Тозуға төзімділігі;
- Цементтің шығынының 200-450 кг/м$^3$ дейін төмендетілуі;

- Коррозияға қарсы жоғарылатылған төзімділігі. Микрокремнеземді қосу су өткізгіштігін 50% -ға, сульфат тұрақтылығын 100%-ға арттырады;
- W12-W16 газдар мен суды өткізу төмендігі;
- F200-F600 аязға төзімділігі (арнайы қоспалармен F1000-ға дейін);
- Ұзақ мерзім қызмет етуі (аязға төзімділігі, сульфаттар мен хлоридтік агрессияға, әлсіз қышқылдарға, теңіз суына және 400 °С-қа дейінгі температураға төзімділігі);
- Жоғары беріктікке ие (сығуға беріктігі 60-80 МПа) және аса жоғары беріктікке ие ие (сығуға беріктігі 80 МПа астам) бетондар, соның ішінде ұсақ түйіршікті;
- Қалыпты жағдайда қатаю кезінде жоғары ерте беріктікке ие бетондар (тәулігіне 25-40 МПа);
- Жоғары икемді (ОК=22-24 см) бетонды қоспалар қабаттарға ажырамайды.




**Сурет 2.** Бетон құрылысы: сол жағында – микрокремнезем қоспасыз, оң жағында –микрокремнезем қоспасымен.

2-суретте микрокремнезем қосылған және қосылмаған бетонның құрылымы сипатталған. Микрокремнеземді қолдану марканы арттырып, механикалық, физикалық және химиялық қасиеттерін арттыруға мүмкіндік береді. Бұл көрсеткіштерді арттыру цемент бөлшектерінің арасындағы қуыстарды толтыру есебінен жүзеге асырылады [19].

Наноқұрылымды диатомиттен алынған микрокремнеземді сапалы вакуумдық жылу оқшаулағыш панельдер үшін толтырушы ретінде қолдануға болатындығы соңғы зерттеулерде көрсетілген. Модификацияға ұшыраған диатомиттен алынған вакуумдық жылу оқшаулағыш панельдерді тұрғын үйлердің қоршаушы конструкцияларындағы жылу оқшаулағыш материал ретінде қолдануға болады, ал олардың техникалық қасиеттері шетелдік аналогтардан қалыспайды [17,18].

Материал қасиеттерін реттеу үшін наномодификациялық қоспаларды қолдану заманауи материалтануда аса жоғары қызығушылық тудыруда. Оларды қолдану құрылыс материалдарының сапасын елеулі түрде арттыруға септігін тигізеді. Сондықтан микрокремнеземді құрылыста пайдалану кең ауқымды болашаққа ие өзекті бағыт болып саналады.

Қорыта келгенде, микрокремнезем кең ауқымды қамтамасыз ететін материал екендігі айқындалды. Авторлармен жүргізілген зерттеулер және патенттер негізінде микрокремнеземнің құрылыс материалдарына қоспа ретінде қолданылуы арқылы олардың беріктігі,жылу өткізгіштігі, аязға төзімділігі және тағы сол сияқты қасиеттерін жақсартуға болатындығы келтірілді. Жүргізілген зерттеулер арқылы микрокремнеземді ары қарай жетілдіріп қолдану мүмкіндігі туындап отыр.

ӘДЕБИЕТ

[1] D. Chung, Review: improving cement-based materials by using Microsilica, J.Mater. Sci. 37 (2002).- P. 673–682.

[2] Demir, M.S. Baspinar, Effect of Microsilica and expanded perlite addition on the technical properties of the fly ash–lime–gypsum mixture, Constr. Build.Mater. 22 (2008).- P. 1299–1304.

[3] S. Gao, Z. Xiu, J. Li, B. Liu, X. Chai, Z. Jin, Research on purification of Microsilica from silicon–iron furnace, Tianjin Chem. Ind. 21 (2007). P.- 21–23.

[4] H. Zhu, L. Zhu, L. Wang, Research on Fe(III) removal in industrial microsilica, Ind. Miner. Process. 12 (2008). P. 15–17.

[5] Свойства микрокремнезема МК-85. [Электронный ресурс] - URL. - https://studylib.ru/doc/237058/svojstva-mikrokremnezema-mk-85[датаобращения 19.03.2019].

[6] Бетон с содержанием микрокремнезема. [Электронный ресурс] - URL. - http://www.allme.ru/7/37/3902/ [датаобращения 19.03.2019].

[7] X. Liu, A preparation method of silica white/Microsilica composite utilizing Microsilica as raw material, China Patent CN101293656 (2008).

[8] X. Liu, A preparation method of titania/Microsilica composites utilizing Microsilica as raw material. China Patent CN101293754 (2008).

[9] 9.Ksenija Jankovic´, Srboljub Stankovic´, Dragan Bojovic´, Marko Stojanovic´, Lana Antic´The influence of nano-silica and barite aggregate on properties of ultra-high performance concrete, Construction and Building Materials 126 (2016) 147–156

[10] 10. Копаница Н.О., Саркисов Ю.С., Демьяненко О.В., Применение нанодисперсного кремнезема в производстве строительных смесей, Вестник ТГАСУ № 5, 2016, 140-150

[11] Комохов, П.Г. Золь-гель как концепция нанотехнологии цементного композита / П.Г. Комохов // Строительные материалы. – 2006. – № 9. – С. 14–15.

[12] Модификация цементных бетонов многослойными углеродными нанотрубками / Г.И. Яковлев, Г.Н. Первушин, А.А. Корженко, А.Ф. Бурьянов, И.А. Пудов // Строительные материалы. – 2011. – № 2. – С. 47–51.

[13] Лхасаранов, С.А. Модифицированный бетон на композиционных вяжущих с применениемнанокремнезема: дис. … канд. тех. наук. – Улан-Удэ: ВСГУТУ, 2013.

[14] Urukhanova, L.A. Build. Mater / L.A. Urukhanova, S.A. Lkhasaranov, S.P. Bardakhanov. – 2014. – № 8. – P. 52–55.

[15] Демьяненко, О.В. Влияние наноразмерного диоксида кремния на свойства цементного камня / О.В. Демьяненко, Н.О. Копаница, Ю.С. Саркисов // Молодежь, наука, технологии: Новые идеи и перспективы (МНТ-2015) : избранные доклады II Международной научной конференции студентов и молодых ученых. – 2016. – С. 193–196.

[16] Демьяненко, О.В. Влияние наночастиц диоксида кремния на эксплуатационные свойства цементных систем / О.В. Демьяненко, Н.О. Копаница // Материалы II Всероссийской научной конференции молодых ученых с международным участием. Томский государ-ственный архитектурно-строительный университет. – 2015. – С. 408–411.

[17] Селяев В. П., Неверов В. А., Осипов А. К. Теплоизоляционные материалы и изделия на основе вакуумированных дисперсных порошков микрокремнезема и диатомита. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2013. – 220 с.

[18] Селяев В. П., Неверов В. А., Куприяшкина Л. И., Маштаев О. Г. Природные и искусственные микрокремнеземы в качестве наполнителей вакуумных изоляционных панелей // Строительные материалы. – 2014. – № 9. – С. 1–7.

[19] Строительные материалы из отходов промышленности: учебно-справочное пособие / Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин. – Ростов н/Д: Феникс, 2007.

**Сангулова И.**

**Перспективы применения микросиликона в строительстве**

**Резюме.** На сегодня использование микрокремнезема в строительстве с точки зрения увеличения физических, механических и химических свойств строительного материала, а также удешевления стоимости готовой продукции является перспективной отраслью. В этой связи приводятся примеры использования микрокремнезема в качестве эффективных добавок.

**Ключевые слова:** микрокремнезем, эффективная добавка, бетон с добавлением микрокремнезема.

УДК 669.268 784: 534.179.4

**[1]G.T. Jamanbayeva, [1]G.Sh. Yar-Mukhamedova, [2]A.A. Zakhidov**
(KazNU named after al-Farabi, Almaty, Kazakhstan.
e-mail: gulsara.jamanbayeva@mail.ru, gulmira-alma-ata@mail.ru,
[2]University of Texas at Dallas, Dallas, USA, Zakhidov@utdallas.edu)

**THE PROSPECTS OF USING PEROVSKITES IN NANOPHOTONICS**

**Abstract.** Halide perovskites have emerged recently as promising materials for many applications in photovoltaics and optoelectronics. Recent studies of their optical properties suggest many novel opportunities for a design of advanced nanophotonic devices due to low-cost fabrication, high values of the refractive index, existence of excitons at room temperatures, broadband bandgap tunability, high optical gain and nonlinear response, as well as simplicity of their integration with other types of structures. This paper provides an overview of the recent progress in the study of optical effects originating from structured perovskites, including their potential applications.

**Key words:** halide perovskite, optical properties, nanophotonics, photovoltaics.

**[1]Джаманбаева Г.Т., [1]Яр-Мухамедова Г.Ш., [2]Захидов А.А.**
([1]КазНУ имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан.
gulsara.jamanbayeva@mail.ru, gulmira-alma-ata@mail.ru
[2] Университет Техаса в Далласе, Даллас, США, Zakhidov@utdallas.edu)

# ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЕРОВСКИТОВ В НАНОФОТОНИКЕ

**Аннотация.** Галоидные перовскиты появились в последнее время в качестве перспективных материалов для многих применении в фотовольтаике и оптоэлектронике. Недавние исследования их оптических свойств предложили много новых возможностей для конструкции современных нанофотонных устройств из-за низкой стоимости изготовления, высокого значения показателя преломления, существование экситонов при комнатной температуре, широкополосной запрещенной зоне перестройки длины волны, высокая оптическая усиления и нелинейного отклика, а также простота их интеграции с другими типами структур. В этой статье представлен обзор последних достижений в изучении оптических и электронных свойств, происходящих в структурированных перовскитах, в том числе их возможные применения.

**Ключевые слова:** галоидные перовскиты, оптические свойства, нанофотоника, фотовольтаика.

**Введение.** Оптические резонансные наноструктуры обеспечивают мост между оптикой и наноразмерными науками, что позволяют сокращать световой контакт вплоть до наноразмерного посредством возбуждения сильно локализованных оптических мод. Это позволяет уменьшить количество важных оптических устройств, таких как волноводы, лазеры, фотоприемники, датчики и т. д. Исторически, металлические наноструктуры открыли путь к новым наноразмерным оптическим явлениям и приложениям, связанных с электронными и следовательно эффективным управлениям света в глубоко субволновом режиме [1-4]. Используемые материалы, включают золото, серебро и медь [5], а также различные сплавы металлов и легированных оксидов [6]. Кроме того, чтобы преодолеть оптические потери и принести новую функциональность, диэлектрические резонансные наноструктуры были введены и широко изучены в течение последнего десятилетия [7,8], где обычные неорганические материалы, такие как кремний, арсенид галлия, нитрид галлия, оксид цинка, и т.д., были использованы из-за их высоких значении показателя преломления и хорошо разработанных методов изготовления. Тем не менее, большинство из этих материалов сталкиваются некоторыми ограничениями, связанные с проблемами со спектральной перестройкой длины волны, отсутствие экситонов при комнатной температуре, дорогих процессах изготовления, а также низкий квантовый выход.

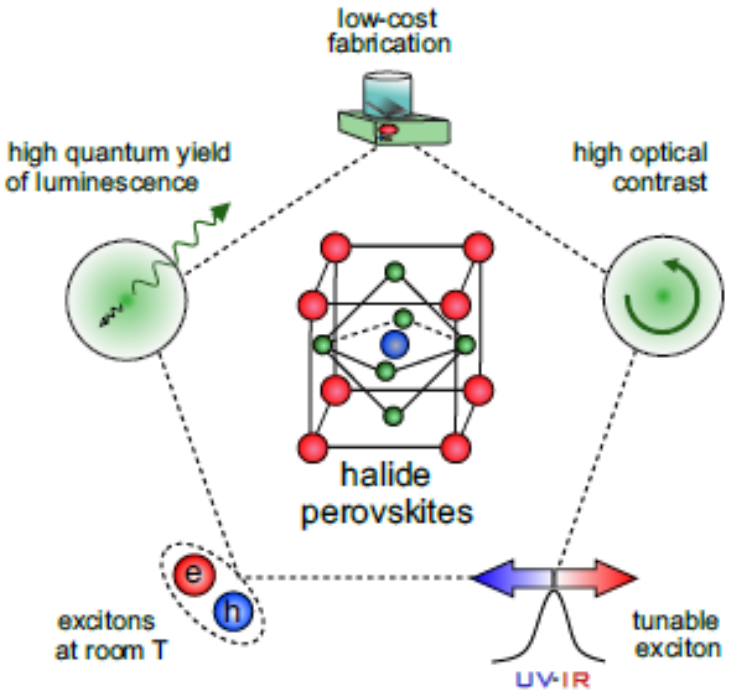



**Рис. 1.** Схематическое изображение основных свойств галогенидных перовскитов

С другой стороны, новый класс материалов, так называемых галоидные перовскиты, возникли в последнее время и привлекли много внимания не только для фотовольтаики [9], но и для фотонных источников [10]. Основной причиной такого интереса является уникальные электронные и фотонные свойства галогенидов перовскита, наряду с низкой стоимости их изготовления, чрезвычайно широкополосной спектральной перестройки длины волны, а также других свойств и функций, как показано схематически на рисунке 1, кроме того, на рисунке 2 обобщаются различные типы резонансных наноструктур из галоидных перовскитов (такие как наночастицы, нанопроволоки, нанопластины, фотонные кристаллы и метаповерхности), а также создан путем интеграции перовскитов с другими не перовскитными нанофотонными структурами, которые реализуют все указанные преимущества перовскитов.

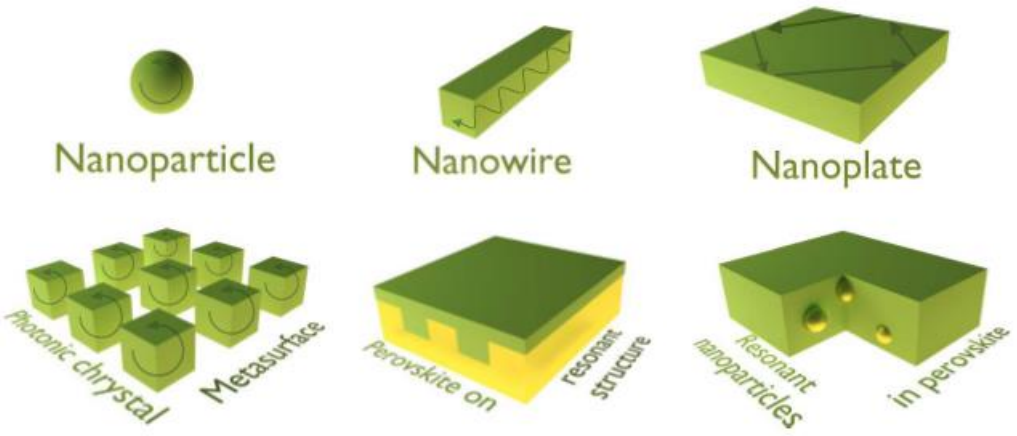



**Рис. 2.** Основные конструкции резонансных наноструктур из галоидного перовскита

В настоящем обзоре вводим недавно возникшую полем нанофотоники на основе галоидных перовскитов, описываем основные (линейные и нелинейные) оптические свойства этого класса материалов, объяснить, почему фундаментальные открытия в галогениде перовскита нанофотонике имеют важное значение для фотоники устройств, и взгляды на будущие направления в этом активно развивающемся исследовании поля.

## 1. СВОЙСТВА МАТЕРИАЛА

### 1.1. Структура и химия

Первый образец минерала со структурой перовскита, а именно, $CaTiO_3$ был найден Густавом Розе в Уральских горах в 1839 году [11]. Его обобщение представляет собой соединение со стехиометрической формулой $ABX_3$, где A а также B большие и малые катионы, соответственно, и X представляет собой анион, и все они кристаллизуются в тех же структурах, $CaTiO_3$. В идеальном случае катион B гораздо меньше, чем катион A, перовскиты собирается в кубической решетке с координационными числами 12 для A, 6 для B, и 8 для X. Из-за строгих ограничении в ионных радиусах, только несколько перовскитов имеют эту идеальную кубическую структуру. Фактор толерантности Гольдшмидта $t = \frac{r_A + r_X}{\sqrt{2}(r_B + r_X)}$, где r обозначает радиус соответствующего иона, является мерой той степени, в которой данное соединение кристаллизуется в идеальной структуре перовскита. Если t < 0,89 или t> 1,02, структура имеет пониженную симметрию в виде ромбической или тетрагональной структуры с более низкими координационными числами [12]. Структура перовскита может быть принята с помощью широкого круга соединений в указанном выше стехиометрическом составе $ABX_3$.

Для новых фотонных применений, очень важными соединениями являются галоидные перовскиты, которые содержат органическое или неорганическое соединение, как A катион (например метиламмония ($MA^+$), формамидимиум ($FA^+$) или $Cs^+$), металлический B катион (например, $Pb^{2+}$ или $Sn2^+$) и переменный состав галоидных анионов X ( $Cl^-$, $Br^-$, $I^-$). Благодаря их хорошей фактор толерантности (t≈1), а также широкое применение в фотонике, фотоэлектрические и оптоэлектронике, в этом обзоре обсуждаются в основном наноструктуры на основе неорганических и гибридных свинцово-галоидных перовскитов, т.е. (MA, FA, Cs), Pb (Cl, Br, $I)_3$.

**1.2. Линейная оптика перовскитов**

Оптические характеристики просто варьировать, изменяя анион $X^-$, из-за зависимости от валентной зоны и зоны проводимости $APbX_3$ материалы по галогениды свинца ионной силы связывания уменьшающихся в последовательности Pb-Cl < Pb-Br < Pb-I в соответствии с галогенами электроотрицательности. В зонах непропускания для $MAPbX_3$ где один тип атома галогена занимает место X очень отличается: 3,09 (X = Cl), 2,32 (X = Br) и 1,7 эВ (X = I), [13], но вполне аналогичны $CsPbX_3$: 3,0 (X = Cl) [14], 2,39 (X = Br) [15] и 1,73 эВ (X = I) [16]. Для $MAPbX_3$ это соответствует пику эмиссии и начала поглощения вблизи 400, 530 и 730 нм, соответственно. Кроме того, пики излучения и поглощения могут быть настроены путем включения стехиометрических смесей двух галогенидов. Такие смеси, например, MAPb ($I_{1-x}Br_x$), где $0 \leq x \leq 1$, было показано, чтобы иметь возможность настраивать запрещенной зоны, и, следовательно, пик излучения и начало поглощения, в произвольное значение между пределом случаев [17-19]. Так как были рассчитаны, чтобы быть далеко от краев зон энергетические состояния способствовали большим катиона, $A^+$ практически не влияет на электронную структуру перовскита и играет роль кристаллической решетке стабилизирующего блока [20].

Важная особенность эмиссии свинец галоидных перовскитов является его экситонный характер. Существует целый ряд исследований, сообщающих противоречивые результаты на Ванье-Мотта энергия связи в 30-40 meV [21-23] или 15-20 meV [24] диапазон для $MAPbBr_3$ и значение 35-50 meV [21, 25] или 5-15 meV [26, 27] в $MAPbI_3$. Такие расхождения могут быть отнесены к разности исследуемой структуры образцов и их морфологии.

Эти значения могут быть дополнительно увеличены путем сокращения кристаллической решетки с помощью введения $Cs^+$ катиона вместо органического катиона и замещение большего количества электроотрицательных атомов галогена для первоначально используемых видов. Энергия связи экситонов для $CsPbCl_3$, $CsPbBr_3$ и $CsPbI_3$ наночастицы являются различны: 75 мэВ (5 нм), 40 мэВ (7 нм) и 20 мэВ (12 нм), соответственно [28]. Таким образом, экситоны в наномасштабе перовскита объектов могут выживать при комнатной температуре и получают узкие и эффективные фотолюминесценции в широком спектральном диапазоне (см. 3 а) ценный для многих фотонных приложений.

Металлоорганический галогенид перовскиты обычно имеют показатель преломления среднего уровня в видимом диапазоне (рис. 3 б) и резкое увеличение потерь вблизи экситонного состояния (рис. 3 с). В отличие от их ширины запрещенной зоны, показатель преломления, главным образом, зависит от морфологии кристаллов. $MAPbI_3$ в виде монокристалла, например, имеет показатель преломления, равный 2,45 при 800 нм, в то время как тот же материал на той же длине волны, как тонкая пленка имеет только $n$ = 1,95.

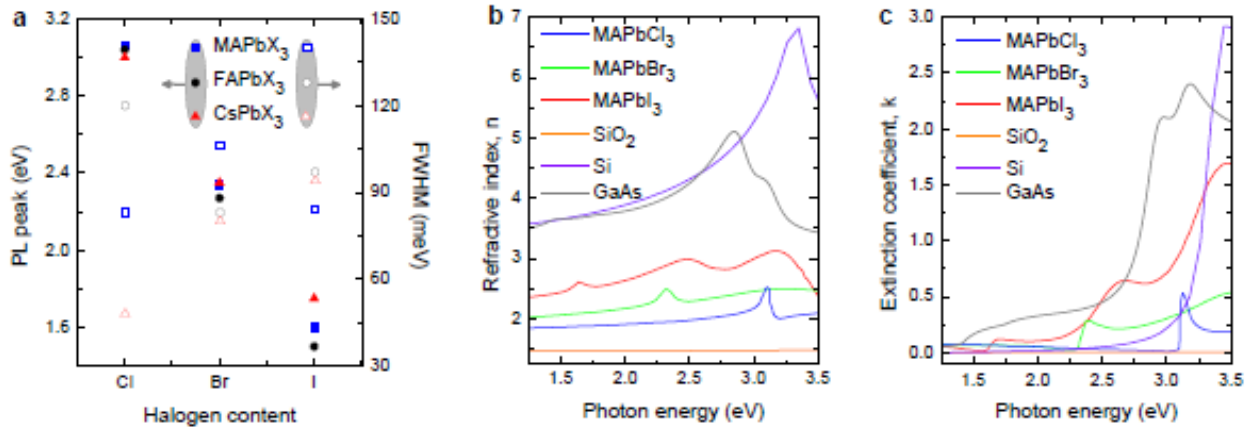



**Рис.3.** Оптические свойства свинец галоидных перовскитов. (а) Показатели преломления n и (б) коэффициенты экстинкции k из трех общих композиционных материалов: $MAPbCl_3$, $MAPbBr_3$, $MAPbI_3$, наряду с $SiO_2$, Si и GaAs, как сравнение. Данные для перовскитов были получены Leguy и соавт. через монокристаллическую эллипсометрию и из работы. [13-15] Для $SiO_2$, Si и GaAs; Фотолюминесценции пиковой энергии и значения FWHM для чистого хлорида, бромида и иодида перовскита тонких пленок в кубической фазе. Эти данные были собраны из работ. [16-24].

Насколько нам известно, не существует надежных экспериментальных данных по показателю преломления $CsPbX_3$ в литературе. Важно отметить, что действительная часть показателя преломления перовскитов значимо больше, чем для $SiO_2$ или большинство полимеров, что делает перовскиты

перспективным материалом для создания резонансных наноструктур из-за достаточно высокой оптической контрастности.

Таблица 1. **Экситонные параметры гибридных галоидных перовскитов**

| Соединение | $\omega_{exc}$ (eV) | $\mu_{exc}$ ($m_e$) | $\omega_p$ (eV) | $\gamma$ (eV) |
|---|---|---|---|---|
| $MAPbI_3$ | 1,61 | 0,104 | 0,35 | 0,08 |
| $MAPbBr_3$ | 2,34 | 0,113 | 0,45 | 0,06 |
| $MAPbCl_3$ | 3,1 | 0,136 | 0,85 | 0,05 |

В целом, зависимость диэлектрической функции ε материалов с сильным экситонным вкладом по частоте (ω) и волновой вектор (k) [28], с учетом пространственной дисперсии задается

$$\varepsilon(\omega, k) = \varepsilon_0 + \frac{\omega_p^2}{\omega_{exc}^2 - \omega^2 + Dk^2 - i\gamma\omega}, \quad (1)$$

где $\omega_{exc}$ является частота экситонного перехода, $\omega_p$ силы дипольного осциллятора, γ является коэффициентом затухания, $\varepsilon_0$ является фоновой диэлектрической постоянной и $Dk^2=h^2k^2$ $\omega_{exc}/\mu_{exc}$ это термин, отвечающий за нелокальную реакцию.

Другой сильной стороной перовскитов является их коэффициент высокого поглощение при энергиях выше, чем экситонного состояния (рис. 3 с), который является желательным для фотогальванических и генерации приложений. Коэффициенты поглощения до $2\times10^5$ $см^{-1}$ в видимой области спектра было зарегистрировано [29].

**2.3. Генерационные свойства**

Перовскиты обладают высокой оптической длиной волны усиления и перестройки в диапазоне 400-1000 нм [30]. Видимый диапазон покрывается $APbX_3$ перовскитами, тогда как в генерации ближнего ИК-диапазона был достигнут с $CsSnI_3$ перовскита материал [31]. Одна из самых высоких значений коэффициента усиления перовскита составляет 3200 $см^{-1}$ в работе [32], который в значительной степени зависит от качества пленки затрагивающие экситоны связывания выполнения над каждым энергию и подвижность. Эти значения усиления, полученные из галоидных перовскитов сопоставимы с теми, для коллоидных полупроводниковых квантовых точек [33] и конъюгированные полимерные тонкие пленки [34] при сравнимых интенсивностях возбуждения.

**2.4. Нелинейная оптика перовскитов**

**Нелинейное поглощение и фотолюминесценция.** $CsPbBr_3$ перовскит обладает очень сильной фотолюминесценцией (PL) с помощью электронной эффективной нелинейной где соответствующий трехфотонный (γ) и двухфотонное ( β) коэффициент поглощение был измерен, $\gamma = 0{,}14 \pm 0{,}03$ $см^3/GW^2$ при 1200 нм [35] а также β = 4,57 см/GW на 800 нм [36]. Эти значения два-три раза больше, чем у обычных полупроводников с аналогичными запрещенными зонами, такими как GaP и CdS [37]. Следует отметить, что 3PA-активные вещества не обязательно люминесцентные под 3PA особенно при комнатной температуре; например, 3PA-индуцированной ФЛ в CdS является достаточно ярким только при криогенных температурах. Кроме того, ФЛ монокристалла $CsPbBr_3$ может быть линейно поляризованным [35]. Сильные нелинейности третьего порядка также наблюдалось в $MAPbI_3$ тонких пленок, в котором нелинейный показатель преломления равен $n_2 \approx 3{,}74\times 10^{15}$ $м^2/Вт$ при длине волны 1064 нм [38], который на 3 порядка больше, чем у кремния. Эти нелинейные процессы в галоидных перовскитах были показаны, что подходит для лазерной синхронизации мод [38], а для электронной эффективной оптической накачки нанолазеров [36].

**Генерация оптических гармоник.** Несмотря на перовскиты, семья хорошо известный, отличный класс нелинейных оптических материалов для генерации второй гармоники (например, $BaTiO_3$), самые популярные галогеновые перовскитами ($CsPbX_3$ или $MAPbX_3$) гораздо меньше эффективно. Причина центросимметричная кристаллическая структура этих перовскитов (например, кубический), и даже несимметричная органическая молекула (например, $MA=CH_3NO_3$) не увеличивает второго порядка нелинейности [34 , 35]. В связи с этим, необходимо изменить состав, чтобы сделать галогенид перовскита нецентросимметричным. Гигантский ГВГ наблюдались из галоидного перовскита, где был светодиод замещен германием ($AGeX_3$), выставления второго порядка отклика нелинейной ( $\chi^{(2)}$ ($CsGeI_3$) = 125,3 pm/V, $\chi^{(2)}$ ($MAGeI_3$) = 161,0 pm/V) [37] сравнимо с обычными сильно

нелинейными материалами, такими как $\chi^{(2)}$ ( GaAs) = 750 pm/V. Тем не менее, создание на основе свинца галоидных перовскита с высоким $\chi^{(2)}$ значения по-прежнему сложные.

**Терагерцовое излучение.** В исх. [38] сильное излучение терагерцового от $MAPbI_3$ наблюдались в тонких пленках с амплитудой, сравнимые с монокристаллическими полупроводниками и рассчитанные высокими оптико-электронного ТГц преобразования эффективность недостатков ($\approx 10^3$). Было доказано, что испускаемый полей ТГц генерируется ультрабыстрый переходный фототок нормали к поверхности пленки, возникающий из за разного в соответствующей теплопроводности электронов и дырок, явление, известное как фото-Дембер эффект [39].

**2.5. Динамическая возможность перестройки**

**Фото генерируемые носители.** Поскольку поликристаллические перовскиты имеют субнаносекундный фотоноситель рекомбинационных жизни, переключение между резонансами может происходить на сверхбыстром масштабе времени. Кинетика фотоноситель рекомбинации, как было показано, хорошо моделируется уравнением скорости, заданной

$$\frac{dn}{dt} = -k_3 n^3 - k_2 n^2 - k_1 n \qquad (2)$$

где $k_1$, $k_2$, а также $k_3$ константы скорости рекомбинации и $n$ есть плотность фотоносителей [40]. Для низкого флюенс оптического, динамику фотоносителя преобладает мономолекулярный распада ($k_1 n$), в то время как при высоких давлениях влияний, динамика рекомбинации доминирует электронно-дырочной рекомбинации бимолекулярного ($k_2 n^2$) и рекомбинация Оже ($k_3 n^3$), соответственно [40]. В работе [41], мономолекулярные рекомбинации время жизнь [$\tau_{rec}$ ($=k_1^{1)}$] для $MAPbI_3$≈7,8 нс и для $MAPbBr_3$ ≈ были измерены 0,5 нс при низкой оптической флюенсе. При более высоких влияний, другие материалы были оценены как: $k_3 n^2 \approx 2{,}5 \times 10^{10}$ $s^{-1}$ а также $k_2 n \approx 3{,}1 \times 10^9$ $s^{-1}$ для $MAPbI_3$ (фс-лазера 800 нм длина волны накачки с флюенсе 310 μм); $k_3 n^2 \approx 5{,}5 \times 5{,}5\ 10^{10}$ $s^{-1}$ а также $k_2 n \approx 8{,}3 \times 10^9$ $s^{-1}$ для $MAPbBr_3$ (фс-лазера 400 нм длина волны накачки с флюенсе 105 μм). Плотность фотовозбужденных носителей, как правило, наблюдается до $10^{20}$ $см^{-1}$ что достаточно для модуляции перовскита пленки пропускания до уровня 10-30% для луча сигнала на частотах ТГц [41], и 0,1% уровень для видимого диапазона [43].

**Выводы.**

В первую очередь этот класс материалов произвел революцию в области фотовольтаики, где на основе него уже достигнут уровень эффективности 23,3%, что приближается к значительно более дорогим аналогам на основе кремния. Также на основе перовскитов можно создавать светодиоды благодаря их превосходным люминесцентным свойствам. Светодиоды на основе перовскитов можно делать в диапазоне длин волн всего видимого излучения, при этом спектр почти не будет зависеть от размеров элемента, а только от свойств самого материала. Способность перовскитов поглощать свет также используется для изготовления эффективных фотодетекторов.

Однако совсем недавно стало ясно, что и с точки зрения нанофотоники перовскит представляет немалый интерес. Наноструктуры на основе перовскитов дешево производить, у них высокие значения показателя преломления, что позволяет локализовать свет и управлять им на наномасштабе, а также в них наблюдаются экситоны при комнатной температуре. Кроме того, этот материал удобно сочетать с другими типами наноструктур для получения новых оптических эффектов.

**Признательность**

Работа выполнена при поддержке проекта AP05130069 «Разработка нанотехнологии синтеза функциональных гальванических покрытий для комплектующих электрооборудования» научно-исследовательского института экспериментальной и теоретической физики Казахского Национального университета им. аль-Фараби.

ЛИТЕРАТУРА

[1] M. Moskovits, Reviews of Modern Physics 57, 1985, 783.

[2] E. Ozbay, Science 311, 2006, 189.

[3] H. A. Atwater and A. Polman, Nature Materials 9, 2010, 205.

[4] N. I. Zheludev and Y. S. Kivshar, Nature Materials 11, 2012, 917.

[5] W. A. Murray and W. L. Barnes, Advanced Materials 19, 2007, 3771.

[6] P. R. West, S. Ishii, G. V. Naik, N. K. Emani, V. M. Shalaev, and A. Boltasseva, Laser & Photonics Reviews 4, 2010, 795.

[7] A. I. Kuznetsov, A. E. Miroshnichenko, M. L. Brongersma, Y. S. Kivshar, and B. Luk'yanchuk, Science 354, 2016, 2472.
[8] S. W. Eaton, A. Fu, A. B. Wong, C.-Z. Ning, and P. Yang, Nature Reviews Materials 1, 2016, 28.
[9] M. A. Green, A. Ho-Baillie, and H. J. Snaith, Nature Photonics 8, 2014, 506.
[10] B. R. Sutherland and E. H. Sargent, Nature Photonics 10, 2016, 295.
[11] G. Rose, \De novis quibusdam fossilibus quae in montibus uraliis inveniuntur," 1839.
[12] V. M. Goldschmidt, Naturwissenschaften 14, 1926, 477.
[13] C. Li, J. Wei, M. Sato, H. Koike, Z.-Z. Xie, Y.-Q. Li, K. Kanai, S. Kera, N. Ueno, and J.-X. Tang, ACS Applied Materials & Interfaces 8, 2016, 11526.
[14] K. Heidrich, W. Schafer, M. Schreiber, J. Sochtig, G. Trendel, J. Treusch, T. Grandke, and H. Stolz, Physical Review B 24, 1981, 5642.
[15] C. H. Ng, T. S. Ripolles, K. Hamada, S. H. Teo, H. N. Lim, J. Bisquert, and S. Hayase, Scienti_c Reports 8, 2018, 2482.
[16] W. Ahmad, J. Khan, G. Niu, and J. Tang, Solar RRL 1, 2017, 1700048.
[17] S. D. Stranks and H. J. Snaith, Nature Nanotechnology 10, 2015, 391.
[18] N. J. Jeon, J. H. Noh, W. S. Yang, Y. C. Kim, S. Ryu, J. Seo, and S. I. Seok, Nature 517, 2014, 476.
[19] J. S. Manser, J. A. Christians, and P. V. Kamat, Chemical Reviews 116, 2016, 12956.
[20] W.-J. Yin, J.-H. Yang, J. Kang, Y. Yan, and S.-H. Wei, Journal of Materials Chemistry A 3, 2015, 8926.
[21] K. Tanaka, T. Takahashi, T. Ban, T. Kondo, K. Uchida, and N. Miura, Solid State Communications 127, 2003, 619.
[22] H. Kunugita, T. Hashimoto, Y. Kiyota, Y. Udagawa, Y. Takeoka, Y. Nakamura, J. Sano, T. Matsushita, T. Kondo, T. Miyasaka, and K. Ema, Chemistry Letters 44, 2015, 852.
[23] Y. Yang, M. Yang, Z. Li, R. Crisp, K. Zhu, and M. C. Beard, The Journal of Physical Chemistry Letters 6, 2015, 4688.
[24] J. Tilchin, D. N. Dirin, G. I. Maikov, A. Sashchiuk, M. V. Kovalenko, and E. Lifshitz, ACS Nano 10, 2016, 6363.
[25] V. D'Innocenzo, G. Grancini, M. J. Alcocer, A. R. S. Kandada, S. D. Stranks, M. M. Lee, G. Lanzani, H. J. Snaith, and A. Petrozza, Nature Communications 5, 2014, 3586.
[26] A. Miyata, A. Mitioglu, P. Plochocka, O. Portugall, J. T.-W. Wang, S. D. Stranks, H. J. Snaith, and R. J. Nicholas, Nature Physics 11, 2015, 582.
[27] Y. Yang, D. P. Ostrowski, R. M. France, K. Zhu, J. Van De Lagemaat, J. M. Luther, and M. C. Beard, Nature Photonics 10, 2016, 53.
[28] L. Protesescu, S. Yakunin, M. I. Bodnarchuk, F. Krieg, R. Caputo, C. H. Hendon, R. X. Yang, A. Walsh, and M. V. Kovalenko, Nano Letters 15, 2015, 3692.
[29] D. B. Mitzi, Progress in Inorganic Chemistry (Wiley- Blackwell, 2007).
[30] Q. Zhang, R. Su, W. Du, X. Liu, L. Zhao, S. T. Ha, and Q. Xiong, Small Methods 1, 2017, 1700163.
[31] G. Xing, M. H. Kumar, W. K. Chong, X. Liu, Y. Cai, H. Ding, M. Asta, M.Gratzel, S. Mhaisalkar, N. Mathews, and T. C. Sum, Advanced Materials 28, 2016, 8191.
[32] B. R. Sutherland, S. Hoogland, M. M. Adachi, P. Kanjanaboos,C. T. Wong, J. J. McDowell, J. Xu, O. Voznyy, Z. Ning, A. J. Houtepen, and E. H. Sargent, Advanced Materials 27, 2015, 53.
[33] C. Dang, J. Lee, C. Breen, J. S. Steckel, S. Coe-Sullivan, and A. Nurmikko, Nature Nanotechnology 7, 2012, 335.
[34] Z. E. Lampert, C. L. Reynolds Jr, J. M. Papanikolas, and M. O. Aboelfotoh, The Journal of Physical Chemistry B 116, 2012, 12835.
[35] D. Clark, C. Stoumpos, F. Saouma, M. Kanatzidis, and J. Jang, Physical Review B 93, 2016, 195202.
[36] Z. Liu, J. Yang, J. Du, Z. Hu, T. Shi, Z. Zhang, Y. Liu, X. Tang, Y. Leng, and R. Li, ACS Nano, 2018.
[37] V. Nathan, A. H. Guenther, and S. S. Mitra, Journal of the Optical Society of America B 2, 1985, 1294.
[38] R. Zhang, J. Fan, X. Zhang, H. Yu, H. Zhang, Y. Mai, T. Xu, J. Wang, and H. J. Snaith, ACS Photon. 3, 2016, 371.
[39] G. Walters, B. R. Sutherland, S. Hoogland, D. Shi, R. Comin, D. P. Sellan, O. M. Bakr, and E. H. Sargent, ACS Nano 9, 2015, 9340.
[40] G. Sharada, P. Mahale, B. P. Kore, S. Mukherjee, M. S. Pavan, C. De, S. Ghara, A. Sundaresan, A. Pandey, T. N. G. Row, and D. D. Sarma, The Journal of Physical Chemistry Letters 7, 2016, 2412.
[41] C. C. Stoumpos, L. Frazer, D. J. Clark, Y. S. Kim, S. H. Rhim, A. J. Freeman, J. B. Ketterson, J. I. Jang, and M. G. Kanatzidis, Journal of the American Chemical Society 137, 2015, 6804.
[42] B. Guzelturk, R. A. Belisle, M. D. Smith, K. Bruening, R. Prasanna, Y. Yuan, V. Gopalan, C. J. Tassone, H. I. Karunadasa, M. D. McGehee, and A. M. Lindenberg, Advanced Materials 30, 2018, 1704737.

Жаманбаева Г.Т., Яр-Мұхамедова Г.Ш., Захидов А.А.

**Перовскиттерді нанофотоникада қолданудың перспективтілігі**

**Түйіндеме.** Соңғы уақытта галоидты перовскиттер көптеген фотогальваникалық және оптоэлектроникада қолданылатын тиімді материал есебінде танылды. Соңғы кездегі олардың оптикалық қасиеттерін зерттеулер

заманауи нанофотонды қондырғылар конструкциясына арналған көптеген жаңа мүмкіндіктерін, дайындаудың төмен құнын, шағылу көрсеткішінің жоғары мәнін, бөлме температурасында экситондардың болуын, кеңжолақты тыйым салынған аймақтағы толқын ұзындығының қайта құрылуы, жоғары оптикалық күшейткіш және бейсызық жауап, сонымен қатар басқа типтегі құрылымдармен қарапайым интеграцияланатынын көрсетті. Бұл мақалада құрылымданған перовскиттердегі орын алатын оптикалық және электрондық қасиеттерін оқудағы соңғы жетістіктерді, сонымен қатар олардың қолданылу мүмкіндіктеріне шолу жасалған.

**Түйін сөздер:** галоидты перовскиттер, оптикалық қасиеттер, нанофотоника, фотовольтаика.

УДК 550.361.4

**A.Y. Abetov, A.N. Uzbekov, A.A. Akhmetov**
(Satbayev University, Алматы, Республика Казахстан, abetov.auez@mail.ru, abl_21@mail.ru)

## THERMAL FIELDS OF THE CENTRAL KAZAKHSTAN

**Abstract.** The article presents the results of studies of thermal fields of the Central Kazakhstan at the regional and local levels, each of which displays itself in its own specific characteristics of the temperature distribution of the earth's crust and the heat flow to the surface.

On sections of the consolidated crust of 10 and 30 km, there is a trend of increasing the value of geothermal anomalies in the western direction, which are correlated with a possible change in the thermal conductivity of the rocks of the consolidated crust.

Areas with increased geothermal anomalies have linearly elongated geomagnetic fields of both signs and submeridional orientation, while areas with lower geothermal anomalies on sections of the consolidated crust 10 and 30 km - mosaic, oval and circular anomalies.

The areas with the lowest temperatures correspond to a wide range of changes in the gravitational field, while in the direction of areas with increased temperatures, the range of changes in the values of the gravity anomalies is reduced.

The earthquake centers are concentrated along the perimeter of the Central Kazakhstan gravitational minimum and at the junction of areas with different ages of consolidation of the basement. Seismic activity is appeared in the gradient zones of changes in the values of geothermal, geomagnetic and density anomalies of the consolidated crust.

**Ключевые слова:** Thermal fields, tectonic faults, heat flow, earth crust, seismicity.

**А.Е. Абетов, А.Н. Узбеков, А.А. Ахметов**
(Satbayev University, Алматы, Республика Казахстан, abetov.auez@mail.ru, abl_21@mail.ru, abilkairhan_94@mail.ru)

## ТЕПЛОВЫЕ ПОЛЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА

**Аннотация**. На срезах консолидированной коры 10 и 30 км наблюдается тренд увеличения значение геотермических аномалий в западном направлении, что коррелируются с возможным изменением теплопроводности пород консолидированной коры.

Областям с увеличенными значениями геотермических аномалий присущи линейно - вытянутые геомагнитного поля обоих знаков и субмеридиональной ориентации, тогда как районам с пониженными значениями геотермических аномалий на срезах консолидированной коры 10 и 30 км - мозаичные, овальные и кольцевые аномалии.

Областям с минимальными значениями температур отвечает широкий интервал изменений значения гравитационного поля, тогда как в направлении областей с увеличенными значениями температур интервал изменений значений аномалий силы тяжести сокращается.

По периметру Центрально-Казахстанского гравитационного минимума и на стыке областей с разным возрастом консолидции фундамента концентрируется очаги землетрясения. Сейсмическая активность проявляется в градиентных зонах изменений значений геотермических, геомагнитных и плотностных аномалий консолидированной коры.

**Ключевые слова:** тепловые поля, тектонические разломы, тепловой поток, земная кора сейсмичность.

### *История исследования*

Важным этапом в становлении и развитии геотермических исследований в Центральном Казахстане стало общесоюзное научное совещание 1956 г. (г.Москва), которое в числе прочих регионов показало важность геотермических исследований в этом регионе Казахстана, выявило их состояние и наметило дальнейшие задачи в области изучения и использования подземного тепла.

В 1961 г., учитывая научное и практическое значение геотермических исследований, Отделение наук о Земле (ОНЗ) АН СССР создало комиссию по гидрогеологии и геотермике под председательством Ф. А. Макаренко, преобразованную в январе 1964 г. в Научный Совет по геотермическим исследованиям АН СССР [1].

В марте 1964 г. ОНЗ АН СССР и Научным Советом, при участии союзного министерства геологии были рассмотрены задачи картирования геотемпературных полей и изучения гидротермальных ресурсов, а также разработки теоретических проблем теплового состояния и истории Земли, методик и техник проведения геотермических исследований. Применение последних при решении геолого-поисковых и горно-промышленных задач; изучении кондуктивного теплового потока, роли подземных вод в перераспределении глубинного тепла и т.п.

На современном этапе проблематика геотермических исследований представлена следующими основными направлениями: а) теоретические исследования, б) разработка аппаратуры и методики геотермических измерений, в) региональные исследования, г) прикладные исследования.

История развития этих направлений в Центральном Казахстане в той или иной степени освещена в работах В.Н. Любецкого, Л.Д. Любецкой, Я.Б. Смирнова, Е.А. Любимова, С.А. Истековой и других авторов, сведения из которых привлечены при анализе пространственного распределения геотермических аномалий в Центральном Казахстане [2].

***Тепловые потоки***

В отличие от других геофизических полей (гравитационного, магнитного, электрического, радиоактивного), основные параметры теплового поля Земли для тектонических элементов Центрального Казахстана изучены недостаточно. Это объясняется прежде всего большой трудоемкостью геотермических исследований и необходимостью измерять температуру земных недр в достаточно глубоких скважинах или горных выработках.

В связи с вышеизложенным важно отметить, что температура в верхних слоях земной коры зависит от распределения источников тепла, условий теплопереноса и значения теплового потока.

Взгляды исследователей на роль, характер и вклад в формирование температурного режима каждого из этих параметров значительно разнятся. По мнению [3] тепловой поток или плотность теплового потока оказывает определяющее влияние на температуру в земной коре.

Для регионов Центрального Казахстана в его распределение четко проявляется контрастная зональность значений.

В первую очередь обращает на себя внимание две крупные области увеличенных значений теплового потока, характеризующиеся экстремально высокими значениями теплого потока 50-60 мВт/м$^2$, участками до 80 мВт/м$^2$ (рис.1).

Одна из них (с размерами более 280 км$^2$) субизометричной (овальной) формы вытянуто в северо-западном направлении и пространственно приурочена к Спасскому и Атасуйскому антиклинориям, Успенскому синклинорию (рис.1).

Определенный интерес вызывает факт несовпадения простирания данной области увеличенной плотности теплового потока с ориентацией выделенных здесь глубинных разломов (Успенским, Спасским и др.).

С некоторой долей допущения можно предположить, что аномальные значения тепловых потоков здесь связаны не с глубинным тепломассопереносом по плоскостям глубинных разломов, а с источниками тепла, размещенными в верхней части консолидированной коры и генетически связанными, возможно, с радиоактивными рудами Бетпакдала-Чу-Илийской урановорудной провинции. Последняя характеризуются выходами на дневную поверхность геологических формаций палеозойского возраста, отличающихся повышенными фоновыми содержаниями урана и тория [6].

Выявленные здесь месторождения, относятся к эндогенному гидротермальному типу и характеризуются средними содержаниями урана в рудах 0.1 – 0.5%. Рудные тела гидротермальных месторождений имеют самые различные размеры, прослеживаясь по простиранию на десятки-сотни метров при различной, но обычно небольшой (до первых десятков метров) мощности. Залегают они на различных глубинах – от приповерхностных до нескольких сотен метров. Размер рудных полей по площади не превышает первых квадратных километров [6].

Вторая область аномально высоких значений тепловых потоков (с размерами более 1110 км$^2$) выделяется между Жалайыр-Найманским и Улутауским глубинными разломами и территориально тяготеет к Жаман-Сарысуйскому синклинорию, северному окончанию Бетпакдалинского антиклинории, южной части Джезказганской впадины и южному фрагменту девонского краевого вулканического пояса (рис.1).

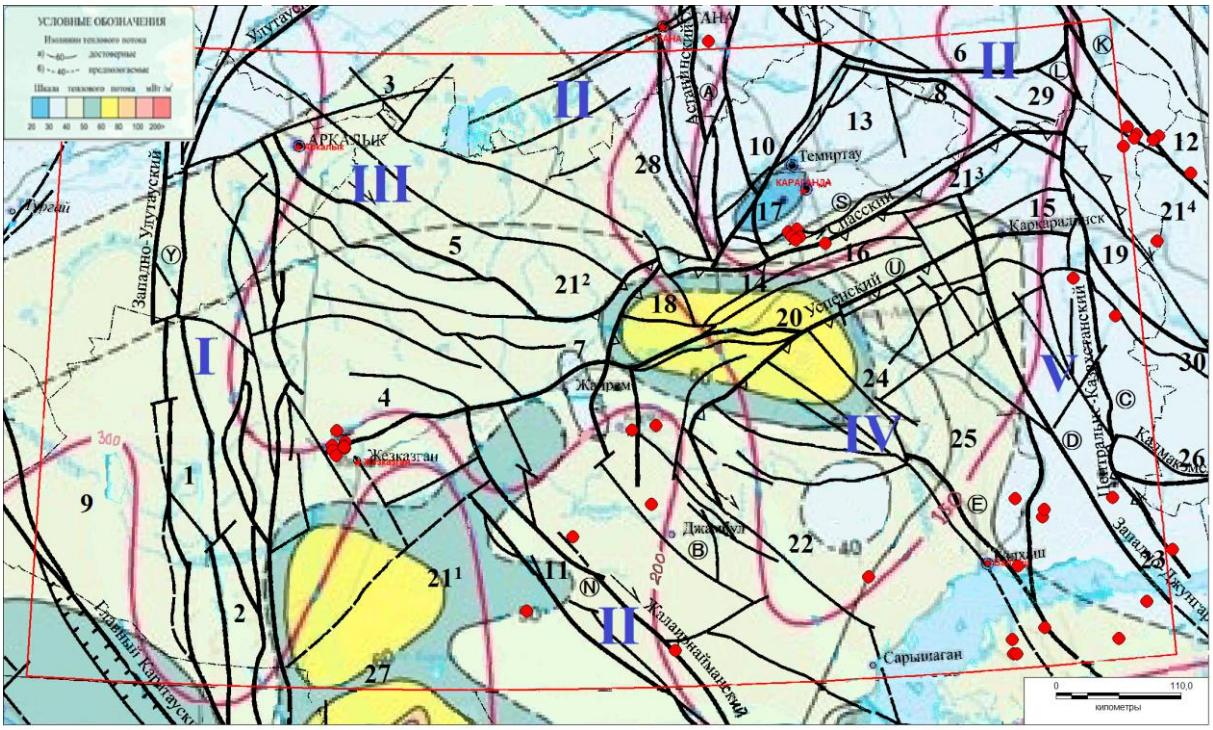



**Рис. 1.** Схема теплового потока и температуры земной коры на глубине до 10км территории Центрального Казахстана [По данным Нусипова Е., Узбекова Н.Б. (2007г. с дополнениями по Мазаровичу А.О.- 2006г.)].

*Условные обозначения:*

*I-Выступы метаморфического фундамента; II-Каледонские складчатые зоны; III-Наложенные герцинские структуры в каледонидах: IV-Герцинская Джунгаро-Балхашская система; V- Балхаш-Илийский позднепалеозойский вулканический пояс.*

***1-30. Тектонические элементы.***

***I-Выступы метаморфического фундамента:*** *1—2 — Улутауский;*

***II-Каледонские складчатые зоны. Антиклинории:*** *6 — Ерментауский, 8 — Бощекульский, 12 — Чингизский мегантиклинорий, 27-Бетпакдалинский, 28-Майкаинский;*

***Синклинории:*** *9— Байконурский, 10 — Селетинский, 11 — Джалаир-Найманский, 29-Баянаульский;*

***III-Наложенные герцинские структуры в каледонидах:*** *3 — Тенизская впадина, 4— Джезказганская (Чу- Джезказганская) впадина, 5 — Сарысу-Тенизская зона глыбовых складок; 7 — Каражальский прогиб, 13 —Шидертинская впадина, 17— Карагандинский прогиб;*

***$21^1$— $21^2$ —$21^3$—$21^4$ девонский краевой вулканический пояс.***

***IV-Герцинская Джунгаро-Балхашская система. Антиклинории:*** *14 — Спасский, 16 —Тектурмасский, 18 — Атасуйский, 22 — Актау-Моинтинский, 23 — Северо-Балхашский.*

***Синклинории:*** *15 — Нуринский, 19 — Карасорский, 20 — Успенский {с одноименной зоной смятия), 24 — Жаман-Сарысуйский;*

***V- Балхаш-Илийский позднепалеозойский вулканический пояс:*** *Впадины: 25 —Токрауская, 26 — Калмакэмельская, 30- Баканасская.*

***Красные линии*** *– изолинии теплового поля на срезе глубин 10км.*

***Черные линии*** *– глубинные разломы.*

***Красные кружки*** *– очаги землетрясений.*

***Глубинные разломы:*** *Ⓐ-Астанинский, Ⓑ- Западно-Балхашский, Ⓒ-Центрально-Казахстанский, Ⓓ-Западно-Джунгарский, Ⓔ- Коунрад-Борлинский, Ⓚ- Калба-Чингизкий, Ⓛ-Чингизский надвиг, Ⓝ-Жалаир-Найманский, Ⓢ-Спасский, Ⓤ-Успенский, Ⓨ-Западно-Улутауский.*

В отличие от первой области, здесь морфология аномальной области тепловых потоков согласуется с характером проявления дизъюнктивной тектоники, где по плоскостям глубинных разломов допускается процессы глубинного тепломассопереноса.

Большая часть каледонско-герцинских складчатых зон Центрального Казахстана, Улутауского выступа метаморфического фундамента и Балхаш-Илийского позднепалеозойского вулканического пояса характеризуется нормальными (фоновыми) значениями теплового потока (40-50 мВт/м$^2$).

Территории Ерментауского, Бощекульского антиклинориев, Баянаульского и Селетинского синклинориев, Шидертинской впадины характеризуются развитием каледонского складчатого

фундамента и обособляются минимальными значениями теплового потока (30-40 мВт/м$^2$). По-видимому, на этих территориях получила развитие «холодная» консолидированная кора, не прогретая эндогенными термальными флюидами.

Экстремально низкие тепловые потоки зафиксированы в Карагандинской впадине (до 20 - 30 мВт/м$^2$).

***Геотермические аномалии консолидированной коры на срезе 10км***

На срезе глубин 10 км обращает на себя внимание крупная область пониженных температур земной коры (100 – 150 $^o$C), охватывающая Карагандинский прогиб, Спасский, Тектурмасский, Атасуйский, Актау-Моинтинский антиклинории, Нуринский, Успенский, Жаман-Сарысуйский синклинории, Токраускую впадину. Большая часть их этих тектонических элементов входит в состав Центрально Казахстанского гравитационного минимума (рис.1).

Морфологически данная область пониженных температур имеет вид вытянутого и расширяющегося к северу конуса, простирающего в меридиональном направлении. Вершина конуса обособляется в пределах Центрального Казахстанского гравитационного минимума (ЦКГМ).

Внешние контуры области пониженных геотермических аномалий контролируются фрагментами систем тектонических разломов. В её северо-восточной части - Астанинским разломом, а в восточной - Центрально-Казахстанским разломом. Большая часть основных тектонических нарушений имеют северо-восточное простирание и не согласуются с ориентацией геотермических аномалий (рис.1).

Северная половина области пониженных геотермических аномалий сложена образованиями каледонской складчатости, южная - ранними и поздними герцинидами. На границе областей с разновозрастным фундаментом выделяются очаги землетрясений.

В западном направлении проявляется тренд увеличения значений геотермических аномалий до 200 $^o$C и более на срезе 10 км. Территориально значениями геотермических аномалий 150 -200 $^o$C отмечаются Сарысу-Тенизская зона глыбовых складок, Каражальский прогиб, северная часть девонского краевого вулканического пояса, Северо-Балхашский антиклинорий, Джезказганская, Калмакэмельская и Баканасская впадины, Чингизский мегантиклинорий.

Аномально высокими значениями температур (до 300 $^o$C и более) земной коры на глубине 10 км обособляются Байконурский синклинорий, северная часть Бекпакдалинского антиклинория, южные части девонского краевого вулканического пояса и Джезказганской впадины.

По периметру ЦКГМ (Центрально-Казахстанскому Гравитационному Минимуму) и в в пограничной зоне областей с каледонским и герцинским возрастом консолидации фундамента проявляется сейсмичность – индикатор активных тектонических процессов.

Таким образом, в распределении температур на срезе глубин 10 км четко проявляется тренд увеличения температур от 100 до 300 $^o$C в западном направлении, что, в целом, можно объяснить повышением свойств теплопроводности горных пород в составе консолидированной коры.

Если, на востоке территории исследований, в контурах Центрально - Казахстанского гравитационного минимума преимущественное развитие получили кислые и среднее магматические породы с пониженной теплопроводностью 0,2-1,5 кДж/(кг*К), то на западе обособляется основные и ультраосновные породы с увеличенной теплопроводностью до 0,9-1,2 кДж/(кг*К) [5].

***Геотермические аномалии консолидированной коры на срезе 30км***

На срезе консолидированной коры 30 км региональный тренд значений температур нарастает в западном направлении от 500 $^o$C (большая часть тектонических элементов каледонских и герцинских складчатых зон; Балхаш-Илийский позднепалеозойский вулканический пояс) до 1000 $^o$C и более (Улутауский выступ метаморфического фундамента и Джалаир-Найманский синклинория, северная часть Бетпакдалинского антиклинория, южная часть Джезказганской впадины).

Субмеридиональное и северо-западное простирание области увеличенных значений геотермических аномалий (до 1000 $^o$C) на срезе 30 км хорошо коррелируется с ориентацией тектонических разломов (рис.2).

Кроме того, здесь отмечаются максимальные значения теплового потока (30÷60 мВт/м$^2$).

Что касается областей с сокращенными значениями температур 500 $^o$C и менее, то здесь количество глубинных разломов, ориентация которых не совпадает с увеличением геотермических аномалий.

Важно отметить, что на срезе консолидированной коры 30 км проявляется корреляционная связь между значениями геотермических аномалии и теплопроводностью горных пород входящие в состав консолидированное коры, аналогично распределению температур на срезе 10 км.

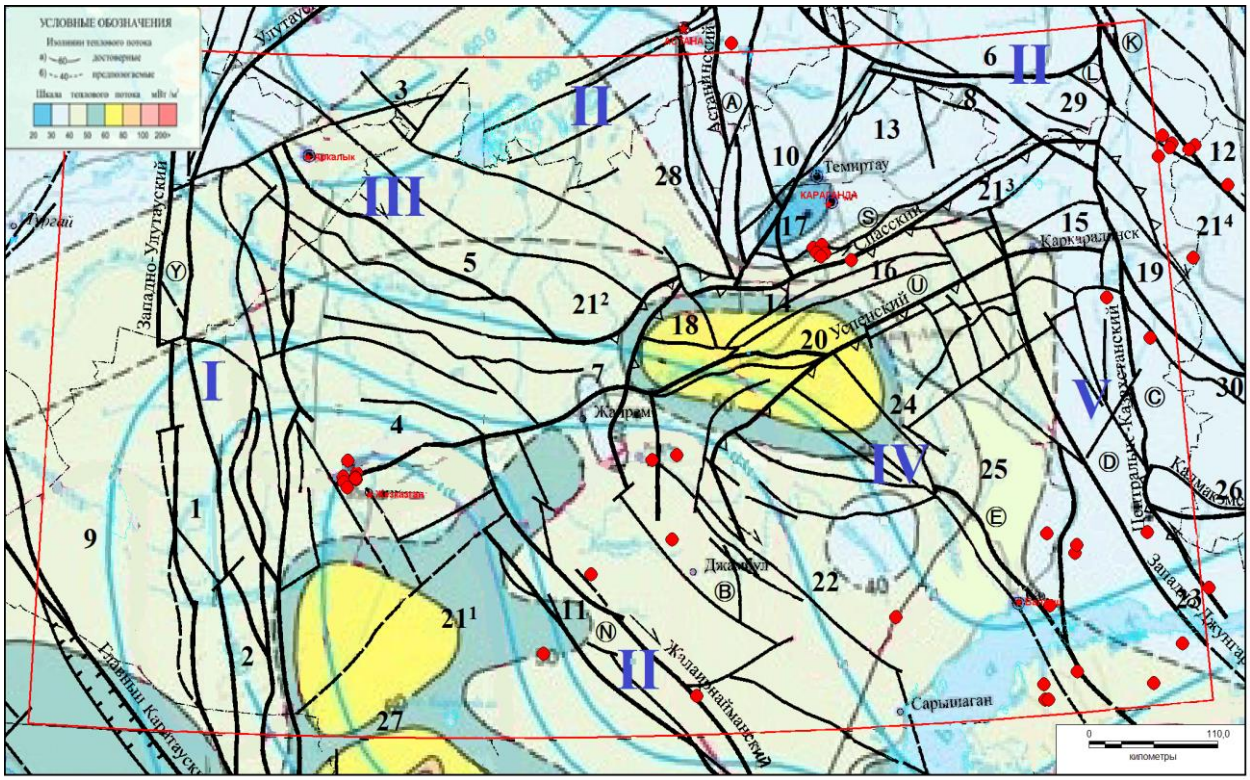



**Рис. 2.** Схема теплового потока и температуры земной коры на глубине до 30км территории Центрального Казахстана [По данным Нусипова Е., Узбекова Н.Б. (2007г. с дополнениями по Мазаровичу А.О.- 2006г.)]. Условные обозначения на рис.1.

*Голубая изолиния-изолинии теплового поля на глубине 30 км.*

Областям развития кислых и средних пород (с теплопроводностью 0,2-1,5 кДж/(кг*К)) соответствуют тектонические элементы с минимальными значениями тепловых потоков. Районы развития консолидированной коры сложенной основными и ультраосновными породами (с теплопроводностью 0,6-1,1 кДж/(кг*К)) коррелируются с областью максимальных значений геотермических аномалий [5].

***Общие выводы***

• На срезах консолидированной коры 10 и 30 км наблюдается тренд увеличения значение геотермических аномалий в западном направлении, что коррелируются с возможным изменением теплопроводности пород консолидированной коры.

• Областям с увеличенными значениями геотермических аномалий присущи линейно - вытянутые геомагнитного поля обоих знаков и субмеридиональной ориентации, тогда как районам с пониженными значениями геотермических аномалий на срезах консолидированной коры 10 и 30 км - мозаичные, овальные и кольцевые аномалии.

Областям с минимальными значениями температур в консолидированной коре отвечает широкий диапазон изменения аномалий и знака геомагнитного поля. Здесь оно не стабильно и вариабильно.

• Центрально-Казахстанский гравитационный минимум и прилегающие к нему районы обособляются пониженными значениями тепловых полей на срезах консолидированной коры 10 и 30 км, коррелирующимися с минимумами аномалий гравитационного поля. Отсюда, на запад, в направлении к Улутаусскому выступу метаморфического фундамента увеличиваются плотность консолидированной коры и значения геотермических аномалии, что напрямую увязывается с различной теплопроводностью пород, слагающих консолидированную коры.

• Областям с минимальными значениями температур отвечает широкий интервал изменений значения гравитационного поля, тогда как в направлении областей с увеличенными значениями температур интервал изменений значений аномалий силы тяжести сокращается.

• По периферии Центрально-Казахстанского гравитационного минимума и на стыке областей с разным возрастом консолидции фундамента концентрируется очаги землетрясения. Большая часть сейсмических очагов сосредоточены в градиентных зонах изменений значений геотермических, геомагнитных и плотностных аномалий консолидированной коры.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Моисеенко У.И., Смыслов А.А. Температура Земных недр — Ленинград «Недра»,1986г., —178 с.

[2] Любецкий В.Н., Любецкая Л.Д., Истекова С.А., Шабалина Л.В. Центрально-Казахстанская палоерифтовая система: глубинное строение закономерности размещения оруденения – Алматы, 2016г., —250 с.

[3] Исаева Л.Д. Оценка термодинамической обстановки среды рудообразования на месторождении Коктенколь (Центральный Казахстан) // Материалы IV международной научно-практической конференции «Наука и образования без границ – 2008г.» - Днепропетровск, —2008г., —Т 16, —С. 63-69.

[4] Нусипов Е., Узбеков Н.Б. Геодинамика и сейсмичность литосферы Казахстана (монография) – Алматы, 2007г., —390 с.

[5] Теплопроводность горных пород и минералов, их плотность и теплоемкость [Электронный ресурс] URL: http://thermalinfo.ru/svojstva-materialov/mineraly/teploprovodnost-gornyh-porod-i-mineralov-ih-plotnost-i-teploemkost

[6] Шишков И.А., Каюков П.Г. Радиоэкологические проблемы Республики Казахстана, связанные с разведкой и разработкой месторождений урана – Алматы, —2013г., —С. 55—66

Абетов А.Е., Узбеков А.Н., Ахметов А.А.

**Орталық қазақстанның жылулық өрістері**

**Аңдатпа** Мақалада аймақтық және жергілікті деңгейлердегі Орталық Қазақстанның жылулық өрістері ауытқуларын таралу бойынша зерттеулердің нәтижелері келтірілген, және олардың әрқайсысы жылулық температура таралу және жылулық ағыны ерекшеліктерімен көрінеді.

10 және 30 км шоғырландырылған қыртыстың учаскелерінде батыс бағытта геотермалдық ауытқулардың құндылығын жоғарылату тенденциясы байқалады, олар шоғырландырылған қыртыстың жыныстарының жылу өткізгіштік өзгеруімен байланысты.

Геотермалдық ауытқуларға ұшыраған аудандар сызықты ұзартылған екі белгілердің және субмеридиялық бағдарлардың геомагниттік өрістеріне ие, ал 10 және 30 км - мозаика, сопақ және айналмалы ауытқулар секілді геотермалдық ауытқулардың төменгі аудандары бар.

Ең төменгі температурадағы аудандар гравитациялық өрістегі өзгерістердің кең ауқымына сәйкес келеді, ал температура жоғары аудандар бағыты бойынша гравитациялық ауытқулар мәндеріндегі өзгерістер азаяды. 10 және 30 км шоғырландырылған қабырғалары бойынша - мозаика, сопақ және сақина ауытқулары.

Жер сілкінісінің ошақтары орталық Қазақстанның гравитациялық минимумының периметрі бойынша және жертөлені біріктірудің әртүрлі жастағы аудандарында қиылысатын жерлерде шоғырланған. Сейсмикалық белсенділік градиент аймағында шоғырланған жер қабатының геотермальды, геомагниттік және тығыздық ауытқулар мәндерінің өзгеруімен байқалады.

**Кілт сөздер:** Жылулық өрістері, тектоникалқ жарылымдар, жылулық ағын, жер қыртысы, сейсмикалық.

ӘОЖ 574;553.982;(574.11)

**L.I. Baitlesova, M.S. Tapishev, A.S. Kostarev**

## ESTIMATING THE IMPACT OF CHINEREV OILGASCONDENSATE FIELD OF THE WEST KAZAKHSTAN REGION ON THE ATMOSPHERE

**Abstract.** Nowadays the West Kazakhstan is one of the main centers for production of gas and oil products in the Republic of Kazakhstan. One of the biggest oil-gas field is the Clinager field which is Cocated in the west region of the Republic of Kazakhstan. Data of analysis of air from the Chinarjev field to are represented in this article

**Key words:** oil fields, oil and gas, condensate, industry, atmosphere, air.

**Л.И. Байтлесова, М.С. Тапишев , А.С. Костарев**
(Батыс Қазақстан инновациялық-технологиялық университеті,
Қазақстан Республикасы, Орал, tapishevms@mail.ru)

## БАТЫС ҚАЗАҚСТАН ОБЛЫСЫНДАҒЫ ЧИНАРЕВ МҰНАЙГАЗКОНДЕНСАТ КЕН ОРНЫНЫҢ АТМОСФЕРАЛЫҚ АУАҒА ӘСЕРІН БАҒАЛАУ

**Андатпа.** Қазіргі уақытта Батыс Қазақстан облысы Қазақстандағы көмірсутегі шикізатын шығаратын негізгі орталықтардың бірі болып табылады. Қазақстан Республикасының Батыс аумағындағы келешекті өндіріс орталықтарының бірі Чинарев мұнайгазконденсат кен орны. Мақалада Чинарев мұнайгазконденсат кен орнының маңынан алынған атмосфералық ауа үлгілерінің құрамына жүргізілген зерттеулердің нәтижелері берілген.

**Кілт сөздер:** кен орындары, мұнай-газ, конденсат, өнеркәсіп, атмосфера, ауа.

Қазіргі таңда көмірсу ресурстарын өндіретін алдыңғы қатарлы елдердің бірі Қазақстан Республикасы болып табылады. Барлау мәліметтеріне жүгінсек Қазақстан мұнай қоры бойынша жетекші он мемлекеттер қатарына кіреді. Елде өндіріліп жатырған мұнайдың көп бөлігі жеңіл мұнайлар қатарына жатады, яғни автокөлік, реактивті, дизельдік жанармай алуға тиімді.

Сонымен қатар Қазақстанда қазіргі таңда табиғи ортаның қарқынды түрде ластануы жүріп жатыр. Өнім өндіру төмендегенімен қоршаған ортаның ластануы кеміген жоқ. Себебі, нарықтық қатынастар жағдайында табиғатты қорғауға жұмсалатын қаражат шығыны бұрынғысынан да үнемделу үстінде. Халықтың әлеуметтік-экономикалық өмір сүру жағдайының нашарлауы аясында экологиялық жайсыз мәселелер ерекшелене түсті. Бұл тұрғылықты халық денсаулығы мен өмір сүру жағдайының биологиялық негіздеріне нақты қауіп тудырады. Қазіргі кезеңде, мұнай өндіруші нысандарда алдын ала жабдықталатын тазалау қондырғылары іске қосылғанымен, мұнайды өндіру және тасымалдау кезінде қоршаған ортаға кері әсерін тигізетін заттардан және іс-әрекеттерден толық арыла алмай отырғаны анық. Сондықтан, табиғи жағдай үшін шығыны аз, тиімді технико-технологиялық шешімдерді іздестіру қажет. Ұңғымадан алынған мұнай және газды өндіру, тасымалдау кезінде және сұйық көмірсутегі қалдықтарының апаттардың салдарынан төгілуінің алдын алу және қоршаған ортаға тараған мұнай газ қалдықтарын тез арада жинап, тазарту қажет.

Батыс Қазақстанның әрбір облысы өзіне тән маманданған. Мұнай және газ өндіру ауданның барлық облысында жүргізіледі. Олардың арасында мұнайды көп өндіретіні Атырау облысы (республикалық өнімнін 30%), ал газды Атырау (49%) және Батыс Қазакстан (25%) облыстары. Атырауда республикамыздағы ірі мұнай өндеу зауыты жұмыс істейді (республика бонынша өнеркәсіп өнімінің үлес салмағы (26%). Ауданның батысында Қарашығанақ мұнай газ конденсаты кен орны бар. Бұл жерде мұнайды өндірумен бірге жаңадан салынған зауытта мұнайды өңдеу жұмыстары қатар жүргізіліп, өндірісті одан ары дамытуда.у

Батыс Қазақстан облысы – мұнай өндіріуші негізгі орталықтарының бірі болып табылады. Бұл жерде жылдар бойы жұмысы іске қосылған және жаңадан ашылған немесе іске қосылғалы тұрған кенорындар шоғырланған. Негізгі кен орындар болып Қашаған, Теңіз, Өзен, Қарашығанақ, Чинарев болып саналады.

Чинарев мұнайгазконденсат кен орны Шығыс-Европа платформасының екі ең ірі геологиялық құрлым элементтерінің тұтасу аймағы, Каспийдің Солтүстік бүйірлік маңында орналасқан. Чинарев мұнайгазконденсат кен орны тектоникалық бұзылулардың әсерінен Солтүстік-Шығыс, Оңтүстік және Батыс бөліктерге бөлінген [1].

Чинарев мұнайгазконденсат кен орнының тұтынушылық ұңғымалардың құрылысы жобасын жүзеге асырумен байланысты, топырақ қабаты мен жалпы топыраққа әсер ететін антропогендік факторлардың сипаттамасы берілген. Табиғи топырақ қабатының бұзылу сипаты экожүйенің белгілі бір әсерге ішкі төзімділігі де, сыртқы жүктемесінің де түрі және ауырлығымен анықталады.

Мұнай мен мұнай өнімдері қоршаған ортаға түскен соң микробиологиялық және химиялық ыдырау процесімен қатар, олардың булануы жүріп, атмосфера, су және топырақты ластау көзінің негізі болуы мүмкін. Мұнай заттары түптік шөгінділерінде жинақталып, уақыт өткен сайын заттардың физика-химиялық, механикалық және биогендік миграциясына қосылады. Мұнай өнімдерінің миграциясы мен аккумуляциясы табиғи-климаттық шарттар мен ластаушы заттар түсетін топырақтың қасиетіне байланысты болады.

Мұнай-химиялық ластануы топырақ қабатының мұнай шикізатымен толуы және битум қабаттарының түзілуімен қоса жүреді. Мұнай көмірсулар мен жоғары молекулалық смолалық-асфальтендік заттарынан құралады, олар топырақ қабатына сіңіп, генетикалық қабатының трансформациясы мен гудронизациясына әкеледі [2].

Мұнайдың ластаушы токсинді заттары: көміртегі оксиді, күкірт диоксиді, күкіртті сутек, азот оксиді мен көмірсулар, фенол, аммиак пен басқа да минералды тұздар. Олар өсімдіктердің өсуі мен дамуына белгілі бір әсер береді. Топырақ қабатына мұнайдың жеңіл фракциялары мен күшті минералданған жер асты сулары терең енеді. Физикалық процестер жеңіл фракциялардың булануына, көмірсулармен ластанған қабаттың бірінші шегінен шайылуы мен таралуына әкеледі. Бұл мұнайдың токсинділігі мен мөлшерінің елеулі деңгейге кемуіне ықпал етеді. Алайда бұл процесс өздігінен тазару дегенді білдірмейді, өйткені мұнай өнімдері минералданбайды, ал көршілес ландшафттарға таралады да, оларды ластайды. Химиялық процестер суда жақсы еритін қосылыстар, асфальтты-смола заттары мен органикалық еріткіштерде ерімейтін оксикериттер мен гуминокерит секілді заттардың түзілуіне әкеледі, яғни топырақ қабатындағы битум тәріздес затшалары гумификацияланады. Бұл процесс үлкен немесе жай жылдамдықпен қайтарымды жүреді [3].

Көмірсулардың биологиялық ыдырау процесі, ең алдымен, энергиялық алмасуда көмірсулы субстраттарды тотықтыра алатын қабілеті бар көмірсутекті тотықтырғыш микроағзалармен қамтамасыз етіледі. Сонымен бірге топырақ қабатындағы мұнайдың терең қышқылдануы жүреді.

2018 жылдың көктем және күз мезгілдерінде Чинарев мұнайгазконденсат кен орны территориясына мониторинг жұмыстары жүргізілді.

Бұл мониторинг «Қоршаған ортаны қорғау туралы» Қазақстан Республикасының Заңына сәйкес орындалды. Атмосфералық ауа мониторингісінің мақсаты Чинарев мұнайгазконденсат кен орнының ауа ортасының өзгерісі туралы, яғни ластаушы заттар эмиссиясы туралы ақпарат алу. Жақсы табиғат жағдай атмосфералық ауаға мониторинг жұмыстарын жылдам жүргізуге және сапасын анықтауға мүмкіндік береді. Экспедициялық жұмыстар негізінде атмосфералық ауа құрамынан $NO_2$, $SO_2$, CO, $H_2S$, шаң анықталды. 2018 жылдың көктем және күз мезгілдерінде кен орын аумағындағы атмосфералық ауаға жүргізілген зерттеулерге аналитикалық талдау мақсатында алынған үлгілерден 4 негізгі заттар: күкірт диоксиді, көміртегі оксиді, азот диоксиді, күкіртсутек және шаң алынды. 2018 жылдың көктем және күзгі мезгіліндегі Чинарев мұнайгазконденсат кен орнындағы атмосфералы ауадан алынған үлгінің нәтижесі 1 кестеде берілген.

Кесте-1. **Чинарев мұнайгазконденсат кен орны территориясындағы 4 нүктеден алынған атмосфералық ауадағы әртүрлі қосылыстардың концентрациясы**

| Ластушы заттардың атауы | Үлгі алынған уақыт | Әртүрлі қосылыстардың концентрация көрсеткіші, мг/м$^3$ | | | | ПДК м.р, мг/м$^3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | солтүстік | шығыс | оңтүстік | батыс | |
| $H_2S$ | көктемгі | 0,001 | 0,002 | 0,001 | 0,001 | 0,008 |
| | күзгі | 0,001 | 0,001 | 0,002 | 0,001 | |
| $SO_2$ | көктемгі | 0,019 | 0,037 | 0,016 | 0,022 | 0,5 |
| | күзгі | 0,017 | 0,027 | 0,015 | 0,036 | |
| $NO_2$ | көктемгі | 0,027 | 0,024 | 0,023 | 0,025 | 0,085 |
| | күзгі | 0,020 | 0,017 | 0,018 | 0,016 | |
| CO | көктемгі | 0,16 | 0,11 | 0,13 | 0,18 | 5 |
| | күзгі | 0,15 | 0,14 | 0,11 | 0,15 | |
| Шаң | көктемгі | 0,048 | 0,045 | 0,051 | 0,040 | 0,5 |
| | күзгі | 0,038 | 0,039 | 0,039 | 0,033 | |

Зерттеулер көрсеткендей 2018 жылдың көктем және күз айларында кен орын территоиясында шаңның, көміртегі оксидінің, азоттың, күкірттің ШРК артқандығы байқалмады.

Осы жұмыстардың мақсаты мұнай кен орнын тұтыну кезінде әсер ету аумағындағы қоршаған ортаны талдау және бағалау болып табылады, бұл оның жағдайын қадағалауға, сондай-ақ табиғатқа зиянды әсерін алдын алу шараларын өз уақытында жүзеге асыруға және де оны қорғауға мүмкіндік береді.

Далалық және зертханалық зерттеу жұмыстары 2018 жылдың көктем және күз мезгілінде Батыс Қазақстан облысының территориясында орналасқан Чинарев мұнайгазконденсат кен орны маңында жүргізілді.

Мұнай өндіру саласы үлкен жер көлемін алумен, ластандыру мүмкіндіктерімен, өндірістік нысандардың жарылыс және өрт қаупінің жоғарылығымен ерекшеленеді. Ұңғымаларды бұрғылауда, мұнай өндіру мен дайындауда қолданылатын химиялық реагенттер мен өндіру процесінде ауаға тарайтын көмірсутектері және олардың қоспалары адам өміріне, өсімдіктер мен жануарлар әлеміне қауіп төндіретін зиянды заттар болып табылады. Қазіргі таңда қоршаған табиғи ортаның ахуалы әрбір адамға тікелей де, жанама түрде де әсер ететін маңызы орасан зор әлеуметтік-экономикалық мәселенің біріне айналып отыр.

Соңғы уақытта Батыс Қазақстан территориясы антропогендік игеруге айтарлықтай ұшырауда, оған себеп экологиялық жағдайдың нашарлауы болып отыр. Сондықтан Чинарев мұнайгазконденсат кен орны жалпы экожүйеге әсерін тигізуде, бірақ зерттеулер болашақта жалғасады.

Бүкіл адамзат баласы болып қоршаған ортаның экологиялық тазалығына бір мезгіл көңіл бөлсе, өзіміздің Жер – Анамыздың алдындағы үлкен парыздың орындалғаны болар еді.

**Қорытынды**

Батыс Қазақстан облысы – мұнай өндіріуші негізгі орталықтарының бірі болып табылады. Бұл жерде жылдар бойы жұмысы іске қосылған және жаңадан ашылған немесе іске қосылғалы тұрған кенорындар шоғырланған. Солардың ішінде негізгілерінің бірі болып Чинарев болып саналады.

Чинарев мұнайгазконденсат кен орнының маңынан алынған атмосфералық ауа үлгілерінің құрамына жүргізілген зерттеулердің нәтижелері берілген.

- 2018 жылдың көктем және күз мезгілдерінде Чинарев мұнайгазконденсат кен орны территориясына мониторинг жұмыстары жүргізілді.

- 2018 жылдың көктем және күз мезгілдерінде кен орын аумағындағы атмосфералық ауаға жүргізілген зерттеулерге аналитикалық талдау мақсатында алынған үлгілерден 4 негізгі заттар: күкірт диоксиді, көміртегі оксиді, азот диоксиді, күкіртсутек және шаң алынды.

- Зерттеулер көрсеткендей 2018 жылдың көктем және күз айларында кен орын территоиясында шаңның, көміртегі оксидінің, азоттың, күкірттің ШРК артқандығы байқалмады.

ӘДЕБИЕТ

[1] Тектоническое районирование зоны сочленения Волго-Уральской антеклизы Прикаспийской синеклизы: сб. Геология, геохимия, разведка и разработка нефти и газа, выпуск 7 / под ред. Бактыгулова А.Б. - Алма – Ата. 1978 - 132с.

[2] Омаров С.С. Нормирование загрязнения окружающей среды природопользователями на основе экологического мониторинга. – Алматы. 2001. – 138 с.

[3] Савченко О.А. Оценка воздействия на окружающую среду Чинаревского нефтегазоконденсатного месторождения Казахстана. – Саратов. 2008. – 253 с.

[4] Асқарова Ұ.Б. Экология және қоршаған ортаны қорғау. - Алматы: Заң әдебиеті, 2009. – 56 бет.

Байтлесова Л.И., Тапишев М.С., Костарев А.С.

**Оценка влияния Чинаревского нефтегазоконденсатного месторождения Западно- Казахстанской области на атмосферный воздух**

**Резюме.** Западно- Казахстанская область на сегодняшний день является одним из основных центров по добычи газа и нефтепродуктов в Республике Казахстан. Одним из крупных предприятии нефте-газовой отраслей является Чинаревское нефтегазоконденсатное месторождение, расположенная в западном регионе Республики Казахстан. В статье представлены данные анализа проб воздуха с территории Чинаревского нефтегазоконденсатного месторождения.

**Ключевые слова:** нефтяные месторождения, нефть и газ, конденсат, промышленность, атмосфера, воздух.

УДК 004.896

**[1]Kaster Nurmukan, [2]Abu A. Kuandykov, [1] B.KAlimbayeva, [1]B. Toleugazy**

([1]Al-Farabi KazakhNational University, Almaty, Kazakhstan;[2]International Information Technology University, Kazakhstan, kaster.nurmuhan@gmail.com, abu.kuandykov@gmail.com, bagilaalimbayeva@gmail.com, panshat.tolugazy@gmail.com)

**DIFFICULTY TO HANDLE ROBOTIC HAND**

**Abstract.** Design a robotics come up facing another problem a highly structured configuration of DOF mode, which leads to a breakthrough in the robot control mechanism and cannot maintain an economically acceptable level. It is known that even rigorous selection is true, but, ultimately, the size of the joints and junctions must be maintained to fit the prototype. Therefore, continue to develop a specific project, but sometimes make a completely different choice, inspired by the biomechanical design [2], a similar phenomenon in the handling of robots, resulting in the immanence of the humanoid body's humanoid robot control mechanism. The researcher is learning from convenience or manual synergistic stability; he knows this idea in the robotics department. In this article, as far as possible, the key aspects of the research directions of the authors are shown, demonstrating the results of the current research, demonstrating the transverse science from the point of view of hand-made robotics created by man.

**Key words**: Robotic Hand, Finger Manipulation, Hand Manipulation, DoF

**Introduction.** Past decade no robotics hand fully emulate the kinematics of the human hand [3] , in the time of early 1980 9 DoFs Stanford-JPL hand and 16 DoFs Utah/Massachusetts MIT hand[4] represent a milestone result. After that may robotic hand experienced product come out such as The TUAT/Karlsruhe Hand in 1988[8], Barrett hand in 2000 [5], Gifu hand II in 2002[6], Shadow hand in 2002[9], Pisa/IIT SoftHand in

2014[7], Dexmart hand in 2014[10] with in different purpose .Those are some of them focused on problem of complexity fundamental design in robotics hand researching which are including hand grasp investigating , some of them investigating to aspect of flexibility of manipulation of robotics hand. Some of the even more clear research direction, for examples: prosthetic robotic hand product development in service robotics field. some of them still challenging hand dexterity. While concerning the aspect economically cost some research taking around hand synergy research. In the following ,mainly like to focus on three different aspect of robotic hand.

**Hand manipulation.**

In humanoid robotics field, the hand manipulation since existence of the complexity of DoFs same time it can accomplish more astonishing result of those task with in the ability of flexibility. This is general definition of hand dexterity manipulation. Some significant part for researcher following the direction where tend to decrease complexity of realisation of mechanism in hand manipulation, if prototyping the similar human hand ability of the manipulation probably need to think about around 30 DoFs of complexity[12]. The 30 DoFs in hand show in Figure-1. In order to understand the complexity, it is necessary start from exporting details of human hand biological structure, From the already known research[13] human hands bounce consist of 27 bounce , containing of 5 serial kinematic chain. As shown in Figure-2. Of cause, the hand include finger bone, wrist joint together how they synergistically accomplishing specific task that would be another aspect. But let's start from to see ability movement of human finger which small action unit in hand manipulation.

**The complexity of hand robotic design.**

The thumb has at least 5 DoF: 2 DoF in trapeziometacarpal joint, 2 DoF in metacarpophalangeal joint, and 1 DoF in interphalangeal joint. Anyway, the range of deviation of metacarpophalangeal joint is so small that generally can be modeled as a single DoF joint, while the trapeziometacarpal joint is more important in the analysis of the thumb kinematics [14] . Our model has 15 DoFs corresponding to: 4 DoFs for the thumb: TR, TA, TM, TI (Thumb Rotation, Abduction, Metacarpal, Interphalangeal); 3 DoFs for the index: IA, IM, IP (Index Abduction, Metacarpal, Proximal interphalangeal); 2 DoFs for the middle: MM, MP (Middle Metacarpal, Proximal interphalangeal); 3 DoFs for the ring: RA, RM, RP (Ring Abduction, Metacarpal, Proximal interphalangeal); 3 DoFs for the little: LA, LM, LP (Little Abduction, Metacarpal, Proximal interphalangeal). It is worth noting that the middle finger has no abduction since it is considered the "reference finger" in the sagittal plane of the hand.[14].

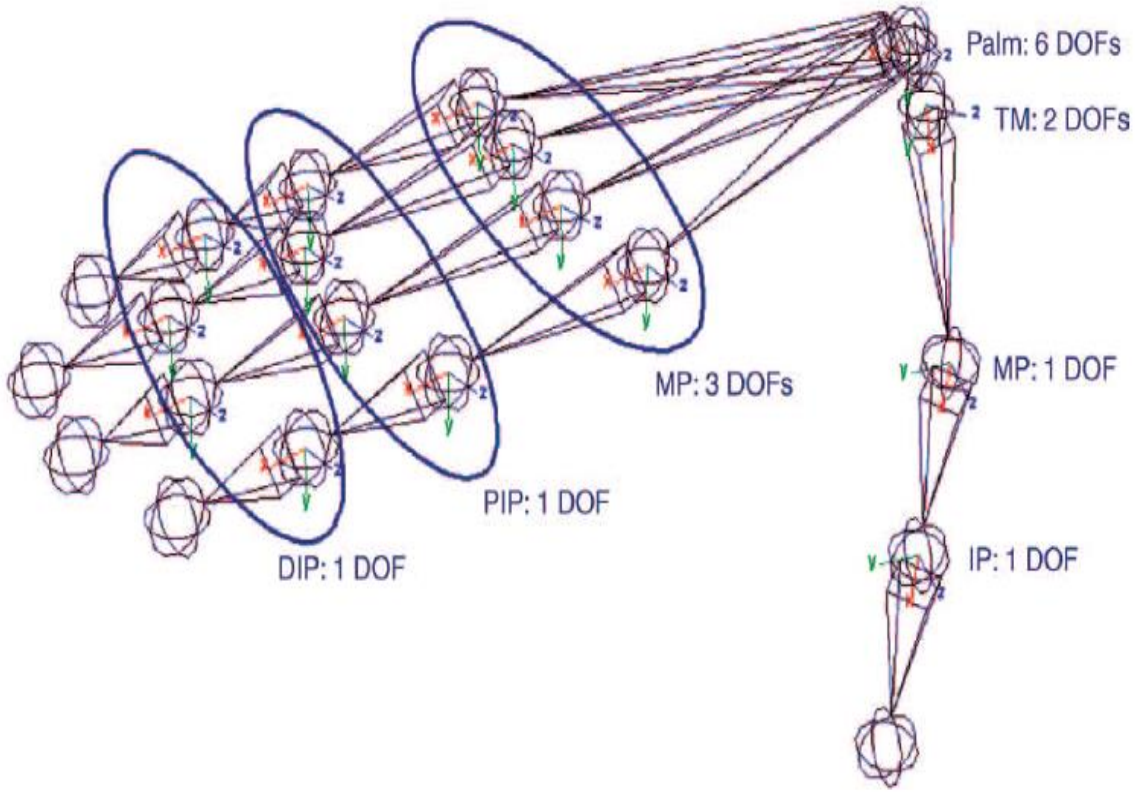



**Figure-1**. The Human hand degree of freedom(DOFs), represent of 30 DOFs in [15]

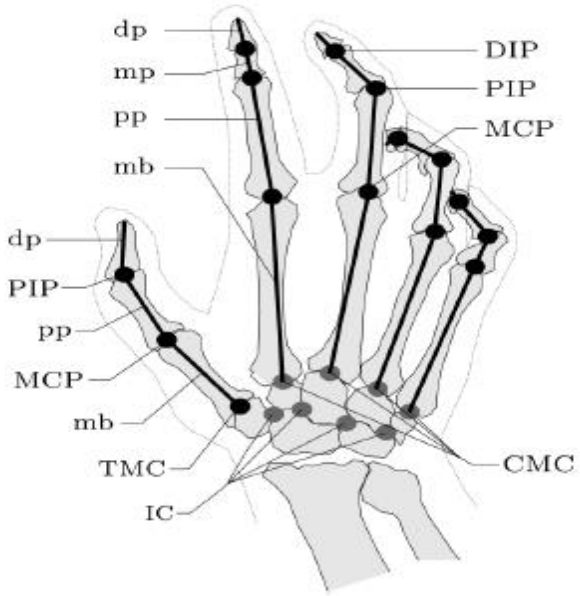



**Figure-2**. Joints and Bones of the human hand [13]
dp- Distal phalanx, mp- Middle phalanx, pp-Proximal phalanx, mb-Metacarpal bone. Joints are: TMC(trapeziometacarpal joint), CMC(carpometacarpal joint), MCP(metacarpophalangeal joint), DIP(Distal interphalangeal joint), IC(intercarpal joint).[13].

**Conclusion.** Author came from in broad aspect robotics hand research, only overview of researcher's result in 2-3 decade. Also, Give a main trends in the field of research from authors view. Second since author came in computer software background such background author stand in more higher level in other word stand in more end user consumer level. Which means usually such a background hard to figure out more narrow PhD level of research task, because the researching path inverse direction compare to other robotics PhD like mechanical PhD students. Mechanical -mathematical background PhD more solid fundamental of mechanical design and modeling skills but lack of applicable skills, versus computer science background PhD. In this paper what author believed and suggesting that there is no way out skipping those cross field engineering skills namely mechanical, mathematics, electronic and software skills, which required and have to be fulfill in order to successfully accomplish the robotics research. But only difference is path of research direction, finally those PhD researcher have to be same level of understanding the problem of robotics in different aspect whatever the knowledge background was before.

REFERENCES

[1]. B. León et al., From Robot to Human Grasping Simulation, cognitive Systems Monographs 19, DOI: 10.1007/978-3-319-01833-1_1, © Springer International Publishing Switzerland 2014, chapter 1, page 3

[2]. Xu, Z., and Todorov, E. (2016). "Design of a highly biomimetic anthropomorphic robotic hand towards artificial limb regeneration," in 2016 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 3485–3492. doi:10.1109/ICRA.2016.7487528

[3]. Jacobsen, S.C., Iversen, E.K., Knutti, D.F., Johnson, R.T., Biggers, K.B.: Design of the Utah/MIT dextrous hand. In: Robotics and Automation. Proceedings. IEEE International Conference on 1986, vol. 3, pp. 1520–1532, IEEE, 1986

[4]. S.C. Jacobsen, E.K. lversen, D.F. Knutti, R.T. lohnsan, K.B. Biggers: Design of the Utah/MIT dexterous hand, Proc. IEEE Int. Conf. Robotics Autom. (ICRA)(1986)

[5]. W.T. Townsend: MCB – Industrial robot feature article- Barrett Hand grasper, Ind. Robot 27(3), 181–188 (2000)

[6]. H. Kawasaki, T. Komatsu, K. Uchiyama: Dexterous anthropomorphic robot hand with distributed tactile sensor: Gifu hand II, IEEE/ASME Trans. Mechatronics 7(3), 296–303 (2002)

[7]. M.G. Catalano, G. Grioli, E. Farnioli, A. Serio, C. Piazza, A. Bicchi: Adaptive synergies for the design and control of the Pisa/IIT SoftHand, Int. J. Robotics Res. 33, 768–782 (2014)

[8]. T.J. Doll, H.J. Scneebeli: The Karlsruhe Hand, Prepr. IFAC Symp. Robot Control (SYROCO) (1988), pp. 37.1–37.6

[9]. Tuffield, P., & Elias, H. (2003). The shadow robot mimics human actions. Industrial Robot: An International Journal, 30(1), 56-60.

[10]. Palli, G., Melchiorri, C., Vassura, G., Scarcia, U., Moriello, L., Berselli, G., Cavallo, A., De Maria, G., Natale, C., Pirozzi, S., May, C., May, C., Ficuciello, F., & Siciliano, B. (2014). The DEXMART hand: Mechatronic

design and experimental evaluation of synergy-based control for human-like grasping. The International Journal of Robotics Research, 33(5), 799-824

[11]. Marco Santello, Martha Flanders, and John F. Soechting. Postural hand synergies for tool use. The Journal of Neuroscience, 18(23):10105–10115, December 1998.

[12]. Lin J,WuY,Huang TS (2000) Modeling the constraints of human hand motion. In: Proceedings of the workshop on human motion. IEEE, pp 121–126

[13]. D. Prattichizzo, L. Meli, and M. Malvezzi, "Digital handwriting with a finger or a stylus: a biomechanical comparison," IEEE Transactions on Haptics. In press, no. 0, 2015.

[14]. M. Gabiccini, A. Bicchi, D. Prattichizzo, and M. Malvezzi, "On the role of hand synergies in the optimal choice of grasping forces," Autonomous Robots, vol. 31,no. 2, pp. 235–252, 2011.

[15]. M. Bray, E. Koller-Meier, P. M¨uller, N.N. Schraudolph and L. Van Gool. Stochastic optimization for high-dimensional tracking in dense range maps. In Proc. IEEE. Vis. Image Signal Process. 501-512 (August 2005)

Нұрмұқан Қ., Қуандыков Ә.Ә, Алимбаева Б, Толеугазы Б.

**Роботты қолдың манипуляциясының күрделілігі**

**Аңдатпа.** Робототехниканы құрастыруда кездесетін негізгі бір мәселе - ол DOF-тің артуына байланысты жоғары деңгейлі күрделы конфигурация кеңістіктерін туындатып, натижесінде бұл роботтық басқару механизмын қиындауына әкеліп соғады және ол экономикалық тұрғыдан қолайлы деңгейді сақтай алмайды. Тіпті қатаң таңдаудың шындық екендігі белгілі, бірақ сайып келгенде нақты механикалық дизайн үшін буындар мен байланыстардың мөлшерін прототибін қанағаттандыратын етіп сақтау керек. Сондықтан нақты жобаны дамытуды жалғастыру, бірақ кейде мүлде басқа таңдау жасау керек болады, ол биомеханикалық дизайннан шабыттандырады [2], бұл адам денесінен гуманоидтық роботты басқару механизмін имитациялауға үйретуге әкелетін, роботты манипуляциялаудағы ұқсас оқиға. Зерттеуші адам қолының ептілігінен немесе қолмен синергиялық тұрақтылықтан үйренеді, робототехника басқармасында идеяны толығырақ біледі. Осы мақалада робототехникамен қолмен жасалған әртүрлілік аспектісінен кросс-ғылым саласын көрсете отырып, қолданыстағы зерттеу нәтижелерін көрсету арқылы авторлардың зерттеу бағытының негізгі аспектілерін мүмкіндігінше ашық көрсетеді.

**Түйінді сөздер:** Робототехника, Робот қолы, Саусақ манипуляциясы, Қолмен манипуляция, DoF

Нурмукан К., Куандыков А.А., Алимбаева Б., Толеугазы Б.

**Сложность манипуляции с роботизированной рукой**

**Аннотация**. Одна из основных проблем, возникающих при проектировании робототехники, заключается в том, что она создает высокоструктурированную конфигурацию конфигурации DOF, что приводит к прорыву в механизме управления роботом и не может поддерживать экономически приемлемый уровень. Известно, что даже строгий отбор является правдой, но, в конечном счете, размер суставов и соединений должен быть сохранен, чтобы соответствовать прототипу. Поэтому продолжайте разрабатывать конкретный проект, но иногда делайте совершенно другой выбор, вдохновленный биомеханическим дизайном [2], похожим явлением в манипулировании роботами, приводящим к имманентности тела гуманоида механизмом управления гуманоидным роботом. Исследователь учится на удобстве или ручной синергетической стабильности, знает эту идею в отделе робототехники. В этой статье, насколько это возможно, показаны ключевые аспекты исследовательских направлений авторов, продемонстрировав результаты текущего исследования, продемонстрировав поперечную науку с точки зрения ручной робототехники, созданной человеком.

**Ключевые слова:** Робототехника, Рука робота, Манипулирование пальцами, Ручное манипулирование, DoF

УДК 669. 043

**Zh.D. Zholdubayeva, D.K. Issin, Zh.B. Smagulova, L.A. Mazhitova**
(Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan. E-mail: zhuma-77@mail.ru)

**STUDY OF THE EFFECT OF THE FILTER MATERIAL ON THE ACTIVITY OF OXYGEN IN SILICON**

**Abstract**. The article discusses the filtration method of refining metal melts from dissolved impurities.

A seed mechanism is considered, in which the surface of the filter serves as a substrate for separating a nonmetallic phase directly from the melt, bypassing the stage of its separation into a separate particle. The latter is proved experimentally by controlling the change in the activity of the removed impurity using the electromotive force method.

**Key words**: filter, filtering, seed, substrate, activity, oxygen, activometer.

**Ж.Д. Жолдубаева, Д.К. Исин, Ж.Б. Смагулова, Л.А. Мажитова**
(Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан Республикасы.
Электрондық пошта: zhuma-77@mail.ru)

## КРЕМНИЙДЕГІ ОТТЕГІ БЕЛСЕНДІЛІГІНЕ СҮЗГІ МАТЕРИАЛЫНЫҢ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

**Түйіндеме**. Мақалада металл балқымаларын ерітілген қоспалардан сүзгі арқылы тазарту әдісі қарастырылған.

Ұрық механизмі баяндалған, онда сүзгі беті астар ролін атқарады, оның бетінде металл емес фаза бөлшек түрінде бөліну кезеңіне өтпей тікелей балқымадан түзіледі. Бұл механизм балқымадағы ерітілген қоспаның белсендігінің өзгеруін өлшеу электр қозғалтқыш күші әдісі арқылы эксперименталды дәлелденген.

**Түйінді сөздер:**сүзгі, тазарту, ұрық, астар, белсенділік, оттегі, активометр.

Шамамен он жыл өткеннен кейін ғана қазба отындары әлемдік экономиканың қажеттіліктерін ішінара қанағаттандыра алады деп бағаланады [1]. Қазақстан Республикасының орнықты дамуға көшу тұжырымдамасы 2024 жылға қарай баламалы энергия көздерінің үлесі елдің энергетикалық теңгерімінің кем дегенде 5%-ын құрайтынын болжайды. Бүгінде жаңартылатын көздердің ең қарқынды дамып келе жатқан және перспективалық түрі күн энергиясының іс жүзінде сарқылмас энергиясын пайдалану есебінен (күн жылу энергиясы Жер планетаның заманауи қажеттіліктерінен жүздеген есе жоғары болып келеді) күн энергиясы болып табылады. Қазіргі заманғы күн энергиясының 90% -дан астамы энергетикалық тұрғыдан ең тиімді құрылғылар болып табылатын фотоэлектрлік түрлендіргіштер шығаратын жартылай өткізгіш кремнийге негізделген.

Күн энергетикасында қолданылатын кремнийді алу үшін арналған шикізат, металлургиялық кремний болып табылады, оған зиянды қоспалардың құрамына қатаң талаптар қойылады. Қазіргі уақытта Қазақстанда мұндай кремнийді өндіру бойынша зауыттар силикаттан карботермикалық азайту әдісімен (мысалы, Қарағандыда Silicium Kazakhstan компаниясы) салынған. Ерітілген металлургиялық кремний, негізінен, шихталы және көміртегі тотықсызданатын агенттерден енгізілетін әр түрлі қоспалармен (металл емес қоспалар) ластанған болып келеді. Осыған байланысты, шұғыл міндет - жоғары тазалыққа ие дайын өнім шығару технологиясын дамыту.

Әлемдік трендтің талдауы металлургтерді тазартудың сүзу әдісіне деген қызығушылықтың артуын көрсетеді. Мысалы, Еуропа мен АҚШ-тың өнеркәсібі дамыған елдеріндегі құю өнеркәсібінде барлық өнімдердің 50% -дан астамы осы тазалау әдісімен өндіріледі. Тазалаудың танымал әдістерімен қатар (вакуум, бейтарап газдармен тазалау, инъекциялық металлургия және т.б.) сүзу әдісі, олардың жақсы тазалануын қамтамасыз етеді [2]. Оның үстіне, бұл әдіс бірқатар айрықша ерекшеліктер мен технологиялық артықшылықтарға ие, атап айтқанда:

- сүзу кезінде сұйық металдың барлық көлемі дәйекті түрде өңдеуге ұшырайды, металды балқыманы құймаға құйғанда, балқытып құйғанда тікелей процесті жүзеге асыруға болады;

- технологиялық процестің салыстырмалы қарапайымдылығы, себебі бұл әдіс арнайы материалдарды (мысалы, синтетикалық шлактар, ағындар, ұсақ ұнтақтар және т.б.) техникалық жағынан күрделі дайындауды талап етпейді, сондай-ақ қымбат жабдықты сатып алуға арналған күрделі шығындарды қажет етпейді.

Сонымен қатар ол өндірісте жұмыс істейтін технологиялық үдерісіне оңай еніп, өндіріс алаңдарының жетіспеушілігін тудырмайды.

Қолданыстағы сүзгі түрлерінің ішінен көлемді сүзгілер әлемдегі тәжірибеде кең қолданылатын керамикалық көбік (ПКФ) және түйіршікті (біріктірілген) сүзгілерді қамтиды. Соңғысының айрықша ерекшелігі сүзу процесінде металмен байланыстың үлкен беті және ауыспалы көлденең қиманың ұзын жіңішке аралық қабаттарының болуы, бұл оларды балқымадан қалың және ұсақ бөлшектерді тиімдірек алуға мүмкіндік береді.

Түйіршікті сүзгілер:

- керамикалық көбік сүзгілерден кем емес жоғары тазарту қабілеті;

- қолжетімді және қымбат емес материалдардан түйіршіктер түрінде сүзгі элементтерін өндірудің қарапайымдылығы; сүзілетін балқыманың сипатына және тазартылатын қоспаға байланысты сүзгінің құрамын кеңірек өзгеру мүмкіндігі;

- сүзудің технологиялық әдістеріне (көлемдік элементтердің өзгеруіне, сүзгі қабатының биіктігі және т.б.) байланысты белгілі бір дәрежеде тазарту дәрежесіне жету мүмкіндігі.

Металдарды тазартудың негізгі механизмдерінің бірі - балқымадан алынатын металл емес фазаны жою [3]. Металлургиялық кремнийді балқытудан кейін құрамындағы қоспаларды

тотықсыздыру мақсатында шөміште үрлеуді жүргізу кезінде түзілетін оттекті қосындыларды сүзу әдісін қолданумен тазарту үшін керемет алғышарттар жасайды.

Бұл әдістің мәні физикалық-химиялық, адгезиялық, механикалық және басқа құбылыстардың нәтижесінде, балқыманың зиянды қоспаларының, металл емес қосындылардың және тиісінше, газдардың тазалануы жүретін сүзгіш құрылғы арқылы метал балқымасын өткізу болып табылады. Негізі сүзгілердің жоғары тиімділігі балқыманы металл емес фазадан кешенді түрде тазартуды қамтамасыз ететініне байланысты. Ең алдымен, сүзгіге сұйық металдағы суспензияланған бөлшектер түріндегі қосындылар сақталады [4,5].

Бірақ сүзгі ұрық түрінде астар ролін атқарады, оның бетінде термодинамикалық шарттар бойынша бөлінуге дайын, бірақ кинетикалық шарттар (дайын кристалдану центрлердің жеткіліксіздігі немесе болмауы) әсерінен бөлінбеген металл емес фаза тікелей балқымадан түзіледі [6,7]. Сұйық металдарды тазартудың үш механизмін ажыратуға болады: 1) торлы, 2) адгезиялық 3) ұрықты.

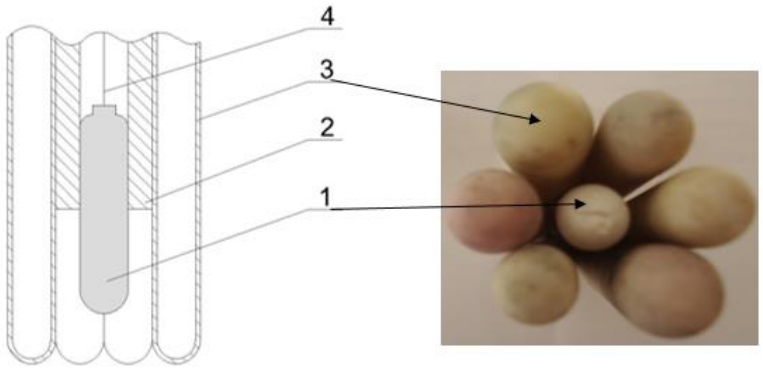
Тор тетігі үлкен мөлшердегі қоспаларды алып тастайады, олардың өлшемі сүзгі аралық арналарының өлшемінен үлкенірек болады. Адгезиялық механизмі балқыманы жұқа бөлшектерден тазалайды, олардың кейбіреулері сүзгі ішіндегі тармақталған арналар арқылы жылжиды, олар өздерінің бетіне соқтығысады, сүзгі үстіне адгезия күшімен ұсталады. Мәселен, тор және адгезия механизмдері балқымада суспензияланған металл емес бөлшектерді ұстау арқылы жүзеге асырылады. Ұрық механизмі торлы және адгезиялы механизмдерінен түбегейлі ерекшеленеді, себебі сүзгі беті астар ролін атқарады, оның бетінде металл емес фаза бөлшек түрінде бөліну кезеңіне өтпей тікелей балқымадан түзіледі. Бұны электр қозғалтқыш күші (ЭДС) әдісімен жойылатын қоспаның белсенділігін бақылау арқылы эксперименттік дәлелдеуге болады.

Осы жұмыста Үштөбе кремний зауытының металлургиялық кремнийі зерттеу объектісі түрінде қолданған, химиялық құрамы 1-кестеде көрсетілген.

1-кесте. **Металлургиялық кремнийдің химиялық құрамы (Si = 99,6%)**

| Металл | Кремнийдің химиялық құрамы, ppm | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Fe | Al | Ca | P | S | Mn | Cu | Pb | Cr |
| Кремний | 2334 | 513 | 396 | 35 | 16 | 88 | 173 | 43 | 164 |

Балқыманы ерітілген қоспадан (қоспа түрінде оттегі қарастырылған) тазартудағы ұрық механизмін зерттеу мақсатында сұйық металл мен сүзгінің өзара әрекеттесуі сүзгінің бөлек кеуекті арнасында үлгіленді. Осы мақсатта сүзгінің қарапайым ұяшығы жиналды (1 сурет), сыртқы диаметрі 8 мм 2 алундті түтікке салынатын 1 датчик (молибденді ток коллекторы бар), датчиктің жан-жағына сүзгі материалын үлгілейтін отқа төзімді 3 түтіктер бекітілген.




*а)* *б)*

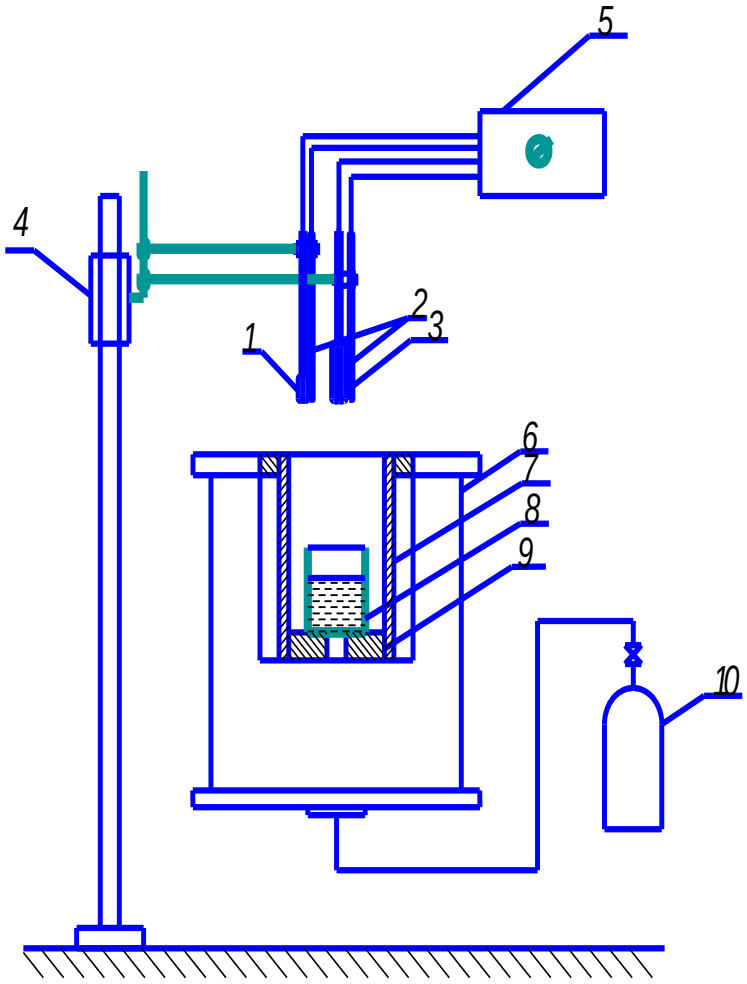
**1-сурет**. Үлгі сүзгі ұяшығы
*а) ұяшықтың қимасы, б) жиналған ұяшық*

Осы жағдайларда активометр айналасындағы ренталық металл қабатының қалыңдығы 2,0-3,0 мм болатын, бұл диаметрі 14-16 мм болатын фильтр элементтерін пайдаланған кезде сүзгі каналының өлшеміне сәйкес келеді. Кварцит және алунд түтіктері қарапайым жасушалық сүзгі модельдерінің материалы ретінде пайдаланылды. Оттегі белсенділігін өлшеу үшін сілтеме электродты Mo (90%) +

$MoO_2$ (10%) бар иттрий оксидімен ($Y_2O_3$) тұрақтандырылған цирконий диоксиді ($ZrO_2$) негізінде керамикадан жасалған тотығу датчиктері пайдаланылды. Эксперимент жасаған кезде, тұрақты температурада және тұрақты металл құрамында оттегі концентрациясының өзгеруі оның белсенділігінің өзгеруіне тең.

2 суретте көрсетілген сүзу кезіндегі астарлы механизмін анықтауға арналған орнату сұлбасы көрсетілген.

Белсендік өлшеуіш (ЭДС) мәндері бір мезгілде ВР5/20 термопара арқылы балқыма температурасын өлшеу кезінде, 5 мВ ауқымды шкаласы бар КСП-4 (5) үш нүктелі потенциометрмен белгіленді. Осындай жағдайларда жанама өлшеудің жүйелік қателігі ± 5% құрайды, ал анықтаудың кездейсоқ қателігі ± 8%-дан аспайды. Эксперимент алундты тигельге (8) салынған шихтаны балқыту Тамман пешінде аргонның инертті атмосферасында жүргізілді (6).




**2-сурет.** Сүзу процесін үлгілеу кезінде балқымадағы оттегі белсенділігінің өзгеруін белгілеу үшін арналған құрылғының схемасы

*1 - активометр; 2 - молибден ток коллекторы; 3 - сүзгі ұяшығы үлгісі активометрмен; 4 - датчик пен сүзгілерді көтеру және түсіру механизмі; 5 - потенциометр; 6 - Тамман қарсылық пеші; 7 - жылытқыш; 8 - металдан жасалған алундті тигель; 9 – тигельдің астындағы құрал; 10 - аргонды цилиндр*

Металл балқытылғаннан кейін (сынаманың салмағы 500-600 г) және орнату жүйесіне енгізілген қондырғы арқылы эксперимент кезінде қажетті температураға қол жеткізілді, алдын ала белгіленген тереңдікке (4) құрылғы көмегімен (1) оттегі зондты (2) ток өлшеуішпен оттегінің бастапқы белсендігін өлшеу үшін балқымаға түсірілді. Одан кейін активометрді алып шығып сол тереңдікке ішінде тотықсыздану датчигі бар (3) сүзгі ұяшығының үлгісі түсірілді. Датчикті балқымаға түсіргеннен кейін 3-5 секунд аралығында потенциограммаларда бекітілетін ЭДС шамасы тұрақты болады және отқа төзімді жабын сол деңгейде ұзақ уақыт ұстауға мүмкіндік береді. Оттегінің кремнийдегі белсенділігін өлшеу нәтижелері 2-кестеде көрсетілген.

2-кесте. **Сұйық кремнийдегі оттегі белсенділігінің мәндері балқымаға сүзгі үлгілерін түсіруге дейін және одан кейін**

| Металл | Нұсқа | Сүзгі үлгісінің материалы | Оттегі белсенділігі, мВ | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Ei, | $\Delta E=E_{сүз}-E_{бастапқы}$, |
| Кремний | «тазаланбаған» ($E_{бастапқы}$) | – | 550 | – |
| | «сүзілген» ($E_{сүз}$) | $SiO_2$ | 600 | + 50 |
| | «сүзілген» ($E_{сүз}$) | $Al2O_3$ | 605 | + 55 |

«Сүзілмеген» және «сүзгіден өткізілген» нұсқалардағы (50-55 мВ) оттегі белсенділігінің мәндеріндегі айтарлықтай айырмашылық сүзгі материалы бетінде оттекті фаза түзілу кезінде ұрық (гетерогенді астар) түрінде қатысуымен түсіндіріледі.

Осылайша, кремнийді сүзу кезінде ерітілген қоспадан сүзу арқылы тазарту жаңа әсері эксперименттік түрде анықталған.

ӘДЕБИЕТ

[1] Грибов Б.Г., Зиновьев К.В. Получение высокочистого кремния для солнечных элементов // Неорганические материалы. - 2002. - Т. 39. - № 7. - С. 775 -785.

[2] Курдюмов А.В., Инкин С.В., Чулков В.С. и др. Флюсовая обработка и фильтрование алюминиевых расплавов. – М.: Металлургия, 1980. – 196 с.

[3] Киманов Б.М. Удаление оксидных и сульфидных включений из расплавленной стали методом фильтрации // Сталь. - 2008.- №8. - С.27-28.

[4] Курдюмов А.В., Инкин С.В., Чулков В.С. и др. Флюсовая обработка и фильтрование алюминиевых расплавов. – М.: Металлургия, 1980. – 196 с.

[5] Apelian D., Mutharasan R., Alis Removal of inclusions from steel melts by filtration // J. of natevials science - 1985. - V. 20. - № 10. – P. 3501-3514.

[6] Тен Э.Б. Фильтрационное рафинирования стали от растворенного кислорода // Известия вузов. Черная металлургия. - № 7. - 1992. - С. 54-59.

[7] Тен Э.Б., Киманов Б.М. Исследования рафинирующих эффектов фильтрования жидких металлов // Труды международной научно-практ. конф. «Актуальные проблемы горно-металлургического комплекса Казахстана».- Караганда: КарГТУ. - 2003. - С.297-298.

Жолдубаева Ж.Д., Исин Д.К., Смагулова Ж.Б., Мажитова Л.А.

**Исследование влияния материала фильтра на активность кислорода в кремнии**

**Аннотация**. В статье представлен способ очистки металлического расплава от растворенных примесей.

Описан затравочный механизм, когда поверхность фильтра действует как подложка и на его поверхности образуется неметаллическая фаза непосредственно из расплава, не переходя в фазу разложения.

Этот механизм был экспериментально доказан методом ЭДС измерения активности растворенной примеси в расплаве.

**Ключевые слова:** фильтр, фильтрование, затравка, подложка, активность, кислород, активометр.

УДК 62-52

**G. Kim, A. Demyanenko**
(M. Kozybayev North Kazakhstan State University, Petropavlovsk, Kazakhstan.
E-mail: halle-alison@mail.ru)

**A REVIEW OF AUTOMATED HYDROPONIC SYSTEMS OF THE MAIN WORLD MANUFACTURERS**

**Abstract.** The article is devoted to the review of the equipment offered on the market, which increases the efficiency of crops growing in hydroponic greenhouses through a designed automated system. The proposed installations are an automation of the technological process, which has concentrated in itself the methods and means that allow for the production management. Automated hydroponic systems are a collection of subsystems, each of which can operate independently.

**Keywords:** hydroponic system, automated system, hydroponic methods, autonomous feed system, automatic control.

**1. Introduction**

An analysis of many studies has shown that increasing of the greenhouse vegetables production, rising their yields, improving product quality and reducing labor costs depend on the use of new progressive energy-saving technologies. One of these technologies is growing vegetables on low-capacity hydroponic systems.

Hydroponics is a method of growing plants on a controlled environment without soil. There are a large number of methods for growing plants by the hydroponic method, which differ in their methods of supplying the root system of plants with air, water, and mineral nutrition elements [1].

In order for any plant to reach its full genetic potential, it must be provided in time with the necessary substances in the right proportions. This is possible to carry out with help of hydroponic growing methods applying proper irrigation and nutrition regimes, environmental monitoring and the necessary lighting [2].

Crops grown by hydroponic methods have several advantages:

1. Rational use of space

Plants can get all the required nutrition in a limited area without competing.

2. Economy of water resources

It is known that if vermiculite serves as the root medium, the water consumption is reduced by 20 times compared to the water consumption of field plants. With soilless culture, it is often possible to use water that is completely unsuitable for plants growing on the soil. Clearing bad water for field crops is unprofitable, as it is pumped into the soil and lost. In hydroponic installations, erosion and leaching of plants by heavy rains are excluded, because all the excess water flows from the pallets through the drainage system.

3. Nutrient economy

Crops grown in hydroponics almost completely absorb all the substances from the nutrient solution.

4. Control and nutrition management

At any time, you can control the quality and quantity of elements falling into the root zone.

5. Optimal use of plant genetic potential

In most cases in hydroponics it is possible to create optimal conditions for plants in terms of nutrition, light, temperature, humidity and $CO_2$ [3].

6. Plant Care

There are no weeds in hydroponic ridges. Labor costs for irrigation, fertilization, liming and weed control are fallen away. Most hydroponic systems have access to the roots, which allows to solve possible problems with pathogens [3].

Depending on the design features, it is distinguished the following systems and methods:

- fetyl systems;
- deep water culture;
- periodic flooding systems;
- drip irrigation system;
- nutrient film technique;
- aero-hydroponics.

According to the placement methods of the systems, it is distinguished horizontal cultivation (classic placement of plants) and vertical cultivation.

Depending on the movement of the nutrient solution, hydroponic devices are open and closed systems.

In open systems, after each irrigation, some part of the nutrient solution is removed from the system. The system is widely used in industrial installation due to simplicity and cheapness of operation. In closed systems, the nutrient solution circulates from the tank to the plants and back to it.

There are also narrower methods of classification. By the presence of a substrate, it is distinguished systems with and without substrate. By the type of pump used in the system, there are some installations with an air pump and with a water pump.

In most cases, no agricultural implements and machines are needed excepting of pumps for nutrient solutions delivery. On the other hand, a hydroponic device can be almost completely automated.

Automated greenhouse management system allows a grower to get:

- saving water in large quantities;
- reducing human labor costs;
- an opportunity to receive a plentiful and qualitative harvest at any time of a year;
- high rate of cultivation;
- ability to grow fruits and vegetables in any geographic area.

**2. Methods**

Currently, there are a large number of different systems designed for any premises, climatic conditions, material capabilities. Well-known world companies such as GHE, AquaPot, Wilma and others are engaged in the development and production of these installations. The choice is wide and can satisfy any requests of the grower who wishes to engage in hydroponics.

GHE (General Hydroponics Europe) is one of the most authoritative manufacturers of fertilizers and hydroponic nutrient compounds in the world [4].

General Hydroponics offers high-quality hydroponic systems: from small sizes to large installations, from the simplest to professional ones. GHE has efficient systems at the lowest cost of both time and space. The most common GHE system among professionals, collectors and amateurs is AeroFlo [4].

AeroFlo oxygenates the nutrient solution in order to deliver oxygen, water and nutrients in perfect proportions. Thus, it creates a radical zone that surpasses everything of which can be found in nature. This system allows the grower to get strong, large plants and increased yields. For experienced gardeners looking for a way to get an early harvest and increase the productivity of growing areas, AeroFlo will provide the perfect results [5].

AeroFlo is a high-tech devices designed for everyday needs. This device provides the ideal level of oxygen in the nutrient solution, allowing a grower to get the best yields. Fast in assembly and flexible in configuration, these systems eliminate the problem of working with bulky and heavy substrates. AeroFlo is a modular and extensible system. They are suitable for all growing areas [5].

AeroFlo 80 is an AeroFlo aero-hydroponic system for growing salads, seasonings and greens with a small root system and a short life cycle, designed for 80 plants [4].

Technical characteristics of AeroFlo 80 [4]:

- 8 modules of 10 pots with a diameter of 55 mm.
- dimensions: length - 100 cm, width - 80 cm, height - 80 cm.
- aerofarm tank (45 litres).
- number of seats - 80 pieces [4].

RainForest is the most powerful and effective system from GHE, operating on the principle of aeroponics - spraying the nutrient solution onto the root system of plants [6].

The RainForest 72 system is equipped with a Vortex nebulizer that irrigates hydroponic pots from below. It creates the most favorable conditions for the root formation process. In this device, the grower can germinate seeds and grow them until maturation, which takes a possibility to minimize the stress of plants during transplantation. The large capacity of the tank helps to stabilize the pH level and the electrical conductivity of water. The central tube protects the roots from mechanical damage during circulation. Different substrates can be used in the system [6].

Technical characteristics of GHE RainForest 72:

- dimensions - 67x67x31 cm.;
- tank capacity - 60 litres;
- number of seats - 72 pieces;
- pot diameter - 5 cm.;
- network voltage - 220 V.;
- power - 26.5 watts [6].

AquaPot is a highly efficient system, which functions on the principle known as Deep Water Culture (a culture of deep immersion). Plant roots immersed in a nutrient aerated solution are the basis of the AquaPot concept [7].

The AquaPot XL8 is a combined hydroponic system (deep-water culture and drip irrigation) for 8 plants with an additional tank for solution change [7].

The system uses the same level and the composition of the solution in all the necessary capacities automatically. A drain hose is provided for draining the solution [7].

In this model, a line for returning the solution to a control bucket with a diameter of 25 mm and a line for feeding the solution with a diameter of 16 mm have been introduced [7].

Specifications AquaPot XL8:

- Capacity of the system: 9x30 litres.
- Useful capacity: 180 litres.
- Number of seats - 8 pieces.
- An internal pot: d = 16 cm.

- An air compressor for 4 channels for aeration of the solution.
- The water pump supplies the solution “from above” (drip irrigation) and circulates the solution.
- Area occupancy: $2м^2$ [7].

Wilma Pot Complete System is a development of the Atami and Nutriculture Grow System. This hydroponic system is equipped with automatic drip irrigation for a certain number of planting seats. The pots of different capacity are placed on the support platform, which lies on the tank with the nutrient solution, which is fed to each plant through drip irrigation systems. Wilma Pot Complete System can use the following substrates: expanded clay, coconut, soil and mineral. An operator adjusts the timer for the required duration and frequency of feeding the nutrient solution through droppers into the pots with a plant. Two droppers for different types of substrates are attached to this system. Wilma is ideal for plants that need to be fed often and in small portions [8].

Technical characteristics of Complete Wilma Pot System using an example of Complete Wilma Small 10 Pot System [8]:

- a tank for solution (85 litres) - 1 piece.
- a platform for installing pots - 1 piece.
- Atami pots (6 litres) - 10 pieces.
- a set of connecting pipes and fittings - 1 piece.
- Wima Pump (MJ1000) - 1 piece.
- cover on the neck of the tank - 1 pc.
- flood drippers (blue) - 10 pieces.
- arrow drippers (black) - 10 pieces [8].

Hypod Universal's Dutch Hydro Complex $1м^2$ is a hydroponic drip irrigation system consisting of modules. It is very easy to assemble, apply and can be used by people who do not have the necessary education. The Dutch Hydro Complex $1м^2$ consists of 12 modules that are usually filled with expanded clay or stone wool, it is possible to use a different substrate [9].

An individual drip hose with a sprayer fits to each hydroponic pot (11 litres) of the system. It gives the possibility to supply the plant with moisture effectively. A special drain fitting is installed in each pot, which does not allow the substrate to block the discharge of liquid. The arrangement of hydroponic pots allows the planter to move them throughout the whole structure of the hydroponic system easily, optimizing the growing process [9].

All growth modules are connected by a single drip line, through which excess solution flows into the main tank with capacity of 135 litres, located at the bottom of the system, which saves space and makes the growing system more ergonomic [9].

The pots and containers of the Hydroponic system of the Dutch Hydro Complex are made of food-grade plastic, and the flow-through elements are made of special agro pipes that do not have any toxic impurities [9].

Currently, there are a small number of fully automated hydroponic systems. There are some projects, which are devoted to automated control and management systems.

The most popular and proven appliance on the market is the OVER GROWER growth automation device. OVER GROWER is a hydroponic system based on the drip irrigation technique [10].

The OVER GROWER device is a complete automation of hydroponics for the remote growing of plants. It is a system of 8 sensors that creates ideal conditions. Each Over Grower is designed for one growing zone or for one type of plant that is at the same growth stage. The device can control the growing area from one small hydroponic appliance to a farm with size of $5000м^2$. Special conditions are not required for the room where plants grow [10].

Over Grower takes into account all the parameters of the nutrient solution and the microclimate, in which the plants grow. The device corrects these parameters and forms optimal conditions for both the best growth and development of the plant. Over Grower is built into the finished hydroponic installation [10].

Regulation of the solution acidity occurs by the addition through pumps of special acid and alkali. Based on the pH sensor readings, the pumps bring the level of acid-base balance to the specified value indicated in the pH points. Regulation of the composition of the trace elements of the solution occurs by proportional pumping of nutrients fertilizers. Based on the readings of the special sensor, pumps bring the mineralization level to a predetermined value indicated in units of concentration ppm measurement [10].

The delivery set:

1. a device with software installed on it.
2. pH sensor - 1piece (service frequency - 1 time per month).
3. Combined sensor.

4. Microclimate unit (It measures the air temperature, humidity, light and concentration of carbon dioxide).
5. Solution level sensor.
6. The control block consisting of two sockets to control both the light and cooling lamps.
7. The control block consisting of two sockets to maintain the level and change the solution.
8. The control block consisting of two sockets to control valve and exhaust of $CO_2$.
9. Power supply.
10. The instruction with access password to the user interface in the form of an electronic document.
11. Growing schemes in the form of an electronic document [10].

Some parameters are changed depending on the growth period:

- the number and composition of trace elements;
- ambient temperature;
- photo period;
- $CO_2$ concentration in the air [10].

Such parameters as acid-alkaline pH balance, water temperature, humidity level and water level in the tank should always remain stable [10].

The system uses 8 sensors that control acid-alkaline pH balance, the number of trace elements, water temperature, air temperature, humidity, illumination, water level in the tank and $CO_2$ concentration in the air [10].

E-MODE.PRO laboratory manufactures automatic equipment in order to manage and control the process of growing plants in greenhouses, using modern methods of hydroponics, aeroponics, drip irrigation and the nutrient layer [11].

Devices automate the management of such important parameters as:

- pH level of the nutrient solution;
- electrical Conductivity/Total dissolved solid level of the nutrient solution;
- the volume of nutrient solution in the tank of hydroponic and/or irrigation system;
- substrate and air humidity in the greenhouse;
- the greenhouse and nutrient solution temperature;
- ventilation, screening and airing system;
- carbon dioxide supply level;
- illumination parameters and light period [11].

Depending on the need, you can find a partially or fully automated complete set consisting of E-MODE.PRO devices [11].

The “Sunflower” device is intended for growing large crops, reaching a height of 1–1.5 m. The device is quite large with a capacious solution barrel. The design has a built-in light to stimulate growth, which is very convenient and effective [12].

The device is equipped with several platforms for plants. Thus, it is possible to grow a lot of plants. All work on the nutrient solution supply is automated. It is only necessary to change the solution from time to time [12].

The delivery set:

- a metal carcass;
- vegetative trays - 6 pieces;
- a reservoir (40 litres) for the solution;
- solution supply system;
- artificial lighting system;
- automated system management module [12].

The idea of the "Pi Rack/240" system belongs to the well-known Dutch "Pi Technics" company. "Pi Rack/240" is designed for 240 seats. It provides offline nutrient solution feed to each pot with a plant. Management is also carried out for each place separately. The mechanism of automatic ventilation provides good climatic conditions [13].

Occupying a small area, the "Pi Rack/240" is capable to produce a very high yield. The installation is ideal for both house use and commercial cultivation [13].

The following items are included in the Pi Rack / 240 set:

- a metal multi-level frame;
- seats with removable pots - 240 pieces;
- ventilation system;
- autonomous feed system for each pot;

- detailed instructions for assembling and managing the system.

"Pi Rack/240" occupies an area of $3.0м^2$ .It reaches a height of 2.2 m [13].

**3. Results**

The main elements of a hydroponic installation are the body, the lighting system, the nutrient monitoring system, monitoring system of the basic parameters of microclimate, the installation monitoring and control system [14].

Monitoring the timely supply of nutrients should occur continuously and be adjusted if necessary. In order to automate this process, it is necessary to control using special sensors:

- pH sensor that controls the level of acidity of the solution;
- total dissolved solid sensor, measuring both the level of electrical conductivity and mineral saturation of the solution;
- water temperature sensor;
- solution depth sensor.

Temperature and humidity are also monitored and adjusted using automation sensors [15].

Installation management consists of a control panel (display) located directly on the installation or may be in the form of an application for remote control and monitoring. The duties of this system include both the output of all necessary information received from the sensors and timely notification in case of abnormal situations. Electric valves, relays, peristaltic pumps, compressors and ventilation systems are also parts of the control and monitoring systems [16].

**4. Discussions**

Hydroponic automatic is a technical complex of life support with a flexible system for installing, monitoring and controlling microclimate parameters [17].

The structural organization of the hydroponic automatic installation, regardless of the type of cultivated production and location, is the same and can undergo only small quantitative changes. It is possible to not only remove or add some nodes or blocks of control, but also to regulate a specific microclimate parameter for a particular plant species [18].

The power supply systems and actuators of the functional blocks of the hydroponic automatic installation are fundamentally different depending on the location. All the above-considered systems of automatic control of hydroponic installations (systems) are a set of autonomous, independently operating closed systems of controlling their individual parameters according to a specific program.

At the same time, none of the considered automatic control systems provides feedback on the efficiency of plant growth. There is feedback only on the parameters affecting this growth. It is recommended to make adjustments to growth management programs based on the results of visual observations. That is, it is proposed to provide feedback on the effectiveness of plant growth with help of humans. This imposes certain minimum requirements for the qualification of an operator of a hydroponic installation and makes it impossible to create a fully automatic adaptive system for controlling plant growth under hydroponic conditions. It is necessary to equip the existing systems of automatic control of devices and algorithms to provide feedback on the effectiveness of plant growth.

Obviously, the automation system for hydroponics is a promising area for further research. The solution of such tasks as supply of more comfortable conditions for plant growth will make a qualitative leap in hydroponic technology. This would allow a scientist to find new possibilities of using automation systems.

The main advantage of automation is not only the accuracy of measurement and control, but also the absence of the human factor.

REFERENCES

[1] Daina Romeo, Eldbjorg Blikra Vea, Marianne Thomsen. Environmental impacts of urban hydroponics in Europe: a case study in Lyon // 25th CIRP Life Cycle Engineering (LCE). – Copenhagen, DENMARK, 2018. – V.69 – P.540-545.

[2] Hirofumi Ibayashi, Yukimasa Kaneda, Jungo Imahara, Naoki Oishi, Masahiro Kuroda and Hiroshi Mineno. A ReliableWireless Control System for Tomato Hydroponics Lyon // SENSORS. – Switzerland, 2016. – V.16. –I.5. – 15 p.

[3] Mareli Telaumbanua, Bambang Purwantana, Lilik Sutiarso1, Mohammad Affan Fajar Falah. Plant Growth Pattern Study of Hydroponics Mustard (Brassica Rapa Var. Parachinensis L.) in The Controlled Greenhouse // AGRITECH. – Indonesia, 2016. – V.36. –I.1. – P.104–110.

[4] "Aeroflo system". Available: https://www.gidroponika.su/g/gidroponnye-ustanovki/ghe-sistema/aeroflo-14-kupit.html [The date of reference: 2019 03 01].

[5] Boris Delaide, Simon Goddek, James Gott, Helene Soyeurt and M. Haissam Jijakli. Lettuce (Lactuca sativa L. var. Sucrine) Growth Performance in Complemented Aquaponic Solution Outperforms Hydroponics // WATER. – Switzerland, 2016. – V.8. –I.10.– 11 p.

[6] "Rainforest system". Available: https://4grow.com.ua/product/aeroponnaya-sistema-rainforest-72 [The date of reference: 2019 03 01].

[7] "AquaPot system". Available: http://aquapot.ru/aquapotXL8.html [The date of reference: 2019 03 01].

[8] "Wilma Pot Complete System". Available: http://svetisad.ru/svetisad.ru/product/gidroponnaya-sistema-wilma-large-8-6l-pot-complete-system [The date of reference: 2019 03 01].

[9] "Hypod Universal's Dutch Hydro Complex". Available: http://freegrower.org/gidroponnaya-sistema-dutch-hydro-complex-1m2/ [The date of reference: 2019 03 01].

[10] "Over Grower automated system". Available: http://overgrower.ru/ [The date of reference: 2019 03 01].

[11] "E-MODE automated system ". Available: https://e-mode.pro/ [The date of reference: 2019 03 01].

[12] "Sunflower automated system". Available: https://gidroponika.com/content/view/330/142/ [The date of reference: 2019 03 01].

[13] "Pi Rack/240". Available:https://www.pi-technics.com/en/products/pi-rack/ [The date of reference: 2019 03 01].

[14] Francisco Javier Ferrández-Pastor, Juan Manuel Garcia-Chamizo, Mario Nieto-Hidalgo, Jeronimo Mora-Pascual and Jose Mora-Martinez. Developing Ubiquitous Sensor Network Platform Using Internet of Things: Application in Precision Agriculture // SENSORS. – Switzerland, 2016. – V.16. –I.7. – 20 p.

[15] V.V. Al't. Set of information technologies and their role in automation of agricultural production // Agricultural machinery and technologies. – Russia, 2018. – V.12. –I.1. – P. 9–15.

[16] A. Yu.Izmailov, Ya. P.Lobachevsky, V.K. Khoroshenkov. Optimization of Technological Process Management in Plant Growing // Agricultural machinery and technologies. – Russia, 2018. – V.12. –I.3. – P. 4–11.

[17] Wemerson Pinheiro da Costa, Deyvison de Lima Oliveira, Robinson Francino da Costa. Hydroponic production system: Proposed accounting flow In accordance with CPC 29 // REVISTA AMBIENTE CONTABIL. – Brasil, 2018. – V.10. –I.1.– P. 329–346.

[18] Stephane Adamowicz, Jacques Le Bot, Ruth Huanosto Magana and Jose Fabre. Totomatix: a novel automatic set-up to control diurnal, diel and long-term plant nitrate nutrition // ANNALS OF BOTANY. – Brasil, 2018. – V.109. – I.1. – P. 309–319.

Ким Г.А., Демьяненко А.В.

**Негізгі әлемдік өндірушілердің автоматтандырылған гидропондық жүйелеріне шолу**

**Түйіндеме.** Мақала дайындалған автоматтандырылған жүйе арқылы гидропондық жылыжайларда дақылдарды өсіру тиімділігін арттыратын нарықта ұсынылған жабдықтарды шолуға арналған. Ұсынылған қондырғылар өндірісті басқаруды жүзеге асыруға мүмкіндік беретін әдістер мен құралдарды өзіне шоғырландыратын технологиялық процесті автоматтандыруды білдіреді. Автоматтандырылған гидропондық жүйелер кіші жүйелердің жиынтығы болып табылады, олардың әрқайсысы тәуелсіз жұмыс істей алады.

**Түйінді сөздер:** гидропон жүйесі, автоматтандырылған жүйе, гидропондық әдістер, автономды қоректендіру жүйесі, автоматтандырылған бақылау.

Ким Г.А., Демьяненко А.В.

**Обзор автоматизированных гидропонных систем основных мировых производителей**

**Аннотация.** Статья посвящена обзору предложенных на рынке оборудований, которые повышают эффективность выращивания культур в гидропонных теплицах путем разработанной автоматизированной системы. Предложенные установки представляют собой автоматизацию технологического процесса, сосредоточивших в себе методы и средства, позволяющих осуществлять управление производством. Автоматизированные гидропонные системы являются совокупностью подсистем, каждая из которых может независимо функционировать.

**Ключевые слова:** гидропонная система, автоматизированная система, гидропонные методы, автономная система питания, автоматизированный контроль.

УДК 629.4.025

**Z. Zhumekenova, V. Bondarev**

(M. Kozybayev North Kazakhstan State University, Petropavlovsk, Kazakhstan.

E-mail: zhumekenova82@mail.ru)

**ANALYSIS OF DEFECTS OF WHEEL PAIRS OF RAILWAY CARS AND WAYS TO ELIMINATE THEM**

**Abstract.** In this article types of defects of wheel pairs of railway cars and the main reasons of their occurrence are considered. Analytical studies have established the causes of defects and as a consequence of failures. The methods of restoring the surface of rolling wheel pairs are investigated, their features are analyzed and a method of recovery with the use of automatic arc surfacing under the flux layer is proposed.

**Key words:** wheel pair, wear, defects, restoration, surfacing.

**З.Ж. Жумекенова, В.К. Бондарев**
(Северо-Казахстанский университет им. М.Козыбаева,
Казахстан, Петропавловск
zhumekenova82@mail.ru)

# АНАЛИЗ ДЕФЕКТОВ КОЛЕСНЫХ ПАР ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВАГОНОВ И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

**Аннотация.** В статье рассмотрены виды дефектов колесных пар железнодорожных вагонов и основные причины их появления. Аналитическими исследованиями установлены причины возникновения дефектов и как следствие отказов. Исследованы способы восстановления поверхности катания колесных пар, проанализированы их особенности и предложен способ восстановления с применением автоматической дуговой наплавки под слоем флюса.

**Ключевые слова**: колесная пара, износ, дефекты, восстановление, наплавка.

**Введение.**

Колесные пары наиболее ответственные и изнашиваемые узлы вагонов, от их исправного состояния во многом зависит безопасность движения поездов и безаварийная работа подвижного состава [1]. Испытывая значительные статистические, ударные и динамические нагрузки, элементы колесной пары постоянно изнашиваются.

Как результат изнашивания формируются дефекты, имеющие широкий спектр структурных и внешних изменений. Наличие дефектов в колесных парах железнодорожных вагонов снижают эффективность их эксплуатации, а в некоторых случаях опасны и требуют ремонтно-восстановительных работ. По вине неисправностей колесных пар происходит около 80 % крушений и сходов, поэтому большое внимание уделяется своевременному и точному определению неисправностей колесных пар [2]. Неисправности колесных пар могут привести к сходам подвижного состава, изломам осей, осевых шеек или колес, отцепкам вагона от поезда в пути следования и другим нарушениям требований безопасности движения.

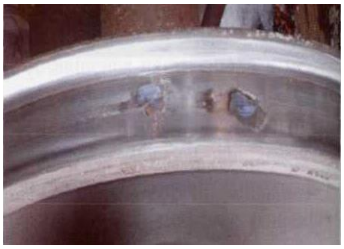
**Методы исследований.**

Во многом эффективность эксплуатации вагонов будет зависеть от структуры дефекта и пределов его возможных значений, не снижающие эксплуатационные показатели ($V_в$, $t_{пут}$, $t_{тор}$, $S_{тор}$ и т.д.). Таким образом, неизбежно наступает период времени, при котором необходимо выводить из эксплуатации вагон и ставить его на обслуживание или ремонт. Качественные характеристики надежности регламентированы ГОСТ 32192-2013, превышение которых требует замены на новые [3]. Как альтернатива замене новым колесам железнодорожных вагонов предлагаем восстановление с применением сварочных технологий. Процесс ремонта очень трудоемок, затратен и требует обоснованных сроков проведения, эффективных технологий и применения научных положений. Анализируя акты дефектации ремонтного ДПО АО «ТемирЖолы», сформулированы основные дефекты и причины их возникновения (Таблица 1) [4].

Таблица 1. **Дефекты железнодорожного вагона и причины их возникновения**

| **Вид дефекта** | **Иллюстрация** | **Причина возникновения** | **Тяжесть последствия** |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| УСТАЛОСТНЫЕ ДЕФЕКТЫ | | | |
| Трещины |  | Усталость металла при циклическом нагружении | Изменение траектории движения катящейся поверхности колеса относительно рельсы. Увеличение шума и затраченной энергии. Ударные нагрузки. |

Продолжение таблицы 1

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|
| Изломы |  | | Сход вагона с рельс. Техногенная катастрофа. Гибель пассажиров и потеря груза. Порча рельсового полотна. |
| Выкрашивание металла (выщербины, раковины) |  | | Усиление шума при движении, износ рельс, проскальзывание колеса, неэффективность эксплуатации. |
| ДЕФЕКТЫ, СВЯЗАННЫЕ С ИЗНАШИВАНИЕМ | | | |
| Ползуны |  | Изменения формы и размеров деталей в результате трения, заклинивание колесной пары | Вызывают удары, которые могут привести к разрушению деталей подвижного состава и верхнего строения пути. В зимних условиях риск разрушения увеличивается. |
| Навары |  | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| РАЗРУШЕНИЕ | | | |
| Отколы |  | Из-за усталостного разрушения поверхностных слоев металла, термотрещины, скрытые пороки металла | Сход колесной пары. |
| Выщербины |  | | Образование трещин, направленных вглубь колеса. Увеличение трещин приводит к разрушению обода и диска колеса. |
| ПОВРЕЖДЕНИЯ | | | |
| Местное уширение обода |  | Пластическая деформация металла под действием нормальных циклических сил | Повреждение элементов верхнего строения пути. |
| НАРУШЕНИЕ СПЛОШНОСТИ МЕТАЛЛА | | | |
| Трещины в ступице, продольные трещины |  | Дефекты металлургического и прокатного происхождения | Разрушение элементов колесной пары. |

Для исследования дефектов колесных пар проведем анализ распределения видов дефектов по конструктивным элементам ходовой части железнодорожного вагона.




**Рис. 1.** Виды отказов по конструкциям колесных пар

Из рисунка 1 видно, что около трети отказов приходится на подшипники ступицы вагона, именно они обеспечивают перераспределение сил и моментов, передаваемые от оси колесу [5]. Основная доля отказов приходится на колесо железнодорожного вагона. В связи с тем, что динамические нагрузки первым воспринимает поверхность колеса железнодорожного вагона, поэтому наибольшая часть отказов в конструкции колесной пары приходится на колеса. Рассмотрим подробнее некоторые основные неисправности колесных пар железнодорожных вагонов [6].

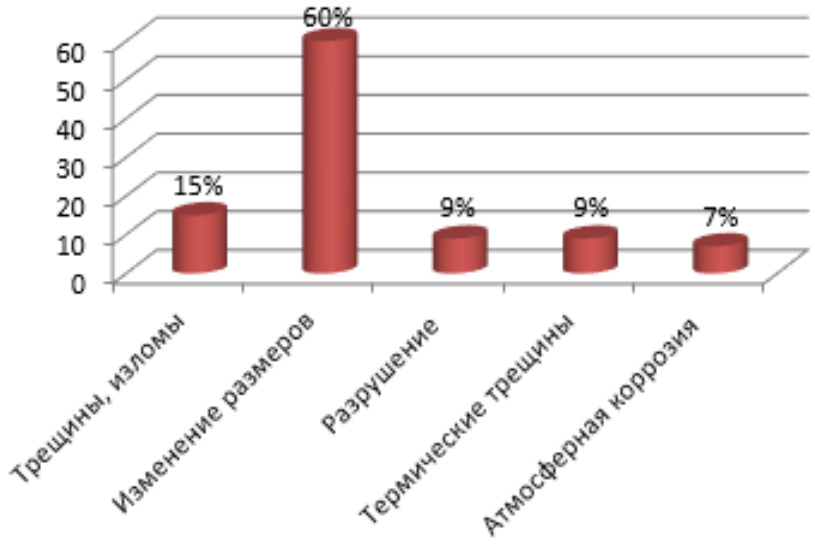



**Рис. 2**. Распределение дефектов железнодорожного колеса по видам

Анализируя гистограмму (рисунок 2) установлено, что основная доля дефектов относится к трению и износу, что составляет около 80%. Данный результат вызван высокой тоннажностью вагона и большими скоростями разгона и торможения. Также, данные процессы сопутствуют интенсивному развитию износа при высоком коэффициенте трения. Наличие сил трения формируют высокие температуры на поверхности катания, что повышает напряжения внутри структуры стальных колес.

Существуют технические и технологические особенности железнодорожных колес, соблюдение которых регламентировано нормативными документами.

Равномерный прокат колес – естественный нормальный износ от взаимодействия с рельсами и от трения тормозных колодок. При чрезмерном прокате гребень колеса может повреждать или срезать болты рельсовых креплений. Предельно допустимая величина проката колес зависит от установленной скорости движения и типа вагона. Для грузовых и рефрижераторных вагонов при скорости до 120 км/ч в эксплуатации допустимая величина равномерного проката колеса – не более 9 мм, не более 8,5 мм –

у порожних вагонов при подготовке их к перевозкам; не более 7 мм – у пассажирских дальнего следования; не более 6 мм – у пассажирских вагонов, следующих на расстоянии более 5000 км; не более 5 мм – у пассажирских, следующих при скорости более 120 км/ч. Прокат свыше нормы опасен при проходе колесом крестовин стрелочных переводов [7].

Неравномерный прокат – неодинаковый прокат, измеренный в трех различных сечениях. Неравномерный прокат возникает вследствие неравномерного износа поверхности катания из-за развития поверхностных дефектов и неоднородности свойств материала. Он опасен своим динамическим воздействием на путь и на вагон. У грузовых вагонов допустимая величина неравномерного проката колеса в эксплуатации не более 1 мм.

Ползун – плоский участок на поверхности катания колеса, возникающий при истирании в месте соприкосновения колеса с рельсом при движении заблокированных колес юзом. Колесо с ползуном при движении издает характерный стук и опасно тем, что создает насечки на рельсах, а при больших ползунах может быть сход вагона. При выпуске вагонов из текущего ремонта допускается ползун не более 0,5 мм [8]. В эксплуатации под грузовыми вагонами бракуют колеса с ползунами глубиной более 1 мм. При глубине ползуна от 1 до 2 мм разрешается довести вагон до ближайшего пункта технического обслуживания, имеющего средства для замены колесных пар, со скоростью: пассажирский – не свыше 100 км/ч, грузовой – не свыше 70 км/ч. При глубине ползуна от 2 до 6 мм допускается следование поезда до ближайшей станции со скоростью 15 км/ч, а при глубине от 6 до 12 мм - со скоростью 10 км/ч. При ползуне свыше 12 мм разрешается вывести поезд с перегона до ближайшей станции со скоростью 10 км/ч при условии исключения возможности вращения колесной пары.

Навар – термомеханическое повреждение (смещение металла на поверхности обода колеса высотой более допускаемого), интенсивная пластическая деформация металла возникает при кратковременном заклинивании колес (юзе) с появлением на поверхности катания чередующихся сдвигов металла U-образной формы. Основной причиной возникновения «навара» является нарушение процесса торможения, результатом которого является проскальзывание колеса по рельсу в течение очень коротких промежутков времени с перемещением на 20…30 мм. С появлением композиционных тормозных колодок количество колесных пар, поврежденных «наваром», резко возросло. Запрещается навар высотой: у колесных пар пассажирских вагонов более 0,5 мм; у колесных пар грузовых вагонов более 1 мм.

Выщербины – выкрашивание металла на поверхности катания. Нормы браковки для грузовых вагонов: глубина выщербины более 10 мм, длина более 50 мм. Выщербины глубиной до 1 мм не бракуют независимо от их длины.

Тонкий гребень и вертикальный подрез гребня – неравномерный по поперечному профилю колеса круговой износ, при котором угол наклона профиля боковой поверхности гребня приближается к 90°, а радиус перехода от гребня к уклону 1:10 уменьшается до 8…12 мм. Толщина гребня колеса в эксплуатации допускается не более 33 мм и не менее 25 мм на расстоянии 18 мм от вершины.

Наличие под вагонами колесных пар с вертикальным подрезом гребня может привести к сходу вагонов с рельсов при движении их по стрелочному переводу. К эксплуатации не допускаются колесные пары с вертикальным подрезом гребня высотой более 18 мм.

Остроконечный накат гребня колеса – повреждение, которое характеризуется образованием выступа по круговому периметру гребня в месте перехода его изношенной боковой поверхности к вершине.

Остроконечный накат возникает в результате пластической деформации поверхностных слоев металла гребня в сторону его вершины из-за высокого контактного давления и интенсивного трения в месте взаимодействия колеса с головкой рельса. Причинами возникновения остроконечного наката и подреза гребня являются: ненормальная работа колесной пары, неправильная установка ее в тележке, значительная разница диаметров колес на одной оси, длительная работа на пути с крутыми кривыми, изгиб оси, перекос рамы тележки, неправильная посадка колес на ось.

Ступенчатый прокат - это неравномерный по профилю круговой износ, при котором на поверхности катания образуется ярко выраженная ступень. Ступенчатый прокат возникает при смещении пятна контакта колеса и рельса в сторону фаски в основном из-за несимметричной посадки колес на ось, большой разницы диаметров колес по кругу катания, неправильной установки колесной пары в тележке или перекоса рамы тележки. Ступенчатый прокат является редкой неисправностью и наблюдается, как правило, на одном колесе колесной пары, другое же часто имеет либо повышенный износ, либо вертикальный подрез гребня.

Наибольшая глубина ступенчатого проката находится на расстоянии 25…30 мм от круга катания в сторону фаски. Колесные пары со ступенчатым прокатом исключаются из эксплуатации по нормам предельного равномерного проката, но чаще - по подрезу гребня на другом колесе.

Кольцевые выработки – неравномерный по поперечному профилю круговой износ, при котором на поверхности катания колеса образуются местные углубления с различной шириной. Такой вид износа наблюдается, как правило, у колесных пар, эксплуатируемых с композиционными тормозными колодками. Кольцевые выработки образуются главным образом по краям зоны контакта поверхности катания с тормозной колодкой. Возникновение кольцевых выработок объясняется неодинаковыми термическими условиями работы поверхностных слоев металла колеса и композиционной колодки по ширине зоны контакта и воздействием абразивных частиц пыли на поверхность трения по краям колодки. Запрещается эксплуатация колесной пары, если толщина обода колеса по кругу катания менее 22 мм - у грузовых вагонов, менее 30 мм - у пассажирских вагонов, менее 35 мм в поездах, следующих со скоростью свыше 120 км/ч, но не более 140 км/ч, а свыше 140 км/ч – не менее 40 мм.

В процессе эксплуатации вагонов колесные пары подвергаются значительным статистическим и динамическим нагрузкам, а также постоянным перепадам температуры в процессе торможения, что создает предпосылки для появления трещин на колесных парах.

Причинами трещин, как правило, являются дефекты металлургического и прокатного происхождения (пороки металла), перегрузка колесных пар, их неправильное формирование.

К числу дефектов и неисправностей колесной пары, угрожающих безопасности движения относятся: сдвиг ступицы колеса, расстояние между внутренними гранями колес не соответствует допускаемому, разность диаметров колес более допускаемой величины.

Таким образом, сформулирована научно-техническая проблема по установлению причинно-следственной связи формирования дефекта контактных поверхностей катания колесных пар железнодорожных вагонов. В связи с интенсивной эксплуатацией железнодорожных вагонов крупной тоннажности возрастает необходимость в увеличении и поддержание высокого ресурса и надежности колес. Следовательно, восстановление и ремонт колесных пар железнодорожных вагонов является актуальной задачей. Традиционными способами восстановления колесных пар железнодорожных вагонов являются наплавка, восстановление давлением и механический способ.

**Результаты аналитических исследований.**

Из производственного опыта и технических источников известно, что износ поверхности катания железнодорожных колес в процессе эксплуатации требует периодического восстановления профиля колес до первоначального размера [9,10]. В связи с этим, использование обширного спектра технологий и способов восстановления рабочего профиля колес является наиболее актуальным.

Весьма распространенными способами восстановления изношенных в процессе эксплуатации поверхностей катания железнодорожных колес являются способы, согласно которым их поверхность катания периодически обтачивают и профилируют до получения нужного профиля [11,12]. Однако использование данных способов восстановления железнодорожных колес обеспечивает восстановление только профиля, но не размера колес, что приводит к сокращению срока их службы, так как после удаления допустимого по условиям эксплуатации слоя поверхности катания колес до предельного минимального диаметра, они подлежат снятию с эксплуатации, распрессовке с осью колесной пары и сдаче в металлолом [13].

Поврежденные и изношенные детали можно восстанавливать давлением. Этот способ основан на использовании пластичности металлов, т.е. их способности под действием внешних сил изменять свою геометрическую форму, не разрушаясь. Детали восстанавливают до номинальных размеров при помощи специальных приспособлений, путем перемещения части металла с нерабочих участков детали к ее изношенным поверхностям. При восстановлении деталей давлением изменяется не только их внешняя форма, но также структура и механические свойства металла. Однако использование данного способа восстановления железнодорожных колес обеспечивает восстановление только профиля, но не размера колес, что приводит к сокращению срока их службы.

Другим более перспективным направлением восстановления поверхностей катания железнодорожных колес является наплавка металла на изношенные поверхности с последующей механической обработкой наплавленной части до получения заданных размера и рабочего профиля [14]. На изношенную наружную поверхность катания или гребня вращаемого колеса наплавляют восстановительный металл последовательным наложением кольцевых валиков от основания гребня к его вершине. Затем колесо охлаждают и подвергают механической обработке. Процесс наплавки

приводит к термическому упрочнению сформированного поверхностного слоя, что создает проблемы при механической (лезвийной или абразивной) обработке поверхности катания и не позволяет получить после механической обработки поверхности катания с заданной точностью (как по радиусу от оси вращения колеса до его поверхности катания, так и по форме рабочего профиля) и чистотой обработанной поверхности. Указанный недостаток может быть устранен выполнением термической обработки колесных пар в виде отжига или нормализации после наплавки.

Устранить существующие недостатки известных способов восстановления предлагается дуговой наплавкой под слоем флюса. Достижение данной цели возможно только при научном подходе обоснования, усовершенствования сварочного оборудования и строгой рекомендации состава флюса, технологических режимов восстановления, полученных расчетным или экспериментальным путем.

Таким образом, необходимо разработать новую технологию восстановления и контроля поверхностей катания колесных пар вагонов, направленную на использование современного наплавочного оборудования и контроля профиля колес [15].

**Обсуждение.**

1. Из анализа видов дефектов установлено, что основная доля отказа приходится на колесо вагона. Это объясняется величиной циклически действующей нагрузки и ударным моментом. Наиболее распространенный вид дефекта это изменение геометрических размеров и форм поверхности катания колеса железнодорожного вагона, а также трещины и излом.

2. Установлено, что причинами изменения геометрии колеса, появления трещин и изломов, являются заклинивание колесной пары, пороки металла, перегрузка колесной пары, нарушение требований сборки ступицы колеса и оси в квалитете допусков и посадок.

3. Основная причина низкого ресурса восстановленных деталей состоит в том, что процесс термического воздействия мало контролируемый и приводит к проблеме механической обработке поверхности катания с заданной точностью и чистотой обработанной поверхности. Нет единого способа формирования физико-механических свойств поверхности и фазовой структуры колеса вагона.

4. В современных методах и способах повышения ресурса железнодорожных вагонов требуется своевременное выявление дефектов в колесных парах и восстановление колес автоматической дуговой наплавкой под флюсом.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Лукин В.В., Анисимов П.С., Федосеев Ю.П. Вагоны. Общий курс: учебник для вузов ж.-д. трансп. / Под ред. В.В. Лукина. – М.: Маршрут, 2004. – 424 с.

[2] Филиппов В.Н., Козлов И.В., Курыкина Т.Г., Подлесников Я.Д. Общее устройство колесных пар и их неисправности, угрожающие безопасности движения/Учебно-методическое пособие. – М.: РУТ (МИИТ), 2017. – 52 с.

[3] ГОСТ 32192-2013 Надежность в железнодорожной технике. Основные понятия. Термины и определения. – Введ. 2014-07-01. – М.: Стандарт информ, 2014.

[4] Машнев, М.М. О классификации дефектов колёсных пар / М.М. Машнев, Р.С. Хрусталев // Железнодорожный транспорт. - 1968. - № 2. - с. 58-60.

[5] Лапшин В.Ф. Основы технического обслуживания вагонов: учеб. пособие/В.Ф. Лапшин, М.В. Орлов. - Екатеринбург: УрГУПС, 2006. – 375 с.

[6] Исследование цельнокатаных колёс со штампованным, катаным плоскоконическим и криволинейным диском с разработкой предложений: отчёт о НИР. - И560В-84. - М.: ВНИИЖТ. - 79 с.

[7] Шкарупо Е.С. Колесные пары: эффективная эксплуатация и ремонт/ Е.С. Шкарупо//вагонный парк. – 2007. - №2.

[8] Филиппов В.Н., Шмыров Ю.А., Козлов И.В., Курыкина Т.Г. Основные размеры и неисправности колесных пар, угрожающие безопасности движения. Методические указания для студентов специальности «Вагоны». – М.: МИИТ, 2011. – 25 с.

[9] Богданов А.Ф., Иванов И.А. Восстановление профиля поверхности катания колесных пар: учеб.пособие. - М.Ситаж.–СПб.: ПГУПС, 2000.–128 с.

[10] Тростин Е.А., Литонов В.Н., Криворотько В.М. Иллюстрированное пособие осмотрщиков вагонов. - М: 2004.

[11] Быков Б.В., Пигарев В.Е. Технология ремонта вагонов. Учебник для средних специальных учебных заведений ж.д. трансп. — М.: Желдориздат, 2001. — 559 с.

[12] Крутько Андрей А. Оптимизация технологии восстановительной токарной обработки профиля железнодорожного колеса / Андрей А.Крутько, Алексей А.Крутько // Россия молодая: передовые технологии – в промышленность. - 2013. - № 1. - С. 053-055.

[13] Бобровская И.И. Технология ремонта вагонов: учебник для уч-ся колледжей ж.д. транспорта. – Т.: Издательско-полиграфический творческий дом им. Г. Туляма, 2006. - 180 с.

[14] Воробьев А.А., Иванов И.А., Кононов Д.П. и др. Анализ методов восстановления профиля катания колесных пар // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. - 2011. - № 3. - С. 34-38.

[15] Кушнер В.С. Совершенствование технологии восстановления профиля железнодорожных колес / В.С. Кушнер, А.А. Крутько // Омский научный вестник. - 2007. - № 2(56). - С. 124-126.

Жумекенова З.Ж., Бондарев В.К.

**Теміржол вагондарының доңғалақ жұптары ақауларының талдауы және оларды жою тәсілдері**

**Түйіндеме.** Бұл мақалада теміржол вагондарының доңғалақ жұптарының ақауларының түрлері және олардың пайда болуының негізгі себептері қарастырылған. Аналитикалық зерттеулермен ақаулардың пайда болу себептері және істен шығу салдары анықталды. Дөңгелек жұптардың сырғанау бетін қалпына келтіру тәсілдері зерттелді,олардың ерекшеліктері талданды және флюс қабатының астында автоматты доғалы балқытуды қолдану арқылы қалпына келтіру тәсілі ұсынылды.

**Түйін сөздер:** дөңгелекті жұп, тозу, ақаулар, қалпына келтіру, балқыту.

УДК 629.3.027.3

**[1]D.K. Kushaliyev, T.A. Baltayev[1], [2]B.A. Yermanova**

([1]West-Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir Khan, Uralsk, the Republic of Kazakhstan
[2]Kazakhstan University of Innovative and Telecommunication Systems, Uralsk, the Republic of Kazakhstan)

**NEW STRUCTURE OF THE SLIDE BEARING FOR RETURN-ROTARY MOVEMENT WITH SPRING INSERT ON THE BASIS OF NEW PRINCIPLES.**

**Abstract.** The design of the sliding bearing for the reciprocating rotational movement with a movable spring liner, which can be used in various nodes of transport equipment and process equipment, is presented. This design of the bearing of domestic production in terms of accuracy is not inferior to the best foreign analogue.

**Key words:** bearing parts, cylindrical spring liner, conical spring liner, ratchet effect, change of liner diameter, elastic tension instead of gap.

**[1]Д.К. Кушалиев, [1]Т.А. Балтаев, [2] Б.А. Ерманова**

([1]Западно - Казахстанский аграрно - технический университет им. Жангир хана**,**
г. Уральск, Республика Казахстан
[2]Казахстанский университет инновационных и телекоммуникационных систем,
г. Уральск, Республика Казахстан)

**НОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ ПОДШИПНИКА СКОЛЬЖЕНИЯ ДЛЯ ВОЗВРАТНО-ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ С ПРУЖИННЫМ ВКЛАДЫШЕМ НА ОСНОВЕ НОВЫХ ПРИНЦИПОВ**

**Аннотация.** Представлена конструкция подшипника скольжения для возвратно-вращательного движения с подвижным пружинным вкладышем, который может быть использован в различных узлах транспортной техники и технологического оборудования. Данная конструкция подшипника скольжения отечественного производства по параметрам точности не уступают лучшим зарубежным аналогом.

**Ключевые слова:** детали подшипников, цилиндрический пружинный вкладыш, конический пружинный вкладыш, эффект храповика, изменение диаметра вкладыша, упругий натяг вместо зазора.

*Работа выполнена в рамках грантового финансирования научного проекта ИРН: AP05133348 «Функциональный тюнинг трибосопряжений транспортной техники и технологического оборудования применением новых энергосберегающих технологий для повышения их ресурса работы»*

Цилиндрическая винтовая пружина, которой является пружинный вкладыш подшипника, представляет собой брус, ось которого располагается на поверхности образующего цилиндра по винтовой линии. Такой брус носит название винтового бруса. Ось этого бруса, образующего винтовую

пружину, определяется тремя независимыми параметрами, за которые удобно принять: $D$ – диаметр образующего цилиндра (средний диаметр пружины); $\alpha$ – угол подъема оси винтового бруса; $l$ – длина оси рабочей части винтового бруса (основной части, образующей рабочие витки). Эти величины называются основными параметрами пружины [11].

Уравнения оси бруса в цилиндрических координатах (рис. 2):

$$x = \frac{D}{2}\cos\varphi; y = \frac{D}{2}\sin\varphi; z = \frac{D\varphi}{2}tg\alpha. \quad (1)$$

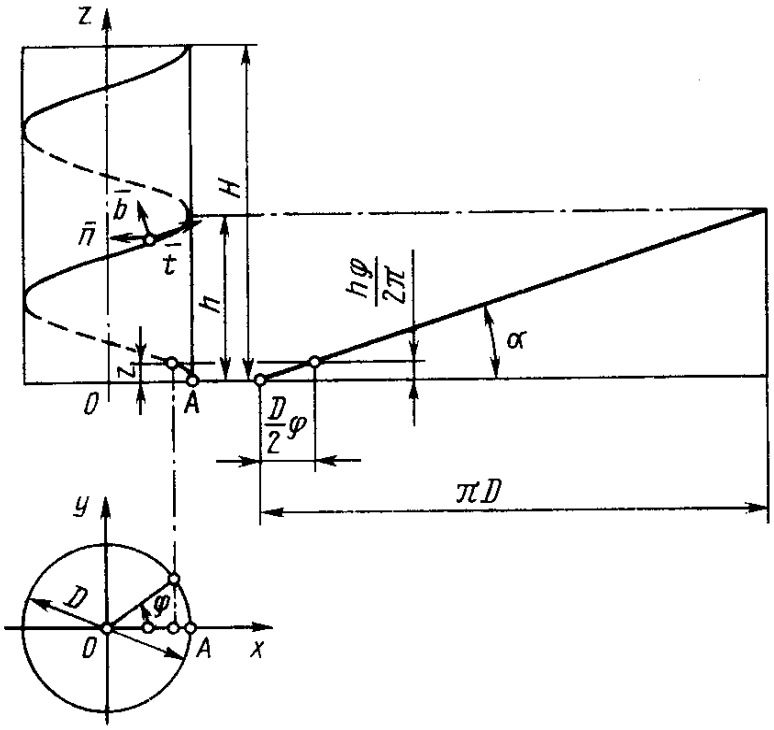



**Рис.2.** Геометрические параметры цилиндрической винтовой пружины

Ось $z$ направлена по оси пружины, ось $x$ проходит через точку А, являющуюся началом отсчета длины $l$. Полярный угол $\varphi$ отсчитываем от оси $x$.

Обозначим наибольший полярный угол как $\varphi_i$, тогда $\varphi_i=2\pi i$, где $i$ – число рабочих витков пружины.

Так как $\pi Di = \frac{D}{2}\varphi_i = l\cos\alpha$, то $\varphi_i = \frac{2l\cos\alpha}{D}$.

Отсюда можно выразить число рабочих витков пружины:

$$i = \frac{l\cos\alpha}{\pi D}. \quad (2)$$

Шаг оси винтового бруса

$$h = \pi D tg\alpha. \quad (3)$$

Длина рабочей части пружины

$$H = hi, \text{ или } H = l\sin\alpha. \quad (4)$$

При расчете пространственных кривых удобно пользоваться подвижной ортогональной системой координат, начало которой располагается в исследуемой точке кривой, а оси направляются по касательной к кривой в сторону возрастания дуги (единичный вектор оси – орт $\bar{t}$), по главной нормали по направлению к центру кривизны (орт $\bar{n}$) и по бинормали кривой (орт $\bar{b}$).

При переходе от данной точки кривой к соседней, предельно близкой точке этой кривой, естественная система координат (t, n, b) изменяет свою ориентацию в пространстве и поворачивается как твердое тело вокруг мгновенной оси вращения с некоторой угловой скоростью ω.

Как известно из дифференциальной геометрии, мгновенная угловая скорость выражается как:

$$\bar{\omega} = k\bar{t} + \aleph\bar{b}\,, \tag{5}$$

где $k$ – кручение кривой в рассматриваемой точке;

$\aleph$ – кривизна кривой в той же точке.

Следовательно, вращение около мгновенной оси состоит из вращения вокруг касательной и бинормали с условными угловыми скоростями $k$ и $\aleph$ соответственно.

Кривизна винтовой линии определяется как

$$\aleph = \frac{2\cos^2\alpha}{D}. \tag{6}$$

Кручение винтовой линии определяется по формуле

$$k = \frac{\sin 2\alpha}{D}. \tag{7}$$

Кривизну витков характеризуют отношением, называемым индексом пружины $c_u = \frac{D}{a}$, где $a$ – размер поперечного сечения в направлении нормали.

В случае, когда пружина нагружена по концам, на нее действуют силы $P$, направленные по оси $z$ пружины, и парам **M**, действующим в торцовых плоскостях, перпендикулярных оси $z$. Если пружина подвергается действию указанных нагрузок, то по условиям осевой симметрии все поперечные сечения витков, за исключением концевых, равноправны, поэтому достаточно рассмотреть одно из сечений (рис. 3).

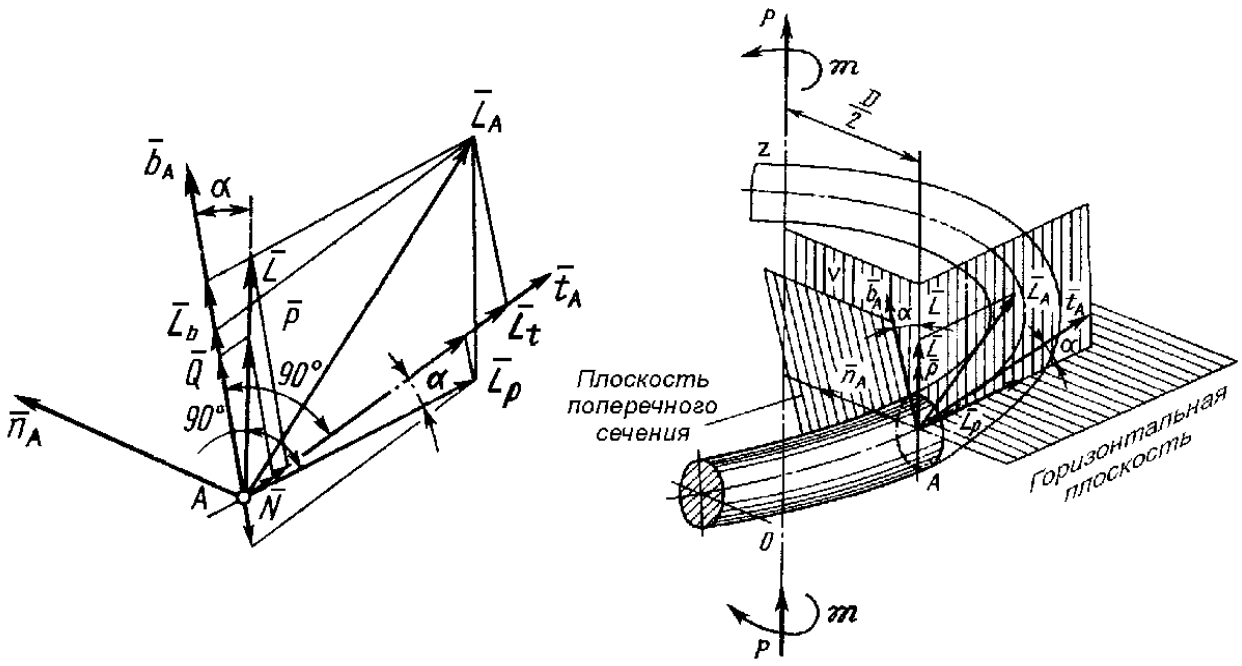



**Рис.3.** Внутренние силовые факторы в поперечном сечении витка пружины при ее нагружении

Используем систему координат $t_A$, $n_A$, $b_A$ в точке А оси витков.

Если касательная к оси витков нагруженной пружины составляет с горизонтальной плоскостью угол α, то плоскость поперечного сечения витка образует с вертикальной плоскостью V, проходящей через ось z и точку А, такой же угол.

В плоскости V находятся вектор $\bar{P}$ осевой силы и вектор $\bar{L}$ внешней пары, закручивающей пружину. Внутренние силы в сечении, уравновешивающие эту нагрузку, приводятся к равнодействующей силе $\bar{P}$ (направленной вверх), приложенной в точке А и к паре $\bar{L}_A = \bar{L} + \bar{L}_p$, где

вектор $\bar{L}_p$ равен по модулю $\frac{PD}{2}$, направлен перпендикулярно плоскости V. Внутренняя сила *P* может быть разложена в направлении осей $t_A$ и $b_A$.

Составляющая силы *P* в направлении оси $t_A$, называется нормальной силой: $N = P\sin\alpha$ и представляет собой равнодействующую нормальных сил в поперечном сечении витка площадью *F*, т. е.

$$N = \int_F \sigma_t dF, \tag{8}$$

где $\sigma_t$ - нормальное напряжение в поперечном сечении витка.

Составляющая силы *P* в направлении оси $b_A$, называется поперечной силой $Q = P\cos\alpha$ и представляет собой равнодействующую касательных сил в поперечном сечении и направлена по оси $b_A$:

$$Q = \int_F \tau_{tb} dF, \tag{9}$$

где $\tau_{tb}$ - составляющая касательных напряжений в поперечном сечении витка, параллельная оси $b_A$.

Вектор $\bar{L}_A$ полного момента внутренних сил в поперечном сечении также может быть разложен в направлении осей $t_A$ и $b_A$:

$$\bar{L}_A = \bar{L}_t + \bar{L}_b. \tag{10}$$

Вектор $\bar{L}_t$ представляет собой вектор крутящего момента $M_t$, где $\bar{L}_t = M_t \bar{t}_A$, а момент равен

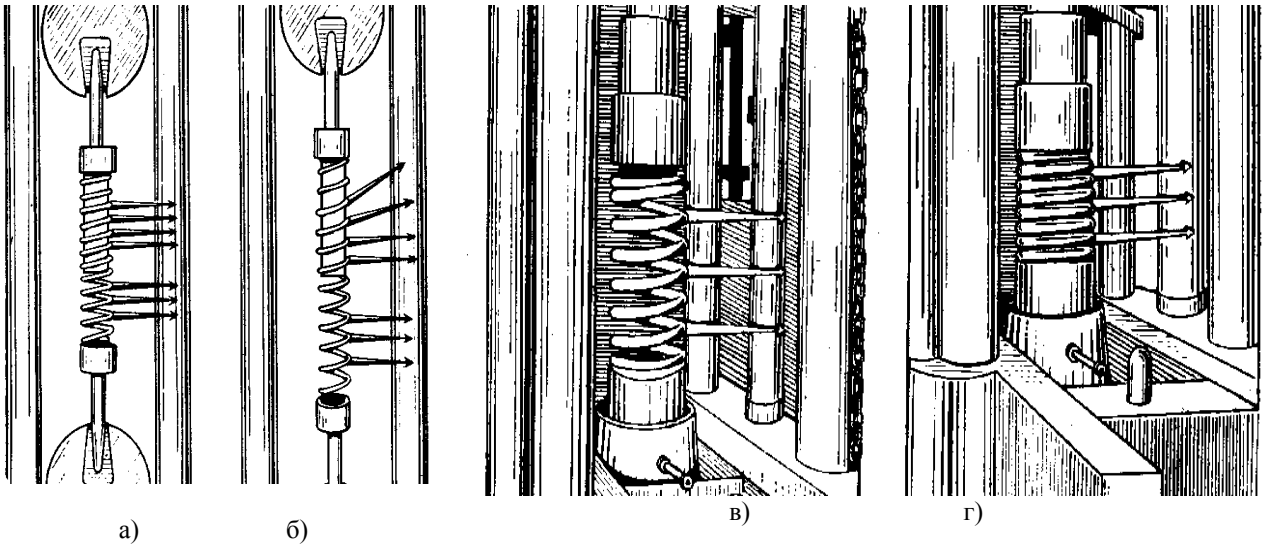
$$M_t = \mathbf{M}sin\alpha + PDcos\alpha/2. \tag{11}$$

Вектор $\bar{L}_b$ представляет вектор изгибающего момента $M_b$, где $\bar{L}_b = M_b \bar{b}_A$, а момент равен

$$M_b = \mathbf{M}cos\alpha - PDsin\alpha/2. \tag{12}$$

Силы *N* и *Q* при расчете пружинного вкладыша можно не учитывать, так как они не влияют на его посадку в подшипнике. Моменты также не оказывают влияния на посадку пружинного вкладыша, при круглом сечении винтового бруса. Разворот витка имеет место только у пружин, имеющих специальный трубчатый чехол, что экспериментально доказано [11], рис. 4б (только верхняя часть пружины), в то время как у пружин без чехла разворот витка отсутствует, рис. 4б (нижняя часть пружины) и рис. 4г.

В том случае, когда пружинный вкладыш подшипника имеет прямоугольное сечение или круглое, но со шлифованными сегментами для получения плоских рабочих поверхностей, момент $M_b$ разворачивает витки пружины в направлении ее оси *z* на угол α относительного разворота витков у пружин, вставленных в специальный трубчатый чехол (а-б) и отсутствия относительного разворота сечений витков у пружин без чехла (в-г), при их нагружении по торцам осевыми силами



а) б) в) г)

**Рис.4**. Экспериментальное подтверждение присутствия

Была изготовлена модель такого подшипникового узла (рис. 5) [12, 13]. Проведены предварительные испытания, которые подтвердили правильность выбранного решения и показали, что подшипник устойчиво работает в режиме возвратно-вращательного движения. Пружинный вкладыш стабильно поворачивается в одном направлении, что зафиксировано через специально просверленное отверстие.

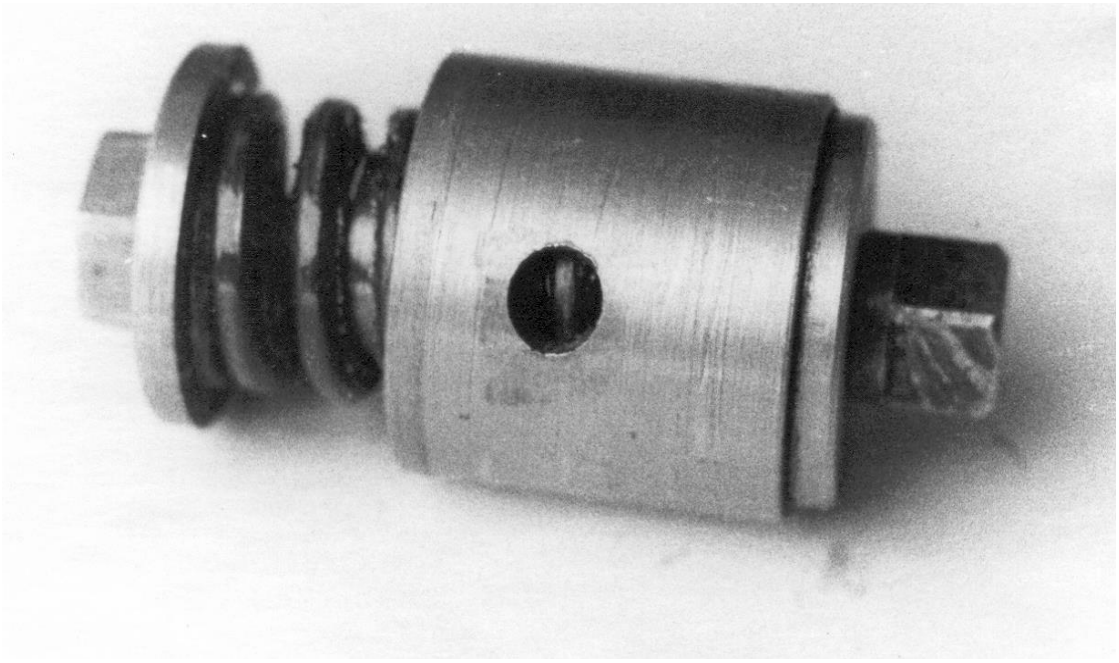


**Рис.5.** Модель подшипника для возвратно-вращательного движения

ЛИТЕРАТУРА

[1] Костецкий Б.И. Трение, смазка и износ в машинах / Б.И. Костецкий. - Киев: Техніка, 1970. - 296 с.

[2] Костецкий Б.И. Износостойкость деталей машин / Б.И. Костецкий. - Киев- Москва: Машгиз, 1950. - 168 с.

[3] Костецкий Б.И. Поверхностная прочность материалов при трении / Б.И. Костецкий. - Киев: Техника, 1976. - 326 с.

[4] Kuranov V. Unity and contrast of normal oxidizing friction and selective transfer / V. Kuranov, A. Vinogradov, A. Buzov //VII international symposium intertribo'99 proceedings tribological problems in exposed friction systems. - Slovak Republic, Stara Lesna, 1999. - P. 128 – 134.

[5] Влияние среды и свойств материалов на упрочняющее действие и активацию процессов при пластической деформации и трении / В.Г. Куранов, А.Н. Виноградов, А.В. Бузов, Ю.А. Петров, В.А. Каракозова // МЕТАЛЛДЕФОРМ'99: Сб. материалов 1-й Междунар. науч.-техн. конф. - Самара, 1999. - С. 122-126.

[6] Kuranov V. Unity and contrast of normal oxidizing friction and selective transfer / V. Kuranov, A. Vinogradov, S. Mironov // POLISH ACADEMY OF SCIENCES EXPLOITATION PROBLEMS OF MACHINES A guarterly concerning problem of tribolody, reliability, explotation, diagnostics. VOL.XXXIII, ISSUE2(114), Warshaw, 1998. - P. 239-245.

[7] Износ и безызносность: монография / В.Г. Куранов, А.Н. Виноградов, А.С. Денисов. Сарат. гос. техн. ун-т, - Саратов, СГТУ, 2000. -136 с.

[8] Пат. 2162556 РФ МПК[7] F 16 C 17/00, 33/26. Подшипник скольжения для возвратно-вращательного движения / В.Г. Куранов, А.Н. Виноградов, А.В. Бузов, Ю.А. Петров, В.А. Каракозова - № 99107058/28; Заявлено 31.03.99; Опубл. 27.01.01 // Изобретения. Полезные модели. – 2001. - №3. - С. 147.

[9] Виноградов А.Н. Подшипники скольжения для возвратно-вращательного движения на основе новых трибологических принципов и эффектов / А.Н. Виноградов, В.Г. Куранов // Восстановление и упрочнение деталей машин: Межвуз. научн. сборник. Сарат. гос. техн. ун-т, - Саратов: СГТУ, 2003.- С.175-182.

[10] Пономарев С.Д. Расчет упругих элементов машин и приборов/ С.Д. Пономарев, Л.Е. Андреева. - М.: Машиностроение. 1980. – 326 с.

[11] Андреева Л.Е. Упругие элементы приборов / Л.Е. Андреева. - М.: Машгиз. 1962. – 456 с.

[12] Куранов В.Г. Подшипник скольжения для возвратно-вращательного движения / В.Г. Куранов, А.Н. Виноградов, А.В. Бузов, В.А. Каракозова // Восстановление и упрочнение деталей машин: Межвуз. научн. сборник. Сарат. гос. техн. ун-т. – Саратов: СГТУ, 2000.- С.109-115.

[13] Виноградов А.Н. Научные основы повышения некоторых эксплуатационных характеристик трибосопряжений автомобильной техники / А.Н. Виноградов // Вестник Саратовского государственного технического университета. – Саратов: СГТУ, 2004, №1(2). - С. 58-63.

Кушалиев Д.К., Балтаев Т.А., Ерманова Б.А.

**Жаңа принциптер негізіндегі серіппелі төсемелері бар қайтарымды - айналмалы қозғалатын сырғанау мойынтіректерінің жана конструкциясы.**

**Резюме.** Жылжымалы серіппелі жапсырмасы бар қайтымды-айналмалы қозғалысқа арналған сырғанау мойынтірегінің конструкциясы ұсынылған дәлдік параметрлері бойынша ,отандық өндірістің сырғанау мойынтірегінің осы конструкциясы ең үздік шетелдік аналогтан кем түспейді.

УДК 629.3.027.3

**[1]D.K. Kushaliyev, [1]T.A. Baltayev, [2]B.A. Yermanova**

([1]West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir Khan, Uralsk, the Republic of Kazakhstan

[2]Kazakhstan University of Innovative and Telecommunication Systems, Uralsk, the Republic of Kazakhstan)

**THE DEVELOPMENT OF THE SLIDE BEARING WITH A SPRING INSERT FOR AUTOMOBILE TRANSPORT.**

**Abstract.** This design of the bearing of domestic production in terms of accuracy is not inferior to the best foreign analogue. The working surfaces of the bearing work in the mode of selective transfer, due to which the effect of imputability is ensured.

**Key words:** cylindrical spring liner, conical spring liner, ratchet effect, liner diameter change, tension instead of gap.

**[1]Д.К. Кушалиев, [1]Т.А. Балтаев, [2]Б.А. Ерманова**

**(**[1]Западно- Казахстанский аграрно - технический университет им. Жангир хана**,** г. Уральск, Республика Казахстан

[2]Казахстанский университет инновационных и телекоммуникационных систем, г. Уральск, Республика Казахстан)

**РАЗРАБОТКА ПОДШИПНИКА СКОЛЬЖЕНИЯ С ПРУЖИННЫМ ВКЛАДЫШЕМ ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА**

**Аннотация.** Данная конструкция подшипника скольжения отечественного производства по параметрам точности не уступают лучшим зарубежным аналогом. Рабочие поверхности подшипника работают в режиме избирательного переноса, за счет чего обеспечивается эффект безызностности.

**Ключевые слова:** цилиндрический пружинный вкладыш, конический пружинный вкладыш, эффект храповика, изменение диаметра вкладыша, упругий натяг вместо зазора.

*Работа выполнена в рамках грантового финансирования научного проекта ИРН: AP05133348 «Функциональный тюнинг трибосопряжений транспортной техники и технологического оборудования применением новых энергосберегающих технологий для повышения их ресурса работы»*

Энергетической основой НОТ, как было показано Б.И. Костецким [1,2,3] и развито в наших работах [4,5,6], является энергия пластической деформации (активация металла), которая частично реализуется скачкообразным возникновением пленки оксида металла. Другая ее часть переходит в потенциальную энергию пленки оксида в виде ее внутренних напряжений и ускоряет разрушение очередной пленки. Энергетической основой ИП, как оказалось, также является микропластическая деформация, которая локализована при нормальном трении в поверхностном слое (1-2 мкм) и может реализоваться как возникновением защитной структуры в виде пленки оксида (при НОТ), так и мягкого металла (Cu, Ag, Au) при ИП. В средах, содержащих кислород и влагу ИП и НОТ конкурируют в захвате поверхности и могут вытеснять друг друга, что зависит от режима и условий. В компрессоре холодильника, где окислительные процессы подавлены, а пластические деформации микрошероховатостей (на мягкой стали) возникают при естественном режиме нагружения, условия благоприятны для ИП. В двигателях внутреннего сгорания, где окисление поддерживается горением топлива и неограниченным запасом кислорода и влаги, условия благоприятны для НОТ и поэтому ИП дает временный эффект, а при продолжении эксплуатации интенсивность окислительного износа повышается за счет диспергирующего действия ПАВ. Из опыта исследований механизмов НОТ, ИП и явления фрикционной непроводимости (ФН) следуют два совместно действующих условия повышения устойчивости эффекта безызносности:

1. Активация рабочих поверхностей пластической деформацией.

2. Подавление (ограничение) окислительных процессов на рабочих поверхностях подшипников.

В традиционных подшипниках, работающих с зазором, эти условия не выполняются.

Нами предложена конструкция подшипника скольжения для возвратно-вращательного движения, в котором эти условия могут быть выполнены [7, 8, 9, 10]. С этой целью подшипник снабжен подвижным вкладышем в виде винтовой цилиндрической пружины (промежуточным элементом), который в колебательном режиме принудительно поворачивается только в одну сторону и таким образом достигается равномерность износа и распределение смазки. Натяг пружины, необходимый для достижения микропластических деформаций, создается ее поджатием. В колебательном режиме за счет закручивания или раскручивания пружинного вкладыша возникает упругое натяжение соответственно на внутренней или наружной поверхности, и он принудительно поворачивается в одном направлении (эффект храповика). Подавление окислительных процессов в предложенной конструкции легко достигается сальниковым уплотнением. Положительный эффект получается также за счет снижения адгезионной составляющей трения (трения покоя) и частичной реализации идей Н.Е. Жуковского «о движении без трения» (вращением промежуточной опоры) без использования для этого внешнего источника энергии. Подобный подшипник (рис. 1) может найти широкое применение взамен игольчатых подшипников карданного вала, сайлентблоков подвески, шарнирах рулевого управления и других шарнирных узлах, работающих в возвратно-вращательном режиме.

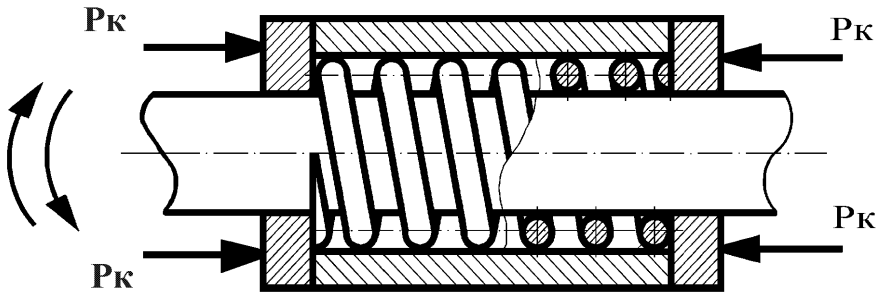



**Рис.1.** Схема подшипника с подвижным пружинным вкладышем

В разработанном группой авторов устройстве, рис. 1, задача повышения эксплуатационных характеристик достигается введением в подшипник упругого промежуточного элемента - подвижного вкладыша в виде винтовой цилиндрической пружины, регулированием усилия сжатия которого $Р_к$, на рабочих поверхностях создается уплотнение, необходимое для ограничения окислительных процессов и возникновения активации поверхности микропластической деформацией.

Стабилизация режима и равномерность износа достигается тем, что при возвратно-вращательном движении вала или наружного кольца за счет закручивания или раскручивания при этом пружинного вкладыша возникает торможение соответственно на внутренней или наружной поверхностях, и пружинный вкладыш (благодаря возникающему при этом «эффекту храповика») принудительно поворачивается только в одном направлении, зависящем от направления навивки пружины. Кроме того, постоянно в процессе работы меняется линия контакта на рабочих поверхностях, что также ведет к снижению их износа.

Для подрегулировки уплотнения, например с целью компенсации износа при ремонте, между одной из опорных шайб и торцом пружинного вкладыша при необходимости могут быть установлены регулировочные шайбы.

Для возбуждения и поддержания режима безызносности могут быть использованы (при выполнении отмеченных выше условий) различные методы, описанные в специальной литературе: введение в смазку металлоплакирующих присадок, специальная обработка методами ФАБО, применение материалов, содержащих металлоплакирующие компоненты и др.

В нашем подшипнике для возвратно-вращательного движения вкладыш представляет собой пружину, сечение которой может быть как круглым, так и квадратным, прямоугольным или иметь другую форму, например круг с параллельно срезанными сегментами. Это необходимо для того, чтобы изменять как нагрузочную способность подшипника, так и коэффициент трения в нем.

Максимальная нагрузочная способность будет у подшипника с квадратным или прямоугольным сечением пружинного вкладыша, а минимальный коэффициент трения у вкладыша с круглым

сечением. Надо учитывать также, что пружинный вкладыш, при сдавливании с торцов будет несколько изменять свои наружный и внутренний диаметры. Причем они оба будут увеличиваться, что приведет к изменению посадок на рабочих поверхностях.

Сдавливание вкладыша предлагается использовать для подрегулирования подшипника при износе его рабочих поверхностей. Все это предполагает другой подход при назначении посадок на рабочих поверхностях подшипника.

Примеры выполнения некоторых узлов агрегатов автомобилей с использованием подшипника новой конструкции приведены ниже.

Передняя подвеска большинства моделей ГАЗ, а также большинства грузовых автомобилей (например, КаМАЗ) – независимая, рычажного типа, на витых цилиндрических пружинах, работающих совместно с телескопическими амортизаторами и стабилизатором поперечной устойчивости. Смонтирована она на отъемной поперечине и представляет собой самостоятельный узел. Для облегчения управления автомобилем шкворень поворотного кулака установлен на двух игольчатых подшипниках либо бронзовых подшипниках скольжения, защищенных от попадания грязи резиновыми кольцами, а осевое усилие воспринимается упорным шариковым подшипником, закрытым специальным уплотнителем [6, 7] рис. 3. Осевой зазор между головками поворотного кулака и стойки выбирается регулировочной шайбой. Зазор после установки шайбы должен быть не более 0,2 мм. Шкворень закреплен в поворотном кулаке с помощью штифта, входящего в полукруглую лыску на верхнем конце шкворня. При эксплуатации автомобиля шкворень, работающий в колебательном режиме, изнашивается с одной стороны в результате вдавливания иголок, появляется аномальный люфт и нарушается устойчивость в управлении [7]. По инструкции этот люфт можно устранить поворотом шкворня на 90° и тем самым нагрузить ранее не работавшие поверхности. Для этого на шкворне имеется вторая полукруглая лыска. Эти меры несколько повышают общий ресурс шкворневой подвески, но не устраняют принципиального недостатка игольчатого подшипника.

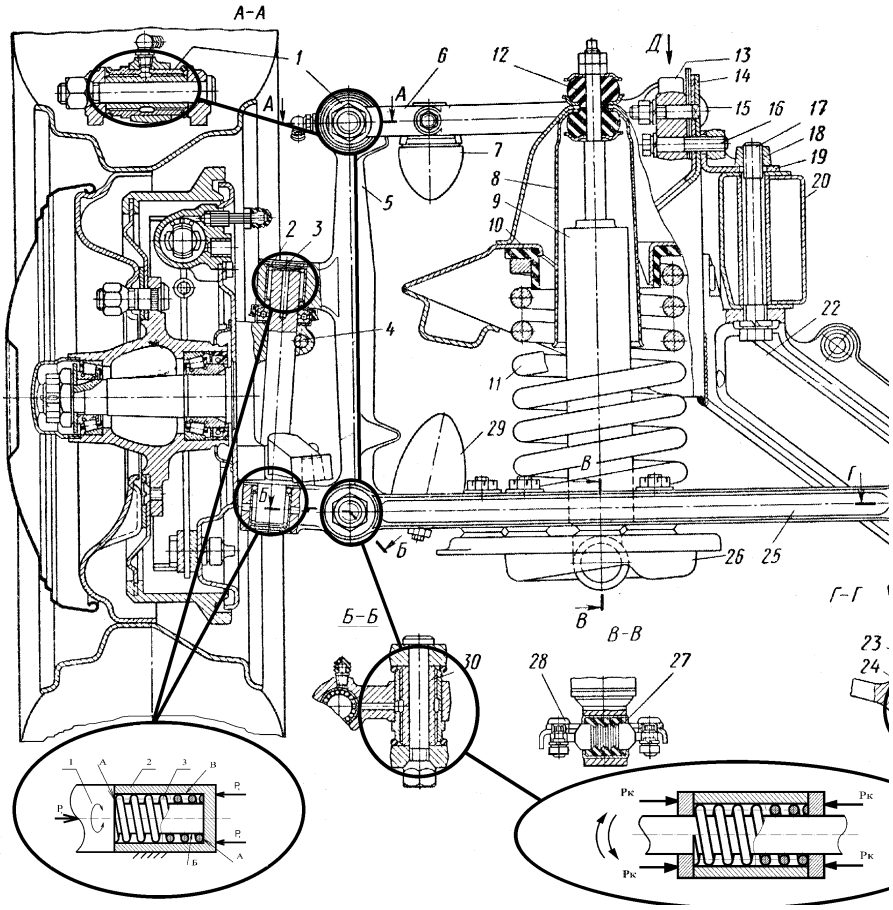



**Рис. 3.** Передняя подвеска автомобилей семейства ГАЗ с возможными вариантами замены существующих шарнирных узлов шарнирами новой конструкции

Игольчатые подшипники не вращаются, а лишь колеблются с небольшими амплитудами (в пределах контактной зоны) и фактически выполняют функцию муфты сцепления между валами с переменной несоосностью. Под действием возникающих при передаче через них крутящих моментов, высоких контактных напряжений, на рабочих поверхностях подшипников образуются вмятины, называемые «ложным бринелированием», и происходит заклинивание наиболее нагруженного подшипника. В стандартном игольчатом подшипнике внутреннее кольцо отсутствует, дорожкой качения для игл служит поверхность шкворня.

На рис. 4 представлена фотография части шкворня, по которой работали иголки подшипника, с явно выраженными вмятинами (ложным бринелированием), образовавшимися при эксплуатации в тяжелых дорожных условиях.



**Рис. 4.** Шкворень со следами износа («ложное бринелирование»)

В крестовинах карданных шарниров имеет место такой же износ, как и у подшипников шкворневой подвески. При колебательных движениях с малыми амплитудами $\Delta\alpha$ (рис. 5) и большими нормальными нагрузками $P_к$ на рабочих поверхностях кольца и шипа крестовины образуются вмятины от игл, и дальнейшая эксплуатация становится невозможной и опасной.

В литературе [8, 9, 10] описаны также опоры скольжения, содержащие неподвижные промежуточные элементы (вкладыши) в виде цилиндрических спиральных пружин с жестко закрепленными витками, которые могли бы быть использованы взамен игольчатых подшипников.

Оба эти вида подшипников имеют общие недостатки - низкую надежность и долговечность из-за возникновения схватывания, задира и заклинивания.

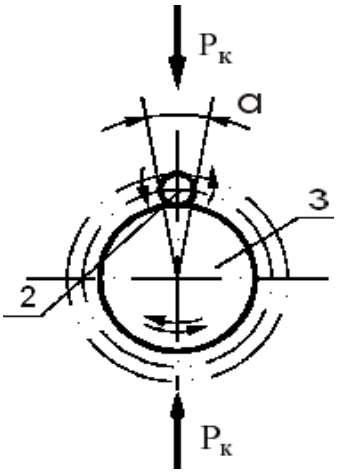



**Рис. 5.** Схема работы игольчатого подшипника в крестовине карданного вала

В игольчатых подшипниках качения [6] в качестве промежуточного элемента – вкладыша, снижающего трение используются удлиненные ролики – иголки, которые хорошо работают при больших скоростях вращения и не предназначены для возвратно-вращательного движения. Для них соответственно выбраны материалы, конструктивные схемы, методы обработки и испытаний подшипников качения. Их применение является вынужденной мерой, так как более надежных конструкций подшипников для возвратно-вращательного режима до настоящего времени не создано.

Бронзовые втулки в процессе работы также изнашиваются, большей частью неравномерно эксцентрично.

Проблема надежности и износостойкости подшипников для возвратно-вращательного (колебательного) режима не решается и применением в них неподвижных вкладышей из антифрикционных материалов (металлических, полимерных, комбинированных и др.) из-за неравномерности износа и образования местной выработки. Этот недостаток не устраняется и применением подшипников с вкладышами в виде спиральных пружин со скрепленными витками с различными сечениями проволоки, в которых вкладыш остается неподвижным и лишь улучшает распределение смазки.

В качестве примера конкретного выполнения предлагается подшипник скольжения взамен игольчатого роликоподшипника, поставляемого ОАО «СПЗ» для шкворневой подвески автомобилей ГАЗ.

В предлагаемом подшипнике скольжения, сохраняются основные детали игольчатого подшипника, кроме набора игольчатых роликов. Вместо них в зазоре между наружным кольцом и шкворнем устанавливается подпружиненный вкладыш в виде винтовой цилиндрической пружины. Тогда, при вращении подшипника в сторону раскручивания пружинного вкладыша на его внешней поверхности образуется натяг, а на внутренней - зазор. При закручивании (от вращения подшипника в другую сторону) наоборот - на внешней поверхности вкладыша натяг исчезнет, а на внутренней возобновится. В режиме возвратно-вращательного (колебательного) движения упругий пружинный вкладыш будет при этом принудительно поворачиваться в одном направлении, зависящем от направления навивки пружины, и, таким образом, будут достигнуты стабилизация режима и равномерность износа.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Износ и безызносность: монография / В.Г. Куранов, А.Н. Виноградов, А.С. Денисов. Сарат. гос. техн. ун-т, - Саратов, СГТУ, 2000. -136 с.

[2] Движение без трения и износа: учеб. пособие. / В.Г. Куранов, А.Н. Виноградов. Сарат. гос. техн. ун-т,- Саратов: СГТУ, 2007. – 52 с.

[3] Пат. 2162556 РФ МПК[7] F 16 C 17/00, 33/26. Подшипник скольжения для возвратно-вращательного движения / В.Г. Куранов, А.Н. Виноградов, А.В. Бузов, Ю.А. Петров, В.А. Каракозова - № 99107058/28; Заявлено 31.03.99; Опубл. 27.01.01 // Изобретения. Полезные модели. – 2001. - №3. - С. 147.

[4] Виноградов А.Н. Подшипники скольжения для возвратно-вращательного движения на основе новых трибологических принципов и эффектов / А.Н. Виноградов, В.Г. Куранов // Восстановление и упрочнение деталей машин: Межвуз. научн. сборник. Сарат. гос. техн. ун-т, - Саратов: СГТУ, 2003.- С.175-182.

[5] Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие для вузов. Изд. 7-е, стер./ В.Е. Гмурман. – М.: Высш. шк. 2000. - 479 с.

[6] Подшипники качения: справочное пособие. под ред. Н.А. Спицина и А.И. Спришевского. - М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1961. - 828 с.

[7] Автомобиль «Волга» ГАЗ-24. / В.И. Борисов, А.И. Гор, В.Ф. Гудов, и др. - М.: Машиностроение, 1972. - 384 с.

[8] А.с. 1368520 СССР, МКИ[3] F16C 33/26 Опора скольжения / В.Б. Гурик (СССР). - № 3848187/25-27; заявл. 28.01.85; опубл. 23.01.88, Бюл. № 3. – 3 с.: ил.

[9] А.с. 1754955 СССР, МКИ[3] F16C 33/26 Опора скольжения / М.П. Копак, Н.П. Копак (СССР). - № 4832204/27; заявл. 30.05.90; опубл. 15.08.92, Бюл. № 30. – 3 с.: ил.

[10] А/с СССР № 1687951, кл. F16C 33/26 Опора скольжения / В.Б. Черкунов, Ю.П. Бусаров, Б.В. Черкунов, А.Е. Татарченко (СССР). - № 4449229 заявл. 25.05.88; опубл. 30.10.91, Бюл. № 40. – 2 с.: ил.

Кушалиев Д.К., Балтаев Т.А., Ерманова Б.А.

**Автомобиль көліктері ұшін серіппелі төсемелі сырғанау мойынтіректерін жасау**

**Резюме.** Отандық өндірістегі нақты көрсеткіштері бойынша сырғанау мойынтірегінің берілген құрылымы шетелдік аналогтардан кем түспейді.мойынтіректің жұмысшы беттері таңдалмалы ауыстыру режимінде жұмыс жасайды,соның арқасында ақауладың болмауын қамтамасыз етеді.

**Кілт сөздер:** цилиндрлік серіппелі жапсырма, конустық серіппелі жапсырма, храповиктің әсері, жапсырма диаметрінің өзгеруі, саңылаудың орнына серпімді тартқыш.

УДК 665.63: 51.001.57

**[1]B. Orazbayev, [1]S. Santeyeva, [2]K. Orazbayeva, [3]V. Makhatova, [3] A. Duskaliyev**
([1]L.N.Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,
[2]The Kazakh university of Economics, Finance and International Trade, Astana, Kazakhstan,
[3]Atyrau State University named after Kh. Dosmukhamedov, Atyrau, Kazakhstan
E-mail: batyr_o@mail.ru)

## DRILLING WASTE MANAGEMENT ON THE BASIS OF FUZZY INFORMATION

**Abstract.** The problems of waste management during drilling, the process of disposal of drill cuttings in the conditions of shortage and fuzziness of the initial information with the use of a fuzzy inference system are investigated. The main criteria for controlling the process of re-injection of suspended drill cuttings were analyzed and selected. The technology of preparation and injection of drill cuttings slurry into the underground horizon is described. A method of modeling and managing the process of disposal of drill cuttings in marine environments in a fuzzy environment using a system of fuzzy inference is proposed, which helps to overcome the problems of shortage and fuzziness of the source information due to the knowledge and experience of expert experts. The scheme and structure of the elements of the fuzzy inference system based on the Mamdani algorithm are given. The implementation of the fuzzy output system procedure was carried out in MatLab using Fuzzy Logic Toolbox.

**Key words:** drill cuttings, waste control, disposal, slurry injection system, fuzzy information, fuzzy output system, membership function.

**[1]Б.Б. Оразбаев, [1]С.А. Сантеева, [2]К.Н. Оразбаева, [3]В.Е. Махатова, [3]А. Дускалиев**
([1]Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан Республикасы, Астана қ.,
[2]Қазақ экономика, қаржы және халықаралық сауда университеті, Қазақстан Республикасы, Астана қ.,
[3]Х.Досмұхамедов атындағы Атырау мемлекеттік университеті, Қазақстан Республикасы, Атырау қ.
batyr_o@mail.ru)

## АЙҚЫН ЕМЕС АҚПАРАТ НЕГІЗІНДЕ БҰРҒЫЛАУ ПРОЦЕСІНІҢ ҚАЛДЫҚТАРЫН БАСҚАРУ

**Аннотация.** Бастапқы ақпараттар жеткіліксіз және айқын емес жағдайында айқын емес қорытындылау жүйелерін қолдану арқылы бұрғылау шламдарын пайдалану кезіндегі, бұрғылау кезіндегі қалдықтарды басқару мәселелері зерттелген. Суспензиялы бұрғылау шламдарын қайта айдау процестерін басқарудың негізгі критерийлері талданып, аңықталған. Суспензиялы бұрғылау шламдарын жер астына қайта айдау мен оны дайындаудың технологиясы сипатталған. Айқын емес қорытындылау жүйелерін қолдану арқылы, бастапқы ақпараттардың айқынсыздығын және жеткіліксіздігі мәселелерін шешу мақсатында сарапшы-мамандардың тәжірибесі мен білімі негізінде айқын емес ортада теңіз жағдайындағы бұрғылау шламдарын утилизациялау процестерін модельдеу мен басқару тәсілі ұсынылады. Мамдани алгоритмі негізінде айқын емес қорытынжылау жүйелерінің элементтері құрылымы мен сызбасы келтірілген. Айқын емес қорытындылау жүйелерің жүзеге асырылу процедуралары MatLab ортасында Fuzzy Logic Toolbox пакетін қолдану арқылы жүзеге асырылған.

**Кілтті сөздер:** бұрғылау шламдары, қалдықтарды басқару, қайта пайдалану (утилизация), суспензияны толтыру жүйесі, айқын емес ақпарат, айқын емес ортада қорытындылау жүйесі, тиістілік функциясы.

**1. Кіріспе.** Каспий теңізінің қазақстандық секторындағы (КТҚС) мұнай кен орындарын игеру кезінде мұнай операциялары: ұңғыларды бұрғылау, мұнай өндіру және тасымалдау процесстері теңіздегі су қоймасына кері әсер етіп, қалдықтардың артуына алып келеді. Сондықтан, КТҚС мұнай және газ кен орындарын игеру кезінде мұнай операциялары қалдықтарын басқару мәселелері ғылыми-техникалық өзекті мәселе болып табылады. КТҚС экологиялық күйін жақсарту және теңіз организмдеріне қолайлы жағдайлар жасау үшін, ғылыми тәсілдерге негізделген қалдықтарды басқарудың тиімді жүйесі керек. Мұндай жүйелерді құру кезінде бастапқы ақпараттың айқын еместігіне байланысты қиындықтар туындайды. Яғни, айқын емес ортада жұмыс жасай алатын басқару жүйесін құру мен оны қолданысқа енгізу талап етіледі. Мұндай жүйелер айқын емес жиындар теориясы тәсілдері негізінде, адамның, шешім қабылдаушы тұлғаланың (ШҚТ) тәжірибесі мен білімі негізінде құрылады [1 – 3].

Құрылыс-монтаждау жұмыстары және бұрғылау кездерінде жүретін мұнай операциялары қалдықтарын басқару технологиялық процестің барлық кезеңдерінде туындайды. Мұнай операциялары *қалдықтарын басқарудың* негізгі критерийлері ретінде: қалдықтарды қайта пайдалану

(утилизация) тиімділігін; экологиялық қауіпсіздікті және су ортасын қорғау шараларының тиімділігін арттыруды қарастыруға болады.

Сонымен қатар, ҚР қолданыстағы заңдары мен ержелерін сақтау қажет. Ұңғы конструкциясы күрделенгенде бұрғылау тиімділіктерінің талаптарын сақтай отырып, қалдықтарды жою және пайдаланудың қатаң ережелеріне сай болу қажет. Бұрғылау ерітінділерін, химиялық реагенттер және бұрғылау қалдықтарын утилизациялау технологияларының қазіргі заманғы жетістіктері бұрғылау ерітінділері мен химиялық реагенттерінің ең тиімді құрамдарын, бұрғылау шламын тиімді жоюмен бір мезгілде қолдануға мүмкіндік береді [4]. Стандарттар мен тиымдарды қалдықтарды басқару есептері қойылымында қолданатын технологияларды таңдаудағы шектеулер ретінде қарастыру керек. Мұнай өндіру кезінде бұрғылау шламдарын жер астына қайта айдау тәсілі қалдықтарды пайдалану тәсілдері арасында маңызды орын алады. Бұрғылау шламдары мен басқа да бұрғылау қалдықтарын жер астына тереңдеп толтыру мұнай операциялары қалдықтарын қайта пайдаланудың, әсіресе солтүстік Каспийдің қазақстандық секторы сияқты экологиялық тұрғыдан аса сезімтал жерлерінде, экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз ететін экономикалық тиімді тәсілі болып табылады [5].

Солтүстік Каспий экологиялық сезімтал аймағында қоршаған ортаға қалдықтарды тастауға қойылған тиым бұрғылау шламдарын немесе қатты өндіріс қалдықтарын теңіз түбіне әдеттегідей көмуге рұқсат етпейді. Қоршаған ортаға қалдықтарды көмуге тиым салынғанда мұнай операцияларын жүргізу барысында келесідей екі мүмкіндік бар [6]:

1) Қалдықтарды жинап, жағаға жеткізуге (skip-and-ship process), содан кейін оны арнайы аймақта көмуге болады. Бұл тәсіл қатты және сұйық қалдықтарды қайталанатын тиеуге және түсіруге байланысты қауіпсіздікті тудырады. Сондай-ақ бұл тәсіл үшін үлкен сыйымдылықты полигондарды талап етеді. Негізінде, бұл тәсіл қалдықтарды бір табиғи ортадан (теңіз) басқа ортаға (жаға, жер) ауыстыруды білдіреді;

2) Қалдықтарды жер астына айдау, яғни, олар қайдан алынса, сол жерге қайтару. Бұл тәсілдің, яғни, бұрғылау шламын қайта жер астына айдау тәсілігің артықшылықтары мынада: қалдықтарды теңізге, қоршаған ортаға тастамау принципін қанағаттандырады; теңізде де, жағада да тиеу және түсіру жұмыстарын жүргізу қажеттігі жоғалады, сондай-ақ, үлкен полигон сыйымдылығының болуын қажет етпейді; бұрғылау қалдықтарын олардың нағыз табиғи жерлеріне қайтарады; жерде қалдықтарды утилизациялау мүмкін болмаған жағдайларда, шалғай жерлерде қалдықтарды жойып, пайдаланудың экологиялық қауіпсіз тәсілі болып табылады; жинақтау және жағаға тасымалдау кезінде қалдықтарды тиеу және түсірудің қайталанатын жұмыстары кезінде қауіпсіздікті және тасымалдаумен байланысты тәуекелдерді жояды немесе азайтады.

Алайда, белгілі бір жағдайларда бұрғылау кезінде, қайтадан айдауға жарамды және материалды сенімді сақтауға болатын жер асты құрылымдары болмауы мүмкін. Әрине, мұндай жағдайда қайта айдау тәсілі жарамсыз болады және қалдықтарды утилизациялаудың басқа тәсілдерін қолдануға тура келеді [7]. Егер, сыйымдылығы үлкен қабат бар болса, онда бұрғылау шламын қайта айдау мұқият бағалауды талап етеді. Мүмкін болатын қауіптерді азайту үшін қайта айдау процесстерін орындауды, бақылауды және басқаруды, қалдықтарды утилизациялау процесінің тиімділігін арттыратын және айдалатын материалдарды берілген шекараларға локализациялау операцияларының барлық егжей-тегжейлерін зерттеп, дұрыс шешім қабылдау керек.

**2. Зерттеу тәсілі - бұрғылау шламдарын қайта айдау тәсілі, айқын емес ортада қорытындылау тәсілі.** Бұрғылау шламдарын қайта пайдалану мақсатында қайта айдау тәсілін қолданған кезде, бұрғылау шламдарын қосымша майдалау және дренаж суын, мұнайлы суды, қажет болған жағдайда теңіз суын қосу арқылы белгілі бір тығыздықтағы суспензия жер асты горизонттарына айдалады.

Қайта айдаудың танымал стандартты технологиясы шламды теңіз суымен араластыруды, содан кейін жер астына толтырылатын тұрақты тұтқыр суспензия пайда болғанға дейін басқа механикалық өңдеулермен ұнтақтау немесе осы ұңғы үшін арнайы бұрғыланған қысыммен айдауды немесе қолданыстағы өндіріс ұңғысының құбыр сыртындағы кеңістігі арқылы жүргізуді қарастырады. Мұның нәтижесінде сумен ажыратудан пайда болған жер сызаттарында суспензияларды тиімді сақтау жүзеге асады. Әдетте, қайта айдау жұмысы аяқталған соң ұңғыда немесе құбыр сыртындағы кеңістікте цемент көпір орнатылады.

Сонымен, қазып алынған, құрамында мұнайы бар қалдықтарды қайта айдау экономикалық тиімділікті қамтамасыз ете отырып, шламдарды қайта жер астына айдаудың қоршаған ортаға әсерін азайтады. Сондай-ақ, бұрғылау шламдарын, дренаж және мұнайлы суды қайта пайдаланудың бұл тәсілі бұрғылау шламдарын жағалауға тасымалдау, оларды термодесорбциялау және полигондарға көму

құрылғыларында өңдеу бойынша ұзақ және қымбат операцияларды қажет етпеуіне байланысты тиімді болып табылады.

Жалпы қалдықтарды утилизациялауды жүзеге асыру процесстерін басқаруға қажетті ақпараттың жетіспеушілігіне немесе олардың айқын емес болуына байланысты айқын емес ортада қорытындылау тәсілін қолданған тиімді болып табылады. Бұрғылау шламдарын қайта пайдалану процесін айқын емес ортада сипаттау адамның (пәндік сала сарапшысы) білімі мен тәжірибесі нәтижесінде жүзеге асырылады және айқын емес жиындар теориясы тәсілдерін пайдалануға негізделеді [1,2, 8–11].

Бұл жұмыста айқын емес ортада айқын емес қорытындылау тәсілдерін қолдану арқылы теңіз жағдайындағы бұрғылау шламдарын тиімді утилизациялау тәсілі ұсынылады. Ұсынылған тәсіл сарапшы-мамандардың білімі мен тәжірибесі негізінде бастапқы ақпараттың жетіспеушілігі мен айқынсыздығы мәселелерін шешуге мүмкіндік береді.

Продукциялық ережелер жүйесінде айқын емес қорытындылау тәсілдерін жүзеге асыратын бірнеше алгоритмдер бар екені белгілі. Олардың ішінде Мамдани, Ларсен, Цукамото алгоритмдері кең қолданыс тапқан [12–14]. Қалдықтарды басқарудағы біздің есебімізді шешу үшін Е.Мамдани (Ebrahim Mamdani) ұсынған ең әмбебап айқын емес қорытындылау алгоритм негізге алынады [13].

**3. Зерттеу нәтижелері - бұрғылау шламдарын утилизациялау процестерін басқарудың айқын емес ортада қорытындылау жүйесі**. Бұрғылау шламдарын қайта пайдалану процестерін модельдеу тәсілі және айқын емес қорытындылау жүйелері негізінде басқаруды қарастырамыз**.**

*Мамдани алгоритмін* жұмыста шешілетін бұрғылау шламдарын утилизациялау процесстерін модельдеу негізінде басқару есебін шешуге бейімдеп, негізгі кезеңдерінің сипатын қарастырайық:

1) *Айқын емес ортада қорытындылау жүйесінің ережелері базасын қалыптастыру***.** Ережелер базасы айқын емес мәлімдемелер терминдерінен тұратын шарттар мен тұжырымдар негізінде қалыптасқан айқын емес продукциялар жиынынан тұрады. Біздің есебімізде *кіріс параметрлері*, айқын емес ортада қорытындылау жүйе моделінен тыс берілетін мәндер: $\beta_1$ – «*химиялық ренагенттер көлемі*» және $\beta_2$ – «*айдау қысымы*». *Шығыс параметрлері*, модель ішінде қалыптасатын мәндер: $\beta_3$ – «*құрылғы, бұрғылау шламдарын қайта пайдалану өнімділігі*».

Ережелердің қысқартылған жазбасы ретінде біз 1-кестеде көрсетілген белгілерді пайдаланамыз.

Кесте 1. **Ережелерді қалыптастыруға модельденетін параметрлер сипаттамасы**

| **Айқын емес параметрлер мәндері деңгейлерін сипаттау** | **Белгіленуі** |
|---|---|
| Жоғары (жоғары) | *HG* |
| Орташадан жоғары (орташадан жоғары) | *HM* |
| Орташа (орташа) | *MD* |
| Орташадан төмен (орташадан төмен) | *LM* |
| Төмен (төмен) | *LW* |

Келтірілген айқын емес параметрлердің универсум жиыны 2-кестеде келтірілген. Айқын емес ортада қорытындылау жүйесі үшін алынған айқын емес продукциялар ережелері, яғни, кіріс және шығыс лингвистикалық айнымалылар арасындағы байланысты бейнелейтін лингвистикалық модельдер 3-кестеде келтірілген.

Кесте 2. $\beta_1$, $\beta_2$ **және** $\beta_3$ **айқын емес параметрлері универсумдары**

| **Айқын емес параметр** | **Айқын емес параметрлер мәндері деңгейлері** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ***HG*** | ***HM*** | ***MD*** | ***LM*** | ***LW*** |
| $\beta_1$ - химиялық реагенттер көлемі, литрмен | 40-50 | 30-40 | 20-30 | 10-20 | 1-10 |
| $\beta_2$ - айдау қысымы, фунт/дюйм$^2$ | 525-575/ 1075-1125 | 475-525/ 1025-1075 | 425-475/ 975-1025 | 375-425/ 925-975 | 325-375/ 875-925 |
| $\beta_3$ - бұрғылау шламдарын қайта пайдалану, в % | 85-100 | 60-85 | 40-60 | 15-40 | 1-15 |

Кесте 3. **Айқын емес ортада қорытындылау жүйесі үшін айқын емес продукциялар ережесі**

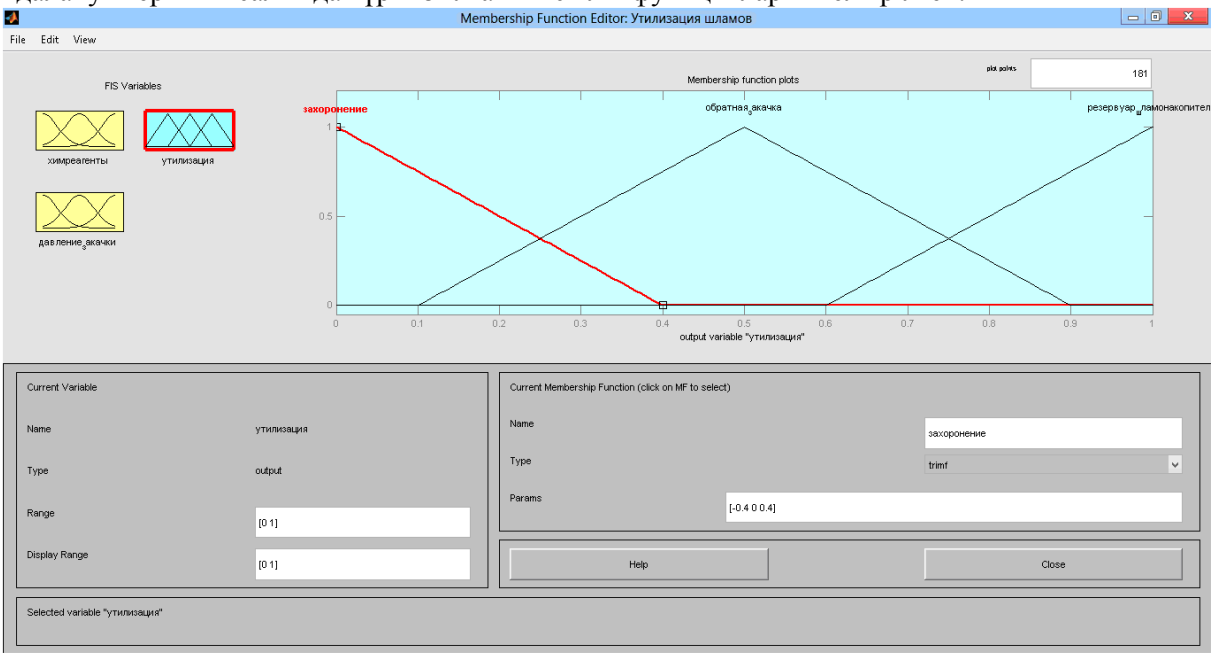
| № п/п | Кіріс параметрлері | | | Шығыс параметрлері | Салмақ коэффициенттері |
|---|---|---|---|---|---|
| | $\beta_1$ | Связка | $\beta_2$ | $\beta_3$ | |
| 1. | *HG* | AND | *LW* | *HM* | $F_1$ |
| 2. | *HG* | AND | *LW* | *MD* | $F_2$ |
| 3. | *HG* | AND | *LW* | *LM* | $F_3$ |
| 4. | *HG* | AND | *LW* | *LW* | $F_4$ |
| 5. | *HG* | AND | *LW* | *LW* | $F_5$ |
| 6. | *HM* | AND | *HG* | *HM* | $F_6$ |
| 7. | *HM* | AND | *HM* | *MD* | $F_7$ |
| 8. | *HM* | AND | *MD* | *LM* | $F_8$ |
| 9. | *HM* | AND | *LM* | *LW* | $F_9$ |
| 10. | *HM* | AND | *LW* | *LW* | $F_{10}$ |
| 11. | *MD* | AND | *HG* | *HM* | $F_{11}$ |
| 12. | *MD* | AND | *HM* | *HM* | $F_{12}$ |
| 13. | *MD* | AND | *MD* | *MD* | $F_{13}$ |
| 14. | *MD* | AND | *LM* | *LM* | $F_{14}$ |
| 15. | *MD* | AND | *LW* | *LW* | $F_{15}$ |
| 16. | *MD* | AND | *HG* | *HM* | $F_{16}$ |
| 17. | *MD* | AND | *HM* | *MD* | $F_{17}$ |
| 18. | *MD* | AND | *MD* | *MD* | $F_{18}$ |
| 19. | *MD* | AND | *LM* | *LM* | $F_{19}$ |
| 20. | *MD* | AND | *LW* | *LW* | $F_{20}$ |
| 21. | *LW* | AND | *HG* | *HM* | $F_{21}$ |
| 22. | *LW* | AND | *HM* | *MD* | $F_{22}$ |
| 23. | *LW* | AND | *MD* | *LM* | $F_{23}$ |
| 24. | *LW* | AND | *LM* | *LM* | $F_{24}$ |
| 25. | *LW* | AND | *LW* | *LW* | $F_{25}$ |

Кестенің соңғы бағанасындағы $F_1,...,F_{25}$ – мәндері [0, 1] аралығында болатын сарапшылардың қорытындыларындадағы шындыққа деген сенімділік дәрежесін көрсететін салмақ коэффициенттері.

2) *Экзогенді айнымалыларды фаззификациялау* – бастапқы ақпараттарға негізделген айқын емес жиындарының тиістілік функцияларының мәндерін табу. Бұл кезеңде жүйеге нақты анықталған мәндермен $A=\{a_1,a_2...,a_{50}\}$ кіріс айнымалыларының жиыны беріледі, сондай-ақ, алгоритмнің алдыңғы кезеңінде қалыптасқан ережелер базасы беріледі. Содан кейін, әрбір ішкі шарт бойынша теңдеудің мәні табылады: $b_i=\mu(a_i), i=1,2...,50$ – ережелер базасындағы ішкі шарттар саны, біздің есебімізде 50. Экзогендік мәндердің жиынтығы сыртқы жүйеде айқын емес қорытындылау жүйесіне байланысты алынуы керек.

Алгоритмнің фаззификациялау процедуралары және басқа процедуралар MatLab ортасында Fuzzy Logic Toolbox пакеті көмегімен жүзеге асырылды.

1-суретте айқын емес параметрлерді фаззификациялау нәтижелері «бұрғылау шламдарын қайта пайдалану» термі мысалында тұрғызылған тиістілік функциялары келтірілген.




**Сурет 1**. Айқын емес шығыс параметрлерінің тиістілік функциялары

3) *Айқын емес продукциялар ережелерінде ішкі шарттарды біріктіру*. Бұл кезеңде айқын емес қорытындылау жүйесі ережелерінің әрқайсысының шындық дәрежесі анықталады. Айқын емес продукциялардың әрбір ережелерінің шындық дәрежесін табу үшін жұпталған логикалық операцияларды қолдану керек. Мысалы, біздің жағдайымызды, бір-бірімен байланысты «және» операциясымен байланысты ішкі шарттар үшін барлық ішкі шарттардан шындықтың минималды мәндері ізделінеді: $s_j = \min\{b_{l'}\},\ j = 1,...,k,$ мұндағы $k$ – жүйедегі ережелер саны ($k$=25), $i' \in [0;1]$ - $j$ -ші айнымалыға әсер ететін ішкі шарттар жиындарының саны. Әрі қарай есептеуде тек қана ақиқат дәрежесі нөлден өзгеше (*белсенді*) шарттар қолданылады.

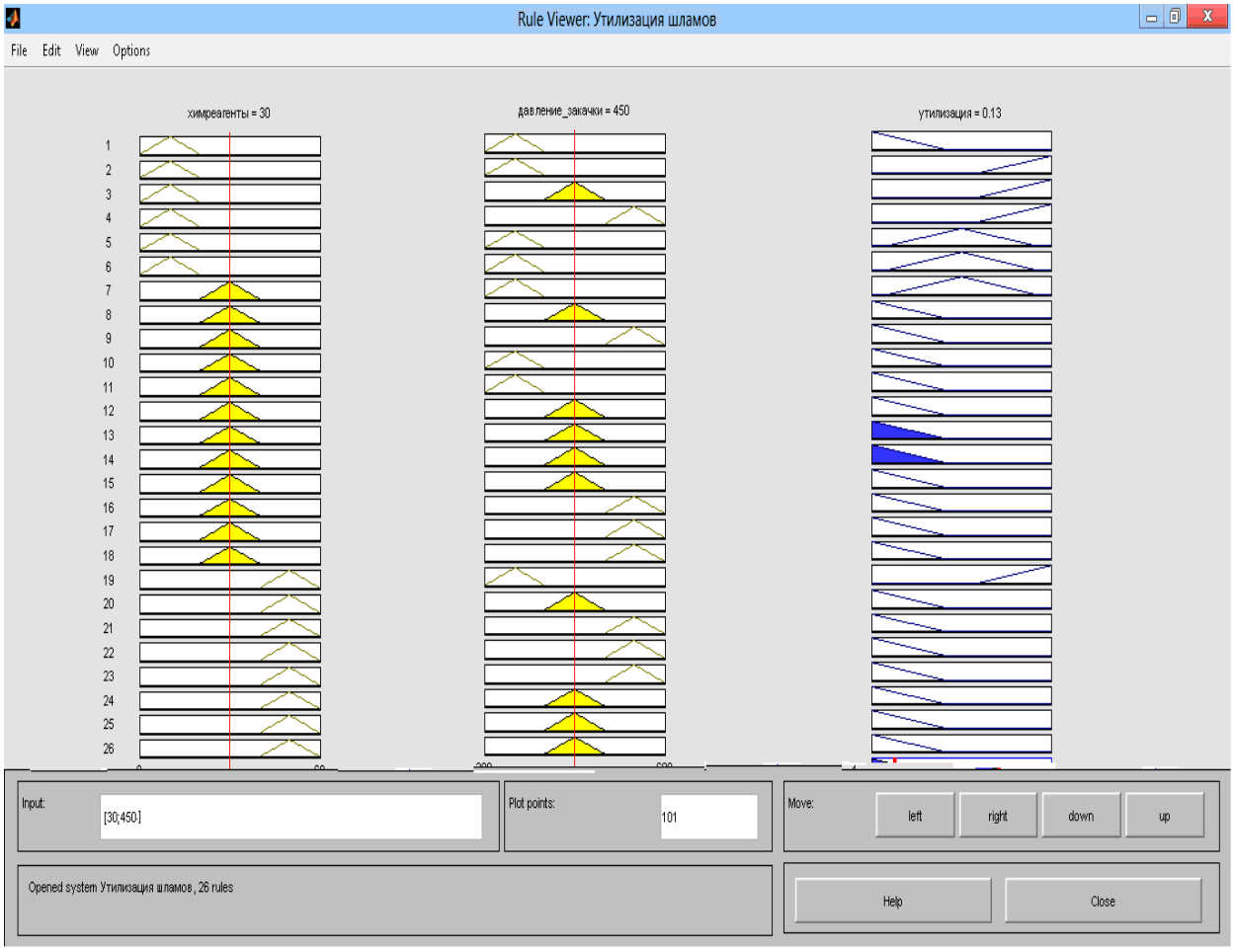
4) *Айқын емес продукциялар ережелері қосылымдарын активизациялау*. кезеңінде айқын емес қорытындылау жүйесінің әрбір ішкі тұжырымдарының шындық дәрежесі анықталады. Егер қорытынды бір ішкі тұжырымнан тұрса, онда оның шындық дәрежесі $s_{j'}$ мәнінің алгебралық туындысымен және $F_{j'}$ салмақ коэффициентімен есептеледі. Мұндағы $j' = 1,...,l$, $l$ – ережелер базасындағы ішкі тұжырымдардың барлық саны. $D = \{d_1,...,d_l\} = \{s_1F_1,...,s_lF_l\}$ жиыны анықталғаннан кейін эндогендік айнымалылар үшін әрбір ішкі шарттардан тиістілік функциясы анықталады [15]: $\tilde{\mu}(w) = \min\{d_{j'}, \mu(w)\}$, мұндағы $\tilde{\mu}(w)$ – $W$ универсиумына берілген эндогендік айнымалылар мәндері болып табылатын терминнің тиістілік функциясы. Нәтижесінде, ереженің әрбір ішкі тұжырымдарына кіретін әрбір эндогендік айнымалы айқын емес жиынның тиістілік функциясымен $D^1,...,D^l$ анықталады.

5) *Қорытындыны аккумуляциялау*. Айқын емес продукция ережесі бойынша қорытындыны аккумуляциялауды ішкі қорытындылар термдеріне сәйкес, шығысындағы лингвистикалық айнымалыларға қатысты айқын емес жиындарды біріктіру арқылы орындауға болады. Бұл кезеңнің мақсаты, $W = \{w_1,...,w_k\}$ эндогендік лингвистикалық айнымалылар жиынынан әрбір тиістілік функциясын табу үшін ішкі тұжырымдардың барлық ақиқат дәрежелерін біріктіру. Аккумуляциялаудың қажеттігі мынада, бір эндогендік айнымалыға қатысты ішкі тұжырымдар әртүрлі ережелерге қатысты болуы мүмкін. Сонымен, $w_{i'} \in W$ эндогендік айнымалылар мен оларға қатысты $D^1_{i'},...,D^l_{l'}$ айқын емес жиындар біртіндеп зерттеледі. $w_{i'}$ эндогендік айнымалысын

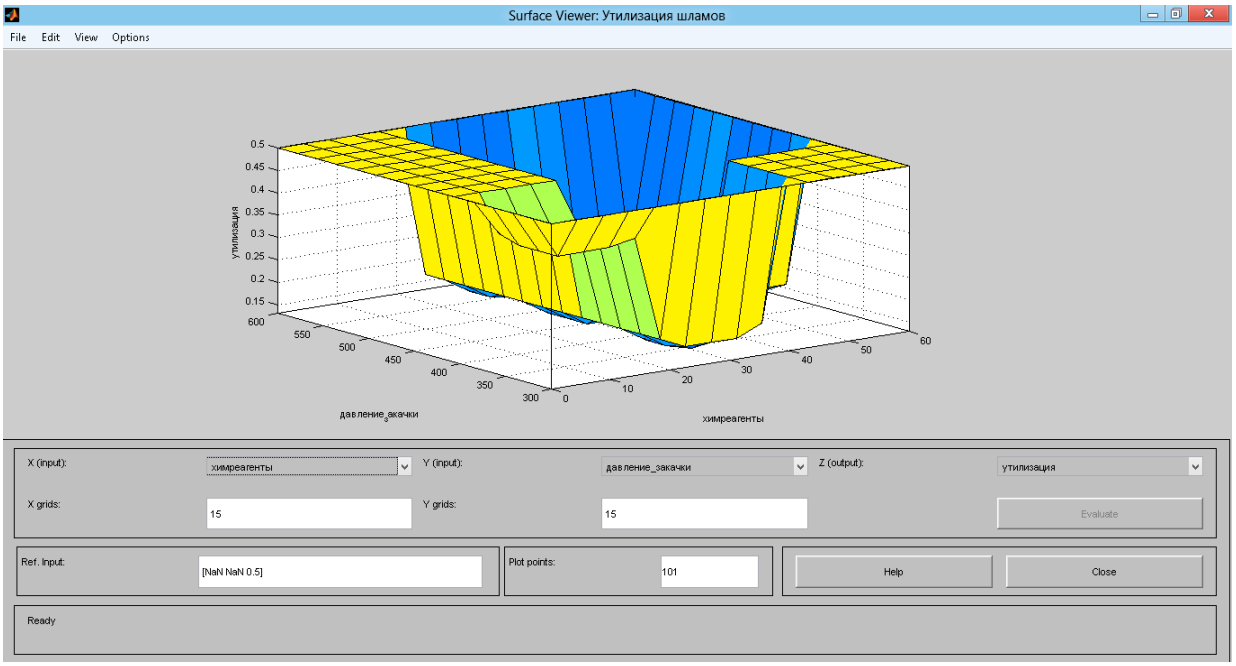
аккумуляциялаудың нәтижесі $D_{i'}^1,...,D_{i'}^l$ айқын емес жиындарды біріктіруден тұрады. Нәтижесінде әрбір эндогендік лингвистикалық айнымалы үшін айқын емес жиындар мәндерінің ақырғы тиістілік функциялары анықталу керек, соның ішінде $D_{i'}^1,...,D_{i'}^l$ айқын емес жиындар жиынтығы.

6) *Эндогендік айнымалыларды дефаззификациялау.* Алгоритмнің қорытынды кезеңінде $W=\{w_1,...,w_k\}$ жиындарында әрбір эндогендік лингвистикалық айнымалылар үшін сандық мәндерді алу көзделеді. Яғни, әрбір $w_{i'} \in W$ эндогендік айнымалы және оның айқын емес жиыны $\tilde{D}^{i'}$ біртіндеп қарастырылады. Дефаззификация нәтижесінде эндогендік лингвистикалық айнымалы әдеттегі $y_{i'}$ сандық мән түрінде анықталады. $y_{i'}$ мән беру үшін дефаззификация тәсілі, мысалы келесі формула арқылы ауырлық орталығы тәсілі қолданылады: $y=\int_{Min}^{Max} w\cdot\mu(w)dw / \int_{Min}^{Max}\mu(w)dw$, мұндағы $y$ – дефаззификация нәтижесі; $w$ – эндогендік лингвистикалық айнымалыға сәйкес айнымалы; $\mu(w)$ – аккумуляциялау кезеңінен кейінгі $w$ шығыс айнымалысына сәйкес айқын емес жиынның тиістілік функциясы; $Min$ және $Max$ – сол және оң жақ нүктелерінде қарастырылған $w$ шығыс айнымалысының айқын емес жиынтығы.

Ауырлық орталығы тәсілі арқылы дефаззификациялау кезінде әдетте (айқын емес) шығыс мән ауданның ауырлық орталығы абсциссасына тең. Ол шығыс параметріне сәйкес, тиістілік функциясының қисық графигімен шектелген [16]. 2-суретте айқын емес логикалық нәтиже визуалды түрде келтірілген. Синтезделген айқын емес жүйеге сәйкес, "кіріс-шығысты" үстінен қарағандағы түрі 3-суретте келтірілген.




**Сурет 2.** RuleViewer көмегімен айқын емес логикалық нәтижені визуализациялау




**Сурет 3**. SurfaceViwer терезесіндегі “кіріс-шығысты” кеңістігі

**4. Нәтижелерді талқылау**. Сонымен, теңіз жағдайында бұрғылау процесстерінің құрамында мұнайы бар қалдықтарын жер астына, яғни алынған жеріне қайта айдау экономикалық тиімділікті қамтамасыз етеді және шламдарды утилизациялау жұмыстарының қоршаған ортаға әсерін азайтады. Бұл тәсілдің экономикалық тиімділігі бұрғылау шламдарын жағалауға тасымалдау, оларға термодесорбциялау процесстерін жүргізу және полигондарға көму құрылғыларында өңдеу сияқты қымбат және ұзақ операцияларды қажетсіздігіне негізделген. Бұл тәсілді қолдану үшін белгілі бір шарттар орындалуы, атап айтқанда, қалдықтарды қайта айдауға жарамды және оларды сенімді сақтауға болатын жер асты құрылымдары болуы керек екендігін атап өткен жөн.

Теңіз жер асты көкжиектеріне суспензиялы бұрғыланған шламдарды қайта айдау кезінде түрлі апаттар мен төтенше жағдайларды болдырмау мақсатында бұрғылау шламдарын босаған жер астына қайта толтыру процестерін басқару жүйесі қажет болады. Бұл процесстерді жүзеге асыру барысында көптеген айқынсыздықтардың болуына байланысты айқын емес ортада қорытындылау тәсілін қолданған тиімді болып табылады. MatLab ортасында Fuzzy Logic Toolbox пакеті көмегімен айқын емес қорытындылау жүйесі жұмысын визуалды келтіру нәтижелері (сурет 3, 4) эксперттік бағалау нәтижелеріне сәйкес келетінін көрсетеді.

**5. Қорытынды.** Жұмыста айқын емес ортада айқын емес қорытындылау тәсіліне, атап айтқанда Мамдани алгоритміне негізделген жүйе жасақталып, оны оның көмегімен теңіз жағдайындағы бұрғылау шламдарын утилизациялау процесін модельдеу мен басқару тәсілі ұсынылған. Ұсынылған тәсіл сарапшы мамандардың білімі мен тәжірибесі арқасында бастапқы ақпараттың жетіспеушілігі мен айқын еместігі мәселелерін шешуге мүмкіндік береді. Тәсілдің негізгі процедуралары Мамдани алгоритміне негізделген және Fuzzy Logic Toolbox көмегімен MatLab-те жүзеге асырылған. Алынған нәтижеге негізінде, айқын емес ереже кіріс және шығыс мәндерінің бір біріне тәуелділігін сипаттайтындығы туралы қорытынды жасауға болады.

ӘДЕБИЕТ

[1] Dubois D. The role of fuzzy sets indecision sciences: Old techniques and new directions // Fuzzy Sets and Systems. 2011. V. 184. P. 3.

[2] Kuz'min V.B., Travkin S.I. The theory of fuzzy sets in control problems // Aut. and Remote Control, 2014. T.53. №11.

[3] Volin Yu.M., Ostrovsky G.M. Multicriterial Optimization of Processes under Uncertainty // Aut. and Remote Control, 2007. T.53. №3. P. 17.

[4] Хикэн Т., Гилмор А. На острие проблемы утилизации буровых отходов. Нефтегазовое обозрение. – Хьюстон: США, 2007. -С.64-79.

[5] Кенжегалиев А.К., Оразбаев Б.Б., Жумагалиев С.Ж. Исследование влияния нефтепоисковых операций на экологическое состояние КСКМ и разработка математической модели дрейфа нефтяного пятна. Отчет по грантовой НИР, -Атырау–Астана: 2014. 127 с.

[6] Нил Б., Нагел О важности обратной закачки бурового шлама. . ConocoPhillips, Хьюстон, США, 2007. -С.1.

[7] Гринин А.С., Новиков В.Н. Промышленные и бытовые отходы. Хранение, утилизация, переработка. - М., «Гранд», 2002.

[8] Карабалин У.С. Управление отходами морских нефтяных операций в условиях КСКМ с целью сохранения экологического равновесия//НТЖ Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе -Москва, № 5, 2009.

[9] Джарратино Д. Экспертные системы: принципы разработки и программирование. – 4-е изд. –М: ООО «И.Д. Вильямс», 2007. –1152 с.

[10] Рыков А.С., Оразбаев Б.Б. Системный анализ и исследование операций: Экспертные оценки. МИСиС. -М.: 1995. -115 с.

[11] Рыжов А.П. Элементы теории нечетких множеств и ее приложений. –М.: МГУ. 2003. -81 с.

[12] Larsen P.M. Industrial application of fuzzy logic control / P. M. Larsen //Internat. J. Man - Machine Stud. - 1980. - No. 12. - pp. 3-10.

[13] Mamdani E. An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller // Int.Journal of Man-Machine Studies. - 1995. - V. 7. - N 1. - P. 1-13.

[14] Tsukamoto Y. Advances in Fuzzy Set Theory Applications, chapter: An Approach to Fuzzy Reasoning Method// Amsterdam: 2010. - P. 137-149.

[15] Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А. В. Леоненков. - Спб.: «БХВ-Петербург», 2005. -736 с.

[16] Сулейменов Б.А. Интеллектуальные и гибридные системы управления технологическими процессами. -Алматы: КазНТУ им. К.И. Сатпаева, 2009, - 304 с.

Оразбаев Б.Б., Сантеева С.А, Оразбаева К.Н., Махатова В.Е., Дускалиев А.

**Управление отходами процессов бурения на основе нечеткой информации**

**Резюме.** Исследованы проблемы управления отходами при бурении, процессом утилизации буровых шламов в условиях дефицита и нечеткости исходной информации с применением системы нечеткого вывода. Проанализированы и выбраны основные критерии управления процессом обратной закачки суспензированных буровых шламов. Описана технология приготовления и закачка суспензии бурового шлама в подземный горизонт. Предлагается метод моделирования и управления процессом утилизации буровых шламов в морских условиях в нечеткой среде с применением системы нечеткого вывода, способствующий преодолению проблем дефицита и нечеткости исходной информации за счет знаний и опыта специалистов-экспертов. Приведена схема и структура элементов системы нечеткого вывода на основе алгоритма Мамдани. Реализация процедуры системы нечеткого вывода проведена в среде MatLab с помощью пакета Fuzzy Logic Toolbox.

**Ключевые слова.** буровые шламы, управление отходами, утилизация, система закачки суспензии, нечеткая информация, система нечеткого вывода, функция принадлежности.

УДК 621.311

**S. Ibragimova, R.Vakhitov**
(Kostanay State University A. Baitursynov, Kostanay, Kazakhstan
E-mail: ibargimovasvetlana75@gmail.com)

**AN APPLICATION OF SOFTWARE FOR EVALUATING ENERGY LOSSES AND POWER IN LLP «SARYARKA AUTO PROM» NETWORKS**

**Abstract.** The article considers a problem of electric energy and capacity losses reduction in industrial enterprises of a machine-building complex networks. The method of technical losses calculation and using RTP-3 modern program complex are presented. Possibilities of this method application for the estimation of stable operation parameters of LLP "SaryArkaAutoProm" electric networks, Kostanay city, Kazakhstan.

**Key words:** energy losses, electrical network, software system, method of calculation.

**С. Ибрагимова, Р. Вахитов**
(Костанайский государственный университет имени А.Байтурсынова
E-mail: ibargimovasvetlana75@gmail.com)

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И МОЩНОСТИ В СЕТЯХ ТОО «САРЫАРКА АВТО ПРОМ»**

**Аннотация.** В статье рассматривается проблема снижения потерь электрической энергии и мощности в сетях промышленных предприятий машиностроительного комплекса. Представлена методика расчета технических потерь с использованием современного программного комплекса РТП-3 и возможности его

применения для оценки параметров устойчивого режима работы электрических сетей ТОО «СарыаркаАвтоПром», г.Костанай, Казахстан.

**Ключевые слова:** потери электроэнергии, электрические сети, программный комплекс, методика расчёта.

**Введение.** Как известно, стратегия индустриально-инновационного развития Республики Казахстан ставит задачу снижения энергоёмкости экономики, одной из причин высокого показателя которой является нерациональное использование электрической энергии в системах электроснабжения. Снижение потерь электроэнергии – сложная комплексная проблема, которая требует постоянного внимания и системного подхода. Решение задач в этой области подразумевает [1]:

- значительные капитальные вложения, необходимые, в частности, как для оптимизации развития электрических сетей, так и для совершенствования системы учета электроэнергии;
- внедрение новых информационных технологий;
- обучение персонала.

Анализ энергетических систем России и Казахстана показал, что распределительные сети составляют наиболее массовую и разветвлённую часть сетей и концентрируют в себе около 78% общей величины технических потерь, в том числе сети напряжением 110–220 кВ – 28%, сети напряжением 35 кВ – 16% и сети 0,38–10 кВ – 34%.

Известно, что нормой потерь в «розничных» сетях в разных странах считается 6-10 процентов от передаваемого объема, но в Казахстане эта цифра значительно выше, в том числе и в связи с несанкционированными отборами электроэнергии, которые характерны для сетей низкого напряжения. Также причиной увеличения технологических потерь является достаточно высокий уровень износа основных средств.

Ниже представлен среднестатистический график потерь типовой электросетевой компании (рисунок 1).

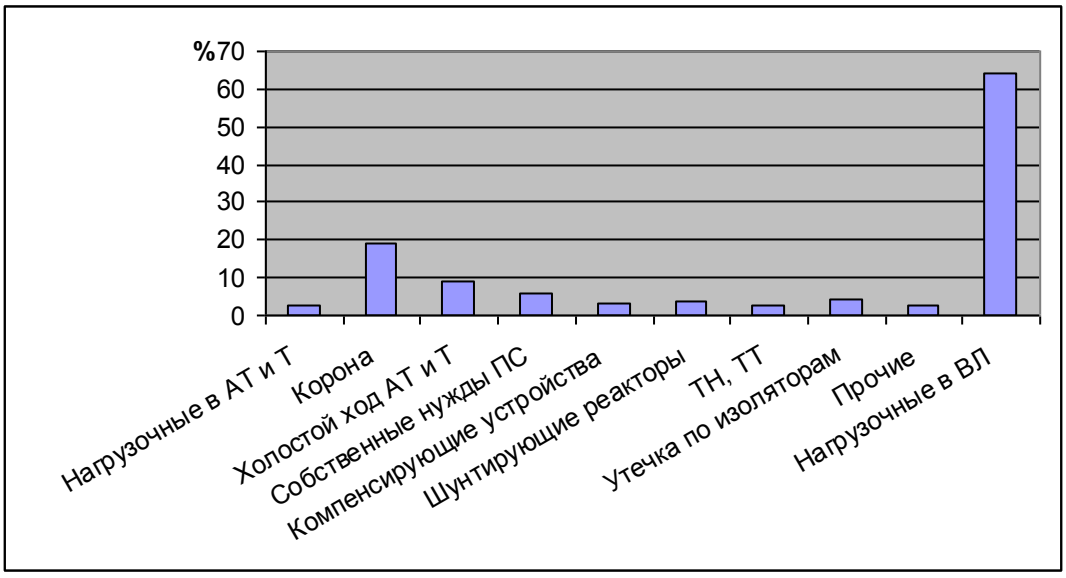



**Рис. 1.** Диаграмма распределения потерь электроэнергии

Согласно приведенной диаграмме, наибольшие потери приходятся на передачу электроэнергии по воздушным линиям и составляют порядка 64 % от их общего числа. Эффект коронирования занимает вторую позицию и равен 17 %. Поэтому, можно сделать вывод, что наибольшее количество нецелевых расходов приходится на технологический фактор.

**Методы.** Наиболее простой и наименее точной является оценочная методика расчета потерь электроэнергии по суммарной длине электрических сетей 0,4 кВ, средним удельным потерям электроэнергии на 1 км длины для средней загрузки характерных сетей [2]:

$$\Delta W_{\text{Н}0,38} = \Delta P_{\text{НУ}0,38} \cdot L_{S0,38} \cdot \tau_{0,38},$$

где $L_{S0,38}$ – суммарная длина электрических сетей 0,4 кВ, км; $\tau_{0,38}$ – время потерь для электрических сетей 0,4 кВ, час.

Средние удельные нагрузочные потери мощности на 1 км линии 0,4 кВ в часы максимума нагрузки энергосистемы, рассчитываемые по формуле[3]:

$$\Delta P_{НУ\,0,38} = 3 \cdot \left( \frac{S_{НОМ(ср)} \cdot k_{ЗГ(ср)}}{\sqrt{3} \cdot U} \cdot k_P \right)^2 \cdot R_0,$$

где $S_{НОМ(ср)}$ – средняя мощность трансформатора, кВА;
$k_{ЗГ(ср)}$ – средняя загрузка трансформатора в максимум нагрузки по данным контрольных измерений;
$k_P$ – коэффициент распределения нагрузки по длине сети;
$R_0$ – удельное сопротивление линии 0,4 кВ с маркой провода, принимаемой в расчетах средней, Ом/км.

Специалисту, осуществляющему подобные расчеты, необходимо корректировать изменения в схемах и анализировать перетоки активной и реактивной энергии. Согласно полученным отчетным балансам за расчетный период, по уровням напряжения ведется учет перетоков и потерь электрической энергии, которые далее формируют отчет по техническим потерям [4].

Совершенствование организации работ по расчетам технических потерь на предприятиях осуществляется на основе автоматизированной системы расчета и анализа. Так, в национальной энергетической системе расчеты ведутся на базе программы RASTR, а в региональных сетях и отдельных предприятиях используется комплекс РТП-3.

Основными тенденциями применения современных информационных технологий являются:

- объединение в едином комплексе нескольких расчетных модулей, работающих с единой базой данных, интегрированной с другими автоматизированными системами контроля и учёта электроэнергии[5];

- получение выражений для уточненного расчета нагрузочных потерь энергии в линиях электропередач, математического ожидания напряжения в узлах сети и потоков реактивной энергии, использование которых возможно в случае совместной обработки информации автоматизированных информационно – измерительных систем контроля и учёта электроэнергии и диспетчерского управления[6].

**Результаты и обсуждения.** Нами проведен анализ распределительной сети 110 кВ, которые которая осуществляет питание ТОО «СарыАркаАвтоПром» по двухцепной линии ВЛ-110 кВ «Северная-Дизельная 1,2», отходящей от ПС-110/10 кВ «Северная» и питающая ПС-110/10 кВ «Дизельный завод» . Объектом расчёта являются технико-экономические показатели и параметры услуг по передаче электрической энергии на долгосрочный период регулирования по сетям ТОО «Межрегионэнерготранзит», г.Костанай.

Цель расчёта состоит в определении фактических потерь электроэнергии и норматива технологических потерь электроэнергии на регулируемый период. Основными результатами проведенной работы являются:

- расчёт условно-постоянных потерь электроэнергии;
- расчёт нагрузочных потерь электроэнергии;
- расчёт потерь электроэнергии, обусловленных погрешностями системы учета электроэнергии;
- расчёт норматива потерь электроэнергии на период регулирования.

Исходные данные:

- центр питания ПС-110/10 кВ «Северная», Секция 1, Фидер ВЛ-110 кВ «Дизельная-1»
- номинальное напряжение $U_{ном}$ = 110 кВ
- коэффициент мощности нагрузки головного участка $tg\varphi$ = 0,9
- суммарная длина линии $L$ = 10,8 км;
- суммарная мощность трансформаторов ТРДН-40000/110-80У1 $S_{\Sigma T}$ = 80000 кВА;
- число часов максимальной нагрузки $T_{max}$ = 5100 ч/год;
- коэффициент формы графика нагрузки $k_ф$ = 1,15.

Для расчета построим расчетную схему распределительной сети данного участка в программе РТП-3 (рисунок 2).

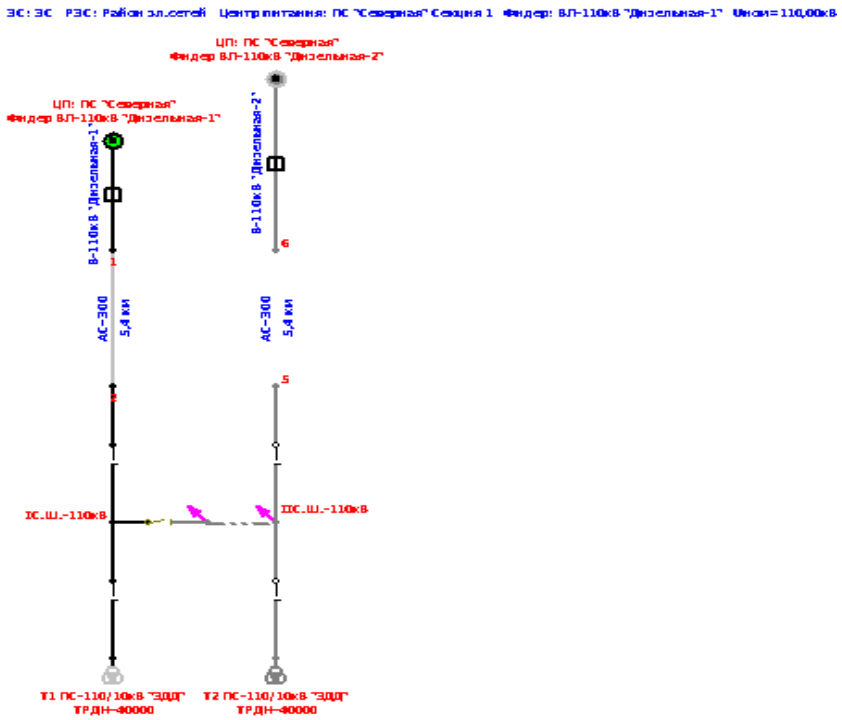
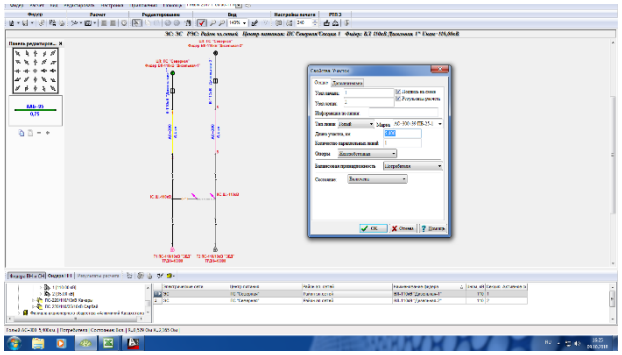
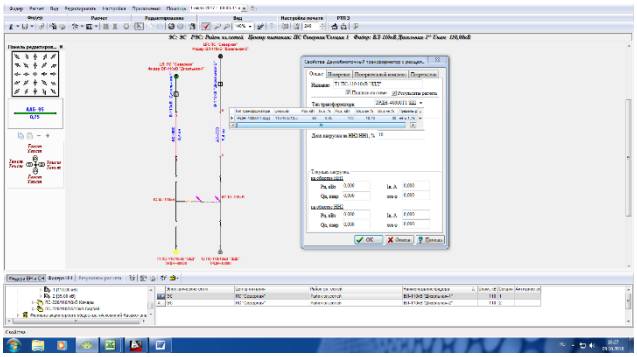



**Рис. 2.** Расчетная схема распределительной сети

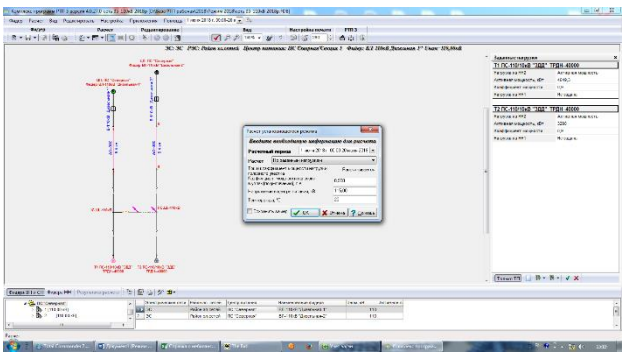
Потери электроэнергии в электрических сетях напряжением 110 кВ подтверждены расчетами с применением программного комплекса РТП-3 (рисунок 3).



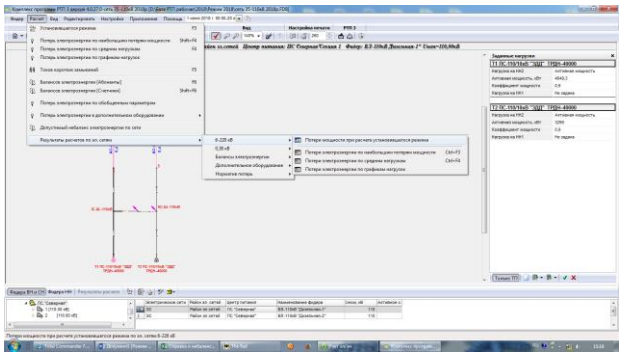
а)



б)



в)



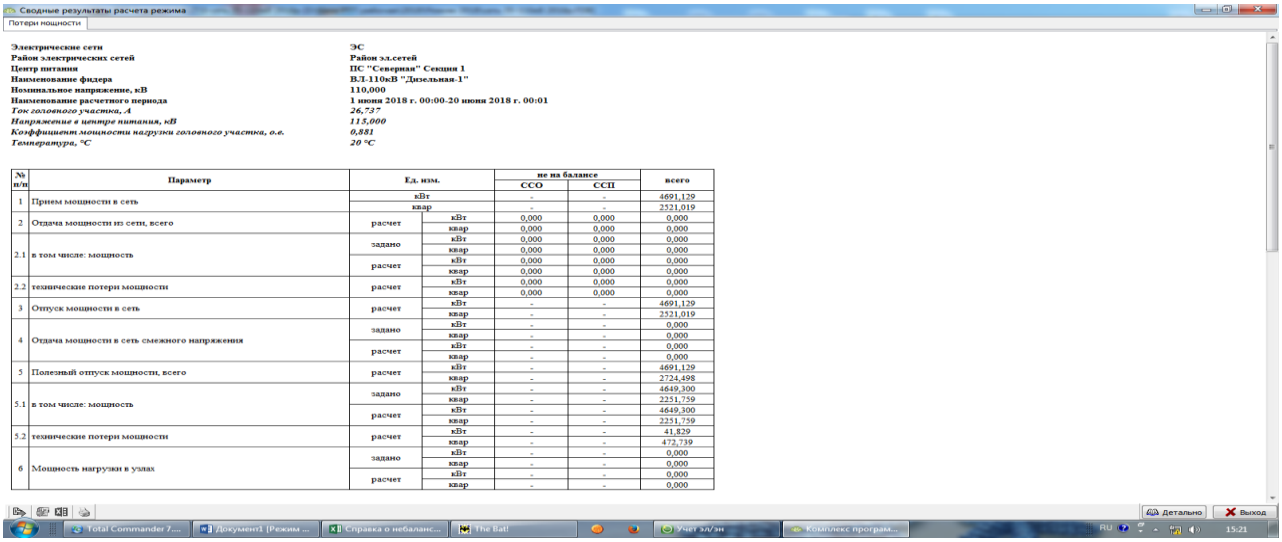
г)

**Рис. 3.** Расчет потерь электрической энергии и мощности с использованием программного комплекса РТП-3: а) внесение исходных данных и составление схемы; б) параметры силовых трансформаторов; в) расчет установившегося режима; г) расчет потерь электрической энергии.

Результаты расчета заносятся в сводную таблицу (рисунок 4, таблица 1).

Таблица 1. **Результаты расчета сети с использованием РТП-3.**

| | |
|---|---|
| Мощность головного участка (прием) | 2490,967 кВт |
| Ток головного участка | 91,9 А |
| Суммарные потери мощности в ВЛ-110 кВ | 3,558 кВт |
| Суммарные потери мощности в силовых трансформаторах | 37,081 кВт |
| Суммарные технические потери мощности | 40,6 кВт |
| Максимальные потери напряжения | 0,03 % |


Сводные результаты расчета режима

Потери мощности

| | |
|---|---|
| Электрические сети | ЭС |
| Район электрических сетей | Район эл.сетей |
| Центр питания | ПС "Северная" Секция 1 |
| Наименование фидера | ВЛ-110кВ "Дизельная-1" |
| Номинальное напряжение, кВ | 110,000 |
| Наименование расчетного периода | 1 июня 2018 г. 00:00-20 июня 2018 г. 00:01 |
| *Ток головного участка, А* | *26,737* |
| *Напряжение в центре питания, кВ* | *115,000* |
| *Коэффициент мощности нагрузки головного участка, о.е.* | *0,881* |
| *Температура, °С* | *20 °С* |

| № п/п | Параметр | Ед. изм. | | не на балансе ССО | не на балансе ССП | всего |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Прием мощности в сеть | кВт | | - | - | 4691,129 |
| | | квар | | - | - | 2521,019 |
| 2 | Отдача мощности из сети, всего | расчет | кВт | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | | | квар | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 2.1 | в том числе: мощность | задано | кВт | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | | | квар | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | | расчет | кВт | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | | | квар | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 2.2 | технические потери мощности | расчет | кВт | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | | | квар | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 3 | Отпуск мощности в сеть | расчет | кВт | - | - | 4691,129 |
| | | | квар | - | - | 2521,019 |
| 4 | Отдача мощности в сеть смежного напряжения | задано | кВт | - | - | 0,000 |
| | | | квар | - | - | 0,000 |
| | | расчет | кВт | - | - | 0,000 |
| | | | квар | - | - | 0,000 |
| 5 | Полезный отпуск мощности, всего | расчет | кВт | - | - | 4691,129 |
| | | | квар | - | - | 2724,498 |
| 5.1 | в том числе: мощность | задано | кВт | - | - | 4649,300 |
| | | | квар | - | - | 2251,759 |
| | | расчет | кВт | - | - | 4649,300 |
| | | | квар | - | - | 2251,759 |
| 5.2 | технические потери мощности | расчет | кВт | - | - | 41,829 |
| | | | квар | - | - | 472,739 |
| 6 | Мощность нагрузки в узлах | задано | кВт | - | - | 0,000 |
| | | | квар | - | - | 0,000 |
| | | расчет | кВт | - | - | 0,000 |
| | | | квар | - | - | 0,000 |

Детально | Выход

**Рис. 4.** Сводная таблица расчета

Дальнейшее совершенствование работы по нормированию потерь электроэнергии в электрических сетях должно привести к их снижению, а также к уменьшению темпов роста тарифов на электроэнергию. Налаживание ежемесячных расчетов энергетических балансов, технических потерь, допустимых и фактических небалансов электрической энергии в сетях, передача программного обеспечения, баз данных по расчетам в сетях помогут облегчить работу персонала электрических сетей.

Проведённый анализ показывает необходимость создания методов разработки и внедрения мероприятий по снижению потерь электроэнергии, адаптированных к новым экономическим условиям. В свою очередь, мероприятия по снижению потерь электроэнергии могут быть разделены на четыре группы (рисунок 5):

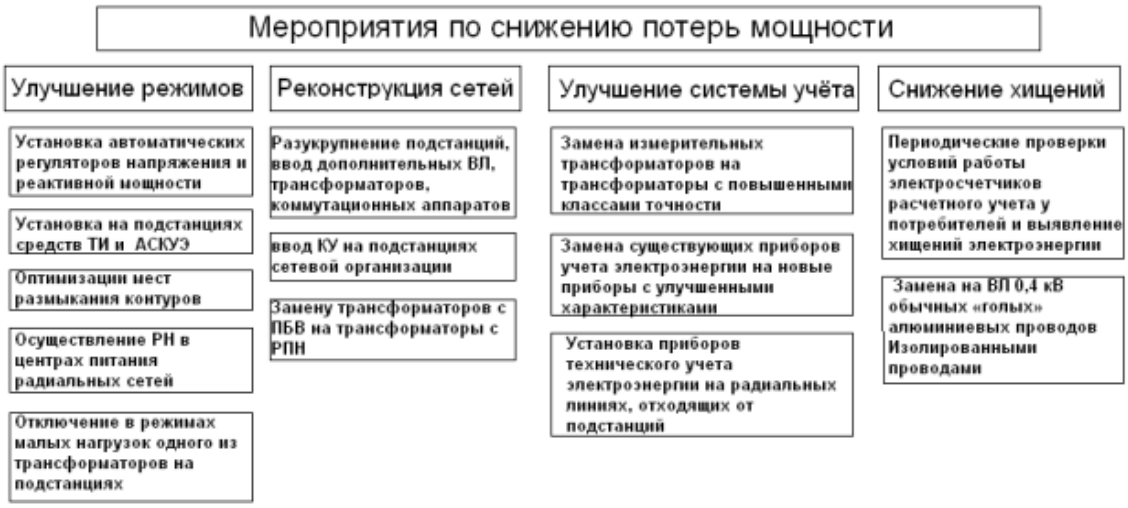



**Рис. 5.** Мероприятия по снижению потерь электроэнергии

Разработка методических рекомендаций по снижению потерь электрической энергии в элементах системы электроснабжения ТОО «СарыаркаАвтоПром» позволяет повысить качество управления и эксплуатации систем электроснабжения, минимизировать потери электроэнергии в сетях, что является актуальным при решении задач энергосбережения. Программа расчета технических потерь РТП-3, благодаря своим возможностям, существенно сокращает время на подготовку исходной информации, а, следовательно, расчет производится с наименьшими затратами.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Железко Ю.С. Потери ЭЭ. Реактивная мощность. Качество ЭЭ. Руководство для практических расчетов. - М.: ЭНАС, 2009 - 456 с.

[2] АО «Казахстанский центр модернизации и развития жилищно-коммунального хозяйства». Методика определения потерь электроэнергии на линиях до 0,4 кВ при финансовых расчетах за электроэнергию между электроснабжающей организацией и потребителем - Астана: Агентство Республики Казахстан по делам строительства жилищно-коммунального хозяйства, 2012. - 70 с.

[3] Kostinskiy S., Troitskiy A. Impact study of non-sinusoidal load parameters on real-power losses in 3-phase double-wound power transformers: method of constant coefficients // Journal of engineering and applied sciences. - 2017. - Т.12 - № 20. - Стр. 5058-5068.

[4] Voronin S.V., Matantsev A.N. Losses in trunk busbars // Russian electrical engineering. - 2018. -Т.89 — № 6. — Стр.376-380.

[5] Кононов Ю.Г. Интеграция баз данных энергосбытовых и распределительных сетевых компаний для мониторинга потерь электроэнергии// Автоматизированные системы и комплексы. – 2007. – № 2(14). – Стр. 195-202.

[6] Kavalerov B.V., Odin K.A. A software package for modeling power systems of arbitrary configurations// Russian electrical engineering. - 2017. -Т.88 — № 5. — Стр.310 -313.

Ибрагимова С., Вахитов Р.

**«Сарыарқаавтопром» жшс желілерінде электр энергиясы мен қуаттылықтың шығындарын бағалауға арналған бағдарламалық құралдарды пайдалану**

**Түйіндеме.** Мақалада машина жасау кешенінің өнеркәсіптік кәсіпорындарының желілерінде электр энергиясы мен қуаттылықтың шығындарын қысқарту мәселесі қаралады. РТП-3 заманауи бағдарламалық кешенінің қолданылуымен техникалық шығындарды есептеу әдістемесі және Қазақстан, Қостанай қ. «СарыарқаАвтоПром» ЖШС электр желілеріндегі тұрақты жұмыс тәртібінің параметрлерін бағалау үшін оны қолдану мүмкіндігі ұсынылды.

**Түйінді сөздер:** электр энергиясының шығындары, электр желілері, бағдарламалық кешен, есептеу әдістемесі.

УДК 681.32 2

**V.A. Lakhno, B.S. Akhmetov, A.A. Doszhanova, TS Kartbayev, F.W. Malikova, Zh.K. Alimseitova**

**MODELING CYBER SECURITY OF INFORMATION SYSTEMS BASED ON THE THEORY OF GAMES AND MARKOV PROCESSES**

**Abstract.** The article discusses some aspects of modeling information security circuits for information and communication systems. As a basic research paradigm, the postulates of game theory and mathematical dependencies based on Markov processes were used. Thus, it is possible to sufficiently substantively describe the procedure for selecting rational variants of cybersecurity systems. At the same time, using the model proposed by us, we can calculate the probability of cyber threats for information systems, as well as the cybernetic risks of diverse threats. Further, on the basis of the described indicators, rational contour variants are selected to protect information systems.

**Key words:** cybersecurity, Markov processes, probability of cyber threats.

**[1]В.А. Лахно, [2]Б.С. Ахметов, [3]А.А. Досжанова, [3]Т.С. Картбаев, [3]Ф.У. Маликова, [3]Ж.К. Алимсеитова**

([1] Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев, Украина
[2]Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Республика Казахстан
[3]Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, Республика Казахстан
E-mail: valss21@ukr.net, bakhytzhan.akhmetov.54@mail.ru, d_alia.81@mail.ru, t.kartbaev@aues.kz, f.malikova@aues.kz, zhuldyz_al@mail.ru)

**МОДЕЛИРОВАНИЕ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ИГР И МАРКОВСКИХ ПРОЦЕССОВ**

**Аннотация**. В статье рассмотрены некоторые аспекты моделирования контуров защиты информации для информационно-коммуникационных систем. В качестве базовой парадигмы исследования использовались постулаты теории игр и математические зависимости на основе Марковских процессов. Таким образом можно

достаточно содержательно описать процедуру отбора рациональных вариантов систем кибербезопасности. При этом с помощью, предложенной нами модели, можно рассчитывать вероятность осуществления киберугроз для информационных систем, а также кибернетические риски разноплановых угроз. Далее на основе описанных показателей выбираются рациональные варианты контуров для защиты информационных систем.

**Ключевые слова:** кибербезопасность, марковские процессы, вероятность реализации киберугроз

**1. Введение.**

Статистика роста киберпреступлений и тренд на увеличение кибератак на информационные системы (ИС), акцентировали внимание исследователей на проблематике их кибербезопасности (КБ). О важности проблемы говорит хотя бы такой факт [1, 2]. Потенциально один человек (хакер-правонарушитель), имеющий доступ к серверу ИС, за непродолжительный временной отрезок может парализовать деятельность любой конкретной системы, управляющей подачей и распределением энергии, воды, расписанием транспорта и т.п. [2]. При условии успешного преодоления систем защиты информации (СЗИ), хакеру достаточно загрузить, используя удаленный или локальный доступ к ИС, свой вредоносный код или вирус. Если ИС не будут иметь сертифицированных средств киберзащиты, то это грозит как минимум ощутимыми экономическими потерями. Мы полагаем, что, учитывая интерес инвесторов к рынку ИС, необходимо уделять должное внимание задачам их защиты от кибератак и других деструктивных информационных воздействуй. Последнее предположение позволяет говорить об актуальности темы нашего исследования.

**2. Анализ предшествующих исследований.**

Большинство проанализированных источников [1] выделяют как наиболее существенную угрозу – скоординированные нападения хакеров на ИС. Несколько компьютерных злоумышленников (далее принято – компьютерный правонарушитель или по тексту аббревиатура – КоПр) могут параллельно вести атаку на несколько узлов ИС. В силу чего имеющимся системам обнаружения вторжения (СОВ) намного сложнее идентифицировать атаки, передаваемые в рамках скоординированного нападения КоПр [2–4].

Более того, при согласованных вторжениях один из хакеров может проводить разведку, в то время как другой выполняет атаку [5]. Проведение таких атак требует согласования большого числа атакующих пакетов, рассылаемых из нескольких узлов [6].

Таким образом, для своевременного выявления атак на ИС необходимо использовать интеллектуальные СОВ [7]. В частности, для решения задачи по оценке результативности систем защиты ИС от вторжений [8]. Отметим, что в последних поколениях СОВ их неотъемлемой компонентой становятся модули для превентивной проверки ИС на наличие уязвимостей, а также для моделирования вероятностных параметров эффективной работы СОВ.

Анализ работ по данной тебматике, и в частности, публикаций последних лет, например, таких как [9-11], показал, что авторы недостаточно внимания уделяли проблематике выбора рациональных вариантов киберзащиты ИС, используя достаточно простые для последующей программной реализации модели, которые основаны на применении теории игр, а также аппарата Марковских процессов. Комбинация этих двух математических подходов представляется нам оправданной на первоначальных этапах оценивания проектов по защите ИС от деструктивного нелегитимного вмешательства в их работы со стороны разного рода компьютерных злоумышленников.

Последнее обстоятельство делает наши исследования релевантными.

**3. Цель исследования.**

Совершенствование моделей для систем защиты ИС, на основе применения теории игр и математического аппарата Марковских процессов. С помощью данного математического аппарата рассчитана вероятность осуществления угроз для ИС. В свою очередь, полученные выводы, позволят упростить отбор рационального варианта систем киберзащиты ИС.

**4. Модели и методы.**

В настоящее время КБ остается одной из наиболее динамически развивающихся областей информационных технологий и ИС. При этом одной из приоритетных является задача адекватного и достаточно прозрачного моделирования и оценивания киберугроз для ИС. Качественное оценивание угроз позволит проектировщикам ИС предусмотреть в проекте соответствующие механизмы и рубежи кибербезопасности. Как было показано выше существует достаточно большой выбор оправдавших себя на практике теоретических подходов к оценке угроз. Прежде всего это модели на основе

инструментария теории вероятностей, нечетких множеств, теории, теории графов, теории автоматов, сетей Петри, а также Марковских случайных процессов.

В наших исследованиях методика управления информационно-вычислительными процессами в ИС, прежде всего, рассмотрена с точки зрения решения задачи обеспечения КБ. В частности, используя аппарат теории игр, полагаем, что мы имеем дело с парной игрой. В подобной игре имеется две стороны – владельцы ИС и КоПр, который пытается преодолеть контуры систем защиты информации (СЗИ).

Игру можно описать так:

$$\beta = (X, Y, Z), \tag{1}$$

где $X = \{x_i\}$ – множество стратегий (политик) защиты владельцами ИС. Или иными словами – множество возможных вариантов СЗИ для ИС;

$Y = \{y_j\}$ – множество типов КоПр. То есть некоторые стратегии действий, присущие тому или иному типу КоПр (например, профессиональным хакерам, инсайдерам, хакерам любителям и т.п.);

$Z$ – функция важности информационных ресурсов для ведения бизнес-процессов в ИС (например, распределение воды, электроэнергии, регулирование дорожного движения и тому подобное).

Вероятность взаимодействия с определенным типом КоПр в ИС определим так:

$$P(y_j) = \{p_{y_j}\}.$$

Матрицу «платы» *H*, владельцев ИС, в этом случае, подадим так:

$$H = \{q(x_i, y_j)\},$$

где $q(x_i, y_j)$ – условная плата владельца ИС при избрании $i$-той политики безопасности и столкновении с $j$-ым типом КоПр. В данном контексте «плата» – это некоторая адекватная оценка информационных (кибернетических) рисков (КибР) для ИС [9, 10].

Для расчета $q(x_i, y_j)$, также рассмотрена игра, которая была задана функцией:

$$\beta = (X, M, Z), \tag{2}$$

где $M = \{m_k\}$ – множество киберугроз, которые доступны для осуществления определенными типами КоПр.

Для расчета вероятности преодоления КоПр периметров защиты ИС используется математический аппарат теории графов, а также Марковские процессы.

Формализуем задачу исследования и введем такие обозначения: $A$ – множество номеров угроз для ИС; $PA$ – количество целей для нарушителей в ИС; $D$ – множество номеров СЗИ для ИС; $B_{fa}$ – множество номеров угроз ИС, осуществляемых КоПр при достижении $f_a$-й цели атаки; $N_l^{f_a}$ – множество номеров средств защиты информации (СЗИ), которые потенциально могут применяться для отражения атаки, которая исходит от нарушителей, и направлена на $f_a$-тую цель на $l$-ом рубеже защиты ИС (то есть для того, чтобы нейтрализовать $m$-тую киберугрозу, нацеленную на $p_a$ – тую цель) $(f_a = 1,2,...,PA; \quad l = 1,2,...,M)$.

Причем, $B_{f_a} \subset PA$, $\bigcup_{f_a=1}^{PA} B_{f_a} = PA$, $n_{f_a} = |B_{f_a}|$ и $\bigcup_{f_a=1}^{PA} \bigcup_{m \in B_{f_a}}^{n_{f_a}} N_l^{f_a} \subset D$.

Тогда действия нарушителей, направленных на взлом ИС, могут изображены в виде направленного графа. Пример такого графа показан на рис. 1.

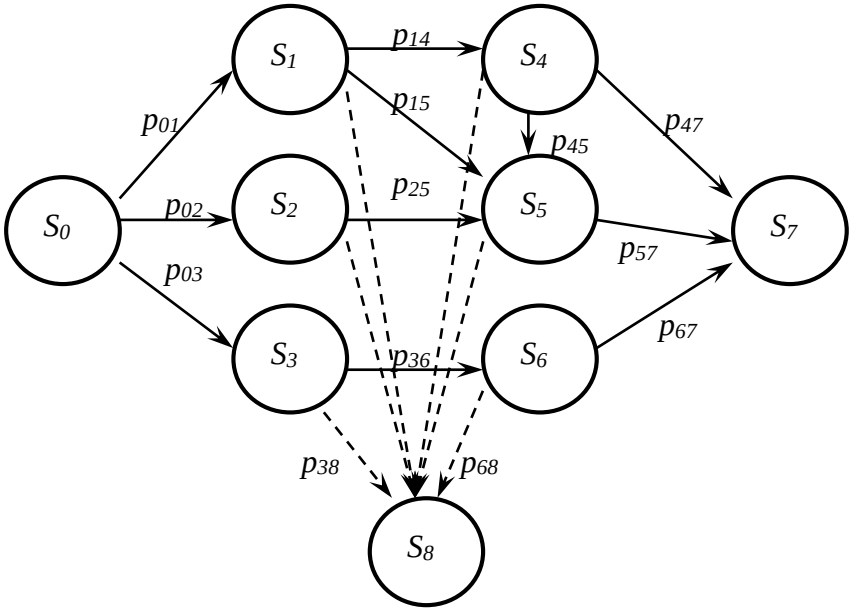



**Рис.1.** Пример графа состояний ИС

Вершины графа – это позиции ИС, которые соответствуют попыткам осуществления КоПр своих киберугроз.

Позиция, обозначенная как $S_0$, является начальной. Иными словами, такой, при которой пока угрозы для ИС не реализованы.

Позиция $S_j$ ($m \in B_{f_a}$) соответствует попыткам осуществить $m-$ую киберугрозу. Если угроза реализована, выполняем переход к следующей позиции. Или если угроза (атака) успешно отражены штатными СЗИ, выполняем переход к позиции $S_{n_f+1}$ (на рис. 1 $S_{n_f+1} \equiv S_8$). Мы ограничились только восьмью позициями в графе в рамках нашей статьи для того чтобы упростить понимание концептуального достижения цели исследования. Разумеется, в рамках реальных задач количество вершин в графе будет большим, но в этом случае представляется более целесообразным применять средства компьютерного моделирования, например, пакет MatLab [11].

Позиция $S_{n_{fa}}$ будет конечной. Конечная позиция (состояние) трактуется как достижение КоПр $f_a-$ й цели $(f_a = 1,2,...,PA)$.

Дугами графа обозначены направления переходов между позициями. Отдельная дуга может характеризоваться значением вероятности перехода из позиции в позицию. Пунктиром обозначим дуги, которые соответствуют переходу из данной позиции в $S_{n_{pa}+1}$.

Вероятность избрания КоПр той или иной цели, определит ранжирование вероятностей [10–14]

$$P(m_k) = \{p_{m_k}\}.$$

Тогда матрицу платы $G_j$, $J = 1, J$ владельцев ИС при игре с $j-$ым типом КоПр представим так:

$$G_j = \{q(x_i, m_{jk})\},$$

где $q(x_i, m_{jk})$ – выигрыш (плата) владельцев ИС если ими выбрана $i-$ая стратегия, и, они имеют дело с $j-$ым типом КоПр, которые придерживаются $k-$ой стратегии.

Таким образом, плата стороны киберзащиты – это адекватная оценка КибР для ИС:

$$q(x_i, m_{jk}) = P_{ijk}^{ug} \cdot C_k, \quad (3)$$

где $P_{ijk}^{ug}$ – вероятность осуществления $k-$ой киберугрозы $j-$ым типом КоПр при $i-$ ом варианте СЗИ за оговоренное время,

$C_k$ – величина ущерба от осуществления $k-$ой киберугрозы, (определяется владельцами ИС).

Для расчета $P_{ijk}^{ug}$ используется модель преодоления СЗИ для ИС [15, 16].

Основа модели – это описание полумарковского процесса. Такой процесс характеризуется конечным множеством [17, 18]

$$\{S\} = U \cup \{S1\} \cup T, \tag{4}$$

где $U$ – КоПр;

{*S*1} – множество уязвимостей ИС;

$T$ – угроза ИС, при этом, для *j*-го типа КоПр $T \in M_j$.

Учитывая специфику задачи, все позиции в графе являются невозвратными. А позиция $T-$ поглощающей. Согласно [18] полумарковский процесс определен как ступенчатый стохастический процесс $\upsilon(\tau),\ \tau \geq 0,$ с атрибутами:

$$\upsilon(\tau) = \upsilon_1 \quad [0, \tau_1];$$
$$\upsilon(\tau) = \upsilon_2 \quad [\tau_1, \tau_2];$$

и так далее.

Если реализации в цепи Маркова $\upsilon_n = s_n, n \geq 1$ зафиксированы по времени, то периоды $\tau_1, \tau_2 - \tau_1, \tau_3 - \tau_2, \ldots$ пребывания $\upsilon(\tau)$ в определенных состояниях ($s_1, s_2, s_3 \ldots$) положительны и независимы.

Полагаем, что время пребывания в определенных позициях графа состояний, трактуется как время необходимое КоПр на выполнение действий, связанных с $a-$той уязвимостью. При одновременном выполнении условия, что в дальнейшем он перейдет к выполнению $b-$ой киберугрозы.

Следовательно, ранжирование периодов времени пребывания в конкретном состоянии, как функцию можно подать так:

$$P\{\tau_n - \tau_{n-1} < x | \upsilon_n = a, \upsilon_{n+1} = b\} = F_{ab}(x),\ n \geq 1, \tag{5}$$

где $F_{ab}(x)$ – матрица, которая содержит данные об отрезках времени пребывания ИС в состоянии реализации $a-$той уязвимости. А также учитывая, что в дальнейшем ИС переходит в состояние для уязвимости *b*.

Кроме того, задаем начальные значение $p_a^{(0)} = P\{\upsilon_1 = a\}$. Каждое из которых определит из какой вершины графа КоПр начнут преодолевать рубежи СЗИ ИС. При этом полагаем, что матрица переходных вероятностей $(p_{ab})$, будет определять вероятности избрания путей преодоления СЗИ правонарушителями.

Вместо матриц, описывающих $(p_{ab})$ и $F_{ab}(x)$, можно задать такую функцию [19, 20]:

$$P_{ab}(x) = p_{ab} \cdot F_{ab}(x), \tag{6}$$

где $p_{ab} -$ переходные вероятности;

$F_{ab}(x) -$ время пребывания ИС в том или ином состоянии.

Функцию $P_{ab}(x)$ можно трактовать так. Если в предопределенный момент времени КоПр вошел в состояние реализации $a-$ой уязвимости, то с вероятностью $P_{ab}(x)$ следующий его шаг будет выполнен за отрезок времени, который короче, чем при реализации атаки $b-$ую уязвимость. Или если $b-$ое состояние это *T*, то он перейдет к воплощению в действие киберугрозы, т.е. к фазе активной атаки.

Согласно данным исследований [3, 10, 12] для поиска времени, которое затрачивается на выполнение какой-либо задачи, следует прибегнуть к логнормальному распределению. В этом случае функция распределения времени будет пребывать в $F_{ab}(x)$.

Поиск решения выполним на основе зависимостей для полумарковского процесса. То есть моделирование было выполнено до момента, когда истекает заранее предопределенное время $\tau^m$. Причем это делается для определения вероятности $P_\tau$, которая соответствует осуществлению угрозы за указанное время:

$$P_\tau = E_T / E, \tag{7}$$

где $E_T$ – количество вычислительных экспериментов, для которых за $\tau^m$ достигалось $T$;

$E$ – общее количество вычислительных экспериментов.

Величины $P_\tau$, которые получены как итог моделирования для разновариантных СЗИ ИС, разнотипных киберугроз и КоПр, позволяют найти искомый параметр – $P_{ijk}^{ug}$.

Окончив расчеты для всех выигрышей владельцев ИС в матрицах игр $\{G_j\}$, в каждой матрице определяем $\{q(x_i, y_j)\}$. Т.е. находим КибР для $i$ – го варианта СЗИ, и, соответственно, для с $j$ – го типа КоПр, например, инсайдер, сторонний хакер, криминальная группа, и др.

Воспользуемся такой зависимостью [6, 9, 10, 15]:

$$q(x_i, y_j) = \sum_{k=1}^{n} q(x_i, m_{jk}) \cdot p(m_{jk}). \tag{8}$$

Чтобы найти оптимальный вариант СЗИ, т.е. политику безопасности владельцев ИС, необходимо рассмотреть матрицу *H*.

После расчета вероятностей $P(y_j)$, владельцы ИС могут применить Байесовскую стратегию $x_{bc}$ (БСТ) для оптимизации варианта СЗИ. То есть, воспользоваться следующей зависимостью, для избрания своей рациональной стратегии:

$$\begin{aligned} &Z(x_{bc} \mid P(y_j)) = \max(-1) \cdot \\ &\cdot Z(x_i \mid P(y_j)) = \max(-1) \sum_j q(x_i, y_j) \cdot p(y_j). \end{aligned} \tag{9}$$

Следовательно, рациональная политика владельцев ИС в осредненной игре против КоПр – это БСТ. А согласно выводам исследований [14], если БСТ совпадет с максиминной, то она может трактоваться как оптимальная.

Если мы имеем дело с неизвестным распределением $P(y_j)$, т.е. получаем результат для случая игры с неопределенностью, то владельцам ИС для нахождения рациональной стратегии защиты можно прибегнуть к использованию экспертной оценки политик КБ. В этом случае модель дополниться следующими зависимостями для критериев Вальда, Лапласа, Гурвица, Сэвиджа, [19–21].

Таким образом, приведенный подход на основе марковских процессов можно применять для определения наиболее опасных угроз. Также интеграция описанного подхода и элементов теории игр, которая была ранее описана в наших предшествующих работах [17, 18, 20, 21], позволяет достаточно результативно выполнять организационно-профилактические мероприятия по предупреждению воздействий атак на информационные системы, в том числе критически важные.

**5. Выводы**

- предложена модель для систем защиты информационных систем, построенная с использованием теории игр и математического аппарата, описывающего случайные Марковские процессы;
- получены зависимости для определения вероятности осуществления угроз для ИС;
- показано, что полученные итоги, могут быть использованы для последующего избрания рационального варианта для защиты ИС от вторжений;

- обосновано, что полученные модели представляют пример возможной формализации описания других кибератак;
- показано, что, приведенный подход позволяет перейти к количественным процедурам оценки возможностей воплощения киберугроз с учетом фактора времени. Это, в свою очередь, повышает обоснованность проводимых мероприятий, направленных на обеспечение кибербезопасности ИС.

ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Khatoun, R., & Zeadally, S. (2016). Smart cities: concepts, architectures, research opportunities. Commun. Acm, 59(8), 46-57.

[2] Khatoun, R., & Zeadally, S. (2017). Cybersecurity and privacy solutions in smart cities. IEEE Communications Magazine, 55(3), 51-59.

[3] Vattapparamban, E., Güvenç, İ., Yurekli, A. İ., Akkaya, K., & Uluağaç, S. (2016, September). Drones for smart cities: Issues in cybersecurity, privacy, and public safety. In 2016 International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC) (pp. 216-221). IEEE.

[4] Li, Z., Jin, D., Hannon, C., Shahidehpour, M., & Wang, J. (2016). Assessing and mitigating cybersecurity risks of traffic light systems in smart cities. IET Cyber-Physical Systems: Theory & Applications, 1(1), 60-69.

[5] Li, Z., & Shahidehpour, M. (2017). Deployment of cybersecurity for managing traffic efficiency and safety in smart cities. The Electricity Journal, 30(4), 52-61.

[6] Lakhno, V., Kryvoruchko, O., Mohylnyi, H., Semenov, M., Kiryeyev, I., Matiievskyi, V., Donchenko, V. (2019). Model of indicator of current risk of threats realization on the information communication system of transport, (2019) International Journal of Civil Engineering and Technology, 10 (2), pp. 1-9.

[7] Akhmetov, B., Lakhno, V., Akhmetov, B., Alimseitova, Z. (2019). Development of sectoral intellectualized expert systems and decision making support systems in cybersecurity, Advances in Intelligent Systems and Computing, 860, pp. 162-171.

[8] Lakhno, V., Zaitsev, S., Tkach, Y., Petrenko, T. (2019). Adaptive expert systems development for cyber attacks recognition in information educational systems on the basis of signs' clustering, Advances in Intelligent Systems and Computing, 754, pp. 673-682.

[9] Akhmetov, B., Kydyralina, L. etc. Model for a computer decision support system on mutual investment in the cybersecurity of educational institutions, International Journal of Mechanical Engineering and Technology, 9 (10), pp. 1114-1122.

[10] Ye, N., Zhang, Y., & Borror, C. M. (2004). Robustness of the Markov-chain model for cyber-attack detection. IEEE Transactions on Reliability, 53(1), 116-123.

[11] Piètre-Cambacédès, L., & Bouissou, M. (2010, April). Beyond attack trees: dynamic security modeling with Boolean logic Driven Markov Processes (BDMP). In 2010 European Dependable Computing Conference (pp. 199-208). IEEE.

[12] Akhmetov, B. etc. (2018). System of decision support in weaklyformalized problems of transport cybersecurity ensuring, Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 96 (8), pp. 2184-2196.

[13] Zonouz, S., Davis, C. M., Davis, K. R., Berthier, R., Bobba, R. B., & Sanders, W. H. (2014). SOCCA: A security-oriented cyber-physical contingency analysis in power infrastructures. IEEE Transactions on Smart Grid, 5(1), 3-13.

[14] Ralston, P. A., Graham, J. H., & Hieb, J. L. (2007). Cyber security risk assessment for SCADA and DCS networks. ISA transactions, 46(4), 583-594.

[15] Ruddle, A. R., Ward, D. D., Perallos, A., Hernandez-Jayo, U., Onieva, E., & Garcıa-Zuazola, I. J. (2015). Cyber security risk analysis for intelligent transport systems and in-vehicle networks. Intelligent Transport Systems: Technologies and Applications, 83.

[16] Teixeira, A., Amin, S., Sandberg, H., Johansson, K. H., & Sastry, S. S. (2010, December). Cyber security analysis of state estimators in electric power systems. In 49th IEEE conference on decision and control (CDC) (pp. 5991-5998). IEEE.

[17] Lakhno, V.A., Kravchuk, P.U., Malyukov, V.P., Domrachev, V.N., Myrutenko, L.V., Piven, O.S. (2017). Developing of the cyber security system based on clustering and formation of control deviation signs, Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 95 (21), pp. 5778-5786.

[18] Lakhno, V., Kryvoruchko, O., Mohylnyi, H., Semenov, M., Kiryeyev, I., Matiievskyi, V., Donchenko, V. (2019). Model of indicator of current risk of threats realization on the information communication system of transport, (2019) International Journal of Civil Engineering and Technology, 10 (2), pp. 1-9.

[19] Abraham, S., & Nair, S. (2014). Cyber security analytics: a stochastic model for security quantification using absorbing markov chains. Journal of Communications, 9(12), 899-907.

[20] Lahno, V. A., Petrov, A. S., & CHertunina, N. T. (2006). Issledovanie konfliktnyh potokov zayavok v sistemah zashchity informacii. IEEE Journal on Selected Areas in Communications (JSAC), 24(2), 370-380.

[21] Lahno, V., & Petrov, A. (2010). Modelirovanie informacionnoj bezopasnosti korporativnyh sistem predpriyatij s ispol'zovaniem teorii igr i markovskih processov.

Ахметов Б.С., Досжанова А.А., Картбаев Т.С., Маликова Ф.У., Алимсеитова Ж.К.

**Ойын теориясы және марков процесстер негізінде ақпараттық жүйелер киберқауіпсіздігін модельдеу**

**Аңдатпа**. Мақалада ақпараттық-коммуникациялық жүйелер үшін ақпаратты қорғау контурларды модельдеудің кейбір аспектілері қарастырылған. Зерттеудің базалық парадигмасы ретінде ойын теориясының постулаттары мен Марков процесстер негізіндегі математикалық тәуелдіктері қолданылды. Сонымен, киберқауіпсіздік жүйелерінің

рационалды вариантарын таңдау процедурасын мазмұнды сипаттауға болады. Осы кезде біз ұсынған модель көмегімен ақпараттық жүйелер үшін киберқауіптерді жүзеге асыру ықтималдығын, сонымен қатар әртүрлі жоспардық қауіптердің кибернетикалық тәуекелдерін есептеуге болады. Ары қарай сипатталған көрсеткіштер негізінде ақпараттық жүйелердің қорғау үшін контурлардың рационалды вариантары таңдалады.

**Кілттік сөздер:** киберқауіпсіздік, марков процестері, киберқауіптерді жүзеге асыру ықтималдығы

УДК 621.314

**[1]D.I. Nefedyev, [2]G.S. Zhunussova, [2]Zh.Z. Urazbayev, [3]A.K. Khaymuldinova**
([1]Penza State University, Russia; [2]Kazakh of technology and business University, Kazakhstan, Nur-Sultan; [3]L.N. Gumilev Eurasian National University, Kazakhstan. Nur-Sultan. E-mail: gulzat_7@mail.ru)

## OPERATION OF USE OF CALIBRATION WORK IN MEASUREMENT SYSTEMS

**Abstract.** The article describes the method of obtaining the model of the error of the measuring system with sensors of mechanical quantities. The dependence of the absolute error on the displacement when exposed to a factor is decomposed into orthogonal components. Fourier coefficients are used as the basis. This made it possible to record the model of error, taking into account the mutual influence of factors, the analysis of which allows us to formulate the requirements for the parameters of the elements of the measuring system from the condition for obtaining the system with a given error.

**Key words**: Information-measuring system, dispersion orthogonal space, error, phase shifter, Fourier coefficients.

**[1]Д.И. Нефедьев, [2]Г.С. Жүнісова, [2]Ж.З. Уразбаев, [3]А.К. Хаймулдинова**
([1]Пенза мемлекеттік университеті, Ресей; [2]Қазақ техника және бизнес университеті, Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.; [3]Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық университеті, Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ. E-mail: gulzat_7@mail.ru)

## ӨЛШЕУ ЖҮЙЕЛЕРІНДЕГІ КАЛИБРЛЕУДІ ЖҰМЫС ЖАҒДАЙЛАРЫНДА ПАЙДАЛАНУДЫҢ ӨЗЕКТІЛІГІ

**Аннотация:** Мақалада өлшеу жүйесінің өлшеу дәлдігін жұмыс жағдайында калибрлеу арқылы жетілдіру мәселесі қарастырылады. Жұмыс жағдайында өлшеу жүйелерінің арналарын жинақтап калибрлеу мүмкіндігі, өзектілігі, мақсаттылығы, сондай-ақ осы процедураны жүргізуге шектеулер көрсетілген.

**Түйінді сөздер:** Өлшеу жүйелерінің өлшеу арналары, калибрлеу, қалыпты жағдайлар, пайдаланудың жұмыс шарттары.

**Кіріспе**. Өлшеу саласындағы негізгі үрдістерді зерттеу өлшеу дәлдігін арттыру үшін үнемі артып келе жатқан сұраныстың бар екенін көрсетеді. «Өлшем бірлігін қамтамасыз ету туралы» Федералдық заңы жаңа мазмұнмен қолданылған «калибрлеу» терминін өзгертті, ол бойынша калибрлеу өлшеудің дәлдігін (ӨЖ) жақсарту үшін ең кең таралған және қолжетімді әдістердің бірі болып табылады. Әдістің сөзсіз артықшылығы – ӨҚ жаңғыртуға елеулі материалдық салымсыз мақсатқа жету мүмкіндігі.

«Калибрлеу» терминін қайта анықтау өлшеу құралдарын калибрлеу әдістерін дамытуға назар аударады және көбейтеді, өйткені калибрлеу процедуралары көптеген жағдайларда рұқсаттық бақылау процедураларын еске түсіреді және жаңа жағдайларда өлшеу құралдарын калибрлеуге жол бермейді. Сондай-ақ, калибрлеу процесінде, салыстырып тексеруге қарағанда, өлшем бірлігінің өлшемін калибрленетін өлшеу жүйесіне эталоннан беру жүргізілетінін ескеру қажет (1-кесте).

1-кесте **Калибрлеу процедурасының мазмұнын өзгерту**

| | |
|---|---|
| «Өлшем бірлігін қамтамасыз ету» бойынша Федералдық заң (№4871-1 27.04.1993 ж.) | «Өлшем бірлігін қамтамасыз ету» бойынша Федералдық заң (№ 102-ФЗ 26.06.2008 ж.) |
| «Өлшеу құралдарын калибрлеу - метрологиялық сипаттамалардың нақты өлшемдерін және (немесе) мемлекеттік метрологиялық қадағалау мен қадағалауға жатпайтын өлшем құралдарын пайдалану үшін жарамдылығын айқындау және бекіту үшін орындалатын операциялар жиынтығы» | «Өлшеу құралдарын калибрлеу - метрологиялық сипаттамалардың нақты мәндерін анықтау үшін орындалатын операциялар жиынтығы» |

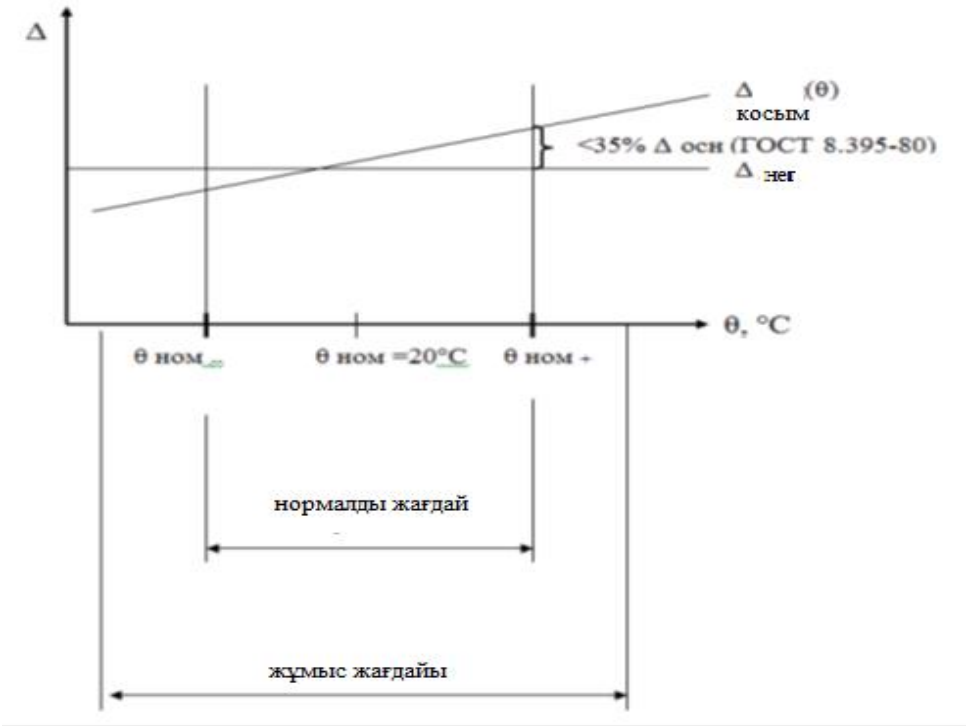
| Калибрлеу нәтижелері | |
|---|---|
| (дейін болды): | кейін болды: |
| - өлшеу құралдарының метрологиялық сипаттамаларының нақты мәндері;<br>- өлшеу құралдарының жарамдылығы/ жарамсыздығын тану | - өлшеу құралдарының метрологиялық сипаттамаларының нақты мәндері;<br>- өлшеу құралдарының жарамдылығы/ жарамсыздығын тану |
| - өлшеу құралдарының метрологиялық сипаттамаларының нақты мәндері және пайдалану үшін өлшеу құралдарының жарамдылығы/ жарамсыздығын тану | - өлшеу құралдарының метрологиялық сипаттамаларының нақты мәндері және пайдалану үшін өлшеу құралдарының жарамдылығы/ жарамсыздығын тану |

Алайда жақында өлшеу құралдарын қолданушылар жұмыс жағдайында дәлдікті жақсарту әдісі ретінде калибрлеуге деген қажеттілікті білдірді. Осындай қажеттіліктің дәлелі калибрленген өлшеу құралының жұмыс жағдайында ғана жұмыс жасайтындығы және қалыпты жағдайларда өлшеу құралының калибрлеу сипаттамалары пайдаланушылар үшін практикалық қызығушылық болмайды. Сондықтан, өлшеу құралдарының нақты жұмыс жағдайында өлшеу құралдарының метрологиялық сипаттамаларының нақты мәндерін анықтау, яғни, жұмыс жағдайында өлшеу құралдарын калибрлеу - бұл өзекті мәселе.

ГОСТ 8.395-80 сәйкес 1.2 тармақта көрсетілгендей өлшеудің қалыпты жағдайларында әсер ететін шамалар жиынтығының әсерінен өлшеу нәтижесінің аппаратуралық дәлсіздігінің өлшеу жүйелерінің рұқсат етілген негізгі қателігінің шегі 35% - ға жетуі мүмкін (сурет 1). Бұл жағдай қалыпты әсер ету өлшемдеріне сәйкес 35% дәлдік деңгейін жоғалтуға және жұмыс істеген кезде өлшеулердің біркелкілігі мен дәлдігіне қойылатын заманауи талаптарға сәйкес келмейді, қалыпты жағдайдан басқа жағдайларда өлшеу, құралдарды әзірлеушілердің күткен нәтижесін жоққа шығаруы мүмкін.

МАҰ 29-2013, 7.43 тармағы қалыпты жағдайларды (өлшеулерді) өлшеу құралдарының немесе өлшеу жүйесінің сипаттамаларын бағалауға немесе өлшеуді салыстыру үшін белгіленген шарттар ретінде анықтайды.

Жұмыс режимінде калибрлеуді өткізу туралы мәселе өлшеу жүйелерінің өлшеу арналарын калибрлеу кезінде аса маңызды болып табылады. Өлшеу жүйелерінің компоненттерін калибрлеу зертханасында олардың қарапайым калибрлеу мақсатымен бөлшектеу көп жағдайда орынсыз емес, сонымен қатар мүмкін емес. Бұған қарапайым өлшеу жүйелері немесе айырбастау қорынан резервтік ауыстыру талаптары және өлшеу жүйелерін элементтік калибрлеу кезінде осы айырбастау қорының болуы сияқты ұйымдастыру, калибрлеу зертханасында калибрлеуге өлшеу жүйелерінің компоненттерін ұсыну кезегін күтуге байланысты шығындар. сипатындағы өзге де қосымша шығындар да жатқызылуы керек. Жолдың дірілдеудің өлшеу жүйелерінің тасымалданатын элементтеріне, сондай-ақ өлшеу жүйелерінің жаңа өлшеу арналарын орнату арқылы бұрынғы жұмыс режимінде өзгерістерге жол берілмеуі мүмкін.




**Сур.1.** Әсер ететін шаманың (температураның) мәндерінің қалыпты және жұмыс аймақтары

Өзін-өзі калибрлеу үшін кіріктірілген шаралар бастапқы сипаттамаларының қартаюынан және жоғалуынан уақытша дрейфке ұшырайды, сондықтан өлшеу жүйелерінің өлшем бірлігін қамтамасыз ету үшін жеткілікті болып табылмайды. Өлшеуіш жүйелердің жұмыс жағдайларында демонтажсыз өлшеу жүйелері арналарының нақты метрологиялық сипаттамаларын анықтау, өлшеуіш жүйелерді орналастыру орнын пайдалану, атап айтқанда, дәлдік, өлшеу жүйелерінің сипаттамаларын жақсартады.

Талқыланатын мәселенің аспектілерін қарастырайық:

**Заңнамалық аспект.** 27.04.1993 ж. № 4871-1 "Өлшем бірлігін қамтамасыз ету туралы" Федералдық заңы қабылданды. Осы Заңға сәйкес келесі анықтама берілді:

"Өлшем құралдарын калибрлеу – метрологиялық сипаттамалардың нақты мәндерін және (немесе) қолдануға жарамдылығын анықтау және растау мақсатында орындалатын операциялар жиынтығы, мемлекеттік метрологиялық бақылауға және қадағалауға жатпайтын өлшеу құралдары".

"Калибрлеу" анықтамасының мәні оны ведомстволық тексерудің аналогы ретінде қабылдауға мүмкіндік берді: Мемлекеттік метрологиялық бақылауға және қадағалауға жатпайтын өлшеу жүйелерінің қолдануға жарамдылығы оны тексеру процедурасымен расталуы мүмкін. Калибрлеу жүргізу кезінде 95% - да өлшеу жүйелерін тексеру бойынша құжаттар қолданылды [1].

«Өлшем бірлігін қамтамасыз ету туралы» Федералдық заңның қабылдануы (2008 жылғы 26 маусымдағы № 102-ФЗ) калибрлеу процедураларына деген көзқарасты түбегейлі өзгертеді. Елдің негізгі метрологиялық құжаты «калибрлеу» терминін жаңа мәнмен толтырады:

«Өлшеу құралдарын калибрлеу - метрологиялық сипаттамалардың нақты мәндерін анықтау үшін орындалатын операциялар жиынтығы».

Калибрлеу процедурасының мазмұнын өзгерту [2] – де қарастырылды және кестеде берілген. Енді жаңа Заң шеңберінде өлшеу жүйелерін калибрлеу ешқандай ведомстволық калибрлеудің аналогы емес (бұрын болғандай), өйткені өлшеу жүйелерінің метрологиялық талаптарға сәйкестігін растау мақсатында емес, тек «метрологиялық сипаттамалардың нақты мәндерін анықтау үшін».

**Терминологиялық аспект.** «Калибрлеу» терминін үйлестіруге деген ұмтылыс Халықаралық сөздікке жіберіледі [3]:

«Калибрлеу - бұл берілген шарттарда бірінші кезеңде стандарттар ұсынатын өлшем шамалары мен өлшеу белгісіздіктері мен олардың тән белгісіздіктеріне сәйкес оқылымдар арасында өзара байланыс орнатылған, ал екінші кезеңде, осы ақпарат негізінде, өлшеу нәтижесін алуға мүмкіндік беретін қатынасы белгіленеді».

Калибрлеу-операция, оның барысында берілген жағдайларда бірінші кезеңде өлшеулердің белгісіздігі бар шамалардың мәндері арасындағы ара қатынасты белгілейді, эталондарды қамтамасыз ететін және оларға тән белгісіздіктермен тиісті айғақтармен, ал екінші кезеңде осы ақпарат негізінде, өлшем нәтижесін алуға мүмкіндік береді.

Осылайша, «калибрлеу» тұжырымдамасының халықаралық сөздігі еңбек нормаларына сәйкес және калибрленген өлшеу жүйелеріне тән өлшеу белгісіздігі тұрғысынан түсіндіріледі; сөздің халықаралық анықтамасы ұлттық стандартқа шаманың өлшемін қадағалауды қамтамасыз ету және калибрлеу кезінде өлшеудің белгісіздігін бағалау қажеттілігімен кеңейтіледі. Бұдан әрі, ISO / IEC 17025:2005 халықаралық стандарты бойынша ұқсас ГОСТ Р ИСО / МЭК 17025:2006 [4] жалғастыруда, калибрлеу нәтижелерін халықаралық тану үшін белгісіздікті өлшеудің бағалау рәсімдерін қолдану қажеттігін заңнамалық түрде нығайтты. Соңғы талаптар өлшеу жүйелерін калибрлеудегі өлшеу белгісіздігін бағалаудың әдістерін әзірлеудің өзектілігін, өлшеудің біркелкілігін қамтамасыз етудің халықаралық жүйесінің шарты ретінде қарастырады.

**Экономикалық аспект.** Калибрлеудің экономикалық аспектісі өлшеу жүйелерін жаңғыртуға елеулі материалдық инвестицияларсыз өлшеу дәлдігін жақсарту мүмкіндігімен байланысты. Бұл, сөзсіз, осы метрологиялық процедураның жоғары таралуы туралы түсіндіреді.

Өлшеу жүйелерін пайдалану жағдайында калибрлеу мәселесін өзектілеу және жүзеге асыру мүмкіндігі болуы керек:

• пайдаланушылардың калибрлеу тәуелділігін алуға деген ұмтылысы сол жағдайларда болады, егер онда өлшеу жүйесі жұмыс жасайтын болса.

• өлшеу жүйелерін (элементтерді ӨЖ арналарын калибрлеу жағдайында) бөлшектеуге және қалыпты жағдайға тасымалдау шығындарын көтеруге және қайта өлшеу жүйелерінің орналасқан жеріне қайтып оралуға және қайта құруға келмейді.

• қарапайым өлшеу жүйелерінің ұйымдастырушылық шығындары немесе айырбас қорынан резервтік ауыстыру талаптары, және осы айырбас қорының болуы, өлшеу жүйелерінің элементтік калибрлеуі; калибрлеу зертханасында калибрлеуге арналған өлшеу жүйелерін ұсыну кезегін күтуге байланысты шығындар;

• үздіксіз технологиялық циклде (мұнай-газ кешені, электр энергетикасы, химия, металлургия және т.б.) салаларда үздіксіз мониторинг жүргізу жағдайында өлшеу жүйелерінің каналдарын өлшеу.

Өлшеу жүйелерін пайдалану жағдайында калибрлеу мәселесін әзірлеу қалыпты жағдайдан басқа жағдайларда өлшеу жүйелерін калибрлеу кезінде өлшеу белгісіздігін бағалау әдістерінің өзектілігін анықтайды.

Келесі екі аспекті - метрологиялық және техникалық - бұл міндеттің техникалық іске асу күрделілігіне байланысты.

**Метрологиялық аспект.** Өлшемдердің біркелкілігін қамтамасыз ету өлшемдерді тексеру схемасына сәйкес стандарттар арқылы беруді, олардың қалыпты жағдайында әсер ету мәндерінің өзгерістерінің тар ауқымында олардың метрологиялық сипаттамаларын сақтайтын стандарттарды қолдануды көздейді. Жағдай стационарлы (зертханалық) стандарттарды қолдануды шектеуді тудырады және портативті стандарт жасау қажеттілігіне әкеледі, ол технологиялық табиғаттың еріксіз қателіктерімен жүреді. Міндеттерді техникалық шешудің осы сатысы қашықтан анықтама стандартының өлшемін портативті стандартқа көшіру әдісін таңдаумен және өлшемдердің тиісті қателігін бағалаумен бірге жүреді.

Бұдан басқа, алмастыру әдісі арқылы өлшеу жүйелерінің арналарын калибрлеуді жүргізу қалыпты облыс жағдайында салыстырып тексерілген эталонның тіркелген номиналдық мәні емес, калибрлеуді өлшеудің нақты шарттарын ескере отырып, өлшенетін шама бірлігінің өлшемін әсер ететін шамалар жиынтығының өзге үйлесімімен ауыстыруға мүмкіндік береді. Бұл өлшемдердің мөлшерін беру шарттарын ескере отырып, өлшемдердің біркелкілігін қамтамасыз ететін фактор.

**Техникалық аспект.** Өлшеу жүйелерін пайдалану жағдайында өлшеу арналарын калибрлеуді техникалық іске асыру, калибрлеу зертханасында қалыпты жағдай жасаудың техникалық құралдарының болуымен қатар, сондай-ақ, портативті стандарт өлшем бірлігінің өлшемдерін тасымалдау үшін жұмыс жағдайларын жасаудың техникалық құралдарына қажеттілік бар. Техникалық құралдардың көмегімен әсер ететін шамалардың өзгеруінің кең ауқымында жұмыс жағдайларын қайта жасау шама бірлігінің мөлшерін беру кезінде шектеуші фактор болуы мүмкін.

Ғылым мен техниканың көптеген салаларында өлшеу жүйелерін кеңінен қолдану өлшеу жүйелерінің пайдалану жағдайлар сипаттамаларын жақсарту міндетіне маңызды халықтық-шаруашылық мән береді. Бұл мәселені шешу мақалада әртүрлі аспектілерді ескере отырып негізделген: заңнамалық, терминологиялық, экономикалық, метрологиялық және техникалық.

Өлшеу жүйелерін пайдалану жағдайларында өлшеу арналарын калибрлеу әдісі әзірленді, ғылыми қызығушылық тудырды, халықаралық және ұлттық деңгейде мақұлданды [5].

ӘДЕБИЕТ

[1] Данилов, А. А. Калибровка и поверка измерительных каналов измерительных систем после их градуировки/А. А. Данилов, Ю. В. Кучеренко // Метрологическое обеспечение измерительных систем: сб. докл. VII науч.-техн. Всероссийской конф. – Пенза: 2012. – с. 14-21.

[2] Данилов, А. А. Метрологическое обеспечение измерительных систем: 3-е изд. / А. А. Данилов. – С.-Петербург: Политехника-Сервис, 2014. – с.189.

[3] Международный словарь по метрологии: основные и общие понятия и соответствующие термины: Пер. с англ. и фр. / ВНИИМ им. Д. И. Менделеева, БелГИМ. – СПб.: НПО «Профессионал», 2010. – 84 с.

[4] ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025-2006. Общие требования к компетенции испытательных и калибровочных лабораторий.

[5] Danilov, A. A. Modeling Using Multivariate Hybrid Regression Analysis Method / A. A. Danilov, N. P. Ordinartseva. - Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2013). - RostovonDon, Russia, 2013, September 27-30. - P. 365- 367.

**Нефедьев Д.И., Жүнісова Г.С., Уразбаев Ж.З., Хаймулдинова А.К.**

**Өлшеу жүйелеріндегі калибрлеуді жұмыс жағдайларында пайдаланудың өзектілігі**

**Түйіндеме:** Мақалада өлшеу жүйесінің өлшеу дәлдігін жұмыс жағдайында калибрлеу арқылы жетілдіру мәселесі қарастырылады. Жұмыс жағдайында өлшеу жүйелерінің арналарын жинақтап калибрлеу мүмкіндігі, өзектілігі, мақсаттылығы, сондай-ақ осы процедураны жүргізуге шектеулер көрсетілген.

**Түйінді сөздер:** Өлшеу жүйелерінің өлшеу арналары, калибрлеу, қалыпты жағдайлар, пайдаланудың жұмыс шарттары.

УДК 620.9

**[1] A. Abdildayeva, [1] T. Zhukabayeva,**
**[2] T. Marynych, [2] I. Koplyk, [2]A. Drozdenko**
([1] Institute of information and computational technologies, Republic of Kazakhstan
[2] Sumy State University, Ukraine, E-mail: abass_81@mail.ru)

## STATISTICAL ANALYSIS OF MACRO-LEVEL ELECTRICITY CONSUMPTION FORECASTING DATA

**Abstract.** The paper examines various macroeconomic, demographic, climatic, sectoral and regulatory factors affecting the amount of electricity consumption per capita. The stationarity of the panel series of electricity consumption was tested on the basis of the extended Dickie-Fuller test. The results are shown in graphical form.

**Keywords:** Panel row, forecasting, electricity consumption, GDP per capita, Diki-Fuller advanced test, index of economic freedom.

**[1]А.А. Абдилдаева, [1]Т.К. Жукабаева,**
**[2]Т.А. Маринич, [2]И.В. Коплык, [2]А.А. Дрозденко**
([1]Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы қ-сы, Қазақстан Республикасы
[2]Сумы мемлекеттік университеті, Сумы қ-сы, Украина, E-mail: abass_81@mail.ru)

## МАКРОДЕҢГЕЙДЕ ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСЫН ТҰТЫНУДЫ БОЛЖАУДЫҢ СТАТИСТИКАЛЫҚ ДЕРЕКТЕРІН ТАЛДАУ

**Түйіндеме.** Бұл мақалада жан басына шаққандағы электр энергиясын тұтыну көлеміне әсер ететін түрлі макроэкономикалық, демографиялық, климаттық, салалық және реттеуші факторларды зерттелді. Панельдік қатардың электр энергиясын тұтыну стационарлығы Дики-Фуллер кеңейтілген тесті негізінде тексерілді. Нәтижелер график түрінде көрсетілді.

**Түйінді сөздер:** Панельдік қатар, болжау, электр энергиясын тұтыну, жан басына шаққандағы ЖІӨ, Дики-Фуллер кеңейтілген тесті, экономикалық еркіндік индексі.

### Кіріспе

Отын-энергетика ресурстарын генерациялауды, тұтынуды және балансты болжау өзекті жаһандық проблема болып табылады. BP Statistical Review of World Energy[1] деректеріне сәйкес әлемдегі энергия ресурстарының бастапқы көздерін тұтыну соңғы 20 жылда 1,5 есеге өсті: 1998 жылғы 9 млрд. метрикалық тонна мұнай баламасынан 2017 жылғы 13,5 млрд. тоннаға дейін. Халықаралық энергетикалық агенттіктің болжамы бойынша (EIA, 2015) [2] , ең алдымен, экономикалық ынтымақтастық және даму ұйымына кірмейтін Азия елдерінде (non-OECD Asia) энергия тұтыну 2050 жылға дейін тағы 40%-ға артады. Энергия көздері бөлінісінде табиғи газды, гидроэнергетиканы және жаңартылатын көздерді тұтынудың ең көп өсуі күтіледі [3].

Сарапшылардың пікірінше, дәстүрлі көздер айтарлықтай азаюымен байланысты энергияға өсіп келе жатқан сұранысты қанағаттандыру жаңартылатын көздерден – күн сәулесінен, биомассадан, жел энергиясынан, геотермалдық энергиядан, гидроэнергетикадан, толқындар энергиясынан, шашыраңқы жылу энергиясынан электр энергиясын өндіруді ұлғайтумен қамтамасыз етілуі тиіс. Оларды ұтымды пайдалану, сондай-ақ экономиканың энергетикалық тиімділігін арттыру тұрақты экономикалық дамуды, болашақ ұрпақ үшін зиянды азайтуды, парниктік газдар шығарындыларын азайтуды, энергетикалық қауіпсіздікті және тәуелсіздікті арттыруды қамтамасыз етуі тиіс.

Дамыған Еуропалық елдердің оң тәжірибесі көрсеткендей, энергия тиімділігін және электр энергиясын үздіксіз қауіпсіз жеткізуді қамтамасыз етудің негізгі факторлары инвестициялар тартуға әсер ететін энергия нарығының бәсекелестік моделі және экономиканың негізгі секторлары мен шаруашылық жүргізуші субъектілер бөлінісінде электр энергиясына сұранысты болжау болып табылады.

Ақпараттық технологиялардың, компьютерлік қуаттылықтың және деректерді талдаудың дамуы макро және микро деңгейлерде электр энергиясына деген сұранысты болжау саласында зерттеулердің қарқынды дамуына ықпал етті. Негізгі тәсілдер энергия тұтынудың тарихи деректерін зерттейтін модельдерге негізделген болғандықтан, оның динамикасын түсіндіретін факторларды зерттеуге көп көңіл бөлінді. Атап айтқанда, соңғы жылдары көптеген ғалымдардың зерттеу тақырыбы экономикалық өсу факторлары мен энергияны тұтыну арасындағы себеп-салдарлық қатынастарды модельдеу болды.

Айта кету керек, себебі мен салдары жайлы қорытынды – экономиканың өсуі энергия тұтынудың артуын ынталандырады, немесе керісінше, теңеседі [4].

Осы зерттеудің мәні ақырғы энергия тұтынуға әсер ететін факторларды анықтау және мемлекеттер мен өңірлер деңгейінде электр энергиясын тұтынуды болжау үшін оңтайлы модельдерді таңдау болып табылады.

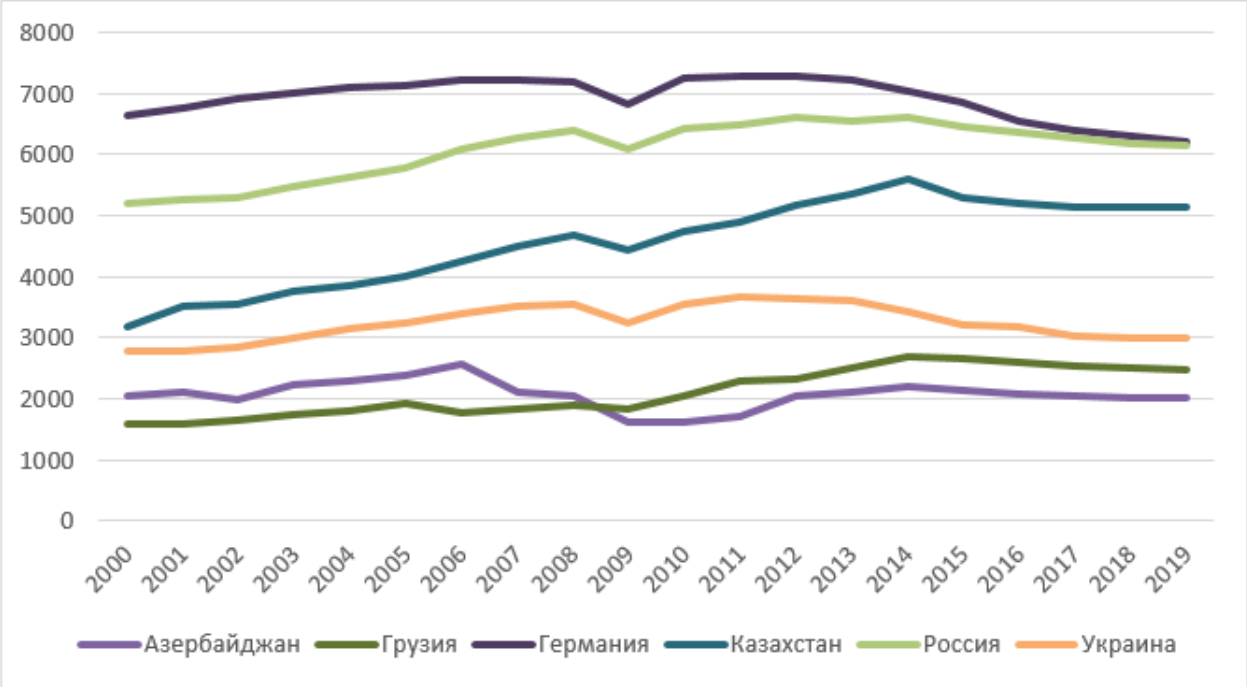
**Негізгі бөлім**

Талдау үшін 2000-2019 жылдарға арналған Еуропа мен Орталық Азияның 46 елі үшін 33 айнымалы тақталар сериясы пайдаланылды. Бақылаудың жалпы саны - 920. Дерек көздері ретінде Дүниежүзілік банктің статистикалық үлгілері [5] және АҚШ мұралық қорының экономикалық бостандық индексінің бағалаулары [6] алынды. Эмпирикалық деректер келесі көрсеткіштермен берілген:

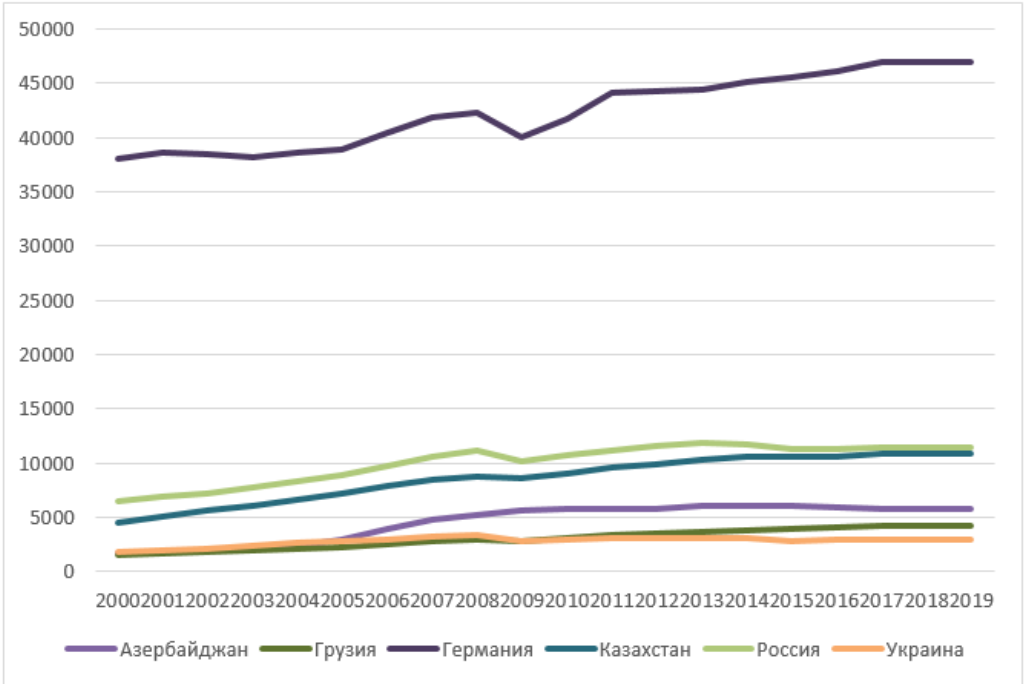
- el_cons_capita – адам басына кВт электр энергиясын тұтыну, электростанция мен жылустанциясының, тасымалдау және техникалық қамтамасыз ету барысындағы шығынды ескермей таза импорттың қосындысы ретінде есептеледі, КВт;
- D_el_price – электр энергиясының бағасы ортадан жоғары болса 1 мәнді, керісінше болса 0 қабылдайтын айнымалы;
- D_sun_hour – жылына күді күндер саны ортадан жоғары болса 1 мәнді, керісінше болса 0 қабылдайтын айнымалы.

Еуропа мен Орталық Азияның жекелеген елдері бойынша жан басына шаққандағы электр энергиясын тұтыну серпінін талдау (1 сурет) 2014 жылға дейін көптеген елдер үшін (Әзірбайжаннан басқа) көрсеткіштің артуын көрсетеді. Бұл ретте таңдалған елдердің жан басына шаққандағы ЖІӨ статистикасын зерттеу (2 сурет) экономикалық өсу көрсеткіштері мен энергия тұтыну арасындағы ықтимал өзара байланысты көрсетеді.

Атап айтқанда, қазақ АТФ банкінің сарапшылары елдің ЖІӨ-нің 1% - ға өсуі электр энергиясын тұтынудың 0,5% - ға өсуіне итермелейді деп бағалайды [7]. Бұл, ең алдымен, Қазақстан, Украина, Ресей, Әзірбайжан сияқты елдердің ЖІӨ-нің көп бөлігін қалыптастыратын өндіруші және ауыл шаруашылығы салаларының төмен қосымша құнымен және электр қуатының жоғары тұтынуымен түсіндіріледі. Мұндай елдерде энергия ресурстары тұтынушылар шығындарының едәуір бөлігін қалыптастырады. Пост-кеңестік кеңістік елдері мен дамыған елдер арасындағы өндірілген өнім бірлігіне электр энергиясын тұтыну көлемінде анықталатын энергия тиімділігі көрсеткіштеріндегі алшақтық орта есеппен 200-300% - ды құрайды (3 сурет) [5].




**1 сурет** - Жан басына шаққандағы КВт электр энергиясын тұтыну. Дерек көзі: [5, 8]




**2 сурет** - Жан басына шаққандағы ЖІӨ 2010 жылы тұрақты бағаларда, АҚШ доллармен. Дерек көзі: [5, 9]



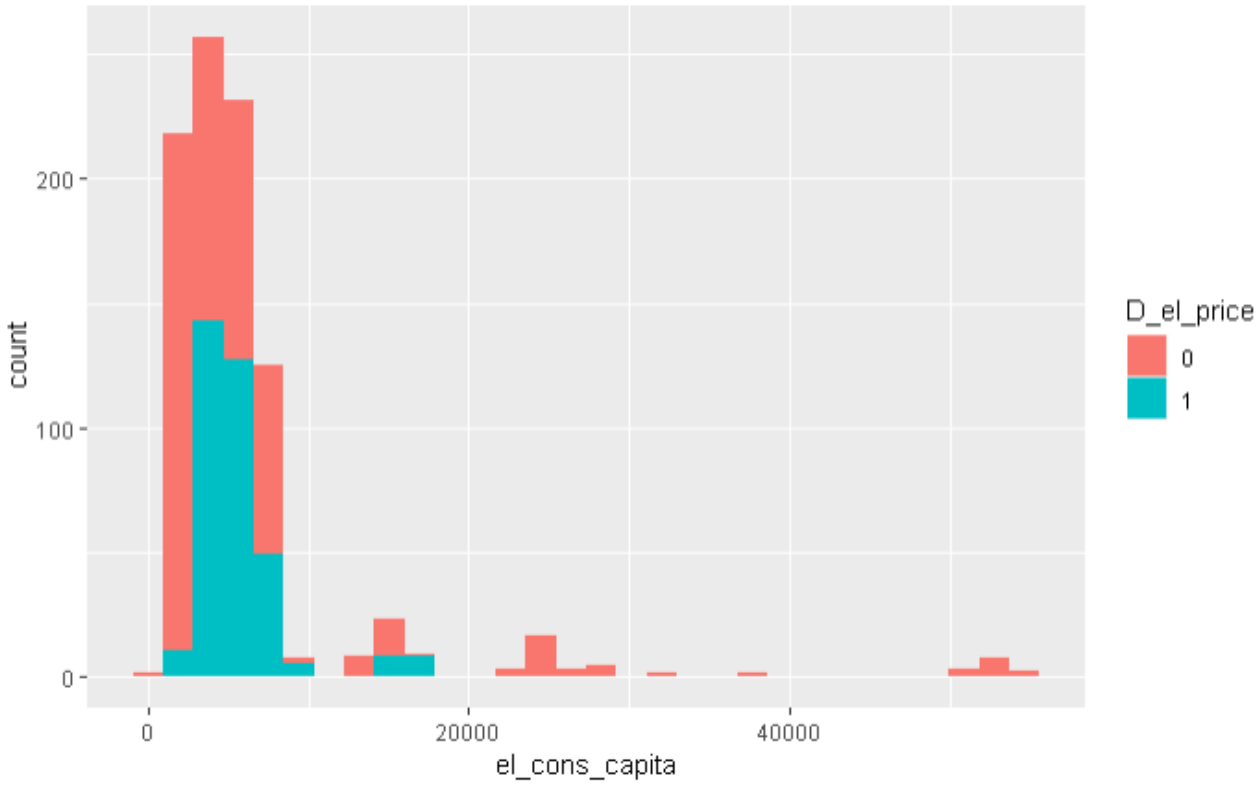

**3 сурет** - ЖІӨ бірлігіне энергияны тұтыну көлемі (МДж / 2011 $ САҚП). Дерек көзі: [5]

Панельдік қатардың электр энергиясын тұтыну стационарлығы Дики-Фуллер кеңейтілген тесті негізінде тексерілді (Dickey, 1984) [10]. $H_0$ қатарының бірлік тамырларының болуы туралы нөлдік гипотеза t = -6.3028 статистикасы негізінде қабылданбады. Мұнда $H_0$: келесі түрдегі AR (1) процессі үшін $\rho_i = 0 \forall_i$:

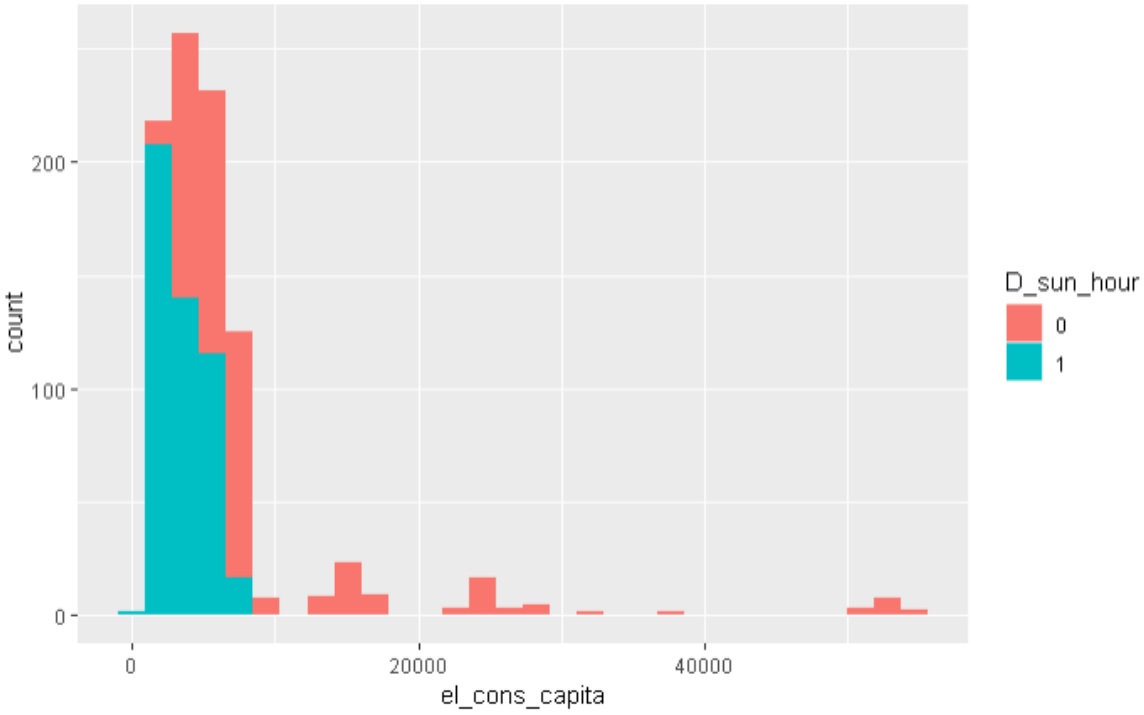
$$\Delta y_{i,t} = \mu_i + \varphi \rho_i y_{i,t-1} + \sum_{j=1}^{k_i} \varphi_{i,j} \Delta y_{i,t-j} + \varepsilon_{i,t}, \quad (1)$$

мұндағы *i = 1, 2, ..., N* объекттер (елдер) және *t = 1, 2, ..., T уақыт* периоды.

Бағаны және географиялық орналасу параметрлеріне байланысты электр энергиясын тұтынуды бөлуді зерттеу. Орташа деңгейден асатын баға критерийлері бойынша топтастыру бәсекелестік нарықтық баға белгілеу және бұрынғы кеңестік елдер арасындағы айырмашылықтарды көрсетеді, мұнда көптеген жағдайларда бұрынғысынша бағаларды мемлекеттік реттейтін орталықтандырылған нарық бар. Электр энергиясын тұтынудың өте жоғары көрсеткіштері жылына күн саны ең төменгі және электр энергиясының бағасы салыстырмалы төмен (Норвегия, Исландия, ішінара Финляндия) солтүстік елдер үшін тән.

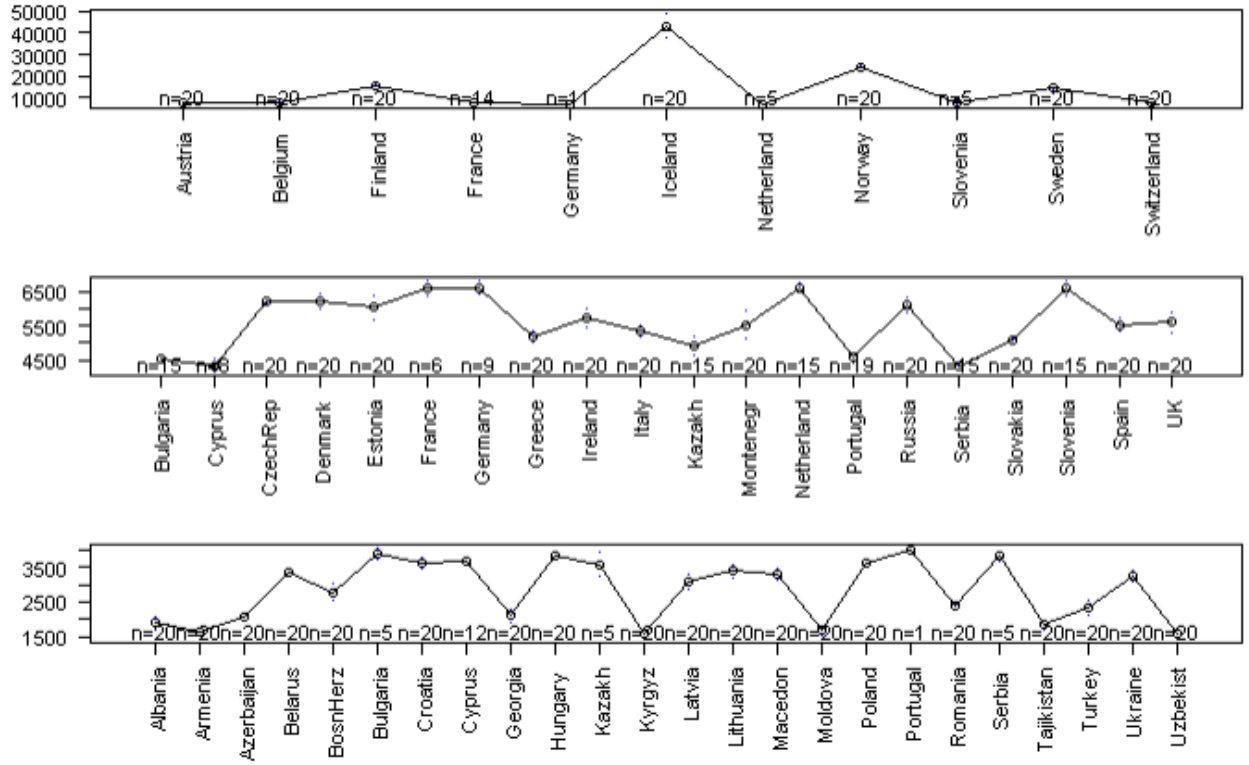



**4 сурет** - Электр энергиясының бағасына байланысты электр энергиясын тұтынуды бөлу
Дереккөз: авторлық есептеулер [5]



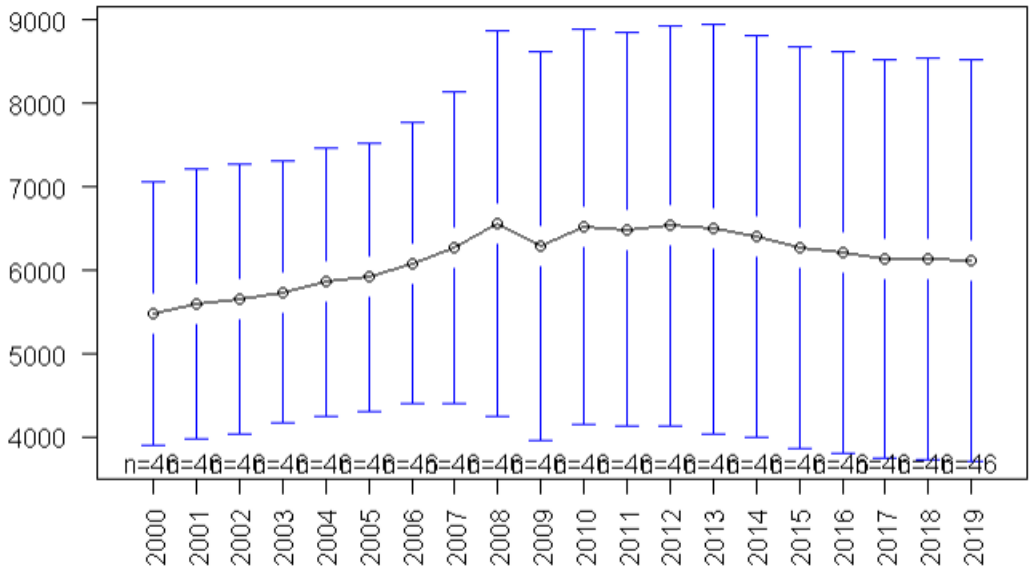

**5 сурет** – Жылына күннің күн санына байланысты электр энергиясын тұтынуды бөлу
Дереккөз: авторлық есептеулер [5, 11]

Ел бойынша электр энергиясын тұтынудың орташа мәндерін салыстырмалы талдау 6 суретте көрсетілген және жан басына шаққанда 7000 кВт-тан жоғары тұтыну, 4000 - 7000 кВт аралығында, 4000 кВт-тан кем тұтыну бойынша елдерді жіктеуге мүмкіндік береді .




**6 сурет** – Ел бойынша жан басына шаққандағы электр энергиясын тұтынудың орташа мәндерін салыстыру

7 суретте жыл бойынша салыстырмалы талдау Еуропа мен Орталық Азиядағы орталық энергия тұтыну үрдісі 2009 жыл және 2014 жылдан бастап елеусіз төмендеумен қатар алғанда артуын көрсетеді, сондай-ақ зерттеу кезеңіне орташа мәндердің сенімділік интервалдарының артуымен сипатталады.




**7 сурет** - Жылына адам басына шаққандағы электр энергиясын тұтынудың орташа мәндерін салыстырмалы талдау

**Қорытынды**

Мақалада Еуропа мен Орталық Азияның жекелеген елдері бойынша жан басына шаққандағы электр энергиясын тұтыну серпінін талдау, жан басына шаққандағы ЖІӨ статистикасын зерттеу жүргізілді. Панельдік қатардың электр энергиясын тұтыну стационарлығы Дики-Фуллер кеңейтілген тесті негізінде тексерілді. Электр энергиясының бағасына байланысты электр энергиясын тұтынуды бөлу және бір жылдағы күнді күндердің санына байланысты электр энергиясын тұтынуды бөлу анықталып, нәтижелері график түрінде көрсетілді.

ӘДЕБИЕТ

[1] BP Statistical Review of World Energy 2018.
URL:https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf.
[2] US Energy Information Administration. URL: https://www.eia.gov/.
[3] BP Energy Outlook 2019 edition.
URL: https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2019.pdf.
[4] Environmental Citizen Science. European Commission.
URL: http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/
pdf/312na6_en.pdf.
[5] Мировой банк. Статистика. URL: https://data.worldbank.org
[6] Фонд наследия. Индекс экономической свободы.
URL: https://www.heritage.org/index/
[7] АО «АТФБанк» Республики Казахстан.
URL: https://www.atfbank.kz/docs/economics/energi_ru.pdf
[8] Central Intelligence Agency. The World Factbook.
URL: https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/
[9] The Fraser Institute. Economic Freedom Dataset.
URL: https://www.fraserinstitute.org/economic-freedom/dataset
[10] Kleiber C. Panel Unit Root Testing with R / C. Kleiber, C. Lupi.
URL: https://r-forge.r-project.org/scm/viewvc.php/*checkout*/pkg/
inst/doc/panelUnitRootWithR.pdf?root=punitroots
[11] List of cities by sunshine duration. URL:
https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_cities_by_sunshine_duration#Europe

Абдилдаева А.А., Жукабаева Т.К., Маринич Т.А., Коплык И.В., Дрозденко А.А.

**Статистический анализ данных прогнозирования потребления электроэнергии на макро уровне**

**Резюме.** В работе исследованы различные макроэкономические, демографические, климатические, отраслевые и регуляторные факторы, влияющие на объемы электропотребления на душу населения. Стационарность панельного ряда потребления электроэнергии была проверена на основе расширенного теста Дики-Фуллера. Результаты показаны в графическом ввиде.

**Ключевые слова**: Панельный ряд, прогнозирование, потребление электроэнергии, ВВП на душу населения, расширенный тест Дики-Фуллера, индекс экономической свободы.

**A. Yerezhepbekov**
( International Information Technology University, Almaty, Kazakhstan, E-mail:www.asinible@gmail.com)

## EVALUATION OF CARS FORWARD COLLISION WARNING AND COLLISION AVOIDANCE SYSTEM

**Abstract.** An introduction to my article begins with the importance of road safety and prevention of car accidents. With the assistance of fledgling machine learning techniques and electronics the rate of road casualties may decrease dramatically. Therefore many strides have been made in enhancing conventional road safety systems in modern cars. However, many such cars, which are equipped with high-tech gadgets, are expensive and therefore there should be necessary gear and system that allow people to install them into ordinary petrol cars. In addition to physical gear, there needs to be a specially designed algorithm that will process, evaluate and eventually make a decision on a specific road situation.

In this article libraries such as OpenCv and Tensorflow are mostly used to properly analyze images and make useful neural networks for ML respectively. Furthermore, disposition of sensors and cameras in a car plays a huge role in gleaning the most accurate data. Then, finally all mathematical equations shall be tested on simulators for better understanding and result.

**Keywords:** adaptive cruise control, collision avoidance, machine learning, computer vision, anti-drowsiness system.

### 1 Introduction

A car has become an integral part of human society without which comfortable and rapid commuting is difficult. On the other hand, many drivers are careless as well as reluctant to maintain road safety regulations therefore supplementary measures should be taken in order to reduce the number of road accidents. More and more advanced collision avoidance systems are developing in current times including adaptive cruise control

(ACC), collision mitigation by brake and rear-end crash prevention. These systems are being mass manufactured, which means there are pre-built in many cars already. However, such new technologies are available only for new and mostly brand cars like BMW and Mercedes.

In Kazakhstan, people love driving and they dream of owning a vehicle and it is no relevance for them if it is new or old. So, there are lot of used cars whose production date might go back to 1991 or even further, therefore their conditions are not even close to modern road safety regulations. Such cars have very basic safety systems including seat belts, air bags and anti-lock braking in some of them. So, drivers using such care also deserve as much amount of safety as other drivers with luxurious cars.

The market for electronic goods is rich and abundant, so that anyone can find cheap and high-grade sensors. If old, regular cars do not have enough safety mechanisms they can be installed into them by using such low-cost gear, to make it affordable for everybody. Let manufacturers such as Tesla, Mercedes and BMW produce high-safety and expensive cars, in the meantime we will provide an opportunity for regular cars to be as much safe at an affordable price.

## 2 Literature review

In article [1] by R.Sivakumar, Dr.H.Mangalam there is a discussion on a new solution to vehicle collision warning system which includes basic physics and math like calculating possible forward or rearward collision by using inputs gained from sensors. However, their research does not fully shed light on how they are going to achieve that. There is another way to improve the warning system by applying PID controllers into cars, plus there is already cruise control system embedded in many cars which is an example of PID algorithm [3]. Even though it is a good idea and I also have picked up some useful information from it, machine learning is not used. I have also made use of the article about utilizing social network apps to prevent unwanted traffic inconveniences[7]. In this article I added their method of analyzing the road by mining the data from the Tweeter for example. That way the system will have not only information gathered from sensors, cameras but also from the chats of drivers who constantly share their views about the road they will take, thus helping others to avoid or choose that road.

## 3 Research background

I have started taking a close interest in collision avoidance system after I have read a report about how many pedestrians become victims of car accidents and some of them even result in death. So, I started making enquiries on existing safety systems and referencing related articles. For example in R.Sivakumar*, Dr.H.Mangalam work called “RADAR Based Vehicle Collision Avoidance System used in Four Wheeler”[2] there are sufficient amount of research done on the topic. They describe type of electronic radio frequency device that will detect potential collision with either front or rear vehicle, however, even though their ideas are good they need thorough machine learning process to improve the system. I have stumbled upon one article about Andrej Karpathy, a computer vision specialist at Tesla, who is now leading a team that works on Autopilot at Tesla. He mostly concentrates on recurrent neural networks which is very complicated to implement in my research, so I want to carry out deep neural networks coupled with an OpenCV library to make my algorithm easier. Furthermore, as mentioned above correct placement of sensors is very important, which is why I have put as much effort as possible to come up with a reliable sensor alignment design. Sensor technologies alleviate the wieldy data coming from surrounding environment if sensors are chosen and placed with some finesse.

## 4 Collision Avoidance System

### 4.1. General Layout

The assistance system is based on four main principles:

1. Obstacle detection principle is necessary to detect and track obstacles and determine their speed and direction while distinguishing between obstacles that are within the area of risk zone that is outside. Positioning the vehicle and the obstacles in accurate and detailed digital maps provides additional information.

2. Decision making principle decides the best possible action to take to avoid an accident or reduce its consequences based on the information from the surroundings. Its basic idea is not to generate any additional risks for other road users. This decision module should take into account the road characteristics, the own

vehicle movement, the obstacles and should generate maneuvers that are feasible in practice according to vehicle dynamics and should not be surprising for the drivers.

3. Autonomous maneuvering principle is to carry out the maneuver selected by the previous principle by acting on the vehicle's controls, without eliminating the capability of the driver of acting over those controls if necessary.

4. Communications principle. This sends messages to nearby vehicles in the event of risk situations being detected that lead to avoidance measures so that those vehicles can be made aware of these unpredicted moving traffic circumstances. Communications are not used for obstacles detection but to warn of sudden maneuvers that could be performed by the autonomous system.

**4. 2 Anti-drowsiness system**

Many people feel tired behind the wheel which is one of major factors and reasons for car accidents. There should a camera installed right above the dashboard invisible enough not to distract a driver but feasible enough to provide correct analysis of a person's face expressions. It should distinguish a person's just winking from drowsiness by setting time range in which an average person drifts off. Below there is an algorithm implanted by using Python and OpenCV which only extracts data from eyes of a person, such way we reduce the superficial which might come from other face parts. The following code:

```
    import cv2
    import numpy as np
    face_cascade =
    cv2.CascadeClassifier('./cascade_files/haarcascade_frontalface_alt.xml')
    eye_cascade =
cv2.CascadeClassifier('./cascade_files/haarcascade_eye.xml')
    if face_cascade.empty():
       raise IOError('Unable to load the face cascade classifier xml
file')
    if eye_cascade.empty():
      raise IOError('Unable to load the eye cascade classifier xml
file')
    cap = cv2.VideoCapture(0)
    ds_factor = 0.5
    while True:
      ret, frame = cap.read()
      frame = cv2.resize(frame, None, fx=ds_factor, fy=ds_factor,
      interpolation=cv2.INTER_AREA)
      gray = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
      faces = face_cascade.detectMultiScale(gray, scaleFactor=1.3,
      minNeighbors=1)
      for (x,y,w,h) in faces:
        roi_gray = gray[y:y+h, x:x+w]
        roi_color = frame[y:y+h, x:x+w]
        eyes = eye_cascade.detectMultiScale(roi_gray)
          for (x_eye,y_eye,w_eye,h_eye) in eyes:
            center = (int(x_eye + 0.5*w_eye), int(y_eye +   0.5*h_eye))
            radius = int(0.3 * (w_eye + h_eye))
            color = (0, 255, 0)
            thickness = 3
    cv2.circle(roi_color, center, radius, color, thickness)
    cv2.imshow('Eye Detector', frame)
    c = cv2.waitKey(1)
    if c == 27:
       break
    cap.release()
    cv2.destroyAllWindows()
```

can be used to detect faces in an image. OpenCV provides an ML file that can be used for this purpose. We use the function *CascadeClassifier* to load the XML file. Once we start capturing the input frames from the camera and use the *detectMultiScale* function to get the bounding boxes for all the faces in the current image, in case frames are not passed in grayscale, this is going to run internally at the method, as grayscaled frames are required to process the detection. Along with loading the face detection cascade classifier, we load the eye detection cascade classifier as well. Technically, we don't need to use the face detector. But we know that eyes are always on somebody's face. We use this information and search for eyes only in the relevant region of interest, that is, the face. We first detect the face, and then run the eye detector on this sub-image. This way, it's faster and more efficient.

### 4.3 Placement of actuators and sensors

On the market there are a lot of sensors but we need to make sure that our sensors will not fail to deliver what is required. So I have come across one particular senor **PD300/PD310** which is a state of the art FMCW milli-power radar designed for presence indication, volume and occupancy measurements on the roads with up to 6 lanes of detection. It is the premier product in its class available in the world. Typical applications include ground loop replacement, multi-lane traffic counters, mid-block detectors, stopped traffic detectors/incident detectors, vehicle actuated signals and intrusion detectors. Theses two sensors are placed on both fenders so that they will detect any side collisions. Then there are four front and rear side ultrasonic detectors which will get information from neighboring cars that come too close and warn the drive. BlackVue – DR750S-2CH is a front camera in the Figure – 4.3.2 which is very miniature in size and high quality in resolution which guarantees full-hd image recognition even during the night. In addition to this feature it sends data to Cloud which will be useful in making a person's travel public so that some other driver will assist him. All those gears are connected to a programmable logic controller which receives and processes data and output it to the CPU of the main computer in which actual machine learning process will take place. (Figure 4.3.1).

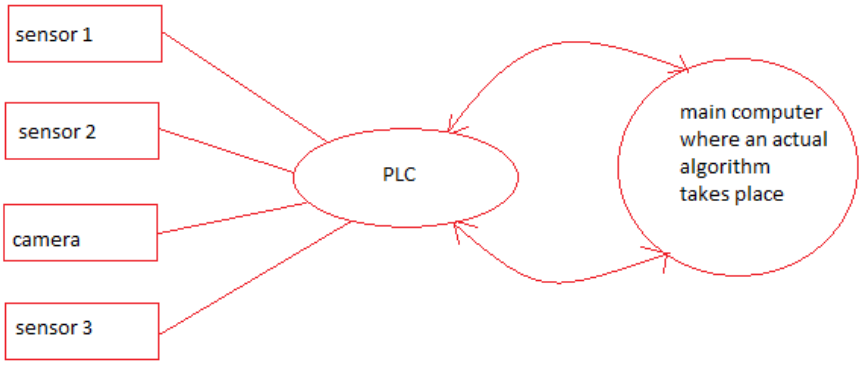



**Figure – 4.3.1** Process of data interaction between sensors and a computer

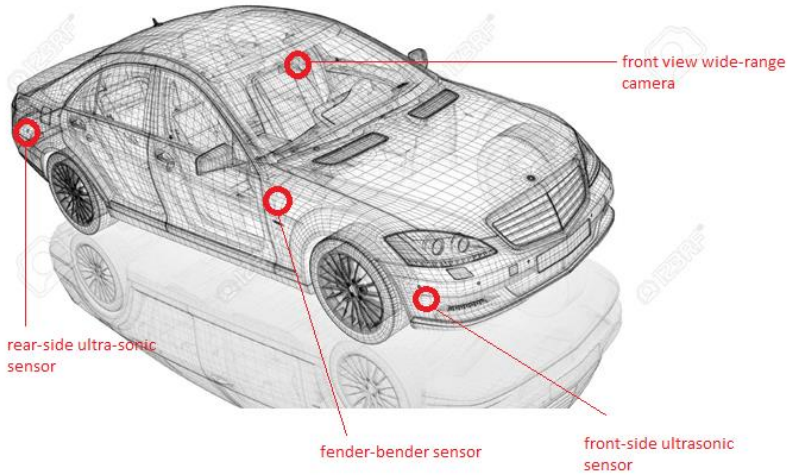



**Figure – 4.3.2** Position of sensors in a car

## 5 Detecting Traffic Accidents from Social Media Data

This section compares the classification results of the DBN with LSTM as well as a supervised learning method: Artificial Neural Network (ANN), Support Vector Machine (SVMs) [3] (Karatzoglou et al., 2005) and a topic modeling method: supervised Latent Dirichlet allocation [4] (sLDA) (Mochihashi, 2009). ANN employed in this comparison is a feed-forward neural network with a single hidden layer (Venables and Ripley, 2013); the number of nodes in the hidden layer is equal to 5 which is the same as that in DBN. SVMs is a supervised learning model and can employ different kernel functions to keep the computational load reasonable. In this comparison, we employ the linear kernel to train and predict the models. 5-fold cross-validation is also employed in the process of model training to avoid overfitting.

The supervised Latent Dirichlet Association assumes that a topic is a probability distribution over a group of words (tokens) which describe a semantic theme and the features of a document can be divided into several different topics instead of different words (tokens). Thus, sLDA is capable of reducing the dimensionality of the words. As compared most of the topic models including Latent Dirichlet Allocation (LDA) which are unsupervised, sLDA can infer latent topics of the response on the basis of a manual label. The advantages of sLDA have been proved in several studies. According to Mcauliffe and Blei (2008) [5], each tweet post and label are processed from the following generative process:

- Draw topic proportions $\theta|\alpha \sim (\alpha)$;
- For each word
  - Draw topic assignment $z_n|\theta \sim Mult\ (\theta)$;
  - Draw topic assignment $w_n|z_n,\ \beta_{1:K}:.\sim Mult\ \beta_{zn}$;
- Draw response variable $y|z{:}N,\ \eta,\ \sigma^2 \sim Mult\ (\eta^T.z,\ \sigma^2)$

Where $Di(\alpha)$ is the Dirichlet distribution; $Mult\ \theta$ is the multinomial distribution; $z_n$ is the topic of the word $w_n$ (token); $\beta_n$. is the multinomial distribution parameter for $z_n$; $z = (1/N)\sum_{n=1}^{N} z_n$. We follow the generative process and E-M procedure to infer the unknown parameters in the topic and word distributions. The first comparison is between DNN, ANN, LSTM, and SVMs in which the input features are the selected individual and paired token features. From Figure 5.1.1, we can see that the results show that DBN has an overall better performance than the other methods. The performance of SVMs is steady and the results of ANN and SVMs are getting close to that of DBN when $\phi$ is higher than 0.15.

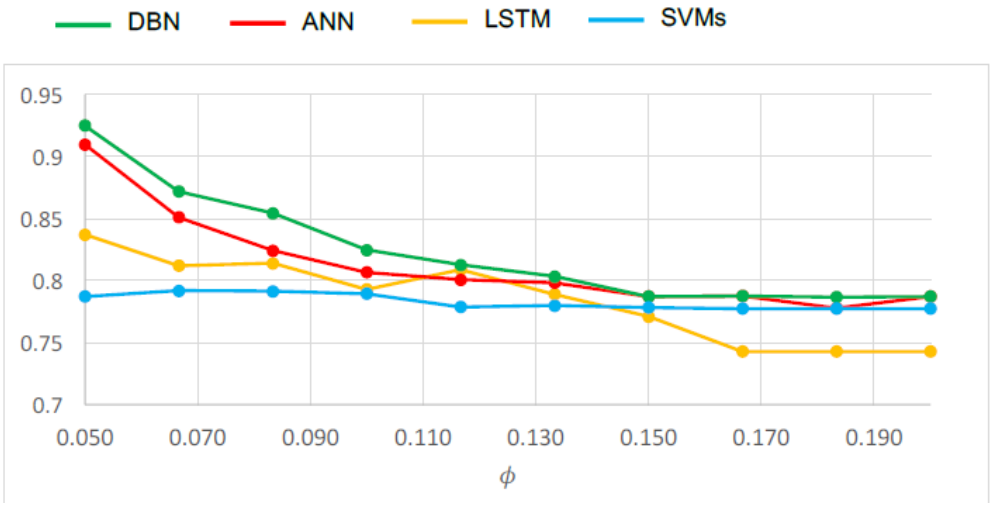



**Figure 5.1.1** Accuracy comparison between DBN, ANN, LSTM and SVMs with selected individual and paired tokens under different thresholds of correlation coefficient $\phi$.

The second comparison is made between deep learning methods, ANN, SVMs and sLDA when we set $\phi$ as 0.083. From figure 5.1.1, one can see the great advantages of deep learning methods in tweet classification is also better than sLDA. Compared to the applications like film reviews, image, etc., tweets have fewer words. Thus, the classification may neither generate reliable topic distribution in sLDA nor give enough input features for LSTM. The words (token) in the tweet posts are usually ad-lib and in a random order: words in a tweet are not well organized; under this condition, LSTM may not be accurate because it depends on the sequential

information input at each step. It is also worth mentioning that in sLDA, the input is the original tweets instead of selected features and the results are not affected by $\phi$ values. Thus, the result of sLDA is not put in the comparison in Figure 5.1.1.

DBN also gains overall better performance than the SVMs and ANN: compared with DBN, SVMs has an overall lower precision and accuracy while ANN gains relatively lower accident-related precision and higher non-accident-related precision but its overall performance is slightly left behind by DBN in accuracy. This may be due to that DBN has more layers and neurons than SVMs and ANN: After several epochs of fine-tuning, DBN can achieve the best combinations of functions and parameters to gain a better result. One can also see that advantages of DBN over SVMs and ANN becomes larger when there are more token features in the model. This is because Deep Learning method is designed to deal with problems such as image processing and speech recognition when there is a large quantity of features and tweets can inherently generate a large number of token features. In this way, DBN can be a better method to process the tweet data than SVMs and ANN.

## 6 Conclusion and discussions

In this article we improved upon already existing collision avoidance techniques with more efficient algorithm and arrangement of actuators and sensors. The most significant part is to prevent a driver from sleeping behind the wheel and keeping them alert all the way. We reduced the amount of processing time by shortening the code in Python and embedding it in the most advanced camera which resolution is very high. The last part is that our research is for ordinary people with low budget who can also reap the benefits of new safety technologies.

Integrating social media data into the traffic-related study opens up a wide range of possibilities for transportation research. The results show that social media data might be noisy and even unreliable. Therefore, social media in accident detection can function as a secondary source rather than a replacement to the traditional method. The potential of finding “unrecorded” accidents shows the power of massive wisdom collection given by social media. The model calibrated in this study can be employed to detect the traffic accident in a real-time manner, which potentially lead to better emergency responses.

REFERENCES

[1] R.Sivakumar, Dr.H.Mangalam “RADAR Based Vehicle Collision Avoidance System used in Four Wheeler Automobile Segments” (International Journal of Scientific & Engineering Research,Volume 5, Issue 1, January-2014 763 ISSN 2229-5518).

[2] Hasunuma, H., Nakashima, K., Kobayashi, M., Mifune, F., Yanagihara, Y., Ueno, T., Yokoi, K. “A tele-operated humanoid robot drives a backhoe” (In Robotics and automation, 2003. Proceedings. ICRA’03. IEEE international conference on Vol. 3, pp. 2998–3004 Taiwan: IEEE.)

[3] Karatzoglou, A., Meyer, D., Hornik, K.,. (Support vector machines in R, 2005).

[4] Mochihashi, D., LDA, a latent dirichlet allocation package.(*ATR Spoken Language Communication Research Laboratories*, 2009).

[5] Mcauliffe, J.D., Blei, D.M. (Supervised topic models, *Advances in neural information processing systems*, pp. 121-128., 2008)

[6] Jen, F. H., & Mai, B. T. “Building an autonomous line tracing car with PID algorithm” (In Intelligent control and automation (WCICA), July-2012 10th world congress on pp. 4478–4483 China: IEEE)

[7] Molina, P., Echeverry, J., Vasquez, V., & Mendez, J. “Low cost implementation of a remote controlled Suzuki car to assist physically challenged people” (In Connected vehicles and expo (ICCVE), 2013 international conference on pp. 362–368 USA: IEEE).

[8] Namik, H., Inamura, T., & Stol, K. “Development of a robotic driver for vehicle dynamometer testing” (In Proceedings of 2006 Australasian conference on robotics and automation, pp. 1–9 Auckland, New Zealand)

[9] “Traffic accident detection by using machine learning methods” last modified March 11, 2009, https://www.researchgate.net/publication/288511790.

[10] Zhenhua Zhang, Qing He, Jing Gao, Ming Ni “A Deep Learning Approach for Detecting Traffic Accidents from Social Media Data” (PhD diss., University at Buffalo, 2010)

[11] Hollie Boudreaux, Ashok Kumar, Jim Etheredge “An algorithmic and software engineering based approach to robust video game” (International Journal of Software Engineering & Applications (IJSEA), Vol.2, No.3, July 2011).

[12] Antonio Paolillo ; Andrea Cherubini ; François Keith ; Abderrahmane Kheddar ; Marilena Vendittelli “Toward autonomous car driving by a humanoid robot: A sensor-based framework”( Paper published in 2014 IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots, Madrid, Spain, 18-20 Nov. 2014).

[13] Dibakar Saha, Priyanka Alluri, AlbertGan “Prioritizing Highway Safety Manual’s crash prediction variables using boosted regression trees” (Published by Elsevier Ltd., Pages 1-240 (June 2015))

Ережепбеков А.

**Жеңіл көліктердің бетпе-бет қақтығысуын ескерту және қақтығыстың алдын-алу есебі**

**Андаптпа** – Мақалаға кіріспе жолдардың қауіпсіздігі мен автомобиль апаттарының алдын-алу маңыздылығынан басталады. Жаңа машина жасау технологиялары мен электроника көмегімен жолдардағы құрбандар саны айтарлықтай қысқартылуы мүмкін. Сондықтан заманауи автокөліктердегі дәстүрлі жол қауіпсіздігінің жүйесін жетілдіру үшін көптеген қадамдар жасалды. . Дегенмен, жоғары технологиялық гаджеттермен жабдықталған осындай көптеген машиналар қымбат, сондықтан адамдарға әдеттегі бензин автомобильдеріне орнатуға мүмкіндік беретін қажетті механизмдер мен жүйелер болуы керек. Физикалық жабдықтан басқа, белгілі бір көлік жүргізу жағдайын өңдеуге, бағалауға және ақыр соңында шешуге арналған арнайы әзірленген алгоритм болуы керек.

Бұл мақалада OpenCv және Tensorflow сияқты кітапханалар көбінесе суреттерді дұрыс талдау және ML үшін пайдалы нейрондық желілерді жасау үшін пайдаланылады. Сонымен қатар, машинадағы датчиктер мен камералардың орналасуы ең дәл деректерді жинауда үлкен рөл атқарады. Соңында, барлық математикалық теңдеулер симуляторларда жақсы түсіну және нәтиже алу үшін сынақтан өту керек.

**Түйінді сөздер:** адаптивтік круиздік бақылау, соқтығысуды болдырмау, машиналық оқыту, компьютерлік көру, ұйқышылдыққа қарсы жүйе.

Ережепбеков А.

**Расчет предупреждения лобового столкновения автомобилей и система предотвращения столкновений**

**Резюме.** С помощью новых технологий машинного обучения и электроники число жертв на дорогах может значительно снизиться. Поэтому было сделано много шагов в улучшении традиционных систем безопасности дорожного движения в современных автомобилях. Однако многие такие автомобили, оснащенные высокотехнологичными гаджетами, стоят дорого, и поэтому должны быть необходимые механизмы и системы, позволяющие людям устанавливать их в обычные бензиновые автомобили. В дополнение к физическому снаряжению, должен быть специально разработанный алгоритм, который будет обрабатывать, оценивать и в конечном итоге принимать решение о конкретной дорожной ситуации.

В статье библиотеки, такие как OpenCv и Tensorflow, в основном используются для правильного анализа изображений и создания полезных нейронных сетей для ML соответственно. Кроме того, расположение датчиков и камер в автомобиле играет огромную роль в сборе наиболее точных данных. Затем, наконец, все математические уравнения должны быть проверены на тренажерах для лучшего понимания и результата.

**Ключевые слова:** адаптивный круиз-контроль, предотвращение столкновений, машинное обучение, компьютерное зрение, система против сонливости.

УДК 621.926.52

**A.Y. Uderbayeva, A.A. Nauryzbayeva,Smailova G.A,Kurmangaliyeva L.A**
(Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan, E-mail: aigerimnauryz@mail.ru)

**THE STUDY OF THE DYNAMIC CHARACTERISTICS OF BALL MILLS**

**Abstract:** The article deals with the dynamics of rotation of ball mills designed for grinding solid materials used in mechanical engineering. Various modes of operation of the ball mill are analyzed. Currently, ball mills are widely used in the mining industry, to create powder for the use in paints, pyrotechnics, and ceramics. Crushing and grinding is one of the most energy – intensive and expensive operations. Due to the simplicity of design, high reliability and the ability to easily adjust the degree of grinding, ball drum mills were actively used several years ago in the production of various materials. Not only has the design of the mill unit demonstrated the cost-efficiency of the grinding process, but also the grinding circuit, which is incorporated in the apparatus.

**Key words:** ball mill, rotation of the ball mill drum, cascade mode of operation of the mill, waterfall modes of operation of the mill, supercritical mode of operation of the mill, mining industry

**А.Е. Удербаева, А.А Наурызбаева, Г.А Смайлова, Л.А Курмангалиева**
(Казахский национальный аграрный университет Республика Қазақстан, г. Алматы
e-mail: aigerimnauryz@mail.ru)

**АНАЛИЗ ИСЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАБОТЫ ШАРОВЫХ МЕЛЬНИЦ**

**Аннотация:** В статье рассмотрена динамика вращения шаровых мельниц, предназначенных для измельчения твёрдых материалов, используемых в машиностроении. Проанализированы различные режимы работы шаровой мельницы. В настоящее время шаровые мельницы широко используются в горнорудной

промышленности, для создания порошка для использования в красках, пиротехнических средствах, и в керамике. Дробление и измельчение – одна из наиболее энергоемких и дорогостоящих операций. Благодаря простоте конструкции, высокой надежности и возможности легко регулировать степень измельчения, шаровые барабанные мельницы активно использовались несколько лет назад в производстве различных материалов. Насколько экономичен процесс измельчения, показывает не только конструктивное исполнение мельничного агрегата, но и схема измельчения, которая заложена в аппарате.

**Ключевые слова:** шаровая мельница, вращение барабана шаровой мельницы, каскадный режим работы мельницы, водопадный режимы работы мельницы, сверхкритический режим работы мельницы, горнорудной промышленность

Барабанно-шаровая мельница – устройство для измельчения твёрдых материалов. В барабанных мельницах материал измельчается внутри полого вращающегося барабана. Барабанные мельницы используются при производстве цемента, извести, гипса, керамических изделий и т. п. для измельчения материала до частиц размером менее десятых долей миллиметра [1].

Двухкамерная мельница состоит из полого сварного барабана 21, закрытого с обеих сторон стальными литыми крышками 5 и 6 с полыми цапфами 4 и 10. Внутренняя полость барабана делится перегородкой 19 со щелевидными отверстиями на две камеры, заполненные стальными шарами. В первой камере по ходу движения материала шары крупнее, чем во второй. Это повышает эффективность помола за счет обеспечения соответствия размеров шаров и кусков измельчаемого материала. Барабан цапфами опирается на подшипники 22, вращение ему передается от электродвигателя через редуктор и зубчатую муфту 14.Внутренняя поверхность барабана и крышек футерована плитами 20. Загрузка материала в барабан осуществляется через течку1 и питатель 2. Затем материал захватывается лопастями 23 и попадает в полую и загрузочную цапфу, имеющую шнековую насадку 3. Выгрузка материала происходит через полую цапфу 10. Измельченный материал из барабана проходит через торцовую решетку 7 и поступает на элеваторное устройство. Между решеткой и торцовой крышкой установлен конус 8 с приваренными к нему радиальными лопастями 18, образующими ряд секторов. Материал, попавший в нижний сектор, при вращении барабана поднимается и по конусу 8 ссыпается в полость шнековой насадки 9, размещенной в полой цапфе 10. Через окна в разгрузочном патрубке 13 материал попадает на сито 12, служащее для задержания раздробленных мелющих тел. Через патрубок 11 в кожухе 15 осуществляется аспирация воздуха,рисунок 1[2].

В мельницах применяют подшипники скольжения сферические самоустанавливающиеся, состоящие из корпуса 17, крышки и нижнего вкладыша 16 [3].

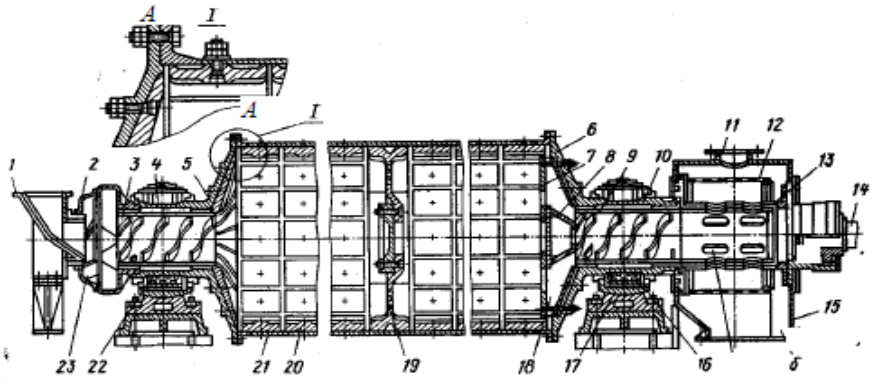



**Рис.1.** Двухкамерная шаровая мельница[2]

Барабан мельницы изготавливают сварным из листовой стали. Его внутренняя поверхность футерована плитами из износостойких материалов со звукоизолирующими прокладками. Профиль и схема установки футеровочных плит существенно влияет на процесс измельчения материала и производительность барабанных мельниц [4-5].

При вращении полого барабана смесь измельчаемого материала и мелющих тел (шаров, стержней) сначала движется по круговой траектории вместе с барабаном, а затем, отрываясь от стенок, падает по параболической траектории. Часть смеси, расположенная ближе к оси вращения, скатывается вниз по слоям смеси. Измельчение материала происходит в результате истирания при относительном

движении мелющих тел и частиц материала, а также вследствие удара. Схема процесса измельчения материала в барабанной мельнице показана на рисунке2 [6-7].

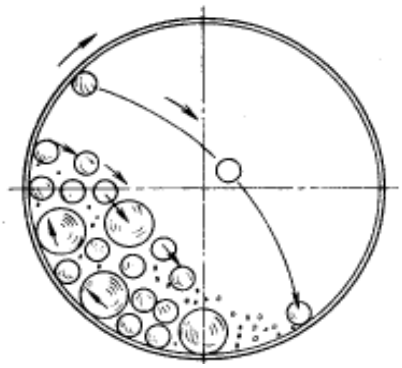


**Рис.2.** Схема рабочего процесса в барабанной шаровой мельнице [7]

Режим работы шаровой мельницы определяется частотой вращения барабана.

При низкой частоте вращения мельницы все шары поворачиваются в сторону вращения на некоторый угол и при постоянной частоте вращения остаются в таком положении, рисунок 3. Шары непрерывно циркулируют, поднимаясь по концентрическим круговым траекториям и скатываясь параллельным слоями каскадом вниз. Такой режим работы мельницы называется каскадным, рисунок 3,а. Измельчение материала при каскадном режиме происходит, главным образом, раздавливанием его и истиранием перекатывающимися шарами[7-8].

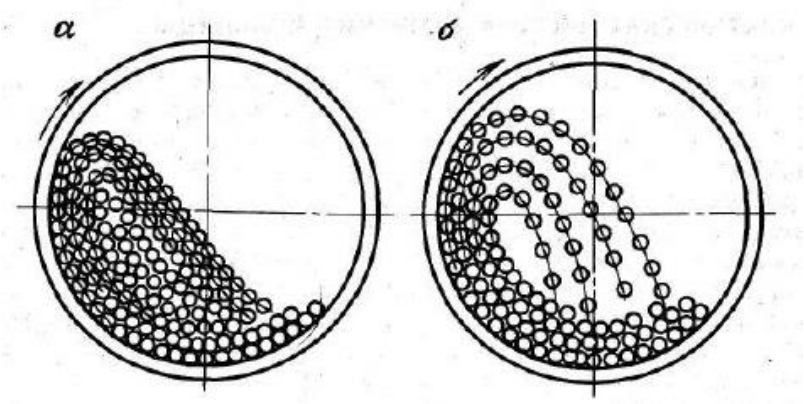



**Рис.3.** Контур шаровой загрузки [7]

*а - при каскадном режиме работы мельницы; б - при водопадным режиме работы мельницы*

Каскадный режим работы мельницы характеризуется тонким измельчением с увеличением выходов шламов и повышенным износом футеровки.

По мере повышения частоты вращения мельницы угол поворота шаров увеличивается и они по круговым траекториям поднимаются все выше, но режим работы может оставаться еще каскадным. Когда, наконец, шары поднимутся до известной, еще большей высоты, определяемой частотой вращения мельницы, они сойдут с круговых траекторий и, как тела, брошенные под углом к горизонту, по параболическим траектории. Такой режим работы мельницы называется водопадным, рисунок 3, б.

Измельчение материала при водопадным режиме получает более грубый, конечный продукт и футеровка изнашивается меньше.

Резкого перехода от чисто каскадного режима к чисто водопадному не наблюдается. Переход происходит постепенно и при промежуточных частотах вращения мельница работает при смешанном каскадно-водопадном режиме. При таком режиме внешние слои шаров будут падать по параболическим траекториям, но не на свои круговые, а на внутренние слои, скатывающиеся по склону согласно каскадному режиму [8-9].

При некоторых скоростях движения шара любого слоя по круговой траекторий в точке *A*, расположенной в верхнем квадрате, радиальная сила *N* может стать равной центробежной силе *C*, рисунок 4[10-11].

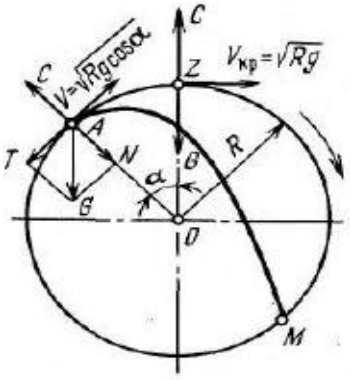



**Рис.4.** Силы, действующие на шар в верхнем квадранте при движении его по круговой траектории [11]

Тангенциальная сила *T* погашается реакцией опоры, сопротивлением последующего ряда шаров того же слоя, и шар становится свободным. Обладая скоростью $V$, равной окружной скорости движения его центра по круговой траектории радиуса *R*, шар от точки *A* будет двигаться под действием силы тяжести как тело, брошенное со скоростью $\vartheta$ под некоторым углом шара от круговой траектории будет равен $\alpha$ ив точке *A* будет справедливо соотношение [11-12]:

$$C=N \text{ или } m^2/R= G\cos\alpha. \quad (1)$$

Полагая, что в этом уравнении

$$G= mg,$$

получаем

$$v^2= Rg\cos\alpha. \quad (2)$$

Подставив в уравнение(2) $v= \pi Rn /30$,где *n*- частота вращения мельницы, мин$^{-1}$, получим [4]:

$$n= 30/\sqrt{R\sqrt{\cos\alpha}}. \quad (3)$$

Формула (3) определяет частоту вращения барабана необходимую для того, чтобы шар перешел с круговой траектории на параболическую при угле отрыва $\alpha$.

При $\alpha$=0, когда шар поднимется по круговой траектории до наивысшей точки *Z* (до зенита), из уравнения (1) получим [12-13]:

$$mv^2/ R= G \text{ или} C= G.$$

Следовательно, для того чтобы шар поднялся по круговой траектории до наивысшей точки *Z*, частота вращения барабана должна вызвать центробежную силу инерции *C*, равную силе тяжести *G*. При дальнейшем движении после точки *Z* шар с круговой траекторий не сойдет, так как радиальная составляющая $N=g\cos\alpha$ меньше силы тяжести шара *G*и она не сможет преодолеть равную ей по значению центробежную силу. При такой критической частоте шар все время будет двигаться по круговой траектории, или, как говорят, будет центрифугировать.

Из формулы (3) при $\alpha$=0 получим [13]:

$$n_{кр}= 30/\sqrt{R}. \quad (4)$$

Из выражения (4) видно, что чем больше *R*, т.е. чем дальше находятся шары от оси мельницы, тем при меньшей частоте вращения барабана они начнут центрифугировать.

При критической частоте вращения барабана начинает центрифугировать только внешний, бесконечно тонкий слой шаров, т.е. фактически не центрифугирует ни один слой шаров и работа измельчения продолжается.

По мере увеличения частоты вращения выше критической в центрифугирование постепенно вступают шары слоев, расположенных ближе к оси мельницы. При некоторой сверхкритической частоте все слои шаров начинают центрифугировать, падение шаров прекращается. Мельница в этот момент уподобляется маховому колесу; расход полезной энергии при этом равен нулю, но и работа измельчения равна также нулю.

Работа мельницы возможна при сверхкритической частоте вращения при условий, что шары скользят по поверхности футеровки и не приобретают достаточной скорости для центрифугирования. Отставание шаров от футеровки может произойти от недостаточного давления, т.е. при малых загрузках дробящих тел или при малом коэффициенте трения, который получается при гладкой или слабоволнистой футеровке, крупных шарах и жидких или обладающих смазывающими свойствами

пульпах. Режим работы мельницы, при котором барабан вращается с частотой выше критической, называется сверхкритическим.

Общая картина движения шаров при сверхкритических частотах вращения барабана может быть каскадной или водопадной и соответствует скорости, с которой движется внешний слой шаров, скользящий по футеровке. При сверхкритических режимах применяют гладкие футеровки мельниц, малые загрузки крупных шаров. Часть работы измельчения выполняется на поверхности скольжения между футеровкой. Сверхкритический режим работы неустойчив в том смысле, что при увеличении коэффициента трения мельница может перейти на режим махового колеса и измельчение прекратится. А изменение коэффициента трения может произойти вследствие изменения твердости, крупности и влажности руды [14].

**Заключение:** Таким образом, полученным параметрам определили частоту вращения барабана. Разработали методики расчета динамики вращения шаровой мельницы на основе динамических параметров, исследовали динамических характеристик работы шаровых мельниц и разработали их динамическую модель.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Мартынов В.Д., Алешин Н.И., Морозов Б.П. Строительные материалы и монтажное оборудование. - М.: Машиностроение, 1990.- 352 с.

[2] Борщев В.Я. Оборудование для измельчения материалов: дробилки и мельницы: учебное пособие, Тамбов: издательство Тамбовского Государственного Технического Университета, 2004. – 75с.

[3] Перов В.А., Андреев Е.Е., Биленко Л.Ф. Дробление, измельчение и грохочениеполезныхископаемых: Учеб. пособиедлявузов. – 4-ед изд., перераб. и доп.- М.: Недра, 1990.- 301 с.:ил.

[4] Андреев С.Е., Перов В.А., Зверевич В.В. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1980.

[5] Е.Е. Серго Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. М., « Недра» 1985

[6] Антоничев М. Я. Определение перспективных направлений при конструировании шаровых мельниц с помощью теории подобия и моделирования. – Обогащение полезных ископаемых, 1981.

[7] Барзуков О. П., Иванов Н. А., Карцман. Я. М. Уточненный метод расчета перемещения материала в камере дробления конусных дробилок. – Обогащенный руд. 1983.

[8] Бедрань Н. Г. Машины для обогащения полезных ископаемых. Киев- Донецк, Вища школа, 1980.

[9] В.А, Перов Е.Е.Андреев Л.Ф. Биленко Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. М., « Недра» 1990

[10] Кармазин В. И., Денисенко А. И., Серго Е. Е. Бесшаровое измельчение руд. М., Недра, 1968.

[11] Крюков Д. К., Кириченко В. И. Выбор перспективного направления развития барабанных мельниц. – Обогащение полезных ископаемых, 1981.

[12] Кубачек В. Р., Масленников В. А., Девяткин Ю. А. Дроблящее пространство конусных дробилок мелкого дробления.- Горный журнал, 1972.

[13] http://www.intech-gmbh.ru/ball_drums.php

[14] Андреев С. Е., Перов В. А, Зверевич В. В. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. М., Недра, 1980.

Удербаева А.Е., Наурызбаева А.А, Смайлова Г.А, Кумангалиева Л.А

**Шарлы диірмендердің жұмыс істеу динамикасын зерттеу**

**Түйіндеме.** Мақалада машина жасауда қолданылатын қатты материалдарды ұсақтауға арналған шарлы диірмендердің айналу динамикасы қарастырылған. Шар диірменінің түрлі жұмыс режимдері талданды. Қазіргі уақытта шарлы диірмендер тау-кен өнеркәсібінде, бояу, пиротехникалық құралдар және керамикада қолдану үшін ұнтақ жасау үшін кеңінен қолданылады. Ұсақтау және ұсақтау-ең көп энергияны қажет ететін және қымбат тұратын операциялардың бірі. Конструкцияның қарапайымдылығы, жоғары сенімділік пен ұнтақтау деңгейін оңай реттеу мүмкіндігі арқасында шар барабанды диірмендер бірнеше жыл бұрын әртүрлі материалдар өндірісінде белсенді қолданылды. Ұнтақтау процесі қаншалықты үнемді, диірмен агрегатының конструктивтік орындалуын ғана емес, аппаратта салынған ұнтақтау схемасын да көрсетеді.

**Кілттік сөздер.** шарлы диермен, барабанды шарлы диермндердің айналуы, диермендердің каскадты жұмыс жасау режимі, диермендердің водопатты жұмыс жасау режимі,диермендердің шамадан тыс жұмыс жасау режимі.

УДК 669-1

**Y.Y. Zholdasbay, N.K. Dosmukhamedov, Zh.S. Akhmedzhan**
(Kazakh National Research Technical University.
named after K.I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan. E-mail: zhte@mail.ru)

## TO THE QUESTION OF IMPROVEMENT OF TECHNICAL AND ECONOMIC INDICATORS OF THE MINE CONTRACTILE SMELTING

**Abstract.** The existing composition of the initial mixture of mine contractile smelting does not provide high technical and economic indicators of the process. On the basis of metallurgical calculations, the possibility of improving the process indicators is shown. It has been established that the consumption of quartz flux is four times higher than the theoretically necessary quantity for the formation of slag of a given composition, of which almost half in the slag does not participate in the process and is in a free form. This leads to an increase in slag yield, a change in the composition of the slag, which affects the final technical and economic indicators of the process. A significant overrun of quartz flux increases the material costs of the process.

The ways of adjusting the initial composition of the mine contractile smelting are shown by its optimization, which makes it possible to correct the composition of the slag and to ensure the optimal distribution of copper, lead and impurities between the smelting products.

**Key words:** intermediates, circulating materials, mine contractile melting, quartz flux, material balance.

**Е.Е. Жолдасбай, Н.Қ. Досмұхамедов, Ж.С. Ахмеджан**
(Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы қ.,
Қазақстан Республикасы. E-mail:zhte@mail.ru)

## ШАХТАЛЫҚ ҚЫСҚАРТЫП БАЛҚЫТУ ПРОЦЕСІНІҢ ТЕХНИКА-ЭКОНОМИКАЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІН ОҢТАЙЛАНДЫРУ МӘСЕЛЕСІНЕ

**Аңдатпа.** Шахталық қысқартып балқытудың бастапқы шихта құрамы процестің жоғары техника-экономикалық көрсеткіштерін қамтамасыз етпейді. Металлургиялық есептеулер негізінде процестің көрсеткіштерін жақсарту мүмкіндігі көрсетілген. Берілген шлак құрамын алуға қажетті кварц флюсі теориялық керекті мөлшерден 4 есе артық қосатыны орнатылды, оның тең жартысындай процеске қатыспай бос күйінде болатыны орнатылды. Шлак шығымының артуы, шлак құрамының өзгеруі процестің соңғы техника-экономикалық көрсеткіштеріне әсер етеді. Кварц флюсінің артық шығыны процестің материалдық шығынын арттырады.

Шахталық қысқартып балқытудың бастапқы шихта құрамын оптимизациялау арқылы жақсарту жолы көрсетілген, бұл шлак құрамын дұрыстауға және балқыту өнімдері арасында мыстың, қорғасынның және қоспа металдардың оптималды бөлініп таралуын мүмкіндік береді.

**Түйін сөздер:** жартылай өнімдер, айналмалы материалдар, шахталық қысқартып балқыту, кварц флюсі, материалдық баланс.

### Кіріспе

Қорғасын кәсіпорындары үшін ауыр түсті және өзге бағалы компоненттердің жоғары мөлшерімен сипатталатын жартылай өнімдер, айналмалы материалдар мен шлактар өсуі ерекше қауіпті тудырады [1-4]. Қорғасын саласының кәсіпорындарында құрамынан мыс пен қорғасынды қосымша бөліп алу мақсатымен оларды ары қарай өңдеу бойынша белсенді шаралар қабылдануда [5,6]. Жартылай өнімдер мен айналмалы материалдарды өңдеудің тиімді технологияларын жасау үшін, штейн мен шлак балқымасының арасында физика-химиялық әрекеттесулердің өту заңдылықтарын анықтайтын күрделі көпкомпонентті шлак жүйелерінің құрамын мұқият қосымша зерттеуді талап етеді. Бұл кезде мыс пен қорғасынның шлактармен жоғалымын төмендету сұрақтары аса маңызды болып табылады [7-9]. Қарастырылып отырған қырдан, жартылай өнімдер мен айналмалы материалдардың бөлек «Казцинк» ЖШС жағдайында шахталық пеште балқытуды жүзеге асыратын технология үлкен қызығушылықты тудырады.

Технологияның сипатты ерекшелігі қорғасын өндірісінің жартылай өнімдері мен айналмалы материалдарын бөлек шығарып және шахталық пеште балқытуды ұйымдастыру болып табылады.

Шахталық қысқартып балқытудың бастапқы шихтасы әртүрлі материалдардан құралған, күрделі қоспа конгломераты болып келеді. Ықшамдалған түрде, бастапқы шихта құрамын (100 % есептегенде) келесі түрде көрсетілген: 7 % мыс-мырышты кен, 17 % флюс кені және 30 % мыс шликерлері. Қалған 46 % ішіне шахталық тотықсыздандырып балқытудың мыс бойынша кедей штейндері, конвертерлік шлак,

сілтілі балқымалар, шлак қалдықтары, қорғасын кектері кіреді. Берілген қоспа конгломератын қысқартып балқыту шихтасы деп атайды.

Шихтаны балқытуды кессондары буландырумен салқындатылатын шахталық пеште жүргізеді. Пеш биіктігі 5,5 м. Ұзындығы мен ені бойынша көрік фурмалар аймағындағы пеш өлшемдеріне сәйкес келеді, оның тереңдігі 0,5-0,8 м құрайды. Көрік үнемі қорғасынмен, штейн және шлакпен толтырылған болады. Қара қорғасынды сифон арқылы үздіксіз шығарады.

Балқытудың сұйық өнімдерінің бөлінуі пеш тұндырғыштарында жүреді. Тұндырғыштар ретінде көлемі 12-16 м$^3$, қуаты 1200-2500 кВт электртермиялық пештер пайдаланылады. Қорғасын мен штейнді тұндырғыштан олардың жиналуына қарай шпурлар арқылы шығарады.

Қара қорғасынды ары қарай тазалауға жібереді.

Құрамында 15-18 % мырыш болатын шлактарды, мырышты бөліп алу мақсатымен фьюмингтеуге жібереді.

Шаңнан тазаланған газдар қайта өңделеді, ал шаңдарды бастапқы саты – агломерацияға бағыттайды.

Мыс-қорғасынды штейннің шығуы тәулігіне 80-110 т құрайды, оны қара мыс алу үшін ары қарай конвертерлеумен өңдеуге жібереді.

[10] жұмыста технологияның принципиалды ерекшеліктері, оң және теріс жақтары көрсетілген. Технологияның негізгі кемшіліктерінің біріне қара қорғасынға қорғасынның, штейнге мыстың төмен бөлінуін жатқызуға болады. Қара қорғасынға қорғасын бөлінуі 60 % деңгейіне әрең жетеді, ал штейнге мыс бөлінуі – 83 % құрайды.

Процестің технолого-экономикалық көрсеткіштерінің төмендеуі, өндірісте қабылданған жартылай өнімдер, айналмалы материалдар мен шлакты өңдеу шешімі технологияның мәні тұрғысынан тиімділігі жеткіліксіз және не оның жетілдірілуін, не басқа, аса тиімді шешімнің қабылдануын талап етеді.

Жұмыстың негізгі мақсаты - шахталық қысқартып балқыту процесінде мыс пен қорғасынның мақсатты өнімдерге жоғары бөлінуін қамтамасыз ететін факторлар мен себептерді анықтау арқылы бастапқы шихтаны оңтайландырудың жолдарын анықтау.

**Зерттеу әдістемесі**

Жүргізілген зерттеу әдістемесі, бастапқы шихта мен алынатын балқыту өнімдерінің – штейн мен шлактың құрамы бойынша статистикалық өнеркәсіптік деректердің пайдаланылуымен технологияның материалдық балансын есептеуден тұрады. Мыс пен қорғасынның шлакпен жоғалымын бағалау, шлак құрамын талдау және кварцты флюс шығынының оның шлактағы мөлшеріне байланысы мен қатынасын орнатуға негізделіп жүргізілген.

Есептеу жүргізу кезінде, [11] жұмыста алынған шахталық қысқартып балқытудың бастапқы және соңғы өнімдерінде түсті металдар мен темірдің табылу түрлері бойынша минералогиялық зерттеулер нәтижелері ескерілген.

Математикалық өңдеуге және талдауға қабылданған жалпы массив саны 126 нүктені құрайды. Заманауи талдау әдістері мен жаңа ғасырдың техникалық құралдарын пайдалана отырып, штейн мен шлактың химиялық құрамы бойынша өнеркәсіптік нәтижелер, алюминий тотығы мен екі валентті темір мөлшері бойынша талдаумен толықтырылған. Соңғысы процестің материалдық балансын құру кезінде шлакта кремнезем мөлшері мен кварцты флюс шығыны бойынша аса нақты есептеу мен мұқият талдау жүргізуге мүмкіндік берді.

Шлак пен штейннің элементтік құрамын анықтау үшін Optima 2000 DV (Perkin Elmer Inc., США) спектрометрі, D8 ADVANCE рентгенді дифрактометр және Venus 200 PANalyical B.V. (PANalytycal B.V., Голландия) толқынды дисперсиясы бар рентгендіфлуоресценттік спектрометр пайдаланылды.

Алынған нәтижелердің салыстырмалы талдауы металл мөлшері бойынша өнеркәсіптік деректер нәтижелерімен жақсы үйлесімін көрсетті, бұл келесідей зерттеулерде алынған нәтижелер дұрыстығын жоғарылатуға мүмкіндік берді.

**Зерттеу нәтижелері және оларды талдау**

Статистикалық талдау үшін зауытта шахталық пеш жұмысының келесі тәуліктік көрсеткіштерінде алынған штейн мен шлак құрамының ауысымдық сынамаларын талдау нәтижелерінен алынған:

1. Мыс мөлшері 36,21 % болатын 110 т мыс-қорғасын штейні, ол ары қарай конвертерлеумен өңдеуге жіберіледі.
2. Мыс мөлшері 0,5 %, қорғасын – 1,02 % және ~12,23 % мырыш болатын 125,5 т шлак.
3. Пеште шлак балқымасының үстіндегі температураны 1573 К деңгейінде ұсталып тұрды.

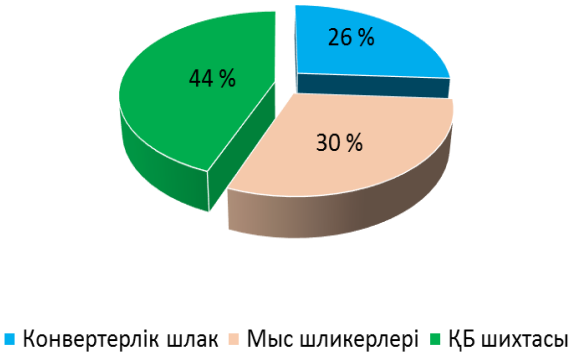
Таңдалған көрсеткіштер пештің тұрақты жұмысын қамтамасыз етеді.

Шахталық қысқартып балқыту шихтасының негізін құрайтын бастапқы балқыту өнімдерінің орташаланған құрамы 1 кестеде келтірілген

Кесте 1 – **Шахталық қысқартып балқытудың орташаланған бастапқы шихта құрамы**

| Атауы | Химиялық құрамы, % мас. | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Cu | Pb | Zn | Fe | S | $SiO_2$ | CaO | As | Sb |
| **Бастапқы шихта** | | | | | | | | | |
| Мыс шликерлері | 10-20 | 40-60 | 4-7 | 4-7 | 1-2 | 2-4 | 1-3 | 4,0 | 2,5 дейін |
| Конвертерлік шлак | 3-5 | 34 дейін | 4,5 дейін | 10-15 | | 15-18 | | 2-2,5 | 2,0 дейін |
| ҚБ шихтасы: | | | | | | | | | |
| ▪ сілтілік балқыма | 0,02 | 25 дейін | 9-11 | – | – | – | | 0,2-0,4 | 0,4-0,6 |
| ▪ шахталық тотықсыздандырып балқыту штейні | 10-18 | 15-20 | 10-12 | 15-20 | 7-9 | – | 2-4 | 1,5 дейін | 1,0 дейін |
| ▪ кварц кені | | 0,37 | | 2-4* | | 60-75 | | | |
| ▪ мыс-мырыш кені | 2-4 | | 3-4 | 20-26 | 28-32 | 12-17 | 9-15 | | |
| **Орташаланған шихта құрамы** | **8-10** | **25-40** | **4-6** | **7-10** | **5-8** | **7-10** | | **1,17** | **0,57** |
| * металл оксидтері | | | | | | | | | |

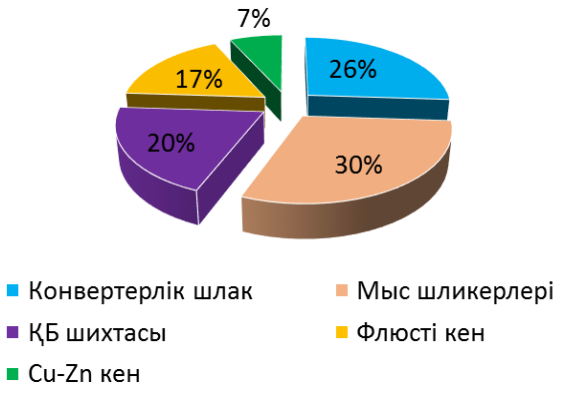
Тәжірибедегі бастапқы шихта құрылымы қарапайым түрде 1 суретте көрсетілген.




**Сурет 1** – Шахталық қысқартып балқыту процесінің бастапқы шихтасының құрамы (тәжірибеде)

Бастапқы шихта құрылымының мұндай көрінісі шартты болып келеді және металлургиялық есептеулер жүргізу кезінде ауқымды қателікке әкеледі. ҚБ шихтасының құрылымы қатты күрделенген және келесі өнімдер қоспасын қамтиды: агломератты шахталық тотықсыздандырып балқытудан кейін алынатын кедей мыс-қорғасын штейндері, мыс-мырыш және флюс кені, сонымен қатар сілтілі балқымалар, кектер мен қорғасын өндірісінің өзге айналмалы материалдарының аз ғана мөлшері.

Процестің технологиялық мәніне қатысты сұрақтардың барлық шеңбері, ең соңында процестің кең түрдегі элементтер бойынша материалдық балансында өрнектеледі, мұнда барлық бастапқы материалдар мен алынатын балқыту өнімдері көрсетілу қажет. Осының салдарынан технологияның металлургиялық есептеулерін жүргізу кезінде бастапқы шихта құрылымының толық көрсетілген түрін пайдалану орынды болып келеді (сурет 2).




**Сурет 2** – Шахталық қысқартып балқытудың бастапқы шихтасының кеңейтілген құрамы

2 кестеде, талдауға қабылданған массивтің жалпы жиынтығынан штейн мен шлактың таңдаулы массивінің құрамы келтірілген.

Кесте 2 – **Штейн мен шлактың химиялық құрамы**

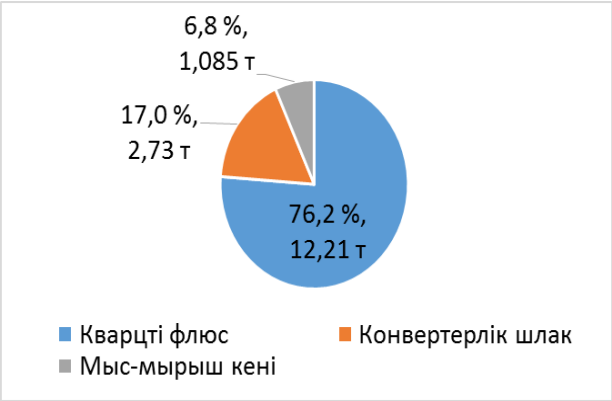
| № сынама | Штейн құрамы, % масс. | | | | Шлак құрамы, % масс. | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Cu | Pb | Zn | Fe | Cu | Pb | $SiO_2$ | $Fe_{общ.}$ | $Fe^{2+}$ | CaO | $Al_2O_3$ | ZnO |
| 1. | 38,6 | 26,33 | 4,2 | 7,63 | 0,5 | 1,08 | 24,2 | 20,7 | 15,64 | 20,7 | 5 | 11,54 |
| 2. | 32,55 | 29,34 | 4,24 | 8,94 | 0,47 | 1,24 | 26,49 | 21,18 | 16,47 | 19,7 | 4,84 | 11,72 |
| 3. | 40,25 | 24,36 | 4,73 | 9,49 | 0,52 | 0,89 | 25,67 | 19,72 | 15,55 | 21,47 | 5,48 | 10,7 |
| 4. | 36,19 | 26,16 | 4,33 | 8,29 | 0,49 | 1,18 | 25,31 | 20,5 | 16,62 | 18,69 | 5,86 | 11,64 |
| 5. | 38,54 | 28,74 | 3,24 | 5,96 | 0,52 | 1,45 | 24,69 | 21,5 | 16,69 | 19,85 | 6,2 | 10,42 |
| 6. | 40,41 | 29,66 | 2,96 | 5,62 | 0,53 | 1,38 | 25,78 | 20,9 | 16,45 | 18,08 | 5,83 | 11,52 |
| 7. | 42,97 | 26,42 | 4,13 | 8,88 | 0,54 | 1,26 | 21,83 | 22,2 | 17,55 | 18,91 | 4,24 | 17,3 |
| 8. | 29,95 | 25,11 | 4,76 | 12,93 | 0,44 | 1,3 | 25,15 | 24,25 | 18,92 | 15 | 4,87 | 9,94 |
| 9. | 39,51 | 25,47 | 5,25 | 13,17 | 0,53 | 1,23 | 25,51 | 22,22 | 16,76 | 21,02 | 5,73 | 8,54 |
| 10. | 34,3 | 23,29 | 6,07 | 12,43 | 0,45 | 0,84 | 26,74 | 21,2 | 16,54 | 19,92 | 6,02 | 7,08 |
| 11. | 36,93 | 24,09 | 4,95 | 9,96 | 0,51 | 0,98 | 23,85 | 22,73 | 17,79 | 16,87 | 3,97 | 5,73 |
| 12. | 35,8 | 28,76 | 4,24 | 7,87 | 0,52 | 1,35 | 25,6 | 22,47 | 17,53 | 16,61 | 4,13 | 6,41 |
| 13. | 33,55 | 25,9 | 4,12 | 9,05 | 0,46 | 1,12 | 27,08 | 21,36 | 16,69 | 18,54 | 4,92 | 8,32 |
| 14. | 23,8 | 19,42 | 6,75 | 13,71 | 0,34 | 0,7 | 27,77 | 20,7 | 16,64 | 17,48 | 5,13 | 9,1 |
| 15. | 24,19 | 19,76 | 6,84 | 12,8 | 0,35 | 0,67 | 26,19 | 20,93 | 16,32 | 19,17 | 4,62 | 10,61 |
| 16. | 32,59 | 26,36 | 5,07 | 10,78 | 0,45 | 0,99 | 24,57 | 23,12 | 18,23 | 17,83 | 3,87 | 10,44 |
| 17. | 36,3 | 23,18 | 5,13 | 11,58 | 0,48 | 0,84 | 26,53 | 22,41 | 17,61 | 18,22 | 4,02 | 9,97 |
| 18. | 34,55 | 22,74 | 5,23 | 12,24 | 0,47 | 0,81 | 26 | 23,05 | 18,03 | 17,51 | 4,35 | 10,76 |

Пирометаллургиялық процесте балқыту жүргізу температурасы шлак құрамымен анықталатыны және оның кварцты флюстің қажетті мөлшерін тиеумен қамтамасыз етілетіні мәлім [12,13]. Екінші жағынан, қосылатын кварцты флюс мөлшері шлак мөлшерінің ұлғаюна негізгі әсерін тигізеді [14, 15]. Шахталық қысқартып балқыту процесінде қосылатын кварцты флюстің қажетті мөлшерін есептеу және сапасын таңдау принципиалды мәнге ие. Сондықтан, біздің ойымызша, технологияның материалдық балансын есептеуде бастапқы шихта құрамының қалыптасуын, оның ішінде әртүрлі шихта құрамдастарымен (конвертерлік шлак, мыс-қорғасын штейні, мыс-мырыш кені және т.б.) енгізілетін кремнезем мөлшерін ескеру қажет. Бұл балқыту кезінде шлак құрамын және шығуын түзетуге мүмкіндік береді.

Жұмыста негізгі көңіл кварц балансын есептеуге бөлінген. Бастапқы шихта құрылымының толық түрдегі көрінісі, шихтаның әртүрлі компоненттерімен, мәселен кварц және мыс-мырыш кенімен енгізілетін кремнеземнің сандық қатынасына бағалау жүргізуге мүмкіндік береді.

Қорғасын балқымаларының шлактары негізінен темірсиликаты балқымасымен көрсетілген, мұнда темір мен кремнезем тотығының мөлшері басым. Шынайы шлак балқымаларында фаялит фазасы ($2FeO*SiO_2$) басым. Қосымша біз анықтаған шлакта $Fe^{2+}$ мөлшері темірді фаялитке байланыстыру үшін қажетті кварц шығынын аса нақты анықтау мүмкіндігін береді.

Бастапқы шихта құрылымы мен өнім құрамынан (кесте 2) шихтамен бірге енгізілетін жалпы кремнезем мөлшерін есептеу қиын емес. 3 суретте бастапқы шихтаның әрбір жеке алынған құрамдасымен енгізілетін кремнезем үлесі көрсетілген.




**Сурет 2** – Бастапқы шихтаның кварц бойынша балансы

Көрініп тұрғандай, конвертерлік шлакпен енгізілетін кварц үлесі жеткілікті жоғары және 17 % құрайды, ал мыс-мырыш кенімен ~7 % кварц енгізіледі. 3 кестеде келтірілген шахталық қысқартып балқыту процесінің материалдық балансының есебі және оның алдын-ала талдауы, кремнезем бойынша баланстың берілген көрсеткіштерден ауқымды ауытқуларға ұшырағаны көрсетілген.

Баланстың 9,47 т тең жалпы үйлеспеушілігі кезінде шлак шығу 36 т құрайды.

Шлакта түсті металдар мен темір мөлшерін олардың тотықтарына (шлактарда кездесу түрінің ескерілуімен) қайта есептеу және 2,8 % тең соңғы шлактарда алюминий тотығы мөлшерінің есебі (өнеркәсіптік шлактарды химиялық талдау деректері), баланстың үйлеспеушілік мәнін 6,39 т дейін түзетуге мүмкіндік береді.

Темір мен мырыш тотығын силикатқа байланыстыру үшін қажетті шлакта жалпы кремнезем мөлшері 9,8 т құрайды (баланс деректері бойынша). Алайда есептеу бойынша тек қана 8,2 т кварц қажет. Демек, шлакта 1,6 т кремнезем бос түрінде болып, шлактүзілу процесіне қатыспайды. Егер баланстың үйлеспеушілік мәнін (6,39 т) ескерілмеген бос кремнезем есебіне қабылдасақ, онда шлактағы кварцтың барлық мөлшері 16,2 т құрайды және оның 8 т бос күйінде болады. Бұл кварцты флюстің ауқымды артық шығынын көрсетеді. Материалдық баланс нәтижелерінен көрініп тұрғандай, бастапқы шихтамен түсетін кремнезем мөлшері (10,5 т) оның шлактағы мөлшерінен (16,2 т) біршама төмен. Алынған айырмашылық баланстың кремнезем бойынша дұрыс еместігін көрсетеді және оның нақтылануын талап етеді.

Бастапқы және алынған балқыту өнімдерінің құрамы мен мөлшері бойынша жоғарыда қабылданған және есептелген деректердің ескерілуімен, бастапқы шихтамен түсетін кремнеземнің есептік мөлшері 17,7 т болатыны орнатылды.

Алынған шама, зауыттық тәжірибенің материалдық балансы нәтижелерінен алынған, шлакта жалпы кремнеземнің есептік мөлшерімен жақсы үйлеседі (16,2 т). Бұл біздің шлакта бос кремнеземнің кездесуі жөніндегі алға шығарылған болжамның дұрыстығын дәлелдейді. Балқыту процесіне қатысатын кремнеземнің қажетті мөлшері 8,2 т құрайтынын ескере отырып, біздің жағдай үшін шлакта бос кремнезем мөлшерін есептеу қиын емес – 9,5 т.

Кварцты флюспен түсетін кремнезем мөлшері 12,1 т құрайды. Демек, бастапқы шихта құрамында кварцты флюс үлесін ауқымды төмендетуге болады. Есептеулер бойынша, кварцты флюспен тек 2,6 т кремнезем немесе кварцты флюске (75 % $SiO_2$ мөлшерінде) қайта есептегенде шамамен 4 т флюс қосу қажет.

Тәжірибеде байқалатын кварцты флюстің ауқымды артық шығыны (13 т), соңғы шлак шығуын біршама ұлғайтады және пештің энергошығындарын арттырады. Кварцты флюс шығынының дұрыс таңдалуы шлак шығуын ауқымды төмендетуге (~25 %) және процесс көрсеткіштерін жақсартуға мүмкіндік береді.

Осылайша, жүргізілген есептеулер көрсетуі бойынша, бір жағынан, құрамында кездесетін кремнеземнің тиімді пайдаланылуы, екінші жағынан, мыс-мырыш кені мен кварцты флюстің оңтайлы шығынын таңдау, бастапқы шихта мен шлак құрамын оңтайландыруға мүмкіндік береді, осылайша шлакпен түсті металдар жоғалымын төмендету үшін жағымды шарттарды құрайды.

**Қорытынды:**

1. Шахталық қысқартып балқыту технологиясының металлургиялық есептеулері нәтижесінде бастапқы шихтаның таңдалған құрамында шлактың шығымының ұлғаюы анықталған. Бұл кварцты флюстің негізделмеген артық шығынының бастапқы шихта құрамына тиелуімен тікелей байланысты екені дәлелденіп, процестің қосымша материалдық шығынының артуының өзектілігі көрсетілген.
2. Технологиялық тұрғыдан, шлак құрамындағы кварцтың оптималды мөлшерін анықтау және осыған орай кварц флюсының шығынын оңтайландыру мүмкіндігі арқылы бастапқы шихта құрамын іріктеп, оптималдау мүмкіндігі көрсетілген.

3. Процестің техника-экономикалық көрсеткіштерінің жоғарлауын қамтамасыз ететін бастапқы шихтаның ақыры құрамын таңдау үшін, технологияның соңғы технологиялық көрсеткіштеріне өзге факторлардың (пеш атмосферасы, штейн құрамы және т.б.) әсерін ескере отырып, кешенді зерттеулер жүргізу қажет.

Кесте 3 – **Шахталық қысқартып балқытудың материалдық балансы**

| Атауы | | Cu | Pb | Zn | Fe | As | Sb | S | $SiO_2$ | CaO | Басқалар | Барлығы |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Тиелді** | | | | | | | | | | | | |
| Орташаланған шихта құрамы | Салмағы, тонна | 12,1 | 30,25 | 4,83 | 9,5 | 2,51 | 0,78 | 8 | 10,5 | 7,31 | 14,22 | 100 |
| **Алынды** | | | | | | | | | | | | |
| Қара қорғасын | I | 0,73 | 20,8 | | | 0,13 | 0,2 | 0,06 | | | | 22,0 |
| | II | 5,2 | 94,6 | | | 0,6 | 0,92 | 0,3 | | | | |
| | III | 6 | 68,8 | | | 5,2 | 25,6 | 1,6 | | | | |
| Штейн | I | 10,24 | 7,8 | 1,02 | 4,2 | 0,63 | 0,11 | 4,3 | 0,54 | - | 1,16 | 30 |
| | II | 34,1 | 25,9 | 3,4 | 14 | 2,1 | 0,37 | 14,3 | 1,8 | | | |
| | III | 84,6 | 25,8 | 21,1 | 44,2 | 25,1 | 14,1 | 53,8 | 5,1 | | | |
| Шлак | I | 0,2 | 0,64 | 2,81 | 5,1 | 0,07 | 0,04 | 0,72 | 9,8 | 7,15 | 9,47 | 36 |
| | II | 0,47 | 1,79 | 7,8 | 14,2 | 0,2 | 0,1 | 2,2 | 27,2 | 19,9 | | |
| | III | 1,6 | 2,1 | 58,2 | 53,7 | 2,8 | 5,1 | 9 | 93,4 | 97,8 | | |
| Шаң | I | 0,93 | 1,01 | 0,8 | 0,2 | 1,68 | 0,43 | 3,04 | 0,16 | 0,16 | 3,59 | 12 |
| | II | 7,75 | 8,4 | 6,7 | 1,56 | 14 | 3,6 | 25,3 | 1,34 | 1,34 | | |
| | III | 7,8 | 3,3 | 16,7 | 2,1 | 66,9 | 55,1 | 35,6 | 1,5 | 2,2 | | |
| **Барлығы** | **Салмағы, тонна** | **12,1** | **30,25** | **4,83** | **9,5** | **2,51** | **0,78** | **8** | **10,5** | **7,31** | **14,22** | **100** |

I – салмағы, тонна; II – мөлшері, %; III – бөлініп таралуы, %

ӘДЕБИЕТ

[1] Досмухамедов Н. К., Жолдасбай Е. Е., Фёдоров А. Н. Термодинамика системы Cu – Me – Fe – S – O: особенности поведения Cu, Pb, Zn, Fe, As и Sb при совместной переработке свинцовых полупродуктов, оборотных материалов и медно-цинкового концентрата // Цветные металлы. – 2016. – № 8. – С.45-52.

[2] Chibwe D.K., Akdogan G., Aldrich C. & Taskinen P. Modelling of mixing, mass transfer and phase distribution in Peirce-Smith converter model // Can. Metall. Q., – 2013. -№ 52. P.176-189.

[3] Habashi F. Journal of Mining and Metallurgy, Section B: Metallurgy. – 2007. – 43(1) B.

[4] Mihajlovic, I., Sitrbac, N., Dordevic P., Ivanovic, A., and Zivkovic Z. Technological process modeling aiming to improve its operations management. // Serbian Journal of Management. –2011. –№ 6. – P.135–144.

[5] Котыхов М.И., Федоров А.Н., Лукавый С.Л., Хабиев Р.П. Изучение распределения меди между шлаком и свинцом в барботажном восстановительном процессе // Цветные металлы. 2014. – № 2. – С.40-44.

[6] Chen L., Bin W., Yang T., Liu W., Bin Sh. Research and industrial application of Oxygen-rich Side-blow bath smelting technology // The Minerals, Metals & Materials Society. –2013. –P.49-55.

[7] Coursol P., Valencia N.C., Mackey Ph., Bell S., and Davis B. Minimization of Copper Losses in Copper Smelting Slag During Electric Furnace Treatment. JOM. September 2012.

[8] Demetrio S., Ahumada J., Duran M.A. et all. Slag Cleaning: The Chilean Copper Smelter Experience. – JOM. – August 2000. – P. 20-25.

[9] Hughes S. Applying ausmelt technology to recover Cu, Ni, and Co from slags // JOM. 2007, V.52, P.30-33.

[10] Досмухамедов Н.К. К вопросу теории и практики переработки полупродуктов и оборотных материалов свинцового производства. Материалы Международной конференции «Перспективные разработки науки и техники», Прага, 2009, 7-15 ноября. – С.3-18.

[11] Жолдасбай Е.Е., Досмухамедов Н.К. Мыс, қорғасын және ілеспелі металдардың шахталық қысқартып балқыту өнімдерінде табылу түрлері // Горный Журнал Казахстана. – №1. – 2019. – С. 35-43/

[12] Nicolic S., Hayes P,S, and Jac E. Phase Equilibria in Ferrous Calcium Silicate Slags: Part IV. Liquidus Temperatures and Solubility of Copper in ‘‘Cu2O’’-FeO-Fe2O3-CaO-SiO2 Slags at 1250 °C and 1300 °C at an Oxygen Partial Pressure of $10^{-6}$ atm // Metallurgical and Materials Transactions. –2008. –Vol.39B. –P.210-217.

[13] Takeda Y. Thermodynamic Evaluation Of Copper Loss In Slag Equilibrated With Matte (Keynote) // Proceeding of Yazawa International Symposium. — San Diego, California, USA. – 2003, Vol. 1. –P. 341–357.

[14] Davenport W. G. L., King M., Schlesinger M., Biswas A. K. Extractive Metallurgy of Copper. — 4th edition. — Oxford: Pergamon. –2002. –P. 155–171.

[15] Ванюков А.В., Зайцев В.Я. Шлаки и штейны цветной металлургии. – М.: Металлургия. –1969. – 408 с.

Жолдасбай Е.Е., Досмухамедов Н.К., Ахмеджан Ж.С.

**К вопросу улучшения технико-экономических показателей шахтной сократительной плавки**

**Резюме.** Существующий состав исходной шихты шахтной сократительной плавки не обеспечивает высоких технико-экономических показателей процесса. На основании металлургических расчетов показана возможность улучшения показателей процесса. Установлено, что расход кварцевого флюса в 4 раза превышает теоретически необходимое его количество для формирования шлака заданного состава, из которого почти половина в шлаке не участвует в процессе и находится в свободном виде. Это ведет к увеличению выхода шлака, изменению состава шлака, что влияет на конечные технико-экономические показатели процесса. Значительный перерасход кварцевого флюса увеличивает материальные затраты процесса.

Показаны пути корректировки исходного состава шихты шахтной сократительной плавки путем ее оптимизации, позволяющей скорректировать состав шлака и обеспечить оптимальное распределение меди, свинца и примесей между продуктами плавки.

**Ключевые слова:** полупродукты, оборотные материалы, шахтная сократительная плавка, кварцевый флюс, материальный баланс.

УДК: 330, 339.1-054.6
DOI10.31643/2019/6445.21

**O. G. Dyachenko, O.B.Kenzhaliyev, T.S. Sadykova**
([1]Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev, Institute of Metallurgy and Ore Beneficiation, Almaty, Republic of Kazakhstan, E-mail: oleg_tco@mail.ru)

**EXPERIENCE OF COMMERCIALIZATION OF SCIENTIFIC DEVELOPMENTS IN US UNIVERSITIES**

**Abstract.** In the article, the authors consider the development of technology transfer in American universities. In particular, the authors reveal the peculiarities of the adoption of the Bayh/Dole act to the development of technology transfer processes of American universities. The article also pays special attention to the creation of University-based technology licensing offices.

**Key words:** technology transfer, licensing, intellectual property, commercialization, technology.

**О. Г. Дьяченко, О.Б. Кенжалиев, Т.С. Садыкова**
([2]Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева, Алматы, Республика Казахстан, Институт металлургии и обогащения, Алматы, Республика Казахстан, E-mail: andas89@gmail.com)

**ОПЫТ КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ НАУЧНЫХ РАЗРАБОТОК В УНИВЕРСИТЕТАХ США**

**Аннотация.** В статье авторы рассматривают вопросы развития трансфера технологий в американских университетах. В частности, раскрывают особенности принятия акта Бай-Долла к развитию процессов трансфера технологий американских университетов. Особое внимание уделяется также на создание Офисов лицензирования технологий на базе университетов.

**Ключевые слова:** трансфер технологий, лицензирование, интеллектуальная собственность, коммерциализация, технология.

На развитие трансфера технологий в американских университетах решающее значение оказало принятие в 1980 г. Закона Байя-Долла (Bayh/Dole)[1]. В 1925 г. была создана первая организация по лицензированию разработок Университета Висконсин-Мэдисон (Wisconsin Alumni Res. Fdn.)[2]. В 1940 данные процессы начались в Массачусетском технологическом институте (MIT), а в 1969 – в Стенфордском университете.

Офис трансфера технологий в Калифорнийском технологическом институте был создан заметно позднее - в 1995 г. [3].

Основные положения закона Байя-Долла позволили университетам:

- Оформлять собственность на изобретения, полученные при поддержке государства;
- Осуществлять программы по коммерциализации технологий (лицензировать технологии);

• Отдавать часть доходов от роялти изобретателю, а остальное вкладывать в дальнейшие исследования и разработки (Закон 1986 г. установил минимальную долю изобретателя при распределении доходов - 15%);

• Предоставлять государству неисключительную лицензию без необходимости выплат роялти (Non-Exclusive Royalty-Free License to Government), которая предполагает право пользования изобретением для государственных нужд;

• При лицензировании технологий отдавать предпочтения малому бизнесу (до 500 сотрудников) и предприятиям США (если речь идет об исключительной лицензии на территории США).

Принятие акта Бай-Долла стало толчком к развитию процессов трансфера технологий американских университетов. Вслед за ним каждый университет и поднял трансфер университетских научных разработок на уровень «третьей миссии» университета после обучения и научных исследований. Как следствие, это способствовало укреплению связей университетов и бизнеса и росту доли исследований за счет ресурсов коммерческих компаний. Так, доля подобных исследования в MIT с 1980 г. до начала 1990-х выросла на 25%[4]. В настоящий момент американские университеты являются лидерами в области трансфера технологий и имеют самые высокие доходы от лицензирования технологий в мире.

Установление новой миссии требовало от американских ВУЗов кардинальной трансформации, названной «Второй академической революцией» (“2nd Academic Revolution”) [5]. В частности, появился целый ряд проблем связанный с предотвращением конфликтов интересов всех сторон, участвующих в исследованиях, в связи с чем в университетах был разработан комплекс нормативно-правовых актов, контрактов, соглашений, которые регулировали порядок проведения исследований, права собственности на их результаты и порядок распределения доходов между авторами, университетом в целом, структурными подразделениями, где работают авторы, и Офисом лицензирования технологий.

Американский опыт трансфера технологий, в частности создания на базе университетов Офисов лицензирования технологий, в дальнейшем был использован на международном уровне, в первую очередь в Европе. Именно поэтому изучение опыта американских университетов является важной отправной точкой для создания и развития эффективной модели управления интеллектуальной собственностью в высших учебных заведениях.

Одной из распространенных бизнес-моделей университетского трансфера технологий в США является модель, созданная в 1969/1970 г. Niels Reimersat в Стенфордском университете. С 2005 г. она является принятым стандартом в США [6].

Основные элементы модели функционирования Офиса лицензирования технологий (организации по управлению и коммерциализации интеллектуальной собственности):

- Независимость Офиса лицензирования технологий от университета;
- Фокус на технологический менеджмент и лицензирование;
- Расположение организации по управлению интеллектуальной собственностью вблизи источников научных исследований или университетов;
- Самофинансирование, но с кредитной линией в первые годы;
- Совместная с университетом собственность на результаты интеллектуальной деятельности;
- Создание стимулов и среды, способствующих:
  - активному раскрытию сущности охраноспособных результатов интеллектуальной деятельности;
  - активному участию в процессе лицензирования результатов интеллектуальной деятельности;
- Эффективная политика по регулированию конфликтов интересов, которая не препятствует предпринимательской активности;
- Обеспечение широких полномочий сотрудников:
  - для заключения лицензионных соглашений достаточно подписи директора Офиса лицензирования технологий.
  - сотрудники Офиса лицензирования технологий уполномочены единолично принимать решения в области оценки, патентования, маркетинга, переговоров о лицензировании относительно технологий, обязанности по которым на них возложены (данный факт значительно упрощает процесс принятия решений, что немаловажно в рамках больших университетов).
- Патенты признаются активами университета до тех пор, пока они не утратят своей стоимости;
- Персонал Офиса должен иметь бизнес-опыт, предпринимательский подход и хорошие навыки коммуникаций.

Таким образом, центральным элементом инфраструктуры развития коммерциализации интеллектуальной собственности, как было ранее отмечено, является специализированная организация по управлению интеллектуальной собственностью, за рубежом часто имеющая название Офис лицензирования технологий (OTL), который обеспечивает весь процесс трансфера технологий и поддерживает активное взаимодействие с исследователями, университетом и бизнесом.

Для осуществления процесса коммерциализации результатов научно-исследовательской деятельности необходимо выполнение следующих функций [7]:

- Закрепление и оформление исключительных прав на интеллектуальную собственность с учётом интересов как университета, так и авторов.
- Коммерциализация создаваемых в университете результатов интеллектуальной деятельности путём предоставления лицензий компаниям, которые стратегически намерены заниматься производством и сбытом инновационной продукции (оказанием услуг);
- Развитие творческой и предпринимательской инициативы в университетской среде. Студенты, сотрудники университета должны получать установку на создание коммерчески перспективных результатов интеллектуальной деятельности, наработать навыки ведения собственного исследования/проекта, учиться работать в условиях нехватки ресурсов, проявлять инициативу в привлечении соучредителей, внешних консультантов и инвесторов в стартап-компании, а также знакомиться на практике с принципами ведения и планирования бизнеса;
- Предоставление проектам ресурсов в соответствии со стадией их развития. Для посевных проектов – возможность аренды рабочего места в co-working центре, для проектов стадии старт-ап – возможность аренды офисных, лабораторных и производственных площадей в непосредственной близости от кампуса университета. Важным преимуществом является доступность для компаний сложного научного и производственного оборудования в выбранной технологической области;
- Доступность посевного финансирования для компаний. В случае недостаточного обеспечения финансирования венчурным рынком - осуществление этой функции государством;
- Консультирование сотрудников, студентов, преподавателей по вопросам создания, охраны и использования интеллектуальной собственности, принципов и навыков ведения коммерческого проекта;
- Создание точки взаимодействия с крупным бизнесом и поиск потенциальных заказчиков. Эта функция особенно необходима в случае недостаточно развитых рынков венчурного капитала, когда эти функции берут на себя консультанты и бизнес-ангелы.

Процесс трансфера технологий в зарубежных университетах в общем виде можно представить 8 основными этапами, представленными ниже на Схеме 1[8].




**Схема 1.** Процесс трансфера технологий в зарубежных университетах.

На каждом этапе трансфера технологий в процесс активно вовлекается изобретатель в силу наличия у него необходимых знаний и контактов. Сотрудники Офиса лицензирования технологий, ответственные за выявление и оценку результатов интеллектуальной деятельности, должны иметь технические знания в соответствующих областях науки, позволяющие им самостоятельно проводить технологическую экспертизу. За каждым изобретением закрепляется конкретный сотрудник Офиса, который несет полную ответственность за обеспечение его дальнейшей коммерциализации. В качестве оплаты лицензий на передаваемые технологии университеты могут принимать доли в капитале вновь создаваемых компаний. Подобный подход позволяет стартап-компаниям направлять все привлеченные средства на разработку продукции, а университетам обеспечивает затем более значительное вознаграждение в случае успешного выхода из таких компаний на более поздних стадиях развития.

Данная схема является классической для всех университетских Офисов лицензирования технологий США **и демонстрирует тот факт, что Офисы осуществляют полный цикл работы с технологией, начиная от контактов с исследователями (раскрытие изобретения) до поиска и проведения переговоров с потенциальными лицензиатами, или оказание поддержки в организации новых предприятий (стартап-компаний).**

Важным этапом в процессе трансфера технологий является выбор стратегии лицензирования, то есть принятие решения относительно лицензирования технологии существующему бизнесу или создание новой компании. Данный выбор часто зависит от уровня зрелости технологии. Выделяют 4 уровня зрелости технологии[8]:

1. Ранняя стадия (Early Stage)
2. Доказательство концепции (Proof-of Concept)
3. Приближение к практике (Reduced-to Practice)
4. Прототипирование (Prototype)

На первом этапе функциональность технологии до конца не понятна и риски дальнейшей её защиты, и тем более коммерциализации, велики. В связи с этим Офис лицензирования технологий способствует организации дальнейшей работы над технологией и её совершенствованием, в частности обеспечивает продолжение исследований, в том числе путем привлечения крупных компаний для проведения совместных исследований.

На этапах 2 и 3 университет получает патент и пытается лицензировать технологию существующим компаниям. Однако в данном случае возникает, так называемая "Дилемма инноватора", касающаяся коммерциализации «подрывных инноваций», когда существующие крупные компании пытаются избежать лицензирования подобных технологий. Для преодоления этой дилеммы университеты сотрудничают с венчурными компаниями в форме предоставления исключительной лицензии на технологию и участия в капитале новых совместных компаний.

На этапе 4 предпочтение отдается крупным компаниям, которые могут организовать внедрение технологии, немедленное производство и продажу продукции.

Для разных этапов могут быть характерны и разное документационное обеспечение трансфера технологий, разные условия договорных отношений между университетом и другими заинтересованными лицами касательно распределения прав и доходов от коммерциализации технологии.

Управление результатами интеллектуальной деятельности в университетах гораздо более сложный процесс, нежели лицензирование разработок внутри компании, поэтому требует четкой регламентации и прозрачности процедур. Это связано со следующими причинами:

- В университете лицензированию подлежит широкий круг разработок, поэтому персоналу Офиса лицензирования технологий необходимо разбираться в различных областях знаний, в отличие от корпоративных разработок, круг которых, как правило, ограничен.
- Академические исследователи гораздо более независимы, нежели корпоративные, поэтому они должны быть мотивированы, чтобы пройти все стадии работы с изобретением (подача заявки о раскрытии изобретения, работа с патентным поверенным, при необходимости предоставление дополнительной информации потенциальным компаниям-лицензиатам).
- Исследователи в большей степени нацелены на получение нового научного знания и скорейшую публикацию результатов исследований, в связи с этим новые изобретения иногда не представляется возможным запатентовать или лицензировать из-за того, что существенные факты об изобретении уже опубликованы или представлены на конференциях, семинарах и т.д.
- Исследователи часто обмениваются информацией со своими коллегами из других вузов, в результате чего могут возникнуть сложности с определением авторства изобретения.

• Работая с академическими исследователями, важно определить, кто является соавтором изобретения. В случаях с публикациями этот вопрос не так важен, как в случае подачи заявки на патент. Если в создании изобретения участвовали несколько соавторов из разных вузов, то необходимо составить соглашение между вузами, в котором будет закреплено, какой из вузов берет на себя процедуры, связанные с лицензированием изобретения, кто будет оплачивать поддержание патента в силе, каким образом будет происходить распределение прибыли в случае лицензирования технологии и т.д.

Еще одной сложностью является то, что университетские изобретения обычно далеки от полноценных коммерческих продуктов. Во многих случаях их осуществимость даже не является доказанной экспериментально на момент раскрытия информации. В связи с этим лицензиат должен тратить значительные ресурсы и время, чтобы развить полученные результаты до готовой технологии. С другой стороны, компания с лицензией на такой ранней стадии может обладать большим конкурентным преимуществом, а изобретатель станет охотно сотрудничать с лицензиатом над развитием и внедрением изобретения. Такие отношения могут быть выгодны для обеих сторон, но университет и изобретатель должны принять меры по недопущению конфликта интересов.

Таким образом, опыт зарубежных университетов свидетельствует о важности разработки нормативного правового обеспечения процесса создания, охраны и использования результатов интеллектуальной деятельности. Вместе с тем, для успешной деятельности в этой области университет должен располагать компетентным структурным подразделением или организацией (например, Офисом лицензирования технологий), осуществляющим работы по выявлению потенциальных результатов интеллектуальной деятельности; оценке их стоимости; регулированию вопросов правообладания и вознаграждения за создание и использование РИД, а также за коммерциализацию исключительных прав на РИД путем лицензирования и/или создания стартап-компаний.

*Статья подготовлена в рамках выполнения проекта №AP05131146 "Образование, наука, производство: барьеры коммерциализации капиталоемких научных разработок" при поддержке КН МОН РК.*

ЛИТЕРАТУРА

[1] URL: http://www.autm.net/Bayh_Dole_Act.htm

[2] URL: http://www.warf.org/about/index.jsp?cid=26

[3] URL: http://ott.caltech.edu/?p=Home&n=1,0,0,0,0

[4] Technology Transfer and Licensing – The US Perspective, a discussion with Lita L Nelsen, Director, MIT Technology Licensing Office http://www.touchbriefings.com/pdf/2489/Nelsen.pdf

[5] H. Etzkowitz, & L. Leydesdorff ed. Universities and the Global Knowledge Economy,Pinter, 1997, p.145, http://www.wipo.int/export/sites/www/uipc/en/documents/pdf/tmc_report.pdf

[6] The Stanford University Knowledge Transfer Model, Presentation by Jon Sandelin, Stanford University, Office of Technology Licensing, www.auril.org.uk/media/AURIL Conference 2007/Sandelin Jon.pdf

[7] Концепция создания экосистемы технологического предпринимательства на примере МГТУ им. Баумана, «Наутех», Москва, 2011, с. 20.

[8] Концепция создания экосистемы технологического предпринимательства на примере МГТУ им. Баумана, «Наутех», Москва, 2011, с. 20.

Дьяченко О. Г., Кенжалиев О.Б., Садықова Т.С.

**АҚШ университеттеріндегі ғылыми дамуды коммерциализациялау тәжірибесі.**

**Түйіндеме.** Мақалада автор американдық университеттерде технология трансфертін дамытуды қарастырады. Атап айтқанда, авторлар американдық жоғары оқу орындарының технологиялар трансферті процестерін дамытуға арналған «Бай-Долл» актісін қабылдаудың ерекшеліктерін ашып көрсетеді. Сондай-ақ, мақалада университеттегі технологиялық лицензиялау кеңселерінің құрылуына ерекше көңіл бөлінеді.

**Кілттік сөздер:** технологияларды беру, лицензиялау, зияткерлік меншік, коммерцияландыру, технология.

UDC 004.383.2

**A. Yeltai, B.K. Abduraimova**
(L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan
yeltay.ainur@gmail.com,abduraimova_bk@enu.kz)

# NETWORK INFRASTRUCTURE MODELING AND DESIGN BASED ON UNIX

**Abstract** The use of NIC (network interface controller) [1] technologies in business can significantly reduce IT costs and simplify complex IT infrastructure. Analyze the possibilities of using NIC technologies in the field of construction, geology and medicine in Kazakhstan. The solution we propose is, namely, to build a network infrastructure based on UNIX systems [2], which is much more economical: all protocols, technologies, services that run on Cisco equipment will be implemented on UNIX basis.

**Key words.** UNIX, Network infrastructure, information security, network configuration.

## Introduction

Today, no one needs to be convinced of the importance of a reliable and high-performance network infrastructure for modern IT systems. When analyzing such projects, it is necessary to take into account all factors that influence the cost of implementation and operation. An important factor in infrastructure design is to provide support for the next generation of active network equipment.Under the conditions of a cardinal change of network architectures, on the one hand, and the expansion of the diversity of possible media and transmission technologies, on the other, it complicates the task of designing and building a network infrastructure. A normally functioning network infrastructure creates the prerequisites for the efficient operation of the company and its flexible adjustment to the changes taking place in the market.

The purpose of the study is to analyze the possibilities of using NIC technologies in the field of construction and geology in Kazakhstan, based on the use of modern information technologies based on UNIX systems.

It also envisages disclosure of the financial costs of using Cisco products [3] and the effectiveness of the infrastructure we offer.

Value –Functioning of enterprises in the format of a market system implies their ability to react sensitively to all changes in the market. The key to success of an economic entity is its excellent handling. The main criteria here are the ability to quickly collect information, process it, analyze.

It is possible to achieve the goals set only if the information system works flawlessly. Its basis is the network infrastructure. We are talking about hardware and software, through which conditions are created for the effective functioning of business applications. Under such conditions it is possible to exchange data online. Many medium and large companies use special network devices as a router, L3 switch (network core), firewall, and proxy server. For example, such Cisco models:

- Cisco CISCO1941 / K9 router provides secure high-speed connection of workplaces to a multiservice network for small business or remote office operations, support for multimedia data transfer and high performance characteristics;

- Cisco ASA 5510 firewall. These services can be easily managed using the built-in Cisco ASDM application, thereby facilitating installation and reducing the cost of high security operations;

- Cisco Catalyst 3750 switch. The switch allows you to connect several devices to the network at the same time, which is very convenient for working tasks.

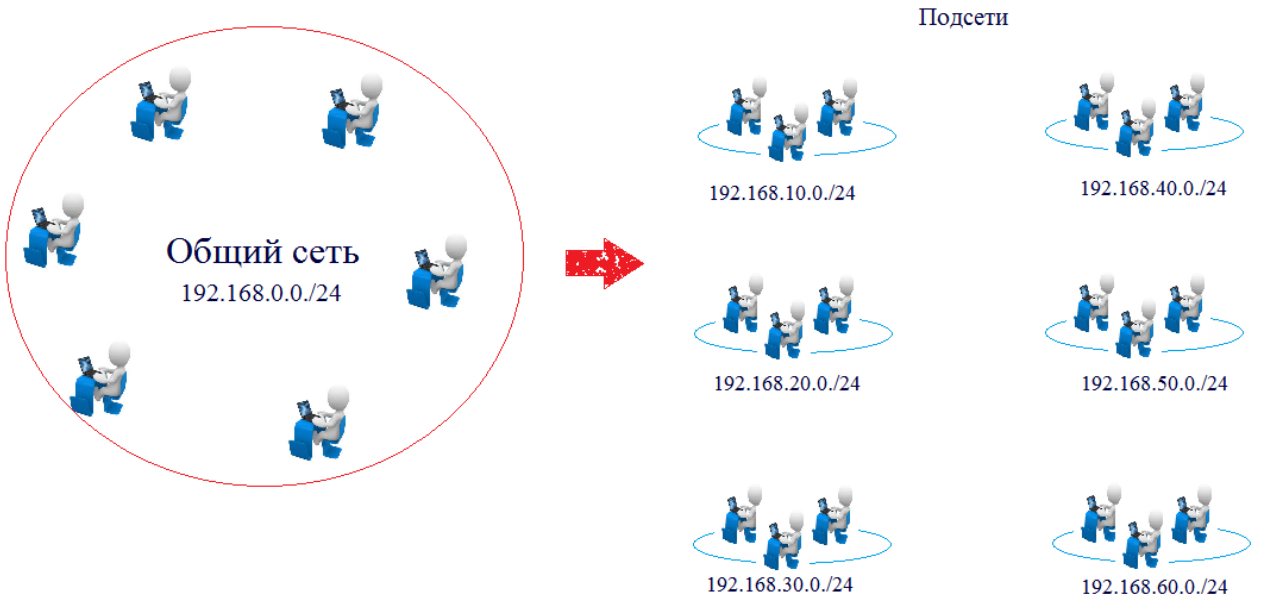
All of these equipment are reliable, and is a solution for building a network infrastructure. The only drawback of this solution is the cost. Many companies can not afford it. Our proposed network infrastructure based on UNIX systems:

- first, much cheaper;
- secondly, all protocols, technologies, services running on Cisco equipment will be implemented on the basis of UNIX.

As shown in Fig. 1a, the classic structure would be located in a common network of 192.168.0.0./24 and the following challenges would arise:

- the impossibility of rapid search and transmission of data;
- the inability to use the necessary information outside the office;
- impossibility of collective work with documentation;
- poor security of internet connection;

- lack of IP addresses;
- low productivity.




a) classical structure b) structure proposed by us

**Fig. 1.** Types of networks

In order to avoid any difficulties described in Figure 1 (a), we assign the 192.168.0.0./24 common network 10 to 192.168.10.0/24 to 192.168.100.0/24 individually. (Fig. 1b)

In Fig. 1 (b), the proper organization of the network infrastructure [4] has been created that allows solving all the above and many other difficulties, which just need to be taken into account by enterprise managers:

- increased safety;
- scalability;
- increase network performance;
- flexibility (moving, adding devices);
- reducing the number of equipment and network cable;
- reducing the number of broadcast traffic on the network;
- high performance (Fig.2).

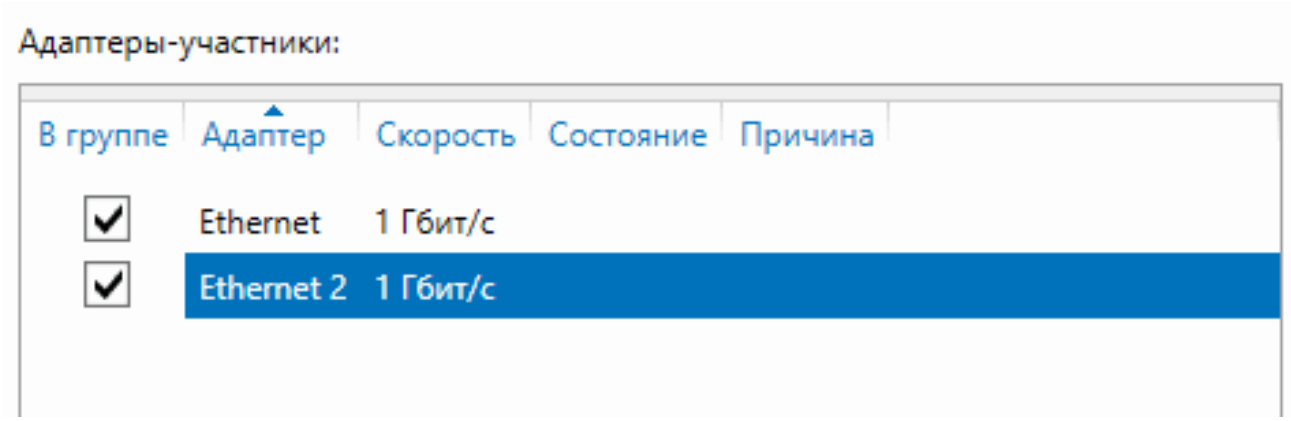



**Fig. 2.** High performance

As illustrated in Figure 1b, we look at a network infrastructure of a building company with 200 employees in 10 departments in the following table (table 1).

Table 1. **Building Company, Network Infrastructure**

| Device Name | Personal Computer | Notebook | Wifi router | Server | Printer | SwitchL2 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Number of devices | 150 | 50 | 10 | 15 | 20 | 8 |

**Building a corporate network based on UNIX**

To realize this goal, one Delux DLC MV872 system unit with characteristics is required:
- 8 GB RAM, Intel Core i5 processor;
- Operating system CentOS-7-x86_64-Minimal-1810.iso;
- Virtual server with Windows Server 2012 R2 Standard operating system.

After these steps, start the installation and configuration. First, we will install CentOS 7 on the system unit, make all the necessary network settings for WAN, LAN (figure 4) and firewall, routing, VLAN. [5]Then we install Windows Server 2012 R2 Standard on a virtual server and configure a DHCP server on it, create virtual interfaces for the VLAN (figure 6). We will additionally use an additional virtual server with the windows server 2012 R2 operating system.

```
TYPE=Ethernet                IPV6_AUTOCONF=yes          DEVICE=enp4s0
BOOTPROTO=static             IPV6_DEFROUTE=yes          ONBOOT=yes
DEFROUTE=yes                 IPV6_PEERDNS=yes           IPADDR=1.2.3.3
PEERDNS=yes                  IPV6_PEERROUTES=ye         NETMASK=255.255.25
PEERROUTES=yes               s                          5.252
IPV4_FAILURE_FATAL=          IPV6_FAILURE_FATAL=        GATEWAY=1.2.3.4
no                           no                         DNS1=1.1.1.1
IPV6INIT=no                  NAME=enp4s0                DNS2=1.1.1.2
```

**Fig. 3.** Configuring a WAN network interface

```
VLAN=yes                          BOOTPROTO=static
VLAN_NAME_TYPE=VLAN_PLUS_VID_     ONBOOT=yes
NO_PAD                            TYPE=Ethernet
DEVICE=vlan10                     IPADDR=192.168.10.1
PHYSDEV=enp2s0                    NETMASK=255.255.255.0
```

**Fig. 4.** Configuring Virtual Interface VLAN 10.

```
login as: root
root@192.168.0.9's password:
Last login: Wed Jan 24 09:20:15 2018 from 192.168.10.52
[root@srv-gw ~]# ip a
1: lo: <LOOPBACK,UP,LOWER_UP> mtu 65536 qdisc noqueue state UNKNOWN qlen 1
    link/loopback 00:00:00:00:00:00 brd 00:00:00:00:00:00
    inet 127.0.0.1/8 scope host lo
       valid_lft forever preferred_lft forever
    inet6 ::1/128 scope host
       valid_lft forever preferred_lft forever
2: enp2s0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc pfifo_fast state UP qlen 1000
    link/ether 1c:1b:0d:e8:24:06 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
    inet6 fe80::1elb:dff:fee8:2406/64 scope link
       valid_lft forever preferred_lft forever
3: enp4s0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc pfifo_fast state UP qlen 1000
    link/ether 18:d6:c7:05:cd:26 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
    inet 195.189.69.58/30 brd 195.189.69.59 scope global enp4s0
       valid_lft forever preferred_lft forever
    inet6 fe80::1ad6:c7ff:fe05:cd26/64 scope link
       valid_lft forever preferred_lft forever
4: vlan1@enp2s0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc noqueue state UP qlen 1000
    link/ether 1c:1b:0d:e8:24:06 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
    inet 192.168.0.9/24 brd 192.168.0.255 scope global vlan1
       valid_lft forever preferred_lft forever
    inet6 fe80::1elb:dff:fee8:2406/64 scope link
       valid_lft forever preferred_lft forever
5: vlan10@enp2s0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc noqueue state UP qlen 1000
    link/ether 1c:1b:0d:e8:24:06 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
    inet 192.168.10.1/24 brd 192.168.10.255 scope global vlan10
       valid_lft forever preferred_lft forever
    inet6 fe80::1elb:dff:fee8:2406/64 scope link
       valid_lft forever preferred_lft forever
6: vlan20@enp2s0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc noqueue state UP qlen 1000
    link/ether 1c:1b:0d:e8:24:06 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
    inet 192.168.20.1/24 brd 192.168.20.255 scope global vlan20
       valid_lft forever preferred_lft forever
    inet6 fe80::1elb:dff:fee8:2406/64 scope link
       valid_lft forever preferred_lft forever
```

**Fig. 5**. States of all VLANs on CentOS 7

Below are the settings for virtual interfaces on Windows Server 2012 R2. [6] To create virtual interfaces. We will use technology NIC (Network Interface Controller).

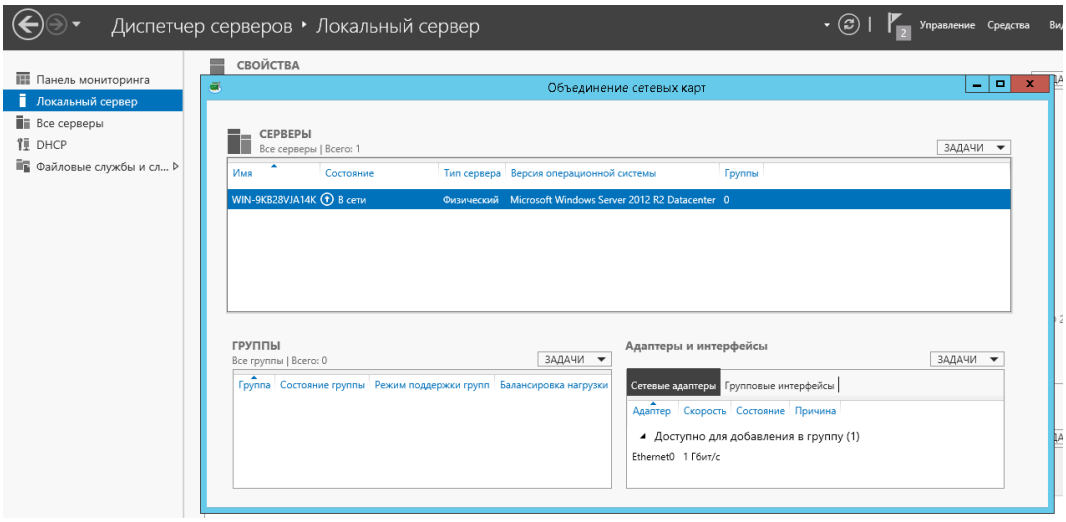



**Fig. 6.** Server Manager.

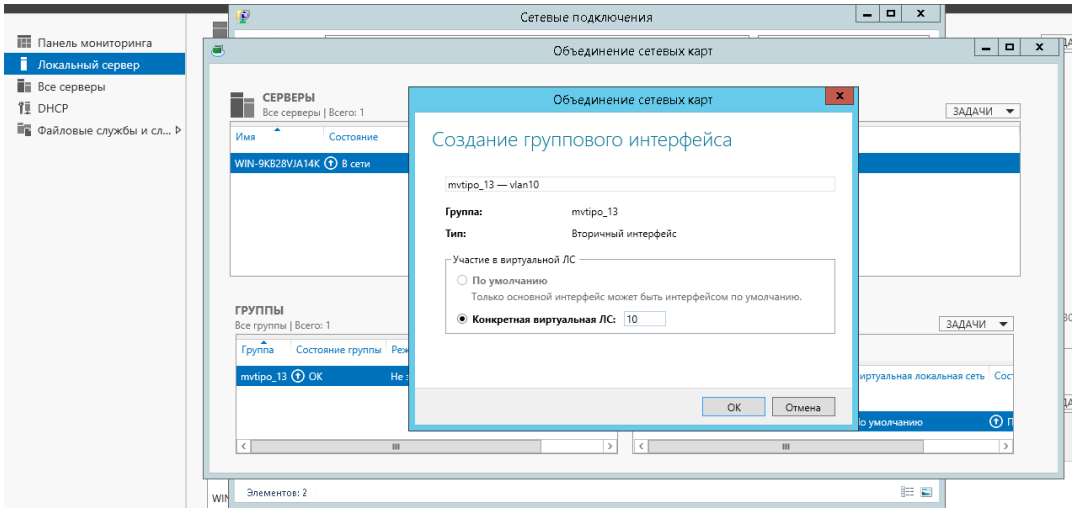



**Fig. 7.** Creating a group interface

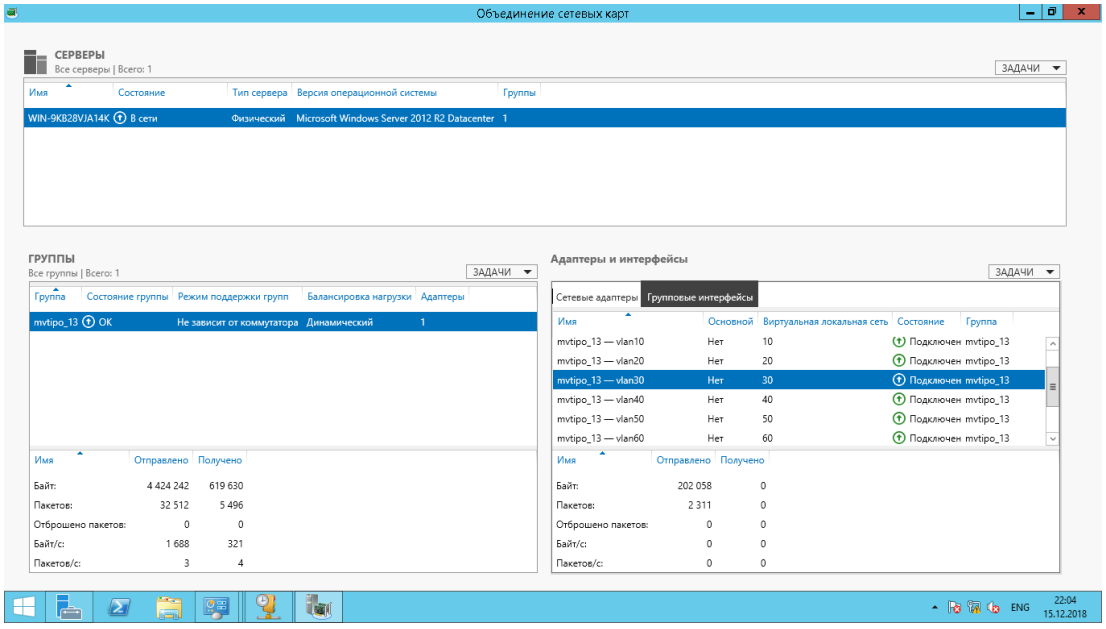



**Fig. 8.** Network adapters.

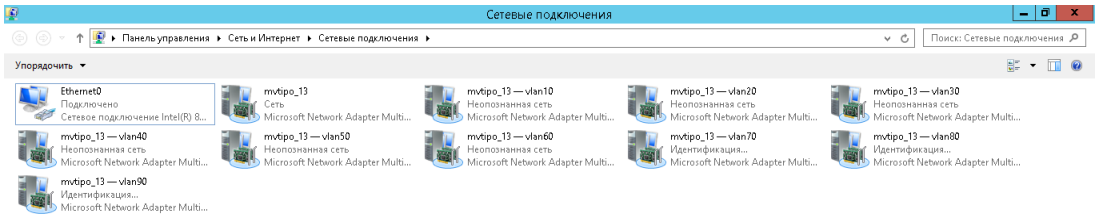



**Fig. 9.** Subnets are established.

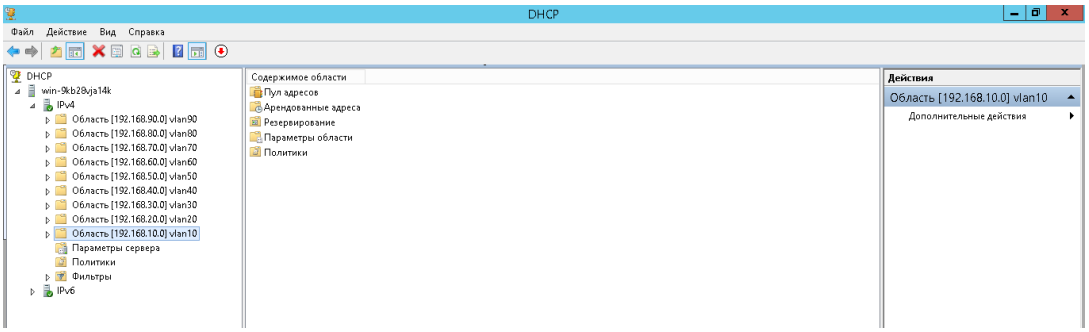



**Fig.10.** DHCP server

From the main configuration file in which all the firewall rules, routing and others are written. The proposed installation and configuration of the hardware firewall FortiGate:

- Development of implementation scheme;
- Installation and initial setup of the system;
- Configure automatic updates;
- Active Directory integration;
- Configure NAT;
- Configure security policies;
- Setting URL filtering;
- Configure security profiles;
- Testing and debugging of the system;
- Set up required reports.

```
iptables -t nat -A POSTROUTING -s 192.168.0.0/255.255.255.0 -j MASQUERADE
iptables -t nat -A POSTROUTING -s 192.168.10.0/255.255.255.0 -j MASQUERADE
iptables -t nat -A POSTROUTING -s 192.168.20.0/255.255.255.0 -j MASQUERADE
iptables -t nat -A POSTROUTING -s 192.168.30.0/255.255.255.0 -j MASQUERADE
iptables -t nat -A POSTROUTING -s 192.168.40.0/255.255.255.0 -j MASQUERADE
iptables -t nat -A POSTROUTING -s 192.168.50.0/255.255.255.0 -j MASQUERADE
iptables -t nat -A POSTROUTING -s 192.168.60.0/255.255.255.0 -j MASQUERADE
iptables -t nat -A POSTROUTING -s 192.168.70.0/255.255.255.0 -j MASQUERADE
iptables -t nat -A POSTROUTING -s 192.168.80.0/255.255.255.0 -j MASQUERADE
```

**Fig.11.** Internet access for all VLANs.

```
iptables -t nat -A PREROUTING -p tcp -m tcp -d 1.2.3.3 --dport 80 -j DNAT --to-
destination 192.168.10.111:80
iptables -t nat -A POSTROUTING -p tcp -m tcp -s 192.168.10.111 --sport 80 -j SNAT
--to-source 1.2.3.3:80
```

**Fig.12.** Access to the company's website from outside

```
iptables -A FORWARD -s 192.168.70.0/24 -d 192.168.10.0/24 -j DROP
iptables -A FORWARD -d 192.168.70.0/24 -s 192.168.10.0/24 -j DROP
```

**Fig.13.** Ban traffic between vlan 70 and 10

**Conclusions** - This solution is optimal in terms of financial costs and allows you to provide the most flexible way for remote users to access corporate network resources. The information shown in the diagram below shows that (figure 15). That is unix / 310000 tenge<cisco / 3576736tenge. (Table 2) Both work quality. Therefore, as a high quality and cost-effective device, we recommend that you build a corporate network based on a UNIX-based virtual machine. In the table, we have also shown the price difference by charting the price of each device.

Table 2. **Hardware Devices Prices**

| № | | System unit Neo Multimedia | Router | Firewall | L3 switch | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Unix | 310 000 [10] | | - | | 310 000 |
| 2. | Cisco | | 880 000 [7] | 88 336 [8] | 2 208 400 [9] | 3 576 736 |
| 3. | Huawei | | 1 674 046 | 56 000 | | 2 230 046 |
| 4. | Juniper | | 2 211 005 | 97 598 | | 2 408 603 |
| 5. | Asus | | 178 541 | 24 875 | | 503 416 |

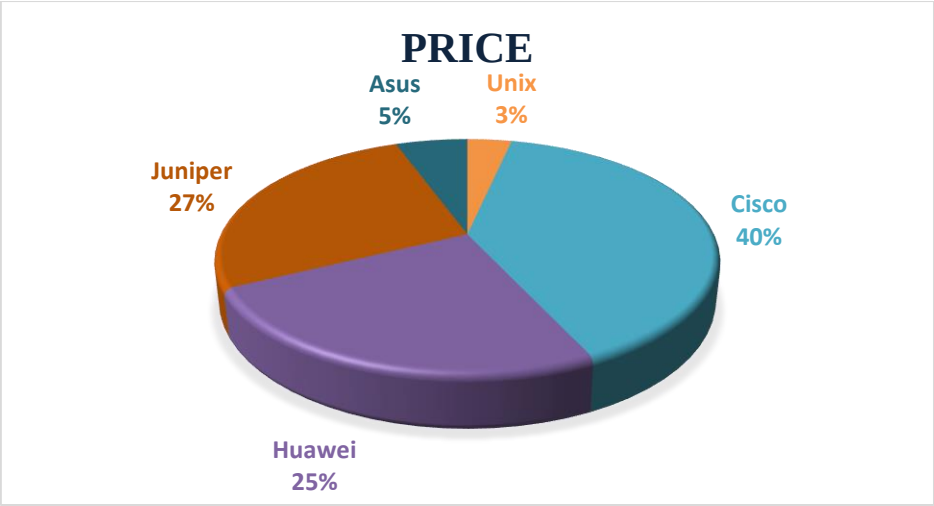



**Fig.14.** Financial expenses.

BIBLIOGRAPHY

[1] Book by Anderson, Douglas T, The network interface card technical guide, Micro House 1992, 832 pages

[2] Evi Nemeth, UNIX and Linux System Administration Handbook, Addison-Wesley Professional, 5thedition, August 18, 2017, 1232 pages

[3] Omar Santos, Cisco Next-Generation Security Solutions: All-in-one Cisco ASA Firepower Services, NGIPS, and AMP (Networking Technology: Security), Cisco Press, 1st edition, July 6, 2016, 370 pages.

[4] Carl McCrosky, Daniel Minoli, Krzysztof Iniewski, Network Infrastructure and Architecture: Designing High-Availability Networks, Wiley-Interscience, April 2008, ISBN: 9780471749066.

[5] Gary A. Donahue, Network Warrior, O'Reilly Media, Inc.,2nd edition, may 2011.

[6] Don Poulton, David Camardella, MCSA 70-410 Cert Guide R2: Installing and Configuring Windows Server 2012 (Cert Guides), Pearson IT Certification, September 22, 2014, 1st edition, 1056 pages.

[7] https://shop.nag.ru/catalog/02092.Cisco/08901.Mezhsetevye-ekrany-ASA/08903.ASA5510-K8

[8] https://www.appletech.kz/tovar/27661/apparatnyi-fairvol-cisco-asa5506-sec-bun-k8-asa5506-sec-bun-k8

[9] https://wifi.kz/catalog/switches/kommutator-cisco-catalyst-ws-c3750v2-24ts-s/

[10] https://windowsnotes.ru/windows-server-2012/texnologiya-nic-teaming-v-windows-server-2012/

Елтай А., Абдураимова Б.К

**Моделирование и проектирование сетевой инфраструктуры на основе UNIX**

**Резюме.** Использование технологии NIC (контроллер сетевого интерфейса) в бизнесе может значительно сократить расходы вIT и упростить сложную инфраструктуру, проанализировать возможности, использования технологии NIC в области строительства, геологии и медицины в Казахстане. Предлагаемое нами решение состоит в том, чтобы создать сетевую инфраструктуру на основе систем UNIX, которая является гораздо более экономичной. Все протоколы, технологии, службы, работающие на оборудовании Cisco, будут реализованы на основе UNIX.

**Ключевые слова**. UNIX, сетевая инфраструктура, информационная безопасность, настройка сети.

Елтай А., Абдураимова Б.К

**UNIX негізінде желіинфраструктурасының моделін және жобасын құру**

**Түйіндеме.** NIC технологиясын қолдану (контроллер желілік интерфейсі) бизнеске маңызды болып табылады, яғни қаржыны үнемдейді және IT инфрақұрылымын қолданыста қарапайым етеді. NIC технологиясын, Қазақстанда құрылыс, геология және медицина саласында қолдану мүмкіндіктерін зерттеу. Біздің ұсынып отырған шешім, UNIX жүйесі негізіндегі желі инфрақұрылымның құрудың тиімді екенін дәлелдеу, яғни Cisco- аппараттары арқылы жұмыс жасайтын барлық құрылғылары, технологиялары, қызмет көрсетуі, UNIX жүйесі негізінде іске асады.

**Кілттік сөздер.** UNIX, желілік инфрақұрылым, ақпараттық қауіпсіздік, желіні баптау.

УДК 519.958

**Zh.D.Baishemirov[1,2], M.Nurtas[3], Zh.Zh.Baimurzayev[2,4]**

([1]Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan
[2]Intstitute of Information and Computational Technologies, MES RK, Almaty, Kazakhstan
[3]International IT University, Almaty, Kazakhstan
[4]Military Engineering Institute of Radio Electronics and Communications, Almaty, Kazakhstan
e-mail: zbai.kz@gmail.com)

## METHOD OF AVERAGING WITH SPLITTING NONLOCALITY

**Abstract.** The article is devoted to the construction of a completely averaged model, that is, the macroscopic equations of which do not contain microscopic variables, and the task on the cell, which determines the macroscopic coefficients, does not depend on macroscopic variables. The idea is to spread nonlinearity and nonlocality into different levels of asymptotic expansion.

**Key words:** mathematical model, asymptotic expansion, macroscopic model, nonlocality, saturation.

**Байшемиров Ж.Д. [1,2], Нуртас Марат [3], Баймурзаев Д.Д.[2,4]**

([1]Казахский национальный педагогический университет имени Абая,
[2]Институт информационных и вычислительных технологий,
[3]Международный университет информационных технологий,
[4]Военно-инженерный институт радиоэлектроники и связи,
Алматы, Казахстан
e-mail: zbai.kz@gmail.com)

## МЕТОД ОСРЕДНЕНИЯ С РАСЩЕПЛЕНИЕМ НЕЛОКАЛЬНОСТИ

**Аннотация.** Статья посвящена построению полностью осредненной модели, то есть макроскопические уравнения которой не содержат микроскопические переменные, а задача на ячейке, определяющая маскроскопические коэффициенты, не зависит от макроскопических переменных. Идея заключается в том, чтобы разнести нелинейность и нелокальность на разные уровни асимптотического разложения.

**Ключевые слова:** математическая модель, асимптотическое разложение, макроскопическая модель, нелокальность, насыщенность.

### Введение

Известно, что в средах с двойной пористостью осреднение приводит к появлению памяти, а осредненные уравнения по своей структуре являются интегро-дифференциальными [1]. Это вызывает колоссальные проблемы при осреднении нелинейных уравнений, так как наложение нелинейности и нелокальности по времени приводит к невозможности разделить быстрые и медленные переменные.

В результате, в задаче на ячейке невозможно избавиться от макроскопических переменных. Такие формальные неполностью осредненные модели имеют право на жизнь, но их применение для моделирования не проще, чем исходных неусредненных уравнений. Тем не менее построить полностью осредненную модель в нелинейном случае возможно. Для несжимаемых флюидов это было сделано в [2, 3] для случая так называемого умеренного контраста между блоками и трещинами.

Эту идею можно реализовать, оперируя параметром степени контрастности $\omega$. В самом деле, память на макроуровне порождается тем, что течение в блоке запаздывает от течения в трещине. Из-за этого реакция среднего давления/насыщенности в блоке на возмущение, вносимое трещиной, немгновенно, поэтому связь между средними давлениями/ насыщенностями в блоке и трещине не может описываться локальными операторами. В сильно контрастных средах запаздывание сильное, что порождает долговременную память. В умеренно контрастных средах запаздывание не так сильно как в первом случае, и поэтому можно рассчитывать, что эффект памяти имеет меньший порядок. Тогда в системе должен существовать некий параметр, ответственный за степень ее нелокальности, который имеет порядок единицы в сильно контрастных средах и малый порядок в умеренно контрастных системах. Тогда в умеренно контрастных средах решение можно разложить в асимптотический ряд по этому параметру и ожидать, что нелокальность проявится в первом (а не нулевом) приближении. Поскольку в асимптотических разложениях задача для первого приближения обычно линейна, то это позволяет обработать нелокальность полностью и в явном виде.

**Формулировка задачи**

Пусть мерой степени нелокальности является параметр

$$\omega=\varepsilon^2 K_{\text{тр}}/K_{\text{бл}} \tag{1}$$

тогда $\omega\sim 1$ в сильно контрастных средах, где возникает сильная нелокальность, и $\omega$ мал: $\varepsilon<\omega<1$ в умеренно контрастных средах, где память есть, но слабая.

В настоящей работе мы рассматриваем случай умеренного контраста, то есть слабой (или «короткой») памяти [4]. Для упрощения выкладок положим в (1.6): $\delta=1/2$, то есть

$$K_{\text{бл}}/K_{\text{тр}}=\varepsilon\sqrt{\varepsilon}, \quad \text{или} \quad \omega=\sqrt{\varepsilon} \tag{2}$$

Прежде всего введем расширение решения $\tilde{s}(x,y,t)$, $\tilde{p}(x,y,t)$, так что

$$p_w(x,t)=\tilde{p}(x,y,t)\big|_{y=\frac{x}{\varepsilon}}, \qquad s(x,t)=\tilde{s}(x,y,t)\big|_{y=\frac{x}{\varepsilon}}$$

Тогда следующее справедливо для производных:

$$\frac{\partial p(x,t)}{\partial x_i}\to\left(\frac{\partial\tilde{p}(x,y,t)}{\partial x_i}+\frac{1}{\varepsilon}\frac{\partial\tilde{p}(x,y,t)}{\partial y_i}\right)\Bigg|_{y=\frac{x}{\varepsilon}}$$

Поскольку операции расширения и дифференцирования коммутируют, получаем, что аргумент $y$ может рассматриваться как быстрая независимая переменная от $x$, а в конечных результатах надо положить его равным медленной переменной $x/\varepsilon$. Двухмасштабная формулировка уравнений имеет следующий вид:

$$\begin{cases}\phi(y)\partial_t s_\alpha+\phi(y)\beta_\alpha(y)s_\alpha\partial_t p_\alpha=\left(\nabla_x+\frac{1}{\varepsilon}\nabla_x\right)\cdot\left(K(y)\lambda_\alpha\left(\nabla_x p_\alpha+\frac{1}{\varepsilon}\nabla_x p_\alpha\right)\right), & x\in\Omega,\quad y\in Y,\quad t\in(0,T)\\ p_o=p_w+p_c, \qquad s_o=1-s_w\end{cases}$$

и

$$\begin{cases}s_w\big|_{t=0}=s^0(x), \quad p_w\big|_{t=0}=p_w^0(x)\\ \left[K\lambda_\alpha\dfrac{\partial p_\alpha}{\partial n}\right]_\Gamma=0, \quad [p_\alpha]_\Gamma=0, \quad \alpha=w,o\\ s_w,\ p_w \text{ 1-периодичны по } y\end{cases} \tag{3}$$

ее можем представить в вариационной формулировке:

$$\int\int\limits_{\Omega\, Y} \phi w \partial_t s_\alpha \, dxdy + \int\int\limits_{\Omega\, Y} \phi \beta_\alpha s_\alpha w \partial_t p_\alpha \, dxdy = -\frac{1}{\varepsilon^2} \int\int\limits_{\Omega\, Y} K \lambda_\alpha \left(\partial_{yi} p_\alpha + \varepsilon \partial_{xi} p_\alpha\right)\left(\partial_{yi} w + \varepsilon \partial_{xi} w\right) dydx =$$

$$= -\frac{1}{\varepsilon^2} \int\limits_{\Omega} \int\limits_{Y^{\mathrm{F}}} K^{\mathrm{F}} \lambda_\alpha^{\mathrm{F}} \left(\partial_{yi} p_\alpha + \varepsilon \partial_{xi} p_\alpha\right)\left(\partial_{yi} w + \varepsilon \partial_{xi} w\right) dydx - \tag{4}$$

$$-\frac{1}{\sqrt{\varepsilon}} \int\limits_{\Omega} \int\limits_{Y^{\mathrm{M}}} K^{\mathrm{M}} \lambda_\alpha^{\mathrm{M}} \left(\partial_{yi} p_\alpha + \varepsilon \partial_{xi} p_\alpha\right)\left(\partial_{yi} w + \varepsilon \partial_{xi} w\right) dydx$$

для любой функции $w = w(x, y)$ в $\Omega \times Y$, такой, что $w\big|_{\partial\Omega} = 0$.

Так как функция $w$ равна нулю на $\partial\Omega$, то интегралы по границе области $\partial\Omega$ обнуляются, также из-за периодичности всех функций по $y$ интегралы по границе периода $\partial Y$ обнуляются.

**Асимптотическое разложение**

Осреднение строится методом двухмасштабных асимптотических разложений по параметру $\varepsilon$, а также регулярных асимптотических рядов по параметру нелокальности $\omega$, что, с учетом (2), означает появление членов, содержащих дробные степени $\sqrt{\varepsilon}$. Общая структура разложений имеет следующий вид, для $\alpha = w, o$:

$$p_\alpha(x, y, t) = \begin{cases} p_{\alpha 0}(x,t) + \sqrt{\varepsilon}\; p_{\alpha,01}^{\mathrm{M}}(x,y,t) + \varepsilon\; p_{\alpha 1}^{\mathrm{M}}(x,y,t) + \ldots, & y \in Y^{\mathrm{M}} \\ p_{\alpha 0}(x,t) + \sqrt{\varepsilon}\; p_{\alpha,01}^{\mathrm{F}}(x,t) + \varepsilon\; p_{\alpha 1}^{\mathrm{F}}(x,y,t) + \ldots, & y \in Y^{\mathrm{F}} \end{cases}$$

$$s_\alpha(x, y, t) = \begin{cases} s_{\alpha 0}(x,t) + \sqrt{\varepsilon}\; s_{\alpha,01}^{\mathrm{M}}(x,y,t) + \varepsilon\; s_{\alpha 1}^{\mathrm{M}}(x,y,t) + \ldots, & y \in Y^{\mathrm{M}} \\ s_{\alpha 0}(x,t) + \sqrt{\varepsilon}\; s_{\alpha,01}^{\mathrm{F}}(x,t) + \varepsilon\; s_{\alpha 1}^{\mathrm{F}}(x,y,t) + \ldots, & y \in Y^{\mathrm{F}} \end{cases}$$

Причем выполняются условия непрерывности фазовых давлений:

$$p_{\alpha,01}^{\mathrm{M}}\Big|_{\Gamma} = p_{\alpha,01}^{\mathrm{F}} \tag{5}$$

Тогда для нелинейных функций, входящих в (4) получим:

$$\lambda_\alpha(x, y, t) = \begin{cases} \lambda_{\alpha 0}(x,t) + \sqrt{\varepsilon}\; \lambda_{\alpha,01}^{\mathrm{M}}(x,y,t) + \varepsilon \ldots, & y \in Y^{\mathrm{M}} \\ \lambda_{\alpha 0}(x,t) + \sqrt{\varepsilon}\; \lambda_{\alpha,01}^{\mathrm{F}}(x,t) + \varepsilon \ldots, & y \in Y^{\mathrm{F}} \end{cases} \tag{6}$$

Отсюда интегральное тождество (5) имеет следующий вид:

$$\int\int\limits_{\Omega\, Y} \phi w \left(\partial_t s_{\alpha 0} + \sqrt{\varepsilon}\partial_t s_{\alpha,01} + \ldots\right) dxdy + \int\int\limits_{\Omega\, Y} \phi \beta_\alpha w \left(s_{\alpha 0} + \sqrt{\varepsilon} s_{\alpha,01} + \ldots\right)\left(\partial_t p_{\alpha 0} + \sqrt{\varepsilon}\partial_t p_{\alpha,01} + \ldots\right) dxdy =$$

$$= -\frac{1}{\varepsilon} \int\limits_{\Omega} \int\limits_{Y^{\mathrm{F}}} K^{\mathrm{F}} \left(\lambda_{\alpha 0}^{\mathrm{F}} + \sqrt{\varepsilon}\lambda_{\alpha 01}^{\mathrm{F}} + \ldots\right)\left(\partial_{yi} p_{\alpha 1} + \partial_{xi} p_{\alpha 0} + \sqrt{\varepsilon}\left(\partial_{yi} p_{\alpha,11} + \partial_{xi} p_{\alpha,01}\right)\right)\left(\partial_{yi} w + \varepsilon \partial_{xi} w\right) dydx -$$

$$- \int\limits_{\Omega} \int\limits_{Y^{\mathrm{M}}} K^{\mathrm{M}} \lambda_{\alpha 0}^{\mathrm{M}} \left(\partial_{yi} p_{\alpha,01} + \sqrt{\varepsilon}\left(\partial_{yi} p_{\alpha 1} + \partial_{xi} p_{\alpha 0}\right)\right)\left(\partial_{yi} w + \varepsilon \partial_{xi} w\right) dydx + \mathrm{O}(\varepsilon) \tag{7}$$

Общая техника осреднения заключается в подстановке асимптотического разложения в интегральное тождество (7) и получении замкнутых выражений для последовательных членов разложения выбором тестовых функций *w*.

**Макроскопическая модель**

Определим осредненные фазовые давления и насыщенности в блоках и трещинах как:

$$\mathrm{P}_\alpha^{\mathrm{F}} \equiv \frac{1}{\left|Y^{\mathrm{F}}\right|} \int\limits_{Y^{\mathrm{F}}} \left(p_{\alpha 0} + \sqrt{\varepsilon} p_{\alpha,01}^{\mathrm{F}}\right) dy = p_{\alpha 0} + \sqrt{\varepsilon} p_{\alpha,01}^{\mathrm{F}},$$

$$\mathrm{P}_\alpha^{\mathrm{M}} \equiv \frac{1}{\left|Y^{\mathrm{M}}\right|} \int\limits_{Y^{\mathrm{M}}} \left(p_{\alpha 0} + \sqrt{\varepsilon} p_{\alpha,01}^{\mathrm{M}}\right) dy = p_{\alpha 0} + \frac{\sqrt{\varepsilon}}{\left|Y^{\mathrm{M}}\right|} \int\limits_{Y^{\mathrm{M}}} p_{\alpha,01}^{\mathrm{M}} dy$$

$$\mathrm{S}_\alpha^{\mathrm{F}} \equiv \frac{1}{\left|Y^{\mathrm{F}}\right|}\int\limits_{Y^{\mathrm{F}}}\left(s_{\alpha 0}+\sqrt{\varepsilon}\, s_{\alpha,01}^{\mathrm{F}}\right)dy = s_{\alpha 0}+\sqrt{\varepsilon}\, s_{01}^{\mathrm{F}},$$
$$\mathrm{S}_\alpha^{\mathrm{M}} \equiv \frac{1}{\left|Y^{\mathrm{M}}\right|}\int\limits_{Y^{\mathrm{M}}}\left(s_{\alpha 0}+\sqrt{\varepsilon}\, s_{\alpha,01}^{\mathrm{M}}\right)dy = s_{\alpha 0}+\frac{\sqrt{\varepsilon}}{\left|Y^{\mathrm{M}}\right|}\int\limits_{Y^{\mathrm{M}}} s_{\alpha,01}^{\mathrm{M}}dy \quad (8)$$

где также существуют следующие взаимосвязи:

$$\mathrm{S}_o^{\mathrm{F}} = 1-\mathrm{S}_w^{\mathrm{F}},\quad \mathrm{S}_o^{\mathrm{M}} = 1-\mathrm{S}_w^{\mathrm{M}},\quad \mathrm{P}_o^{\mathrm{F}} = \mathrm{P}_w^{\mathrm{F}} + p_c^{\mathrm{F}}\left(\mathrm{S}_w^{\mathrm{F}}\right),\quad \mathrm{P}_o^{\mathrm{M}} = \mathrm{P}_w^{\mathrm{M}} + p_c^{\mathrm{M}}\left(\mathrm{S}_w^{\mathrm{M}}\right) \quad (9)$$

Заметим, что макроскопические капиллярные давления в трещинах и блоках, $\mathrm{P}_c^{\mathrm{F}}\left(\mathrm{S}_w^{\mathrm{F}}\right)$ и $\mathrm{P}_c^{\mathrm{M}}\left(\mathrm{S}_w^{\mathrm{M}}\right)$, не фигурируют в этой модели, так как они просто равны исходным функциям капиллярного давления, взятым от средних насыщенностей, с точностью $\mathrm{O}(\varepsilon)$:

$$\mathrm{P}_c^{\mathrm{F}}\left(\mathrm{S}_w^{\mathrm{F}}\right) = p_c^{\mathrm{F}}\left(\mathrm{S}_w^{\mathrm{F}}\right),\qquad \mathrm{P}_c^{\mathrm{M}}\left(\mathrm{S}_w^{\mathrm{M}}\right) = p_c^{\mathrm{M}}\left(\mathrm{S}_w^{\mathrm{M}}\right) \quad (10)$$

Макроскопическая модель процесса имеет вид следующей системы уравнений для средних давлений и насыщенностей в блоках и трещинах:

$$\phi^{\mathrm{F}}(1-\theta)\partial_t \mathrm{S}_\alpha^{\mathrm{F}} + \phi^{\mathrm{F}}\beta_\alpha^{\mathrm{F}}(1-\theta)\mathrm{S}_\alpha^{\mathrm{F}}\partial_t \mathrm{P}_\alpha^{\mathrm{F}} =$$
$$= \partial_{xi}\left(\mathbf{K}_{ik}\lambda_\alpha^{\mathrm{F}}\left(\mathrm{S}_\alpha^{\mathrm{F}}\right)\partial_{xk}\mathrm{P}_\alpha^{\mathrm{F}}\right) - \theta\phi^{\mathrm{M}}\,\partial_t \mathrm{S}_\alpha^{\mathrm{M}} - \theta\phi^{\mathrm{M}}\beta_\alpha^{\mathrm{M}}\mathrm{S}_\alpha^{\mathrm{M}}\partial_t \mathrm{P}_\alpha^{\mathrm{M}},\quad \alpha = w,o$$
$$\mathrm{P}_w^{\mathrm{M}} = \mathrm{P}_w^{\mathrm{F}} - \frac{\tau_w^{\mathrm{comp}}}{\beta_w^{\mathrm{M}}\mathrm{S}_w^{\mathrm{M}}}\left[\frac{\partial \mathrm{S}_w^{\mathrm{M}}}{\partial t} + \beta_w^{\mathrm{M}}\mathrm{S}_w^{\mathrm{M}}\frac{\partial \mathrm{P}_w^{\mathrm{M}}}{\partial t}\right]$$
$$p_c^{\mathrm{M}}\left(\mathrm{S}_w^{\mathrm{M}}\right) = p_c^{\mathrm{F}}\left(\mathrm{S}_w^{\mathrm{F}}\right) + \frac{\left(\tau^{\mathrm{cap}}+\tau^{\mathrm{cc}}\right)}{\beta_{\mathrm{o}}^{\mathrm{M}}}\frac{\partial \mathrm{S}_w^{\mathrm{M}}}{\partial t} + \left(\tau_w^{\mathrm{comp}} - \tau_o^{\mathrm{comp}}\right)\frac{\partial \mathrm{P}_w^{\mathrm{M}}}{\partial t} \quad (11)$$

где $\theta \equiv \left|Y^{\mathrm{M}}\right|$ - объемная доля блока.

Эффективная проницаемость определена как:

$$\mathrm{K}_{ik} \equiv \int\limits_{Y^{\mathrm{F}}} K^{\mathrm{F}}\left(\frac{\partial \psi_k}{\partial y_i} + \delta_{ik}\right)dy \quad (12)$$

а ячеечные функции $\psi_k(y)$ являются решением первой задачи на ячейке (на трещине):

$$\begin{cases} \dfrac{\partial}{\partial y_i}\left(K^{\mathrm{F}}\left(\dfrac{\partial \psi_k}{\partial y_i} + \delta_{ik}\right)\right) = 0, \qquad y \in Y^{\mathrm{F}} \\ A^{\mathrm{F}}\left(\dfrac{\partial \psi_k}{\partial y_i} + \delta_{ik}\right)n_i^{\Gamma}\Big|_{y\in\Gamma} = 0, \\ \psi_k \ \text{ y-периодична} \\ \left\langle \psi_k \right\rangle_{Y^{\mathrm{F}}} = 0 \end{cases} \quad (13)$$

Времена запаздывания между блоками и трещинами, вызванные сжимаемостью фаз, определены по следующему образу:

$$\tau_\alpha^{\mathrm{comp}}\left(\mathrm{S}_w^{\mathrm{M}}\right) = \sqrt{\varepsilon}\left\langle \varphi \right\rangle_{\mathrm{M}} \phi^{\mathrm{M}}\frac{\beta_\alpha^{\mathrm{M}}\mathrm{S}_\alpha^{\mathrm{M}}}{\lambda_\alpha^{\mathrm{M}}} \quad (14)$$

Времена запаздывания, вызванные капиллярностью и совместным действием капиллярности и сжимаемости, определяются как:

$$\tau^{\text{cap}}\left(\mathrm{S}_w^{\mathrm{M}}\right)=\sqrt{\varepsilon}\left\langle\varphi\right\rangle_{\mathrm{M}}\ \phi^{\mathrm{M}}\beta_{\mathrm{o}}^{\mathrm{M}}\ \frac{\left(\lambda_w^{\mathrm{M}}+\lambda_o^{\mathrm{M}}\right)}{\lambda_w^{\mathrm{M}}\lambda_o^{\mathrm{M}}} \tag{15}$$

$$\tau^{\text{cc}}\left(\mathrm{S}_w^{\mathrm{M}}\right)=-\beta_{\mathrm{o}}^{\mathrm{M}}\ p_c^{\mathrm{M}\prime}\tau_o^{\text{comp}} \tag{16}$$

а функция $\varphi(y)$ является решением второй ячеечной задачи (на блоке):

$$\begin{cases}\dfrac{\partial}{\partial y_i}\left(K^{\mathrm{M}}\ \dfrac{\partial\varphi}{\partial y_i}\right)=-1, & y\in Y^{\mathrm{M}}\\ \varphi\big|_{y\in\Gamma}=0\end{cases} \tag{17}$$

Модель (8-11) является формальным асимптотическим разложением исходной задачи, сохраняющим члены порядка $\mathrm{O}\left(\sqrt{\varepsilon}\right)$. Порядок отброшенных членов, таким образом, $\mathrm{O}\left(\varepsilon\right)$.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта КН МОН РК №AP05132680.*

ЛИТЕРАТУРА

[1] M. Panfilov, Macroscale models of flow through highly heterogeneous porous media. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2000.

[2] Amaziane B., Milisic J.P., Panfilov M., and Pankratov L. Generalized nonequilibrium capillary relations for two-phase flow through heterogeneous media. Physical Review E, 85, 016304 (2012).

[3] A. Bourgeat, and M. Panfilov. Effective two-phase flow through highly heterogeneous porous media. Computational Geosciences, 1998, vol. 2,pp. 191-215.

[4] Усредненная модель неравновесной двухфазной фильтрации несжимаемых жидкостей в двухмасштабной среде с сильно контрастными свойствами // Вестник КБТУ. - 2018. - №4. –С. 49-55.

Байшемиров Ж.Д., Нуртас М., Баймурзаев Д.Д.

**Локальды емес ыдырауымен орташалау әдісі**

**Түйіндеме.** Мақала толық орташаланған үлгіні құруға арналған, яғни макроскопиялық теңдеулердің микроскопиялық айнымалылары жоқ, ал маскроскопиялық коэффициенттерді анықтайтын ұяшықтағы есеп макроскопиялық айнымалыларға байланысты емес. Жұмыстың негізгі идеясы сызықсыз және локалды емес асимптотикалық ыдыраудың әртүрлі деңгейлеріне ажыратуында.

**Кілттік сөздер:** математикалық модель, асимптотикалық ыдырау, макроскопиялық модель, локалды емес, қанықтылық.

УДК 541.44.412+546.09

**Ye.A. Kozhakhmetov, M.K. Skakov, Sh.R. Kurbanbekov, N.M. Mukhamedova**
(Institute of Atomic Energy NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan
E-mail: kozhahmetov_e@nnc.kz)

## HYDROGEN ACCUMULATING RECHARGEABLE INTERMETALLIC COMPOUNDS BASED ON THE Ti-Al-Nb SYSTEM

**Abstract.** In this article the current state of study of hydrogen-accumulating intermetallic compounds (IMS) based on the Ti-Al-Nb system was considered. The data on the effect of the chemical composition of the initial charge, microstructure, and phase composition on the stability of hydrides, hydrogen intensity, and kinetics of hydrogen sorption / desorption by intermetallic compounds based on this system are summarized. Some modern methods of fabrication hydrogen storage ICs were considered. The advantages and disadvantages of hydrides of the system Ti-Al-Nb were marked. The problems which restrict the increase in energy characteristics, operational parameters, indicators of reliability and durability of these systems are discussed. In conclusion, the main unsolved problems in this area are formulated and the corresponding tasks are set.

**Key words:** Ti-Al-Nb system, IC, O-phase, spark plasma sintering, mechanical activation, thermocyclic stability.

**Е.А. Кожахметов, М.К. Скаков, Ш.Р. Курбанбеков, Н.М. Мухамедова**
(Институт атомной энергии НЯЦ РК, г. Курчатов, Казахстан
E-mail: kozhahmetov_e@nnc.kz)

# ВОДОРОДАККУМУЛИРУЮЩИЕ ПЕРЕЗАРЯЖАЕМЫЕ ИНТЕРМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ Ti-Al-Nb

**Аннотация:** В данной работе рассмотрено современное состояние исследований в области водородаккумулирующих интерметаллических соединений (ИМС) на основе системы Ti-Al-Nb. Обобщены сведения о влиянии химического состава исходной шихты, микроструктуры и фазового состава на устойчивость гидридов, водородоемкость и кинетику сорбции/десорбции водорода интерметаллическими соединениями на основе системы Ti-Al-Nb. Рассмотрены некоторые современные способы изготовления водородаккумулирующих ИМС. Обозначены преимущества и недостатки гидридов системы Ti-Al-Nb. Обсуждаются проблемы, ограничивающие повышение энергетических характеристик, эксплуатационных параметров, показателей надежности и долговечности этих систем. В заключение сформулированы основные нерешенные проблемы в этой области и поставлены соответствующие задачи.

**Ключевые слова:** система Ti–Al–Nb, ИМС, О-фаза, искроплазменное спекание, механоактивация, термоциклическая устойчивость.

## Введение

Как известно, дефицит ископаемых органических топлив в сочетании с растущими глобальными экологическими проблемами обусловил огромный интерес исследователей к использованию возобновляемых источников энергии. Водород, как универсальный энергоноситель, издавна привлекает своей экологической чистотой, гибкостью и эффективностью процессов преобразования энергии с его участием [1,2]. Использование водорода в качестве энергии будущего должно предусматривать реализацию простого, безопасного и экономически выгодного метода хранения и транспортировки. Для решения проблемы хранения водорода, среди методов, рассматриваемых в современной литературе, использование гидридов ИМС в качестве твердотельных носителей водорода – является одним из оптимальных и перспективных направлений. Гидридные фазы на основе ИМС содержат большое количество слабосвязанного водорода, который активно взаимодействует с соединениями интерметаллидов [3]. ИМС на основе системы Ti-Al-Nb обладают интересными не только конструкционными свойствами, но и способностью поглощать водород в больших количествах. Они являются вполне подходящими кандидатными материалами для решения задачи твердотельного хранения водорода [4,5].

Однако, возможность использования гидридов ИМС на основе системы Ti-Al-Nb в качестве эффективных материалов для водородной энергетики связана с задачей получения ИМС с широким диапазоном регулируемых водородсорбционных свойств. Анализ работ, выполненных к настоящему моменту, показывает, что все еще остается много вопросов относительно фундаментальных термодинамических и структурных характеристик гидридных фаз ИМС на основе системы Ti-Al-Nb. Между тем актуальность проблемы предопределена, во многом, способностью ИМС изменять свои свойства в широком диапазоне при введении относительно небольшого количества добавок других металлов и/или при изменении соотношения между образующими данное соединение компонентами.

В связи с вышеизложенным, целью настоящей работы является обобщение и систематизация результатов, полученных при изучении гидридов ИМС на основе системы Ti-Al-Nb и постановка задач для дальнейшего развития экспериментально-исследовательских работ по получению ИМС на основе фазы $Ti_2AlNb$.

**Водородаккумулирующие характеристики ИМС на основе системы Ti-Al-Nb.**

Интерметаллиды на основе системы Ti-Al-Nb при взаимодействии с водородом образуют различные стабильные и нестабильные гидриды. Предположительно процесс абсорбции/десорбции водорода в интерметаллидах на основе системы Ti-Al-Nb происходит в результате фазовых превращений между гидридами, с различным содержанием водорода [6]. Согласно данным [7,8], на сегодняшний день ИМС с однофазной ($\beta_0$(B2)) и двухфазной (β(ОЦК)/О) структурой рассматриваются как наиболее перспективные твердотельные материалы для поглощения водорода. Структурно-фазовое состояние данных сплавов, а именно размер и объемная доля B2- и О-фазы в матрице $\beta_0$ или β фазы, контролируются режимами метода консолидации исходной шихты. Однако в одной из последних работ [8] авторами установлено, что способность к сорбции - десорбции водорода в однофазном состоянии с упорядоченной ОЦК ($\beta_0$ или B2) структурой ограничена, за счет фазовых

превращений между гидридами (β → ɣ). Показатели поглощения водорода, по-видимому, могут быть улучшены, если в сплав дополнительно ввести О-фазу ($Ti_2AlNb$).

Использование сплавов системы Ti-Al-Nb в качестве материала для накопления водорода в процессах абсорбции/десорбции, а также благоприятное влияние орторомбической О-фазы ($Ti_2AlNb$) на поглощение водорода были отмечены в также [9,10]. Образование фазы на основе ОЦК- решетки и орторомбической фазы, возникающие при добавлении Nb к $Ti_3Al$, могут обладать большей способностью поглощать водород. Слабоупакованная структура на основе наноразмерных фаз, по сравнению с плотноупакованной структурой на основе ГЦК и ГПУ-решетки, приводит к повышению свойств абсорбции/десорбции водорода. Благотворное влияние О-фазы на сорбционные свойства ИМС обусловлено особой кристаллической структурой О-фазы, которая способствует обратимому гидридному β → ɣ превращению. Поглощение водорода О-фазой уменьшает вероятность асинхронии решетки между О и β фазами, что в свою очередь, облегчает зарождение гидридных фаз на межфазных границах О/β [11].

Однако на данный момент все еще нет четкой картины о химическом составе основных элементов исходной шихты для получения ИМС на основе системы Ti–Al–Nb с повышенными водородаккумулирующими свойствами. В различных работах содержание Nb варьируется в широком интервале значений. К примеру, в работе [12] установлено, что легирование Nb до 10% оказывает очень сильное влияние на температуру десорбции и аморфизацию $\alpha_2$ –фазы, при этом, отрицательно влияет на процесс сорбции/десорбции и снижает водородоемкость. Тогда как в работе [13] установлено, что содержание ниобия в диапазоне 34–42 ат.% улучшает способности поглощения водорода. На сегодняшний день, проведение более детального исследования влияния легирующих элементов, в частности, ниобия, отвечающего за оптимальное соотношение между количеством поглощенного водорода и температурой его десорбции, остается, на наш взгляд, актуальной проблемой материаловедения в водородной энергетике.

**Технологии, применяемые в изготовлении сплавов системы на основе Ti-Al-Nb**

Известно, что расстояние между ионами водорода во всех металлах и ИМС должно быть не менее 2,1 А, что, вероятно, обусловлено электростатическим взаимодействием ионов водорода [14]. Вместе с тем, попытки получить соединения с обратимым содержанием водорода более чем два атома водорода на атом металла, не прекращаются. Одним из методов, который позволяет "раздвинуть" пустоты для размещения атомов водорода, т.е. разделить их свободной поверхностью, является, по-видимому, метод механоактивации (МА).

Применение метода МА на стадии получения порошка, в частности для систем Ti-Al-Nb, позволяет получить особую структуру материала, активизировать процессы спекания, сформировать неравновесную структуру с высокой плотностью микро- и макроскопических дефектов кристаллической структуры и ячеистой дислокационной структурой [15]. В результате МА происходят существенные изменения в активности поверхностных слоев порошковых материалов. Известно, что при спекании коэффициент граничной диффузии определяется структурой поверхностных слоев, а не тугоплавкой сердцевиной частиц. Авторами [16] было установлено, что вследствие МА наблюдается значительное снижение температуры спекания, роста зерен и перемычек вследствие высокой поверхностной диффузии. Таким образом, МА позволяет не только оптимизировать структуру и фазовый состав получаемых сплавов и ИМС, но и снизить температуру консолидации, соответственно энергозатраты.

***Искроплазменное спекание (Spark Plasma Sintering (SPS))*** – это новая, инновационная технология спекания, которая играет все большую роль при консолидации материалов. В основе процесса лежит модифицированный метод горячего прессования, при котором электрический ток пропускается непосредственно через пресс-форму и прессуемую заготовку, а не через внешний нагреватель [17].

Одна из первых работ, посвящённая получению ИМС на основе системы Ti-Al-Nb методом SPS, была проведена Niu H.Z. и др. [18]. Авторы использовали искровое плазменное спекание для изготовления ИМС на основе $Ti_2AlNb$, с целью получить более тонкую микроструктуру. Исходя из основных характеристик SPS, когда этот метод комбинировался с механоактивацией, авторам удалось получить гомогенную микроструктуру с мелким или сверхтонким размером зерна. Относительно малое время и высокие скорости нагрева искроплазменного спекания, при комбинировании с механоактивацией, по-видимому, дают нам возможность оказывать существенное влияние на микроструктуру, фазовый состав, а вместе с ним и на физико-механические свойства ИМС системы Ti-Al-Nb.

С учетом вышеизложенного большую перспективу имеет поиск новых технических решений на основе комбинации различных методов получения гидридов ИМС. Одним из примеров успешной реализации такого подхода является комбинация методов механоактивации и SPS- спекания, которая дает нам, по-видимому, новое перспективное направление консолидации сплавов системы Ti-Al-Nb.

В настоящее время данное направление является малоизученным и требует проведения экспериментально-исследовательских работ по изучению влияния режимов спекания на структуру, фазовое состояние и физико-механические свойства ИМС системы Ti-Al-Nb. Вместе с тем необходимо учитывать то, что формирующиеся структуры высоко в неравновесных условиях устойчивы, поэтому необходимо более тщательное изучение эволюции структуры частиц при механоактивации многокомпонентных смесей. К сожалению, до настоящего времени, на наш взгляд, было проведено недостаточно исследований по изготовлению мелкозернистого ИМС на основе $Ti_2AlNb$ из металлических порошков методом комбинирования МА и SPS.

**Проблемы циклической устойчивости интерметаллических систем в процессе сорбции/десорбции**

Как известно, существует ряд требований, которым должны удовлетворять гидриды металлов и интерметаллические соединения для хранения водорода: иметь высокую механическую прочность и устойчивость в многократных циклах сорбции – десорбции; иметь высокие сорбционные характеристики (емкость и скорость сорбции); иметь высокую термостойкость; иметь малую стоимость; способ получения должен быть достаточно прост и технологичен. При практическом использовании многих гидридов металлов и ИМС возникают трудности, связанные с тем, что материалы-поглотители сравнительно быстро теряют свои сорбционные свойства с увеличением числа циклов сорбции – десорбции водорода. При гидрировании монолитные образцы гидридов металлов и ИМС разрушаются с образованием мелкодисперсных порошков, уменьшается тепловой поток в слое материала-поглотителя, снижается скорость процесса сорбции и достигаемая емкость на единицу массы гидрида. Таким образом, одним из основных требований для технического применения гидрида, является стабильность их свойств при длительном цикле, а также термостабильность при воздействии повышенных температур [19]. Понятно, что в зависимости от содержания легируемых элементов, технологии получения и температурных режимов возможно на практике получить различные гидридные системы с необходимой структурой и фазовым состоянием. Однако, рабочий ресурс гидридов металлов и интерметаллических соединений для хранения водорода, можно определить только модельными испытаниями в лабораторных условиях.

Анализ работ показывает, что ИМС на основе орторомбических фаз ($Ti_3Al$, $Ti_2AlNb$) являются сравнительно новым направлением в области водородной энергетики. Рассматривая ИМС системы Ti-Al-Nb, как решение вопроса транспортировки и хранения водорода, с учетом вышеизложенных достоинств, мы неизбежно наталкиваемся на вопрос о термоциклической стабильности этих материалов.

В настоящее время проведены исследования, посвященные изучению микроструктуры и фазового состояние ИМС системы Ti-Al-Nb в условиях практической эксплуатации [20,21]. Деградацию микроструктуры ИМС системы Ti-Al-Nb в жестких условиях эксплуатации подразделяют на следующие три типа [22]:

1) изменение формы, объемной доли и состава присутствующих фаз за счет растворения/ осаждения;

2) сплошное разрушение структуры за счет уменьшения межфазной площади;

3) локальное разрушение структуры за счет миграции границ зерен.

Однако эти три типа разрушения структуры ИМС системы Ti-Al-Nb рассматриваются касательно конструкционных материалов, то есть вследствие воздействия высоких температур или иных видов напряжения/нагрузок. Характер изменения и/или разрушения микроструктуры и фазового состава ИМС системы Ti-Al-Nb в термоциклических процессах сорбции - десорбции водородом могут, очевидно, отличаться не только из-за влияния водорода, но и из-за возникновения теплового напряжения во время термоциклирования.

На данный момент в современной литературе приведены несколько работ, где рассматривается изменения микроструктуры и водородоемкости ИМС системы Ti-Al-Nb, в термоциклических процессах сорбции/десорбции. Так, в [23] показано, что насыщение водородом сплава Ti-23,5ат%Al-21,5ат%Nb не приводит к изменению фазового состава и орторомбической структуры. Стабильность структурных составляющих после одного цикла отмечают и авторы работы [24]. Однако с увеличением количество циклов обнаружено увеличение ɣ-фазы и уменьшение объемной доли О-фазы, и уже после

3 циклов процесса сорбции -десорбции присутствие О-фазы в ИМС системы Ti-Al-Nb не было обнаружено. Считается, что уменьшение объемной доли О-фазы при циклировании происходит вследствие того, что водород в ИМС на основе $Ti_3Al$ стабилизирует ОЦК-фазу, как и Nb, а также способствует превращению О→β [24]. О-фаза преобразуется в β-гидрид в зависимости от времени, поскольку обратимость β→γ-гидридного превращения более быстрее протекает при циклических процессах сорбции/десорбции с большим временным интервалом. Эти результаты дополнительно подтверждают данные о том, что О-фаза играет ключевую роль для обратимого преобразования β (или $\beta_0$) →γ-гидрид. В то же время сорбционные свойства ИМС системы Ti-Al-Nb сильно зависимы от химического состава исходной шихты. Так авторы [25] приводят результаты, где после 4-х циклов существенных изменений в кинетике поглощения водорода не происходит, и около 90% обратимой водородоемкости 1-ого цикла сохраняется и в 4-м цикле.

Однако эти результаты не дают полной картины об изменениях структурно-фазового состояния и кинетики поглощения водорода сорбционно-активным материалом на основе системы Ti-Al-Nb в процессе термоциклического сорбирования. Также, на наш взгляд, в современной литературе нет сведений, касающихся большого количества циклических испытаний данных ИМС. Поэтому исследования стабильности микроструктуры и фазового состава во время длительных термоциклических процессов сорбции/десорбции имеют большое значение для безопасной эксплуатации ИМС системы Ti-Al-Nb в будущем. Кроме того, все еще остаются неизученными закономерности изменения микроструктуры и фазового состава ИМС системы Ti-Al-Nb в условиях большего количества термоциклических процессов сорбции/десорбции.

**Заключение**

Физико-химическое поведение гидридобразующих ИМС определяется их составом, макро- и микроструктурой и сильно изменяются при введении различных добавок и/или использовании тех или иных технологических операций. Сложность комплексного анализа современного уровня развития материаловедения водородаккумулирующих систем определяется наличием большого числа факторов, влияющих на конечный продукт и разнообразием самих объектов исследования. В то время как алюминиды титана на основе $Ti_3Al$ изучены достаточно подробно, работы с ИМС на основе системы Ti-Al-Nb только начинаются. Вместе с тем, уже сейчас понятно, что без тщательного рассмотрения следующих основных задач какой-либо прогресс в данном перспективном направлении материаловедения маловероятен:

- влияние легирующих элементов на структурно-фазовое состояние и кинетику поглощения водорода сорбционно-активным материалом на основе системы Ti-Al-Nb;
- изучение особенностей контролируемой технологии получения мелкозернистого ИМС на основе $Ti_2AlNb$ из металлических порошков методом комбинирования ***MA*** и ***SPS;***
- изменение структурно-фазового состояния и ресурс водородаккумулирующих свойств ИМС на основе системы Ti-Al-Nb в процессе термоциклического сорбирования.

Следует отметить, что, несмотря на немалое число исследований, теоретический анализ наблюдаемых явлений пока не привел к построению целостной, объективной картины всего спектра взаимодействий водорода с ИМС системы Ti-Al-Nb. На наш взгляд, более детальные экспериментально-исследовательские работы по изучению влияния водорода на структурно-фазовое состояние и физико-механические свойства ИМС на основе системы Ti-Al-Nb, их ресурсная водородаккумулирующая стойкость являются актуальными задачами физического материаловедения.

*Работа выполнена в рамках реализации научно-технической программы «Развитие атомной энергетики в Республике Казахстан на 2018-2020 годы» по теме «Исследование перспективных материалов на основе системы Ti-Al-Nb для хранения и транспортировки водорода»*

ЛИТЕРАТУРА

[1] Гольцова М. В. Водородные технологии в литье и металлургии: настоящее и будущее // Литье и Металлургия – 2018 – №4(93) – С. 145-153

[2] Züttel, A. Remhof, A. Borgschulte, O. Friedrichs. Hydrogen: the future energy carrier // Phil Trans R Soc A – 2010 – №368 – P. 3329-3334

[3] Tobe H, Kim H.Y., Inamura T., Hosoda H., Nam T.H., Miyazaki S. Effect of Nb content on deformation behavior and shape memory properties of Ti–Nb alloys – J Alloy Comp – 2013 – №577(1) – P. S435-S438

[4] Kenel C., Leinenbach C. Influence of Nb and Mo on microstructure formation of rapidly solidified ternary Ti–Al-(Nb, Mo) alloys // Intermetallics – 2016 – №69 – P. 82-89

[5] Mayrhofer P.H., Rachbauer R., Holec D. Influence of Nb on the phase stability of Ti–Al–Nb // Scripta Materialia – 2010 – №63 V- P. 807-810

[6] Казанцева Н.В., Мушников Н.В., Попов А.А., Сазонова В.А., Терентьев П.Б. Наноразмерные гидриды алюминидов титана // Сб. тезисов докладов 10-й международной конференции «Высокие давления - Фундаментальные и прикладные аспекты» – 2008г – С.33

[7] Zhang L.T., Ito K., Vasudevan V.K., . Yamaguchi M. Hydrogen absorption and desorption in a B2 single-phase Ti–22Al–27Nb alloy before and after deformation // Acta Mater. – 2001 – №49 – P. 751-758

[8] Ito K., Zhang L.T., Vasudevan V.K., Yamaguchi M. Multiphase and microstructure effects on the hydrogen absorption/desorption behavior of a Ti–22Al–27Nb alloy // Acta Mater. – 2001 – №49 – P. 963-972

[9] Chu W. Y. and Thompson, A. W. Hydrogen Effects on Brittle Fracture of the Titanium Aluminide Alloy // Metall. Trans. A – 2011 – №22A, P. 71-78

[10] Kasimtsev V., Yudin S. N., Sviridova T. A., Malyarov A. V., Zaitsev A. A., Sentyurina Zh. A., Kaplanskii Yu. Yu., Pogozhev Yu. S., Levashov E. A. Production of a sintered alloy based on the TiAl intermetallic compound. Calcium-hydride fabrication technology of the Ti–47Al–2Nb–2Cr powder alloy and its properties // Russian Journal of Non-Ferrous Metals – 2015 – №56 – P. 548–554

[11] Pol'kin, I.S., Grebenyuk, O.N., and Salenkov, V.S. Titanium-based intermetallic compounds // Tekhnol. Legk. Splavov – 2010 – №2 – P. 5–15

[12] Yubin K., Huiping D., Yanran S. Effect of yttrium and erbium on the microstructure and mechanical properties of Ti–Al–Nb alloys // Materials Science and Engineering: A – 2010 – №528 – P. 220-225

[13] Shili Sh., Feng Q., Shenbao J., Jianbang L., Qichuan J. Compression properties and work-hardening behavior of Ti2AlC/TiAl composites fabricated by combustion synthesis and hot press consolidation in the Ti–Al–Nb–C system // Materials & Design – 2011 – №32 – P. 5061-5065

[14] Appel F., Clemens H., Fischer F.D. Modeling concepts for intermetallic titanium aluminides // Progress in Materials Science – 2016 – №81 – P. 55-124

[15] Claire R. Ashworth, Richard P. Matthews, Tom Welton and Patricia A. Hunt Doubly ionic hydrogen bond interactions within the choline chloride–urea deep eutectic solvent // Physical Chemistry Chemical Physics – 2016 –№ 6 – P. 256-265

[16] Ping Z., Xiping G. Y and Al modified silicide coatings on an Nb–Ti–Si based ultrahigh temperature alloy prepared by pack cementation process // Surface and Coatings Technology – 2011 – №206 – P.446-454

[17] Ding X.F., et.al. Microstructural control of TiAl–Nb alloys by directional solidification // Acta Materialia – 2012 – №60 – P. 498-506

[18] Niu H.Z., Chen Y.F., Zhang D.L., et.al. Fabrication of a powder metallurgy Ti2AlNb-based alloy by spark plasma sintering and associated microstructure optimization // Mater. Des. – 2016 – №89 P.823–829

[19] Ren X., Sun H., Wang F., Zhang P., Zhu H. Effect of aging in field soil on biochar's properties and its sorption capacity // Environmental Pollution – 2018 – № 242 – P.1880-1886

[20] Tran N.E., Lambrakos S.G., Imam M.A. Analyses of hydrogen sorption kinetics and thermodynamics of magnesium–misch metal alloys // J Alloys Compds – 2006 – №407 – P.240-248

[21] Bystrzanowski S., Bartels A., Clemens H., et.al. Creep behaviour and related high temperature microstructural stability of Tií46Alí9Nb sheet material [J] // Intermetallics – 2005 – №13(5) – P.515-524

[22] Zhao W.Y., Pei Y.L., Zhang D.H., et.al. The microstructureand tensile property degradation of a gamma-TiAl alloy during isothermal andcyclic high temperature exposures // Intermetallics – 2011 – №19 – P.429-432

[23] . Karakozov B.K, . Skakov M.K, Kurbanbekov Sh.R., Baklanov V.V., et.al. Structural and Phase Transformations in Alloys during Spark Plasma Sintering of Ti + 23.5 at % Al + 21 at % Nb Powder Mixtures // Inorganic Materials – 2018, № 54(1) – P.37–41

[24] Zhang T., Ito K., Vasudevan V.K., Yamaguchi M. Beneficial effects of O-phase on the hydrogen absorption of Ti–Al–Nb alloys // Intermetallics – 2001 – №9 – P.1045–1052

[25] Zhang T., Ito K., Inui H., Vasudevan V.K., Yamaguchi M. Microstructures with martensitic features induced by absorption of a large amount of hydrogen in a B2 single-phase Ti-22Al-27Nb alloy // Acta Mater. – 2003 – №51 – P.781–788

Кожахметов Е.А., Скаков М.К., Курбанбеков Ш.Р., Мухамедова Н.М.

**Ti-Al-Nb жүйесі негізіндегі сутегі жинақтайтын қайта зарядталатын интертетралдық қосылыстар**

**Түйіндеме:** Бұл жұмыста Ti-Al-Nb жүйесі негізіндегі сутегі жинақтайтын интерметалдық қосылыстар (ИМҚ) саласындағы зерттеулердің қазіргі жағдайы қарастырылған. Ti-Al-Nb жүйесі негізіндгі интерметалдық қосылыстардың тұрақтылығына, сутегі қарқындылығына және сутегі сорбциясы / десорбциясының кинетикасына бастапқы құрамының, микроқұрылымның және фазалық құрамның әсері туралы ақпарат жалпыланған. Сутекті сақтауға арналған ИМҚ дайындаудың кейбір заманауи әдістері қарастырылған.

Энергия сипаттамаларын, пайдалану параметрлерін, сенімділік пен ұзақ мерзімділік көрсеткіштерін жоғарылатуды шектейтін проблемалар талқыланады. Қорытындыда осы саладағы шешілмеген негізгі мәселелер тұжырымдалған және тиісті тапсырмалар қойылған.

**Түйінді сөздер:** Ti-Al-Nb жүйесі, ИМҚ, О-фазасы, ұшқын-плазмасымен синтездеу, механикалық белсендіру, термоциклді тұрақтылық.

УДК 681.32 2

**V.A. Lakhno, B.S. Akhmetov, A.A. Doszhanova, TS Kartbayev, F.W. Malikov, Zh.K. Alimseitova**

## SYSTEM ANALYSIS OF INFORMATION SECURITY POLICIES FOR CRITICAL IMPORTANT INFORMATIZATION OBJECTS

**Abstract.** The approaches to the use of systems analysis methods for solving problems related to ensuring information security of critical information systems, which differ in their hierarchical structure and architecture with a large number of components that need cyber defense, are described.

**Key words:** system analysis (SA), information security (IS), cybersecurity (CS), critical information objects (CIO).

**В.А. Лахно[1], Б.С. Ахметов[2], А.А. Досжанова[3], Т.С. Картбаев[3], Ф.У. Маликова[3], Ж.К. Алимсеитова[3]**

([1]Украинаның биоресурстар және табиғатты қолданудың ұлттық университеті, Киев, Украина
[2]Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университет, Алматы, Қазақстан
[3]Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан
E-mail: valss21@ukr.net, bakhytzhan.akhmetov.54@mail.ru, d_alia.81@mail.ru,
t.kartbaev@aues.kz, f.malikova@aues.kz, zhuldyz_al@mail.ru)

## АҚПАРАТТАНДЫРУДЫҢ МАҢЫЗДЫ ОБЪЕКТІЛЕРІ ҮШІН АҚПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІК САЯСАТЫН ЖҮЙЕЛІ ТАЛДАУ

**Аңдатпа.** Киберқорғауды қажет ететін көптеген компоненттері бар иерархиялық құрылыммен және архитектурамен ерекшеленетін аса маңызды ақпараттық жүйелердің ақпараттық қауіпсіздігін қамтамасыз етуге байланысты міндеттерді шешу үшін жүйелік талдау әдістерін қолдану тәсілдері баяндалған.

**Кілттік сөздер:** жүйелік талдау(ЖТ), ақпараттық қауіпсіздік (АҚ), киберқауіпсіздік (КҚ), ақпараттандырудың аса маңызды объектілері (ААМО).

**Мәселе қойылымы.** Ақпараттандыру салаларын белсенді кеңейту және ақпараттық жүйелер мен технологиялардың әртүрлі салаларында кеңінен қолдану (бұдан әрі, ақпараттандырудың аса маңызды объектілері – ААМО). Әсіресе, бұл мәселе киберқауіпсіздіктің(КҚ) жаңа қауіптерінің пайда болуымен сүйемелденетін мобильді, таратылған және сымсыз технологиялардың сегменттерінде өзекті болып отыр. Соңғы бөлігі [3,4] инциденттер статистикасымен расталады. Осы статистика қолданылатын қорғау шараларының сапасы мен күрделілігіне қарамастан ақпараттандырудың аса маңызды объектілері агрессивті бағдарламалық әсерлерге ұшырауы мүмкін екендігін ғана растайды. Келтірілген залал жабдықтың тоқтап қалуына, өндірістік процестерде болжанбайтын бұзушылықтарға, қалпына келтіру рәсімдерінің қажеттілігіне, ақпараттандырудың аса маңызды объектілерінің бағалы ақпаратына қатысты қатерлерді іске асыру салдарларына байланысты экономикалық шығындармен айқындалады.

**Жұмыстың мақсаты.** Ақпараттандырудың аса маңызды объектілері және оның құрамдас бөліктері – басқару және техникалық саясатты қамтамасыз етудің жалпы саясатын (немесе стратегиясын) қалыптастыру әдістемесін әзірлеу.

**Алдыңғы зерттеулерге шолу**. Әр түрлі ААМО қауіпсіздігін қамтамасыз ету проблемасы ақпараттық ресурстарға қауіп-қатерлерді, сондай-ақ деректердің қорғалу дәрежесіне тең бағалауды жүргізуге мүмкіндік беретін бірыңғай әдістемелік базаның болмауы салдарынан күшейе түседі. Әзірге ең танымал бағыт тәуекелдерді бағалау және басқару негізіндегі тәсіл болып табылады [3-5]. ААМО-ны жобалау және пайдалану кезеңдерінде АҚ-ны жүйелі талдау (ЖТ) қажеттілігі қолданыстағы АҚ-ны қамтамасыз ету құралдары тиімділігінің төмен деңгейіне жол берілмейді. Мысалы, компьютерлік қылмыстар бойынша АҚШ ҚДБ ұлттық бөлімшесінің статистикалық мәліметтері бойынша, "ААМО-ға санкцияланбаған енудің алдын алу ықтималдығының шамасы орташа алғанда шамамен 0,12 құрайды" [6]. Сонымен қатар," процестер мен объектілердің қауіпсіздігін қамтамасыз етуге елеулі назар аударылатын көптеген қолданбалы салаларда тиісті құжаттарда баяндалған қауіпсіздік нормалары 0,9 ретімен болады " [6].

**Мақаланың негізгі материалы.** Басқару шешімдерін, оның ішінде АҚ және ААМО КҚ мәселелерінде қабылдаудың тиімділігін арттыру тиісті ақпараттандыру объектілерінің ақпараттық

ресурстарын шоғырландыру есебінен мүмкін болады. Бұл мәселені шешуде ЖТ әдістері қолданылуы мүмкін.

Жүйелік талдау әдістерін қолдану тиісті математикалық модельді таңдауға негізделген жағдайларда ғана нәтиже беретіндігін байқаған жөн. Соңғы бекіту қазіргі уақытта ААМО-ға арналған АҚ(АҚЖ) жүйелерге тең математикалық модельдері табылғанын білдірмейді.

ЖТ ережелеріне сәйкес: жүйенің құрылымын (ААМО); оның жұмыс істеу және мінез-құлқының механизмдерін (өзгеретін қоршаған жағдайларда жұмыс істеу механизмдерінің көрінісі) сипаттауға мүмкіндік беретін АҚЖ – нің үлгілері қажет.

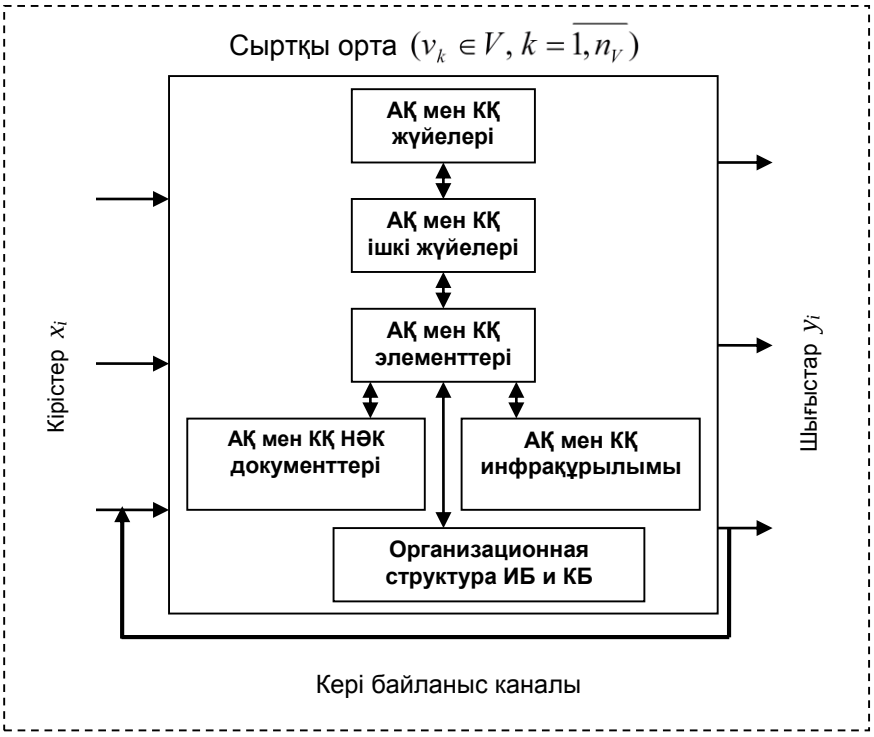
Мұндай модельдерді әзірлеу кезінде:

1. Қазіргі уақытта ААМО үшін АҚЖ-ін бірыңғай математикалық модель ретінде сипаттау мүмкін емес.

2. АҚЖ ААМО модельдеу және табиғи тілде жүйені сипаттау элементтерін пайдалануды көздейді. Мұндай модельдер семантикалық модельдер деп аталады, өйткені модель элементтерінің мағынасы олардың аттарымен анықталады.

3. Егер ААМО және үлгілеу мүмкін болса, онда тек көптеген байланысқан модельдер ғана бола алады.

Мұндай талдау үшін жекелеген компоненттерді қамтуы мүмкін кейбір АҚЖ ұсыну қажет. Әрбір компоненттер - тиісті функциялармен біріктірілген салыстырмалы біртекті элементтер жиынтығы. Өз кезегінде, бұл функциялар АҚЖ-нің жалпы мақсаттарын орындауды қамтамасыз етуге мүмкіндік береді, 1-ші суретті қараңыз.




**1-сурет.** ААМО ақпараттық және киберқауіпсіздік жүйесінің құрылымы

АҚЖ бірінші элементі-нормативтік-әдістемелік құжаттар кешені (НӘК). Әдетте НӘК АҚ және КҚ бойынша ААМО ақпаратты өңдеудің барлық процестеріне қойылатын талаптарды қамтиды.

Екіншісі-АҚ және КҚ ұйымдық құрылымы. Бұл компонент АҚ және ААМО КҚ қамтамасыз ету бойынша көптеген ұйымдастырушылық шешімдерді білдіреді.

АҚЖ үшінші элементі-АҚ инфрақұрылымы. Инфрақұрылым ақпаратты қорғаудың(АҚЖ) қолда бар және перспективалық жүйелері шеңберінде көптеген техникалық шешімдер ретінде сипатталуы мүмкін.

АҚЖ үшін басым компоненттерді анықтайық:

- ААМО-дегі АҚ саясаты (тәсілдері) ;
- ААМО-ге шабуылдарды болжау саясаты (әдістері) ;

- шешім қабылдау тетіктері, мысалы, шешім қабылдауды қолдау жүйелерін (ШҚҚЖ) немесе сараптамалық жүйелерді (СЖ) пайдалана отырып жүзеге асырылады.

Ол кезде ААМО ұйымы жалпы түрде КҚ және қорғауға және/немесе қажетті қаржылық, техникалық, адамдық және басқа да ресурстар немесе осы мақсаттар үшін резервтердің арасындағы оңтайлы консенсустарды іздеу ретінде тұжырымдалуы мүмкін [9,10]. Қажеттілік қорғауды қажет ететін ақпараттың маңыздылығы (құпиялылығы, құндылығы) мен көлемдеріне негізделеді. Мұнда оны сақтау, беру, өңдеу және пайдалану шарттарын қосу керек. Резервтер берілген шектермен шектелуі мүмкін. Немесе олар АҚ-ның талап етілетін деңгейіне қол жеткізу шарты ретінде белгіленуі мүмкін.

1-ші жағдайда АҚ бөлінетін қаражат кезінде ең жоғары АҚ қамтамасыз ететіндей ұйымдастырылған. Тиісінше, АҚ-дың 2-ші деңгейі қаражаттың барынша аз жұмсалуын қамтамасыз етеді.

Қалыптасқан жағдайлар тиісінше оңтайландырылған міндеттерді тікелей және кері қою болып табылады. Бұл міндеттер жақсы зерттелген. Бұл жағдайда жүйе теориясының, информатиканың, қолданбалы математиканың және т.б. әдістерін қолданады. Бұл жағдайда жұмсалған қаражат көлемі мен қол жеткізілетін деңгейлері арасындағы функционалдық корреляцияларды алудың мүмкін еместігі көрсетілген міндеттерді жоғарыда аталған әдістермен қатаң математикалық шешуге мүмкіндік бермейді деп айтуға болады. Сондықтан мұндай әлсіз құрылымдалған жағдайларда бағдарлау үшін жағдай жасау мақсатында қорғаныс саясаты сияқты ұғымды енгізеді [10, 11].

Ол ЖТ және ААМО КҚ жағдайы үшін түсіндіріледі. Бұл осы жағдайда неғұрлым ұтымды шешім қабылдауға жүйелі тәсілге де қолданылады.

Жалпы жағдайда АҚЖ $S$ формалды математикалық моделін оның жұмыс істеу процесін сипаттайтын көптеген шамалар түрінде ұсынуға болады.

Жиындар үшін келесі белгілерді енгіземіз:

$x_i \in X, i = \overline{1, n_x}$ - АҚЖ-не кіру әсерлері;

$y_i \in Y, j = \overline{1, n_y}$ - АҚЖ-нің шығыс сипаттамалары;

$v_k \in V, k = \overline{1, n_v}$ - сыртқы орта тарапынан АҚЖ-не кіру әсерлері;

$s_l \in S, l = \overline{1, n_s}$ - АҚЖ ішкі параметрлері.

Демек, жүйенің формальды моделі келесідей сипатталуы мүмкін

$$\begin{cases} y_1(\tau) = f_1(x_1, x_2, ..., x_{n_X}, v_1, v_2, ..., v_{n_V}, s_1, s_2, ..., s_{n_S}, \tau); \\ y_2(\tau) = f_2(x_1, x_2, ..., x_{n_X}, v_1, v_2, ..., v_{n_V}, s_1, s_2, ..., s_{n_S}, \tau); \\ .....; \\ y_{n_V}(\tau) = f_{n_V}(x_1, x_2, ..., x_{n_X}, v_1, v_2, ..., v_{n_V}, s_1, s_2, ..., s_{n_S}, \tau), \end{cases} \quad (1)$$

Мұндағы $\tau$ - уақыт.

Егер АҚЖ-нің жұмыс істеу процесін оның жай-күйінің дәйекті өзгеруі ретінде қарастырсақ: $\vec{S}(\tau_1), \vec{S}(\tau_2), ..., \vec{S}(\tau_k),$ онда олар $k$ өлшемді фазалық кеңістіктегі нүктелердің координаттары ретінде түсіндірілуі мүмкін.

$\tau_0 < \tau^* \le T$ уақыты сәтіндегі АҚЖ (S) формальды жай-күйі $\vec{S} = \vec{S}(\tau_0)$ бастапқы жай-күйімен , $\tau^* - \tau_0$. уақытының ішінде болған $\vec{X}(\tau^*)$, АҚЖ-не кіру әсерлерінің жиынтығымен $\vec{U}(\tau^*)$, басқару әсерлерімен $\vec{V}(\tau^*)$, сыртқы ортасы тарапынан АҚЖ-не кіру әсерлерінің жиынтығымен толық анықталады.

АҚЖ-нің жай-күйі келесі векторлық теңдеулермен сипатталуы мүмкін:

$$\begin{cases} \vec{S}(\tau) = g(\vec{S}^0, \vec{X}, \vec{V}, \vec{U}, \tau); \\ \vec{y}(\tau) = f(\vec{S}, \tau). \end{cases} \quad (2)$$

Бірінші теңдеу АҚЖ $S_0$ бастапқы жағдайы және $\vec{X},\vec{V},\vec{U}$ айнымалылары бойынша $\vec{S}(\tau)$ вектор-функциясын анықтайды , ал екінші теңдеу $\vec{S}(\tau)$ жағдайы бойынша $\vec{y}(\tau)$ жүйесінің кіруінде эндогенді айнымалыларды анықтайды.

Кез келген ААМО $\{z_1,...,z_M\}$ қауіпсіздігінің $M$ параметріне ие , онда барлық $w=\overline{1,M}$ $z_w$ кейбір көптеген $\sum_w$ ($w$ -параметрдің тасымалдаушысы) тиесілі. Нақты жүйелерде қауіпсіздік параметрлерінің саны өте үлкен (мысалы, Операциялық жүйелер үшін М мәні 1000-нан асады).

Потенциалдық желілік шабуылдардан ААМО қорғау орталарын таңдау барысында ЖТ әдістерін пайдалануды қарастырайық.

Бірінші кезеңде бастапқы деректерді қалыптастыру қажет. $X=\|x_i\|$ параметрлерінің матрицасы қалыптасады. $C=\{C_D\}$, $d\in\overline{1,q}$ АҚЖ – нің көптеген рұқсат етілген даму саясаттары (стратегиялары) қалыптасады , мұнда $q$ -стратегиялар саны.

$d$ -ші $C_d$ саясаты үшін Вальд өлшемінің мәні анықталады: $WA_d=\min\limits_j y_{dj}$, $d\in\overline{1,q}$; Сэвидж өлшемінің мәні: $SE_d=\max\limits_{d\in\overline{1,q}} y_{di}-y_{dj}$; Гурвица өлшемінің мәні: $GU=\max\limits_{d\in1,q}(\beta\cdot\min\limits_{j\in\overline{1,m}} y_{dj}+(1-\beta)\cdot\max\limits_{j\in\overline{1,m}} y_{dj}$, мұнда $\beta\in[0;1]$, $m-$ тіркелген мәні ААМО үшін қауіптердің санына әсер ететін қоршаған орта жағдайларының саны.

Бұдан әрі нәтижелер мәндерінің векторы қалыптасады ($WA_d$, $SE_d$, $GU_d$). Соңғы кезеңде ең нашар жағдайда d-стратегияны қолдану тәуекелінің кепілдік берілген ең аз мәні есептеледі: Вальд өлшемі үшін мән $R_{d_{WA}}=\max\limits_{d\in\overline{1,q}} WA_d$; Сэвидж өлшемі үшін мән $R_{d_{SE}}=\min\limits_{d\in\overline{1,q}}\max\limits_{j\in\overline{1,m}} SE_d$; Гурвица өлшемі үшін мән $R_{d_{GU}}=\max\limits_{d\in\overline{1,q}} GU_d$, мұндағы $R_{d_{WA}}$ – Вальд бойынша стратегия индексі ($d_{WA}\in\overline{1,q}$); $R_{d_{SE}}$ – Сэвидж бойынша стратегия индексі ($d_{SE}\in\overline{1,q}$); $S_{k_G}$ – Гурвиц бойынша стратегия индексі ($d_{GU}\in\overline{1,q}$).

Бұдан әрі келесі шарттарға сәйкес АҚЖ оңтайлы даму стратегиясы ($ST_{opt}$) қалыптасады:

$$\begin{cases} \text{егер } R_{d_{WA}}=R_{d_{SE}}=R_{d_{GU}}, \text{ онда } ST_{opt}=R_{d_{WA}};\\ \begin{cases} \text{егер } (R_{d_{WA}}=R_{d_{GU}})\vee(R_{d_{WA}}=R_{d_{SE}})\vee(R_{d_{SE}}\neq R_{d_{GU}}),\\ \text{онда } ST_{opt}=R_{d_{WA}};\\ \text{егер } (R_{d_{WA}}=R_{d_{GU}})\vee(R_{d_{WA}}\neq R_{d_{SE}})\vee(R_{d_{SE}}=R_{d_{GU}}),\\ \text{онда } ST_{opt}=R_{d_{GU}};\\ \text{егер } (R_{d_{WA}}\neq R_{d_{GU}})\vee(R_{d_{WA}}=R_{d_{SE}})\vee(R_{d_{SE}}=R_{d_{GU}}),\\ \text{онда } ST_{opt}=R_{d_{SE}};\\ \text{егер } R_{d_{WA}}\neq R_{d_{SE}}\neq R_{d_{GU}}, \end{cases} \end{cases} \quad (3)$$

онда бастапқы деректер өзгереді.

Ұсынылатын алгоритм-бұл ААМО үшін АҚЖ компоненттерінің инвестициялық жобалауын басқарудың ұтымды (немесе оңтайлы) саясатын (стратегиясын) таңдау бойынша шешімдерді қабылдауға байланысты рәсімдерді кезең-кезеңімен модельдеуді іске асырудың егжей-тегжейлі реттілігі.

Ұсынылған алгоритмге сәйкес, компьютерлік шабуылдарды болдырмау үшін жабдықты таңдауды жүргіземіз.

1-кесте. **Компьютерлік шабуылдарды іске асыру ықтималдығының матрицасы**

| **Шабуылдар типі** | **Түрлі шабуыл түрлерін пайдалану ықтимал-дығы** | **Қорғау құралдарын пайдалану нұсқалары (СЗ)** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **СЗ жоқ (0)** | **Fire-wall (1)** | **Басып кіруді анықтау құрал-дары (2)** | **Резервтік байланыс арналары және сервер (3)** | (1)+(2) | (1)+(3) | (1)+ (2)+ (3) |
| | | **Шабуылды көрсету ықтималдығы / пропорционалды құны СЗ (у.е.)** | | | | | | |
| Smurf-ping | 0,31 | 0,0/0 | 0,7/1 | 0,8/50 | 0,8/20 | 0,92/51 | 0,9/21 | 0,98/71 |
| ICMP flood | 0,1 | 0,0/0 | 0,8/1 | 0,95/50 | 0,83/20 | 0,97/51 | 0,87/21 | 0,995/71 |
| UDP flood | 0,14 | 0,0/0 | 0,8/1 | 0,95/50 | 0,8/20 | 0,96/51 | 0,85/21 | 0,98/71 |
| TCP flood | 0,11 | 0,0/0 | 0,8/1 | 0,99/50 | 0,8/20 | 0,99/51 | 0,9/21 | 0,999/71 |
| TCP SYN flood | 0,31 | 0,0/0 | 0,6/1 | 0,935/50 | 0,75/20 | 0,95/51 | 0,8/21 | 0,98/71 |

Вальд, Гурвица және Сэвидж өлшемдерінің алынған есептік мәндері үшін MatLab 2010 пакетін қолдану арқылы графикалық тәуелділіктер алынуы мүмкін. 2-суретте Вальд өлшемін пайдалану кезіндегі тәуелділік кестесі келтірілген.




**2-сурет.** Вальд өлшемін пайдалану кезінде СЗ құнының болжанатын залал шамасына тәуелділік кестесі

**Тұжырымдар.** Ақпараттық және киберқауіпсіздіктің тиімді жүйелерін құру үшін АҚ адекватты-бағдарламалық немесе техникалық құралдарын таңдау және енгізу кезеңі ААМО АҚ үшін келесі тәуекелдерді есептей отырып, киберқауіпсіздіктерді, осалдықтарды сипаттау, талдау және үлгілеуді қамтитын кезеңмен алдын ала жасалуы тиіс. Одан кейін АҚЖ ААМО дамуының оңтайлы саясатын анықтау туралы айтуға болады. Егер референсалар сәйкес келсе, онда ең жақсы шешімді үлкен сеніммен таңдайды. Егер талдаушы қарама-қайшы пікірлерге тап болса, онда түпкілікті шешімдерді олардың артықшылықтары мен кемшіліктерін ескере отырып қабылдайды. Мысалы, екеуден артық критерий бойынша оңтайлы болатын АҚЖ дамыту саясатын таңдауға болады. Егер барлық өлшемдер үшін АҚЖ дамуының әртүрлі саясаты алынса, пессимизм-гурвица өлшемдеріне оптимизм көрсеткішінің мәндерімен түрленуі немесе деректерді өзгерту қажет, мысалы, ААМО үшін ықтимал қауіп туралы.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Cherdantseva, Y., Burnap, P., Blyth, A., Eden, P., Jones, K., Soulsby, H., & Stoddart, K. (2016). A review of cyber security risk assessment methods for SCADA systems. Computers & security, 56, pp. 1–27.

[2] Lakhno, V., Boiko, Y., Mishchenko, A., Kozlovskii, V., & Pupchenko, O. (2017). Development of the intelligent decision-making support system to manage cyber protection at the object of informatization. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies**,** (2(9)), pp. 53–61.

[3] Akhmetov, B., Lakhno, V., Boiko, Y., Mishchenko, A. (2017). Designing a decision support system for the weakly formalized problems in the provision of cybersecurity, Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(2 (85)), pp. 4–15.

[4] Hu, X., Xu, M., Xu, S., & Zhao, P. (2017). Multiple cyber attacks against a target with observation errors and dependent outcomes: Characterization and optimization. Reliability Engineering & System Safety, 159, pp. 119–133.

[5] Yang, Y., Xu, H. Q., Gao, L., Yuan, Y. B., McLaughlin, K., & Sezer, S. (2017). Multidimensional intrusion detection system for IEC 61850-based SCADA networks. IEEE Transactions on Power Delivery, 32(2), pp. 1068–1078.

[6] Wong, K., Dillabaugh, C., Seddigh, N., & Nandy, B. (2017). Enhancing Suricata intrusion detection system for cyber security in SCADA networks. In Electrical and Computer Engineering (CCECE), 2017 IEEE 30th Canadian Conference on (pp. 1–5). IEEE.

[7] Lakhno, V., Boiko, Y., Mishchenko, A., Kozlovskii, V., Pupchenko, O. (2017). Development of the intelligent decision-making support system to manage cyber protection at the object of informatization, Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2/9 (86), pp. 53–61.

[8] Elhag, S., Fernández, A., Bawakid, A., Alshomrani, S., & Herrera, F. (2015). On the combination of genetic fuzzy systems and pairwise learning for improving detection rates on intrusion detection systems. Expert Systems with Applications, 42(1), pp. 193–202.

[9] Moustafa, N., & Slay, J. (2016). The evaluation of Network Anomaly Detection Systems: Statistical analysis of the UNSW-NB15 data set and the comparison with the KDD99 data set. Information Security Journal: A Global Perspective, 25(1-3), pp. 18–31.

[10] Lakhno, V., Kazmirchuk, S., Kovalenko, Y., Myrutenko, L., & Zhmurko, T. (2016). Design of adaptive system of detection of cyber-attacks, based on the model of logical procedures and the coverage matrices of features. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, (3 (9)), pp. 30–38. DOI: 10.15587/1729-4061.2016.71769.

[11] Lakhno, V., Tkach, Y., Petrenko, T., Zaitsev, S., & Bazylevych, V. (2016). Development of adaptive expert system of information security using a procedure of clustering the attributes of anomalies and cyber attacks. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, (6 (9)), pp. 32–44. DOI: 10.15587/1729-4061.2016.85600

Лахно В.А., Ахметов Б.С., Досжанова А.А., Картбаев Т.С., Маликова Ф.У., Алимсеитова Ж.К.

**Системный анализ политики информационной безопасности для критически важных объектов информатизации**

**Аннотация.** Изложены подходы к применению методов системного анализа для решения задач, связанных с обеспечением информационной безопасности критически важных информационных систем, которые отличаются иерархической структурой и архитектурой с большим количеством компонентов, нуждающихся в киберзащите.

**Ключевые слова:** системный анализ (СА), информационная безопасность (ИБ), кибербезопасность (КБ), критически важные объекты информатизации (КВОИ).

UDC 622.691.4

**A.T. Bakesheva, T.I. Irgibaev**

(Kazakh National Technical Research University named after K.I.Satpaev, Almaty, Kazakhstan
E-mail: mt.aigul145@gmail.com, tuleukhan@mail.ru)

## CAUSES OF CRACK-LIKE DEFECTS FORMATION ON MAIN GAS PIPELINES AND METHODS FOR THEIR DETECTION

**Abstract.** The article provides an analysis of gas pipelines defects that occur during their operation. The examples of accidents are given, the causes of which have become pipeline metal corrosion. The findings of the technical investigation of accidents on Kazakh main gas pipelines are presented. Based on the obtained technical investigation acts of “Intergas Central Asia” JSC, it has been found out that the gas pipelines of Kazakhstan are susceptible to stress corrosion cracking under the influence of the high corrosive activity of soils. The process of micro-cracks growth, which increases and accelerates the process of stress corrosion cracking formation, is considered. Such damages to gas pipelines

are meant to be one of the most dangerous types of metal pipeline destruction and represents a great challenge for the global gas transmission system. In order to solve such problems, modern robotized technologies for in-line inspection of compressor stations industrial pipelines, remote-sensing methods for assessing the technical condition of gas pipelines such as drone control systems, aerial photography using the UAVs research methods are proposed, which enables to predict corrosion and other possible damages to above-surface, subsurface and subsea gas pipelines, to detect pipe breakage, cracks, gas leakage points and volumes, to monitor the ecological state of the natural environment along the gas pipeline routes, to obtain reliable and comprehensive information, not only in certain control sections, but also along the entire route as a whole. Applying the given methods of gas pipelines inspection ensures uninterrupted operation and natural gas supply to consumers.

**Keywords:** main gas pipeline, defect, analysis, micro-crack, corrosion, diagnostics.

Natural gas transmission has an important strategic and economic role, consequently, the priority in the gas company activities is to increase the volume of international natural gas transit, as well as to make full use of the existing assets of the pipeline transportation system located in territory of the Republic of Kazakhstan [1].

Under these conditions, it is necessary to prevent emergency situations on pipelines that may occur due to the various reasons, such as decline in protective properties of insulating cover, defect accumulation and growth [2,3,4].

Particularly, pipeline defects related to cracks require careful attention, since they involve significant economic and environmental consequences. This is explained by the fact that micro-cracks while merging grow into larger cracks, which form a rapid-growing main crack. The main crack involves material damage at the macroscopic level. In this regard, the service life of subsurface gas pipelines under load is considerably reduced. The micro-crack nucleation and propagation are influenced by chemical composition of the soil where the gas pipeline is laid. Aggressive media penetrating into the volume of gas pipeline structural elements lead to changes of its mechanical characteristics that causes a change in the stress-strain state and significant decrease in its load-carrying capacity and service life. The danger of aggressive media impact on material operating under load is also due to the fact that in some cases pipelines fail to function in a very short time. [5,6].

Under the corrosive medium conditions and under the influence of tensile stresses nucleation of crack growth is formed that is called stress-corrosion cracking (SCC). That sort of destruction is dangerous for subsurface main pipelines, since the process of operating runs without any evident irregularities, but only until the crack reaches a critical size that is followed by the emergency pipe breakage [7].

The consequences of such destruction processes have become gas pipeline accidents in Kazakhstan. The analyzed acts on technical investigation of accidents and failures of collapsed gas pipelines owned by “Intergas Central Asia” JSC for the presence of SCC showed that brittle cracks were detected in the focal damage area discovered during the accident development. The depth and length of the brittle crack constituent is about half of the pipe wall and more than 180 mm, respectively. Calculations have shown that the presence of such crack has led to the propagation of the surveyed destruction of gas pipelines. Pursuant to the given readouts, it was found that the majority of gas pipelines in Kazakhstan are subject to SCC. It is noted that most accidents caused by SCC occur in the 20 km area behind the compressor station downstream with the gas flow. The pipe metal at this site, apart from contact with the soil electrolyte, is subjected to additional effects of elevated gas temperature that accelerates electrochemical processes, and high levels of vibration that may cause stress-corrosion cracks formation under certain conditions. According to the results of the survey at “Makat” compressor station in the West Kazakhstan Region, corrosion spot and SCC of the same depth were found. The destruction was due to the corrosion cracks formation.

The gas transmission companies of the USA, Australia, Russia, Iran, Iraq, Italy, Pakistan and Saudi Arabia also encounter a similar problem. [8,9].

A fragment is shown in (Fig. 1A) and the parameters of stress-corrosion cracking in the lower forming area of the gas pipeline are indicated. It is discovered that SCC represents a cluster of lineal external cracks up to 4 mm long and up to 0.2 mm deep at the initial, incipient stage of formation and growth. For comparison, in (Fig. 1B), the more developed defects up to 18 mm long and up to 2 mm deep are shown.

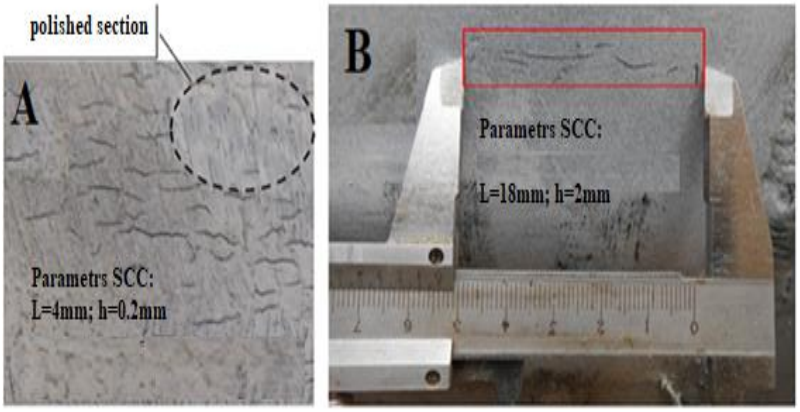



**Fig. 1.** Examples of identified stress-corrosion spots

Cracks nucleate on the external surface of the pipeline within 5–7 hours and propagate slightly from the external surface of the pipe (approximately at an angle of 90 °) with a viscous mechanical break (approximately at an angle of 45 °). At SCC, the mechanical properties of the steel remain unaltered [10].

The stress-corrosion cracking process has several stages (Fig. 2) that can be divided into two periods: crack nucleation and propagation. The boundary between these stages is conditional and is determined by sensitivity of the applied control facilities [11].

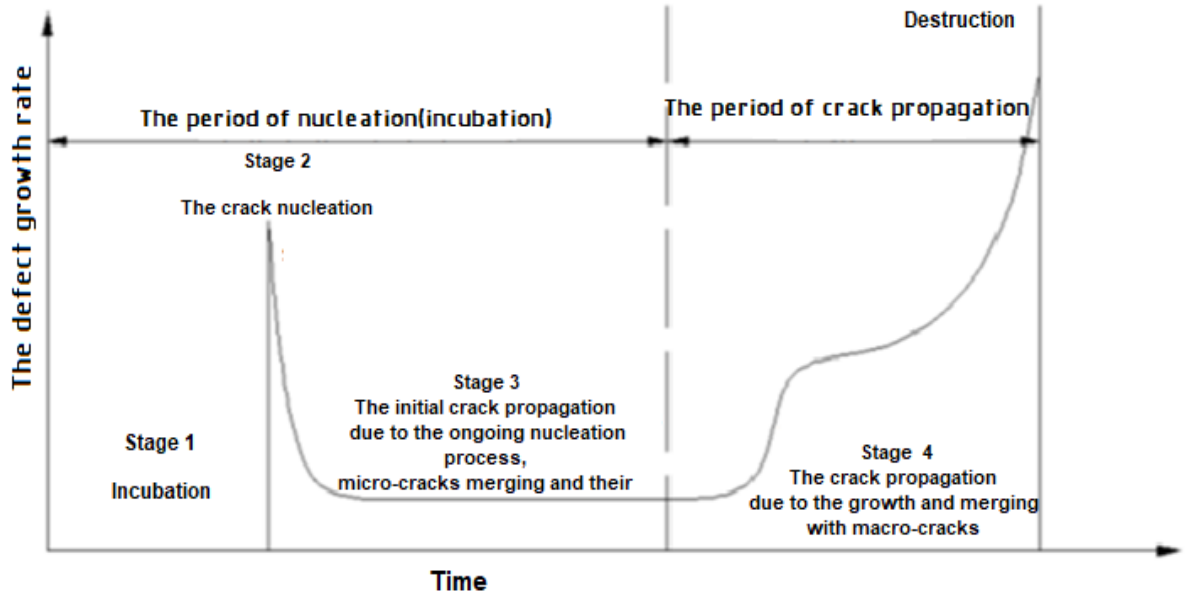



**Fig. 2.** Change in growth rate of the SCC defect

In response to the existing SCC problem, two main approaches can be distinguished. The first approach is to improve the methods for damage inspection and registration occurring in operation of gas pipelines. The second approach is to identify and prevent the causes of crack-like defects.

Nowadays regular pig inspection is an effective way to examine the technical condition of gas pipelines and to prevent possible accidents [12, 13].

Therefore, in this respect, in October 2014, Standards of the RK 2509-2014 “In-line inspection of main gas pipelines” was approved and implemented. Monitoring the corrosion condition of main gas pipelines on the basis of in-line inspection, which enables to systematize the procedure for main gas pipelines diagnostics, identify possible corrosion damage and ensure reliable operation of the linear part of gas pipelines. [14].

While conducting in-line inspection of the linear part sections of the main gas pipeline that are most susceptible to stress-corrosion, it is advisable to use crack detector specialized for SCC. So far, there are and are being developed robotized facilities for in-line inspection of gas-compressor station (GCS) industrial pipelines that are the basis for reliable SCC defect identification presented in (Fig. 3.)

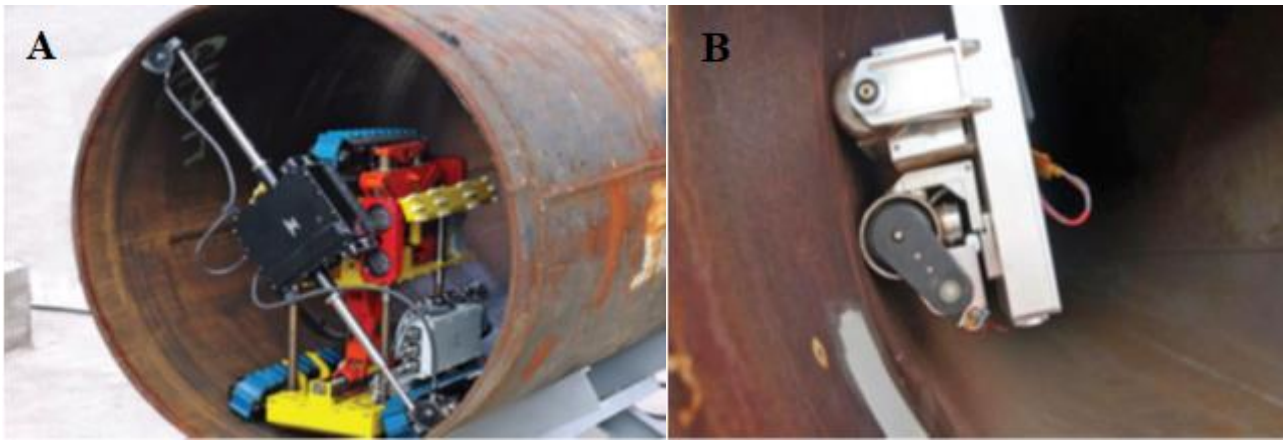



**Fig. 3.** Robotized diagnostic facilities
a) robot crawler; b) robot-scanner on magnetic wheels

Modern means of in-line inspection are controlled by wireless Wi-Fi technology that saves space for inspection facilities and additional accumulator batteries. It is important to note that the use of robotized diagnostic facilities enables to eliminate errors introduced by the human factor. Since the SCC defect identification in the overhaul repair of the GCS pipelines are carried out manually the by means of visual-dimensional, eddy-current and magnetic particle methods of non-destructive control [15].

Apart from in-line inspection, there are remote-sensing methods for assessing the technical condition of gas pipelines. They include: remote unmanned systems and technologies that enable to anticipate corrosion conditions and other probable damages to above-surface, subsurface and subsea gas pipelines, excluding product loss, environmental pollution, fires and pipeline explosions. And remote sensing methods, through the use of which it is possible to obtain conceptually new comprehensive information not only in certain test areas, but also along the entire route as a whole (Fig. 4) [16, 17].



**Fig. 4.** Drone aircraft “Geoscan 401 Video”

Thus, in order to avoid the micro-cracks formation and growth in subsurface gas pipelines, it is essential that diagnosis is timely performed by means of modern and precisely selected technologies which in turn ensures uninterrupted and safe operation of pipelines for extended period of time.

BIBLIOGRAPHY

[1] The working draft “Overhaul repair of “BGR-TBA” MG on the section 649-729 km II-line of “Intergas Central Asia” JSC - 2016.

[Rabochij proekt «Kapital'nyj remont MG «BGR-TBA» na uchastke 649-729 km II-nitki» AO «Intergaz Central'naja Azija»]

[2] G. A. Lanchakov, E.E. Zorin, A.I. Stepanenko, The Performance capacity of pipelines // M .: Nedra - 2003. - p.292. . (in Russian)

[Lanchakov G.A., Zorin E.E, Stepanenko A.I. Rabotosposobnost' truboprovodov// M.: Nedra - 2003. – S.292.]

[3] I.I.Mazur, O.M. Ivantsov, Safety of pipeline systems // M .: EC “Elina” - 2004. - p.1104 (in Russian)

[Mazur I.I., Ivancov O.M. Bezopasnost' truboprovodnyh sistem// M.: IC «Elina» - 2004. – S.1104]

[4] E.M. Gutman, R.S.Zainullin, A.T. Shatalov, The strength of gas field pipes under corrosive wear conditions // M: Nedra - 1984. - p.75 (in Russian)

[Gutman Je.M., Zajnullin R.S., Shatalov A.T. i dr. Prochnost' gazopromyslovyh trub v uslovijah korrozionnogo iznosa // M: Nedra - 1984. – S.75]

[5] Chenliang Su, Ying Li, Xin Li. Burst tests of pipeline containing colonies of metal loss defects with different sizes.// International Society of Offshore and Polar Engineers// Japan – 2018. (in Eng.)

[6] I.I. Ovchinnikov, Investigation of the shell structures behavior operating in the media that cause stress-corrosion cracking. // The Internet –journal "Science" // - №4 -2012 -pp.1-22 (in Russian)

[Ovchinnikov I.I. Issledovanie povedenija obolochechnyh konstrukcij, jekspluatirujushhihsja v sredah, vyzyvajushhih korrozionnoe rastreskivanie. // Internet-zhurnal «Naukavedenie»// - №4 -2012 – S.1-22]

[7] Venkatasainath Bondada, Dilip Kumar Pratihar, Cheruvu Siva Kumar. Detection and quantitative assessment of corrosion on pipelines through image analysis.//Elsevier - 2018. (in Eng.)

[8] P.V. Klimov, Methods development for improving the operation safety of main gas pipelines of the Republic of Kazakhstan. Dissertayion. Candidate of Technical Sciences –Ufa-2007. (in Russian)

[Klimov P.V. Razrabotka metodov povyshenija bezopasnosti jekspluatacii magistral'nyh gazoprovodov Respubliki Kazahstan. Dis. kand.teh.nauk. –Ufa-2007.]

[9] A.G. Gareev, O.A. Nasibullina, R.G. Rizvanov // Studying stress corrosion cracking of main gas and oil pipelines // Electronic scientific journal "Oil and Gas Engineering". - № 6 - 2012. (in Russian)

[Gareev A. G., Nasibullina O. A., Rizvanov R.G. //Izuchenie korrozionnogo rastreskivanija magistral'nyh gazonefteprovodov // Jelektronnyj nauchnyj zhurnal «Neftegazovoe delo». - № 6 - 2012.]

[10] P.M. Sozonov, A.N. Kuzmin, A.V. Zhukov, K.A. Shagalova, D.A. Gushchin, Detection and assessment of the danger degree of stress-corrosion defects of main pipeline using the acoustic emission method at the enterprises of "Gazprom" PJSC "Gazprom Transgaz Yugorsk" LLC // Territory NEFTEGAZ // Yugorsk, Russia - 2015. - №12. (in Russian)

[Sozonov P.M., Kuz'min A.N., Zhukov A.V., Shagalova K.A., Gushhin D.A. Vyjavlenie i ocenka stepeni opasnosti stress-korrozionnyh defektov ob#ektov magistral'nyh truboprovodov s primeneniem metoda akusticheskoj jemissii na predprijatijah PAO «Gazprom» OOO «Gazprom transgaz Jugorsk» //Territorija «NEFTEGAZ»// Jugorsk, Rossija - 2015. - №12.]

[11] Cheng Y.F. Stress corrosion of pipelines// Hoboken: John Wiley & Sons Publishing. - 2013. – P.257. (in Eng.)

[12] M.A. Ryzhkov, A.V. Lun-Fu, D.E. Akopyan, About the causes of the longitudinal cracks formation in the section of the gas pipeline // XIII International Scientific and Technical Urals School-Seminar of Young Scientists - Metallurgy. II International Scientific School for Youth "Materials Science and Metal Physics of Light Alloys". - Ekaterinburg - 2012. - p. 124-125. (in Russian)

[M. A. Ryzhkov, A. V. Lun-Fu, D. Je. Akopjan i dr. O prichinah obrazovanija prodol'nyh treshhin na uchastke magistral'nogo gazoprovoda // XIII Mezhdunarodnaja nauchno-tehnicheskaja Ural'skaja shkola-seminar molodyh uchenyh — metallovedov. II Mezhdunarodnaja nauchnaja shkola dlja molodezhi «Materialovedenie i metallofizika legkih splavov». — Ekaterinburg - 2012. — S. 124-125.]

[13] Angel R. Kowalski, Jason C/Land, William V. Harper. Enhanced corrosion management analysis of pipelines.// NACE International// - USA - 2017. (in Eng.)

[14] Standard of the RK 2509-2014. In-line inspection of main gas pipelines. Monitoring of the corrosive state of main gas pipelines based on in-line inspection. The Committee for Technical Regulation and Metrology of the Ministry for Investment and Development of the Republic of Kazakhstan. / / Publishing House of Standards // - Astana - №2165 - 2016. - p.36.

[ST RK 2509-2014. Vnutritrubnaja diagnostika magistral'nyh gazoprovodov. Kontrol' korrozionnogo sostojanija magistral'nyh gazoprovodov na osnove vnutritrubnoj diagnostiki. Komitet tehnicheskogo regulirovanija i metrologii Ministerstva po investicijam i razvitiju Respubliki Kazahstan.//Izd-vo standartov// - Astana - №2165 – 2016. - S.36.]

[15] A.M. Angalev, Comprehensive Approach to Solving the Problem of Stress Corrosion Cracking under the Pipelines of the Compressor Stations of "Gazprom" JSC// "Territory of Oil and Gas" // - 2015. - No. 4 - pp.52-60. (in Russian)

[Angalev A.M., Kompleksnyj podhod k resheniju problemy korrozionnogo rastreskivanija pod naprjazheniem na truboprovodah kompressornyh stancij OAO «Gazprom» //«Territorija neftegaz»// - 2015. - № 4 - S.52-60.]

[16] Getmansky M., Lyublinski E., Verbitski B., Silvokon I., Nozhnin S. Diagnostic of corrosion condition of oil and gas pipelines using a controlled, unmanned system – application experience.// NACE International// - USA – 2018. (in Eng.)

[17] Internet [Electronic resource] - access mode: https://www.geoscan.aero

Бакешева А.Т., Иргибаев Т.И.

**Магистральдық газ құбырларында жарық тәрізді ақаулардың пайда болу себептері және оларды анықтау тәсілдері**

**Түйіндеме.** «Интергаз Орталық Азия» АҚ техникалық зерттеу актілерінің негізінде Қазақстандағы газ құбырлары топырақтың жоғары коррозиялық белсенділігінен ұшырауы жағдайында коррозиялық шытынауға ұшырайтыны анықталды. Коррозиялық шытынаудың үдерісін күшейтетін және жылдамдататын микрожарықтың өсу процесі қарастырылады. Газ құбырларына мұндай зиян металл құбырлардың зақымдануының ең қауіпті түрлерінің бірі болып табылады және ол бүкіләлемдік газ тасымалдау жүйесінің маңызды проблемасына айналды. Мұндай проблемаларды шешу үшін компрессорлық станциялардың (КС) технологиялық құбырларын құбыр ішінен диагностикалаудың заманауи роботтандырылған технологиялары, жер үсті, жер асты және суасты газ құбырларының коррозияға және өзге де ықтимал зиянды болжауға арналған ұшқышсыз ұшатын жүйелер, аэрофотосурет түсіру әдісі сияқты газ құбырларының техникалық жай-күйін бағалаудың қашықтан бағалау әдістері ұсынылады және кемшіліктерді, газдың ағып кету орындарын және көлемдерін, қоршаған ортаның экологиялық жағдайын бақылайды, құбырдың тек қана бақылау учаскелерінде ғана емес, сондай-ақ тұтастай жолы бойынша толық және нақты ақпараттар алу. Газ құбырларын тексерудің осы әдістерін қолдану тұтынушыларға табиғи газды үзіліссіз пайдалану мен жеткізуді қамтамасыз етеді.

**Түйінді сөздер:** магистралдық газ құбыры, ақау, талдау, микрокжарық, коррозия, диагностика.

Бакешева А.Т., Т.И. Иргибаев

**Причины образования трещиноподобных дефектов на магистральных газопроводах и способы их выявления**

**Резюме.** На основе полученных актов технического расследования акционерного общества «Интергаз Центральная Азия», было выявлено, что газопроводы Казахстана подвержены коррозионному растрескиванию под действием высокой коррозионной активности грунтов. Рассмотрен процесс роста микротрещин, который увеличивает и ускоряет процесс образования коррозионного растрескивания. Такие повреждения газопроводов являются одними из наиболее опасных видов разрушения металлических трубопроводов и представляют серьезную проблему для мировой газотранспортной системы. Для решения подобных проблем предлагаются современные роботизированные технологии внутритрубной диагностики технологических трубопроводов компрессорных станций(КС), дистанционные методы оценки технического состояния газопроводов, такие как беспилотные системы, аэрокосмические методы исследования, которые позволяют прогнозировать коррозионные и другие возможные повреждения надземных, подземных и подводных газопроводов, выявить разрывы, трещины, места и объемы утечек газа, контролировать экологическое состояние природной среды вдоль трассы газопровода, получать достоверную и полноценную информацию, не только в определенных контрольных участках, но и по всей трассе в целом**.** Использование данных методов инспекции газопроводов позволят обеспечить бесперебойную эксплуатацию и поставку природного газа потребителям.

**Ключевые слова:** магистральный газопровод, дефект, анализ, микротрещина, коррозия, диагностика.

**R. Orumbaev, B. Bahtiar, M. Otynchiyeva, A. Seidalieva**
(Institute of heat power Engineering and heat Engineering,
Almaty University of Power Engineering and
Telecommunications, Almaty Kazakhstan.
E-mail: cmara03@mail.ru)

**IMPROVING THE EFFICIENCY OF HOT WATER BOILERS**

**Abstract.** The article describes the results of modelling and experimental works. In respect to small heat output range boilers the efficiency shown experimentally. There is shown that the proposed new convectional section gives: increasing in heat output range in 1.25 times, efficiency improvement, decrease in pollutant emissions rate app. Improve boiler operational reliability and overhaul life.

**Keywords**: hot-water boiler, efficiency rate, environmental measure, economic benefits.

**Р. К. Орумбаев, Б. Т. Бахтияр, М.Т. Отынчиева, А. Б. Сейдалиева**
(НАО АУЭС, Алматы, Казахстан)

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ**

**Аннотация.** Представлены результаты модельных, расчетных и экспериментальных исследований на водогрейных котлах средней тепловой мощности серии ПТВМ. Тепловыми расчетами показана эффективность предложенных мероприятий по технической модернизации исследованных котлов, дающих прирост тепловой производительности в 1,25 раза, КПД в среднем до 4 % и снизить выбросы вредных веществ.

**Ключевые слова**: водогрейный котел, КПД, экологические показатели, экономический эффект, модернизация.

Водогрейные котлы предназначены для получения горячей воды заданных параметров и применяются для систем теплоснабжения и вентиляции, технологических процессов и коммунально-бытовых котельных. Водогрейные котлы работают по прямоточному принципу с постоянным расходом воды, устанавливают на ТЭЦ и в районных отопительных и отопительно–производственных котельных в качестве основного источника теплоснабжения.

Котельные заводы Евразийского союза (в основном котельные заводы России) выпускают широкий ассортимент унифицированных по конструкции и отличающихся по тепловой производительности, температуре и давлению воды. В соответствие с ранее действующим ГОСТ 10517 на протяжение десятков лет выпускались чугунные отопительные котлы тепловой производительностью 0,63 МВт и до 1,74 МВт, давлением до 0,7 МПа с температурой воды до 115 °С серий «Братск», «Кировец», «Универсал», «Караганда» и другие. Стальные водогрейные котлы в соответствие с ГОСТ 21563 таблица 1 стр.1 и стр.2 выпускаются тепловой производительностью 4; 6,5; 10; 20; 30; 50; 100 и 180 Гкал/час (4,65; 7,54; 11,63; 23,2; 34,8; 58; 116 и 208,8 МВт) для работы на газе жидком и твердом топливе.

Гидравлическая схема циркуляции воды в водогрейных котлах тепловой мощностью от 58 МВт предусматривает работу котла как в основном, так и в пиковом режимах с подогревом воды до 150 °С, с максимальным расчетным давлением воды на входе в котел 2,5 МПа и абсолютным давлением воды на выходе из котла 1,02 МПа и с обязательным не догревом воды до кипения 30 °С. При температуре воды на выходе из котла 200 °С, например для водогрейных котлов тепловой мощностью 209 и 220 МВт (ГОСТ 21563), абсолютное давление воды на выходе должно быть не менее 2,8 МПа, а недогрев воды до кипения, для котлов работающих в пиковом режиме не должно быть менее 20 °С [1, с.32].

В настоящее время проектные и научно-исследовательские центры продолжают заниматься техническим перевооружением действующих водогрейных котлов и разработкой новых конструкций. При нехватке финансовых ресурсов у теплогенерирующих источников предпочтение должно отдаваться модернизации основного оборудования, которая позволяет увеличить экономичность и повысить надежность, промышленную безопасность и улучшить экологические показатели основного и вспомогательного оборудование ТЭЦ и районных котельных без расширения площадей. Как показал анализ основная часть водогрейных котлов малой и средней тепловой производительности в Республике Казахстан сконструированы в 50 – 60 – годы прошлого столетия и на протяжении долгих лет в ремонтную компанию менялась только трубная часть указанных водогрейных котлов. Поэтому сейчас проявляются конкретные недостатки и они не в полной мере удовлетворяют современным требованиям:

-имеют низкий коэффициент полезного действия КПД;

-работают с превышающими расчетными величинами избытка воздуха;

-зачастую не удовлетворяют экологическим нормам по окислам азота $NO_x$ и другим вредным выбросам и парниковым газам;

-в исследованных котельных, как правило, отсутствуют системы АСУ ТП по контролю и автоматическому поддерживанию основных параметров работы водогрейных котлов;

-отсутствие систем АСУ ТП и специального оборудования не имеют выхода для независимого непрерывного объективного контроля (например, вышестоящими органами) за эффективной работой водогрейных котельных;

-у водогрейных котлов башенного типа (ПТВМ-100) площадь радиационных и конвективных поверхностей нагрева относится к суммарной поверхности нагрева котла соответственно $H_р/\Sigma H$ = 7,03 % и $H_к/\Sigma H$ =92,96 %. Для водогрейных котлов серии (КВ-ГМ-100) это отношение составляет $H_р/\Sigma H$ = 11,99 % и $H_к/\Sigma H$ = 88,0 %. Причем первый конвективный пакет труб у котлов КВ-ГМ не подвергается прямому воздействию факела.

Поэтому, для того чтобы наглядно оценить и спрогнозировать длительную эффективную и надежную эксплуатацию энергетического оборудования необходимо прибегнуть к реализации современных методов работы нового или модернизированного оборудования с новыми системами АСУ ТП и широкой реализацией новых проектов экономичных и экологически приемлемых водогрейных котельных. Рассматриваемая тема актуальна и востребована с экономической и экологической точки зрения в Республике Казахстан.

Основу модернизации водогрейных котлов средней тепловой мощности могут составить современные достижения в разработке, технологии производства и эксплуатации, заимствованные, в том числе из большой энергетики и практики работы мощных паровых котлов, и максимально востребованных на энергетическом рынке. Конкретно в части модернизации водогрейных котлов средней тепловой мощности в настоящее время реализовывается применение труб увеличенного диаметра до 38 мм в конвективных пакетах, а также ранее исследованные и предлагавшиеся трубы с наружными продольными и поперечными ребрами. Актуальным становится вопрос применения малотоксичных газовых и мазутных вихревых горелок повышенной единичной мощности и уже имеются единичные примеры их реализации в Казахстане. Как правило, современные горелочные аппараты комбинируют с новыми дутьевыми машинами большой производительности с экономичными электродвигателями с частотным регулированием и системами рециркуляции продуктов сгорания с целью снижения выбросов оксидов азота и подогрева дутьевого воздуха калориферными установками в холодное время сезона при работе котлов на мазуте.

Реализация проанализированных новых систем в котельных и на ТЭЦ в Казахстане сопровождается установкой дополнительного оборудования для осуществления реальных эффективных связей между системами модернизированного котла с дополнительными площадками обслуживания мощных горелок и дутьевых вентиляторов с электродвигателями. Воздуховодами с расходомерами, запорной и регулирующей автоматизированной аппаратурой, исполнительными

механизмами с клапанами в пределах котла, гарнитурой и тепловой изоляции с обшивкой водогрейного котла.

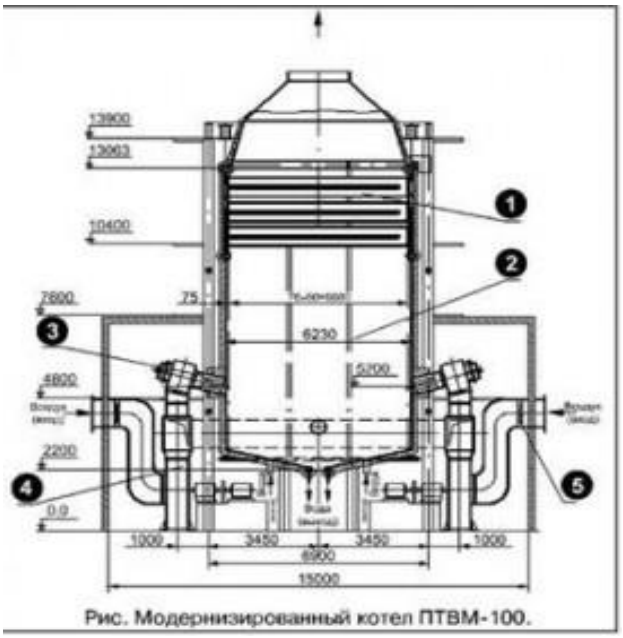
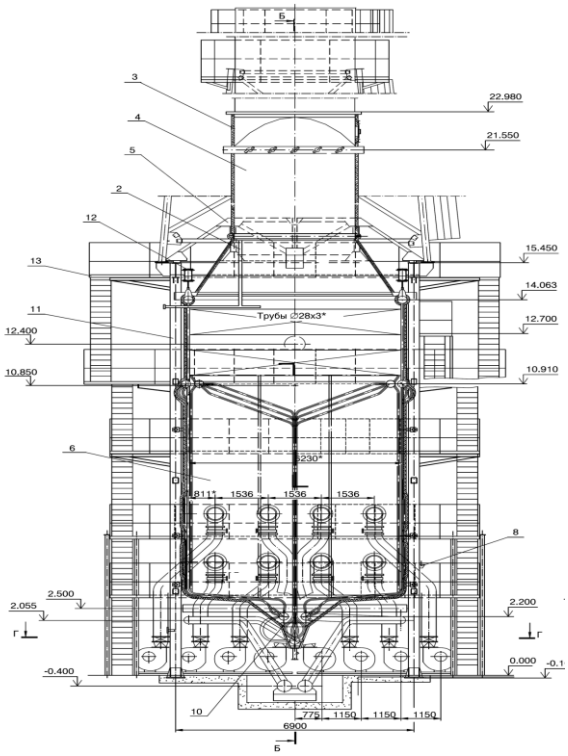



**Рис-1.** Модернизированный котел ПТВМ-1000

На рис.1 представлен модернизированный водогрейный котел ПТВМ-100 [2, с.45].

1-конвективная поверхность нагрева; 2- газоплотные экраны топки и конвективного газохода; 3-шесть горелок вместо 12-ти горелок как у старого котла ПТВМ-100; 4-две мощные дутьевые машины; 5-система рециркуляции продуктов сгорания на вход дутьевых вентиляторов.

В настоящем водогрейном котле ПТВМ-100 предпринята скромная попытка увеличения радиационной поверхности $H_р$ стен топки и снижен уровень размещения шести мощных горелок, как ранее предлагалось авторами настоящей работы.




**На рис.2.** Представлен серийный водогрейный котел КВ-ГМ-139,6-150 (ПТВМ-120Э) [3, с.9].

Топочная камера водогрейного котла тепловой мощностью 139,6 МВт экранирована трубами Ø60×3 мм с шагом 64 мм и разделена на две равные части двусветным экраном из труб Ø60 мм с шагом 90 мм для увеличения радиационной поверхности. Конвективная поверхность нагрева котла собирается из восьми пакетов размещенных в полностью экранированной конвективной части и набирается из U – образных секций из труб диаметром Ø28×3 мм с шагом $s_1$ = 64 мм и $s_2$ = 33 мм. Боковые стены конвективной части закрыты трубами Ø83×3,5 мм с шагом 128 мм и являются одновременно стояками конвективных секций.

В водогрейном котле ПТВМ-120Э с добавленным одним двусветным экраном по середине топки площадь радиационной поверхности $H_р$ и конвективной $H_к$ поверхности нагрева относятся к общей поверхности нагрева котла как $H_р/\Sigma H$ = 10,52 % и $H_к/\Sigma H$ =89,48 %.

Водогрейный котел ПТВМ-120Э оборудован шестнадцатью газомазутными горелками, расположенными попарно на фронтовой и тыльной стенке по восемь штук, причем каждая горелка снабжена дутьевым вентилятором. С целью снижения выбросов окислов азота $NO_x$ водогрейный котел оборудован устройством рециркуляции газов. Водогрейные котлы ПТВМ-120Э и ПТВМ-60Э выпускаются серийно Дорогобужским котельным заводом №1 ОАО «Дорогобужкотломаш» [4].

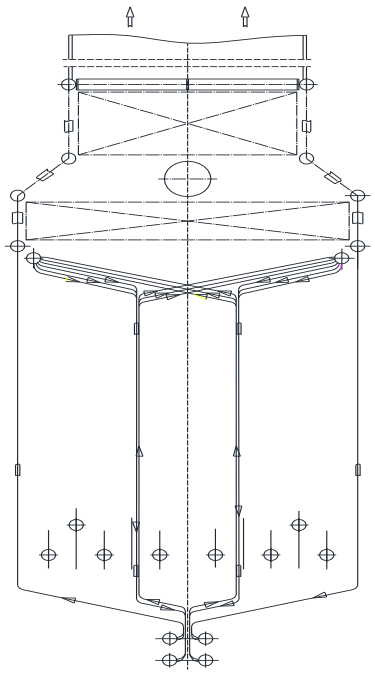


**Рис.3.** Представлен новый водогрейный котел КВ-ГМ-125 (ПТВМ-125).

Модернизированный водогрейный котел КВ-ГМ-125 , разработан на кафедре ТЭУ НАО АУЭС. Топочная камера башенного водогрейного котла тепловой мощностью 125 МВт экранирована трубами Ø60×3 мм с шагом 64 мм и разделена на три части двумя двусветными экранами из труб Ø57- Ø 60 мм. Конвективная поверхность нагрева котла собирается из пакетов, размещенных в полностью экранированной конвективной части и набирается из U – образных секций из труб диаметром от Ø32×3 мм с поперечным шагом 71,5 мм и продольным шагом 36,8 мм. Первый конвективный пакет труб размещен в шахте размером 6230×6230 мм, а второй конвективный пакет размещен в шахте с уменьшенным поперечным сечением.

В модернизированном водогрейном котле КВ-ГМ-125 с двумя двусветными экранами площадь радиационной поверхности $H_р$ и конвективной поверхности $H_к$ нагрева относятся к общей поверхности нагрева котла уже как $H_р/\Sigma H$ = 13,75 % и $H_к/\Sigma H$ =86,25 %. Сравнение аналогичных показателей с показателями водогрейного котла КВ-ГМ-100 с П- образной компоновкой показывает превышение отношения $H_р/\Sigma H$ = 13,75 на 14,68 % и снижение доли относительной конвективной поверхности $H_к/\Sigma H$ =86,25 % на 2%, при равных конвективных поверхностях нагрева составляющих порядка $H_к$ = 2960 м$^2$.

Увеличение доли радиационной поверхности $H_р$ в новом модернизированном башенном котле КВ-ГМ-125 разработанного на кафедре ТЭУ НАО АУЭС позволяет увеличить тепловую мощность котла в тех же габаритах и обеспечить более надежную работу конвективной части котла. Этот эффект достигается за счет более эффективного использования радиационной составляющей в пределах

объема топки путем оптимального использования толщины излучающего слоя и защитой холодными трубами двусветных экранов первого пакета труб.

Существенным достоинством предлагаемых авторами технических решений по модернизации водогрейных котлов башенного типа являются положительные результаты анализа эффективности работы, проведенного на основе управляемых всережимных математических моделей котлов в программе BOILER DESIGNER по расчетной модели котла КВ-ГМ-125 (ПТВМ-125) [5 ].

Разработанные технические решения по модернизации водогрейных котлов такого типа, (аналогичных котлов в Казахстане эксплуатируется порядка 44 штук), допускают поэтапное их внедрение. Особенно это важно для определяющих межремонтный ресурс работы котла позиций, а именно ресурс работы конвективных поверхностей нагрева. Ресурс конвективных поверхностей нагрева и топочных экранов увеличивается почти в 3 раза, при этом обеспечивается экономия на ремонтные работы за счет увеличения межремонтного времени.

Дополнительно к перечисленным преимуществам следует отнести увеличение тепловой мощности при работе на газе на 20 % выше номинальной и возможность котлов длительно работать на мазуте без известного ограничения тепловой мощности существующей до настоящего времени для котла ПТВМ-100. Увеличение экономии топлива до 5 - 7 % на природном газе и до 3-5 % при работе на качественном мазуте. Использование малотоксичных горелок с системами рециркуляции газов и увеличение КПД котлов заметно снижаются вредные выбросы повышая экологический эффект от модернизации [6, с.15].

Водогрейные теплофикационные котлы башенного типа ПТВМ-100 эксплуатируются широко на ТЭЦ и котельных не только в Республике Казахстан, но и в Российской Федерации, Белоруссии, ряде стран восточной Европы. На настоящий момент в работе находятся порядка 2000 водогрейных котлов серии ПТВМ мощностью от 58 МВт и до 209 МВт. Большая часть водогрейных котлов этой серии выработали свой ресурс и не соответствуют современным техническим и экологическим требованиям и нуждаются в полной замене или модернизации.

Выводы.

1.Выполнен подробный анализ состояния водогрейных котлов средней тепловой мощности серии ПТВМ в Республике Казахстан на ТЭЦ и котельных, выявлены наиболее важные и характерные технические и эксплуатационные недостатки в эксплуатации таких конструкций котлов.

2.На основе проведенного анализа и тепловых расчетов, выполненных по тестированным программе BOILER DESIGNER по расчетной модели котла КВ-ГМ-125 (ПТВМ-125) подтверждена правильность выбора и установки двух двусветных экранов с вариантами установки малотоксичных горелок с системами рециркуляции газов и установкой более мощных дутьевых машин.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Галдин В.Д. Паровые и водогрейные котлы. Учебное пособие.- Омск . 2011.- 32 с.

[2] Щелоков В.И., Ладыничев В.В., Лисейкин И.Д., Тодорович А.В. Модернизация водогрейных водотрубных котлов типа ПТВМ и КВГМ //Журнал «Новости теплоснабжения» №5, 2004 г.

[3] Кибарин А.А.,Орумбаев Р.К.,Орумбаева А.Р.,Орумбаев Ш.Р.,Орумбаева Д.Р. «Водогрейный котел» // Патент РК на изобретение. №30150 . Опубл. 15.07.2015. Бюл. N7.

[4] Электронный ресурс / Режим доступа http://www/dkm.ru

[5] Доверман Г.И., Мошкарин А.В., Шелыгин Б.Л., Мельников Ю.В. Расчет котельных агрегатов с использованием современных программных продуктов: Учебное пособие // ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина». – Иваново, 2007 г.

[6] Орумбаев Р.К., Сергеев В.В., Кибарин А.А., Орумбаева Ш.Р., Ходанова Т.В., Коробков М.С.. Повышение эффективности и надежности башенных водогрейных котлов ПТВМ-100 . –Алматы.2018. -15 с.

Орумбаев Р. К., Бахтияр Б. Т., Отынчиева М.Т., Сейдалиева А. Б.

**Су жылыту қазандықтарының тиімділігін арттыру**

**Резюме.** Қазақстан Республикасындағы ЖЭО-дағы және қазандықтардағы ПТВМ сериялы орташа жылу қуаты су жылыту қазандықтарының жай-күйіне толық талдау жүргізілді, қазандықтардың осындай құрылымдарын пайдалануда аса маңызды және тән техникалық және пайдалану кемшіліктері анықталды.

УДК 331.4(075.8)

**A.S. Baikenzheyeva, A.K. Imangaliyeva**
(Kazakh Academy of Transport and Communication, Almaty city,
Kazakhstan.E-mail: aigul_bkz@mail.ru)

## THE PROBLEM OF LABOR PROTECTION IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN AND THEIR SOLUTIONS

**Abstract.** The problem of labor protection in the RK economy is a complex problem, which can be solved in a variety of ways, among which one of the most important is the way to protect the employee by law from adverse working conditions. The subject of this article are features the protection of labor in the RK. Legal analysis of the RK labor legislation on the protection of labor was provided, some of its features were revealed, and the actions of RK leadership for solving problems in the field of labor protection had been shown.

**Key words:** employee, labor legislation, labor protection

**А.С. Байкенжеева, А.К. Имангалиева**
(Казахская академия транспорта и коммуникаций» им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан.
aigul_bkz@mail.ru)

## ПРОБЛЕМЫ ОХРАНЫ ТРУДА В РК И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

**Аннотация:** проблема охраны труда в экономике РК - это комплексная проблема, решающаяся разнообразными методами, среди которых одним из важнейших выступает правовой способ защиты работника от неблагоприятных условий труда. Предметом данной статьи является особенности охраны труда в РК. В статье приведен правовой анализ отечественного трудового законодательства по вопросам охраны труда, раскрываются некоторые его особенности, показаны действия руководства РК по решению проблем в области охраны труда.

**Ключевые слова:** охрана труда, работник, трудовое законодательство

### Введение

29 Июня 2018 года комитет профсоюзов РК совместно с социальными партнерами дала старт республиканской акции «Вместе повысим культуру профилактики в охране труда». Организаторами акции, помимо ФПРК, выступили НПП «Атамекен» и Конфедерация работодателей РК, о ее задачах и целях они рассказали на брифинге в Доме профсоюзов. Мероприятие проходило в рамках инициативы федерации 2018 год объявить годом безопасности и охраны труда, которая направлена на усиление общественного контроля над соблюдением трудового законодательства в этой области. Каждый из нас, уходя на работу, должен быть уверен, что вернется домой живым и здоровым. Сегодня, по данным Международной организации труда, ежедневно около 6 тысяч человек погибают на производстве, около 800 тысяч получают производственные травмы. «Если брать Казахстан, то у нас на первое июня текущего года производственные травмы получили 579 человек. К сожалению, около 70 из них погибли», отмечено, что несчастные случаи на производстве на 40% чаще происходят именно с работниками до 24 лет. И это, учитывая тот фактор, что в мире в 3 раза выше безработица среди молодежи /1/.

Охрана труда представляет собой действующую на основании соответствующих законодательных и иных нормативных актов систему социально-экономических, организационных, технических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда. Право на охрану труда имеют все работники, состоящие в трудовых отношениях с предприятиями, учреждениями, кооперативами, фермерскими (крестьянскими) хозяйствами и другими организациями (в дальнейшем - предприятия) различных форм собственности и хозяйствования, в том числе с отдельными нанимателями; члены кооперативов; студенты высших учебных заведений и учащиеся средних специальных учебных заведений и общеобразовательных школ, проходящие производственную практику и производственное обучение; военнослужащие, привлеченные к работам, не связанным с несением воинской службы; лица, отбывающие наказание по приговору суда, в период их работы на предприятиях, определяемых органами, ведающими исполнением приговоров, а также участники любых других видов трудовой деятельности, организуемой в интересах общества и государства.

Национальная политика в области охраны труда предусматривает единство действий органов государственной власти и управления всех уровней при участии профсоюзов и работодателей и основывается на следующих принципах:

- приоритета жизни и здоровья работника по отношению к результатам производственной деятельности предприятия;

- полной ответственности собственника либо уполномоченного им представителя (в дальнейшем - работодатель);

- комплексного решения задач охраны и безопасности труда на базе государственных программ по этим вопросам и координации деятельности в области охраны труда с другими направлениями экономической и социальной политики;

- установления единых требований в области охраны труда для всех предприятий, независимо от форм собственности и хозяйствования;

- осуществления государственного надзора и контроля за повсеместным выполнением требований охраны труда и техники безопасности на предприятиях;

- широкого использования достижений науки, техники и передового национального и зарубежного опыта по охране труда;

- стимулирования разработки и внедрения безопасной техники, технологии и средств защиты работающих, научно-исследовательской работы по охране труда;

- участия государства в финансировании охраны труда;

- экономической заинтересованности предприятий в обеспечении здоровых и безопасных условий труда, а работников - в соблюдении правил и норм охраны труда и техники безопасности;

- лицензирования деятельности предприятий с позиции охраны труда;

- проведения сертификации на соответствие требованиям безопасности применяемой продукции производственного назначения;

- оценки опасности и вредности производства органами государственной экспертизы условий труда непосредственно на рабочих местах, а также в проектах строительства новых и реконструируемых предприятий;

- обеспечения работников специальной одеждой и обувью, средствами индивидуальной защиты, лечебно-профилактическим питанием за счет средств собственника;

- обязательности расследования и учета каждого несчастного случая на производстве и каждого профессионального заболевания, обеспечения информированности работников об уровнях производственного травматизма, профессиональной заболеваемости и о принимаемых мерах по улучшению охраны труда;

- социальной защиты интересов работников, пострадавших от несчастных случаев на производстве или получивших профессиональные заболевания;

- подготовки специалистов по охране труда и технике безопасности в высших и средних специальных учебных заведениях;

- всемерной поддержки деятельности представительных организаций трудящихся, работодателей, общественных объединений, предприятий и отдельных лиц, направленной на обеспечение охраны труда;

- международного сотрудничества при решении проблем охраны труда.

РК является суверенным государством, ее политика направлена на создание благоприятных условий, которые должны обеспечить выполнений цели производственной деятельности при сохранности здоровья и свободном развитии человека.

Многие методы и мероприятия, призванные обеспечить соблюдение требований охраны труда, описаны в существующих и изданных отраслевых правилах по охране труда. Изобретать колесо в том случае, если речь идет о большинстве травмоопасных промышленных отраслей уже не требуется: основные вредные и опасные производственные факторы учтены, меры защиты от них прописаны, рекомендации подготовлены – остается только ознакомить сотрудников и адаптировать правила для работы конкретного промышленного объекта.

В сфере социально-трудовых отношений вопросы охраны и безопасности труда охватывают большой круг понятий и направлений. Охрана труда подразумевает порядок безопасности жизни и состояние здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включая социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия. Данное определение позволяет заметить, что охрана труда считается, в целом, особенной конфигурацией социальных взаимоотношений людей. Взаимоотношения, в которые вступают люди, несут с собой цель сохранить себя от негативных условий труда и опасностей производственного процесса.

В другом смысле понятие охраны труда можно рассматривать как один из разделов трудового права – здесь он выступает в виде совокупности правовых средств безопасности жизни.

Решение финансовых задач государственных ведомств и служб безопасности труда на предприятиях лишь в некоторой степени помогает ликвидировать большинство трудностей охраны труда.

В РК в настоящее время существуют большие проблемы в области охраны труда, к которым, в первую очередь, относят:

- недостаток важной производственной и административной подготовленности у собственников компаний;

- нехватка профессионалов по проблемам охраны труда согласно штатному расписанию предприятий;

- отсутствие систем коммуникаций среди работников по конкретным практическим вопросам безопасности жизни и здоровья на производстве.

- слабость санкционированного общественно-политического давления со стороны работников на работодателей-собственников предприятия.

Главная трудность состоит в том, что в РК все события в области защиты труда ориентированы на выплату дополнительных компенсаций в негативных обстоятельствах – профилактическое питание, вероятность преждевременного выхода на пенсию, дополнительный отпуск, иные денежные компенсации и т.д.

К тому же работодатели не выражают большого интереса к проблемам усовершенствования условий труда, обеспечения безопасности рабочих мест и сохранения здоровья работников. В большинстве случаев работодатели вспоминают об охране труда, когда кто-либо из работников получает травму в процессе трудовой деятельности. Намного дешевле и спокойней создать систему охраны труда в текущем рабочем варианте, чем устранять накопившиеся проблемы перед приходом Государственной инспекции.

Политика РК в области безопасности и охраны труда функционирует в двух направлениях:

1. Совершенствование системы охраны труда работников на производстве;

2. Создание и развитие системы медико-профилактического обслуживания работников.

Содействуя данным направлениям, предполагается обеспечить средствами работодателей ежегодное сокращение количества работников, погибших и потерпевших травму, получивших тяжелое заболевание вследствие несчастных случаев, а также занимающихся на рабочих местах с вредоносными либо небезопасными для здоровья орудиями и предметами труда. В целях безопасности жизни и здоровья в любой профессии и виде работ существует негласное правило для любого работника: постоянно помнить общие требования безопасности, проводить самоинструктаж перед началом работы и во время работы, а в аварийных ситуациях и по окончании работы – видеть перспективу воздействия охраны труда на других работников. Таким образом, вопрос по управлению охраной труда в РК представляется весьма актуальным. Беречь жизнь и здоровье работников на данный момент выступает главной целью работодателя и государства.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Асадуллина А.А. Проблемы Охраны Труда В Российской Федерации и пути их решения // Гуманитарные Научные Исследования. 2015. № 2 [Электронный Ресурс]. Url: Http://Human.Snauka.Ru/2015/02/9831 (Дата Обращения: 23.09.2018).

[2] Аманжолов Ж.К. Охрана труда и техника безопасности. – Астана: «ФОЛИАНТ», 2007. – 438 с.

[3] Омаров А.Д., Целиков В.В., Зальцман М.Д., Каспакбаев К.С., Матушевская Е.С. Инженерные решения по безопасности труда на транспорте. СПРАВОЧНИК.- Алматы: «Бастау», 2002. – 460 с.

[4] Омаров А.Д., Целиков ВВ, Зальцман М.Д., Каспакбаев К.С., Кажигулов А.К., Цыганков С.Г. Экологическая безопасность на транспорте. – Алматы: 1999, - 355 с.

[5] Постановление Правительства Республики Казахстан от 29 июня 2005 года № 310 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям работы с источниками вибрации».

[6] Постановление Правительства Республики Казахстан от 25 января 2012 года № 168 «Санитарно-эпидемиологические требования к атмосферному воздуху в городских и сельских населенных пунктах, почвам и их безопасности, содержанию территорий городских и сельских населенных пунктов, условиям работы с источниками физических факторов, оказывающих воздействие на человека».

[7] СанПиН 1.02.016-94 «Санитарные нормы и правила при работе с оборудованием, создающим ультразвук, передаваемый контактным путем на руки работающих».

Байкенжеева А.С.

**Қазақстан республикасында еңбекті қорғау мәселелері және оларды шешу жолдары**

**Түйіндеме:** Қазақстан Республикасының экономикасында еңбекті қорғау проблемасы әртүрлі әдістермен шешілуі мүмкін күрделі мәселе болып табылады, оның ішінде ең маңыздысы қызметкерді қолайсыз еңбек жағдайларынан қорғаудың құқықтық тәсілі. Осы мақаланың тақырыбы - Қазақстан Республикасындағы еңбекті қорғау ерекшеліктері. Еңбекті қорғау туралы отандық еңбек заңнамасының құқықтық талдауы келтірілген, оның кейбір ерекшеліктері анықталған, еңбек қауіпсіздігі саласындағы мәселелерді шешу үшін ҚР басшылығының әрекеттері көрсетіледі.

**Түйін сөздер:** еңбекті қорғау, қызметкер, еңбек құқығы.

UDK 004.9

**[1,2]P. Kisała, [1,2]W. Wójcik, [1,3]A. Kalizhanova, [4]B. Amirgaliyev, [1,3]A. Kozbakova**
([1]Institute of Information and Computational Technologies CS MES RK, Almaty
[2]Lublin Technical University, Poland
[3]Almaty University of Power Engineering and Telecommunication, Almaty
[4]International University of Information Technologies, Almaty
e-mail: kalizhanova_aliya@mail.ru, ainur79@mail.ru )

## DEVELOPMENT INTERROGATION SIGNALS SYSTEM WITH FIBER OPTIC REFRACTOMETER

**Abstract.** This article discusses modern interrogation systems, also given the development interrogation system with optical fiber refractometer, where the transmitter uses an tilted fiber Bragg grating (TFBG). The paper presents the measurement of the refractive index method, which can greatly simplify the measurement system, given the experimental research results.

**Key words:** fiber optic refractometer, system, sensor, signal.

**[1,2] П. Кисала, [1,2] В. Вуйцик, [1,3] А.У. Калижанова, [4] Б. Амиргалиев, [1,3] А.Х. Козбакова,**
([1]Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, Алматы
[2]Люблинский технический университет, Люблин, Польша
[3]Алматинский университет энергетики и связи, Алматы
[4]Международный университет информационных технологий, Алматы
e-mail: kalizhanova_aliya@mail.ru, ainur79@mail.ru)

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ИНТЕРРОГАЦИИ СИГНАЛОВ С ОПТОВОЛОКОННЫМ РЕФРАКТОМЕТРОМ

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются современные системы интеррогации сигналов, представлена разработанная система опроса сигналов с волоконно-оптическим рефрактометром, где в качестве измерительного преобразователя используется наклонная волоконная решетка Брэгга (НВРБ). В работе предложен метод измерения показателя преломления среды, который позволяет существенно упростить систему измерения, приведены полученные результаты экспериментальных исследований.

**Ключевые слова:** волоконно-оптический рефрактометр, система опроса, датчик, сигнал.

### Введение

Оптические анализаторы спектра (ОАС) часто используются для измерения сигналов от оптических датчиков. Фактически, в большинстве практических применений стоимость всего измерительного устройства и необходимость сложной и трудоемкой обработки сигналов часто устраняют эти компоненты пути измерения. Как правило, при измерении с использованием ОАС стоимость самого измерительного преобразователя в виде надлежащим образом подготовленного оптического волокна, например, с применением дифракционной решетки, мала по сравнению с системой измерения сигнала такого датчика. Измерения спектрального сдвига сигналов, поступающих от датчиков на основе однородных и простых брэгговских решеток, производятся с использованием более дешевых решений, которые дополнительно также дают возможность проводить быстрые измерения. Эта функция позволяет проводить динамические измерения физических величин. В целом такие измерительные системы можно разделить на две группы. Первая из них включает в себя системы, использующие источники света в виде перестраиваемых лазеров, во вторую группу входят решения, использующие широкополосные источники света в сочетании с волоконно-оптическими фильтрами. Отдельная группа состоит из систем опроса, которые изменяют сдвиг спектрального сигнала от датчика на изменения мощности на его выходе. Преимущество этого типа систем заключается в их нечувствительности к колебаниям мощности входного излучения. В большинстве приложений используется конфигурация, в которой входной световой луч после отражения или передачи через оптоволоконный передатчик делится на два канала, содержащих соответствующие оптические фильтры. Измерение сигнала от двух каналов, например, измерительного и эталонного, позволяет увеличить разрешение по сравнению с одноканальными измерениями. Тем не менее, существуют приложения систем, которые опрашивают сигналы от волоконно-оптических

датчиков, где по-прежнему наиболее часто используются одноканальные измерения. Примером этого являются методы, в которых отслеживается смещение длины волны, соответствующей крайним значениям спектральных характеристик (пиковое смещение длины волны). Чаще всего краевые фильтры EF (англ. edge filters) используются с правильной формой поднимающегося или опускающегося края. Их преимуществом, например, благодаря использованию электронного управления, является возможность выполнять очень быстрые измерения. К сожалению, из-за серии узких минимумов, полученных из мод оболочки эти типы методов нельзя напрямую использовать для опроса датчиков, в которых преобразователь представляет собой структуры НВРБ [1].

В настоящее время существует потребность в способах преобразования изменений угла наклона решетки в интенсивность излучения. Общая проблема, возникающая в результате использования систем такого типа, например, для обычных брэгговских решеток, заключается в зависимости выходного сигнала системы не только от изменений параметров решетки, но и от колебаний мощности используемого источника излучения. Поэтому, как упоминалось ранее, для измерения сигналов от однородных и простых брэгговских решеток используются дифференциальные методы, основанные на обнаружении в двух каналах. К сожалению, такие системы нельзя использовать непосредственно в системах, которые опрашивают сигналы от наклонных решеток, потому что мы измеряем спектр передачи в них, а не отражения, как в прямых решетках.

Среди разрабатываемых в настоящее время систем демодуляции сигналов от датчиков НВРБ известны решения, в которых выбранные максимумы отслеживаются по характеристикам передающей решетки, что позволяет определять, например, давление, действующее на такую структуру [2]. Система демодуляции сигнала состоит из перестраиваемого лазера, фотоприемника, устройства для сбора данных с фотодетектора и устройства обработки данных (рисунок 1). Световой сигнал направляется от перестраиваемого LP-лазера к волокну, на котором записана наклонная решетка Брэгга НВРБ, и мощность измеряется на выходе фотоприемника FD. Измерительная головка состоит из волокна с НВРБ, размещенного между двумя параллельными и гибкими материалами, имеющими высокий показатель преломления. Все это, в свою очередь, в основном размещается между двумя параллельными стеклянными панелями. Сила, действующая на верхнюю стеклянную панель, равномерно передается на стекловолокно с помощью НВРБ. Сигнал, полученный от фотоприемника, подвергается преобразованию Фурье в компьютере, и на этой основе определяется давление, действующее на преобразователь.

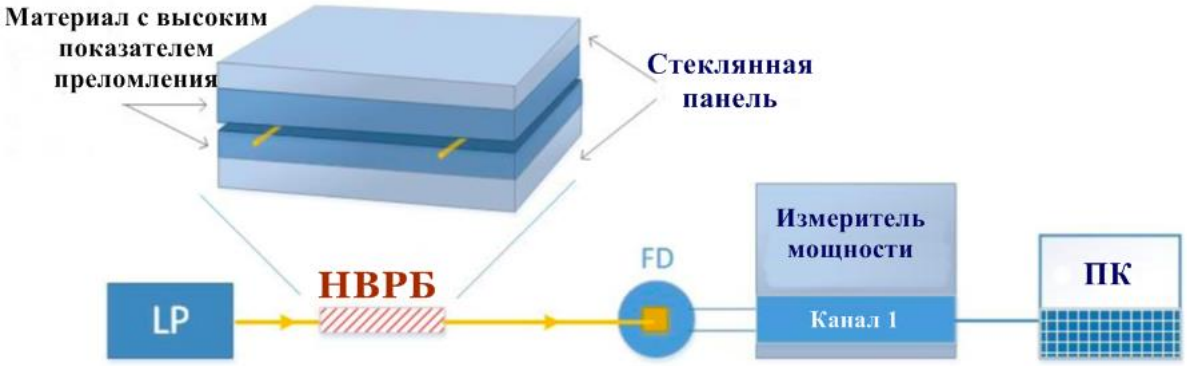



**Рис. 1.** Система для демодуляции сигнала от датчика давления с использованием структур НВРБ

Использование лазера в представленной системе требует его настройки, что усложняет систему демодуляции и значительно увеличивает ее стоимость. Известны также системы измерения физических величин, изменение которых распределяется по определенной длине датчика. Такие решения состоят из множества последовательно соединенных однородных брэгговских решеток. Каждая решетка расположена в другом месте, так что вся система позволяет измерять размер в разных местах на определенной длине. Сигналы от такой системы решетки затем фильтруются через опорную решетку с очень узкой полосой барьера, характеристика которой регулируется вынужденным напряжением. Решетка с регулируемыми спектральными характеристиками определяет длину волны, вводимой в систему последовательно соединенных решеток. Таким образом, сдвигая полосу отражения регулируемой решетки, можно измерить сигнал каждой из

сетчатых сенсорных решеток. Это решение позволяет опросить обычные однородные брэгговские решетки. Он не допускает опрос спектральных характеристик наклонных решеток и не может быть использован при измерении показателя преломления. Также используются системы рефрактометра с наклонной решеткой Брэгга, используемые для измерения показателя преломления газов и жидкостей [3, 4]. Системы этого типа используют структуры НВРБ, и их спектральный отклик зависит как от показателя преломления среды, так и от параметров источника света. Изменения спектральных характеристик, возникающие в результате изменения показателя преломления среды, чаще всего измеряются с помощью спектрометра, который является дорогой и сложной системой. Кроме того, необходимо обработать спектральные характеристики, чтобы иметь возможность определять показатель преломления на их основе.

Среди многих методов измерения физических величин, которые не требуют использования спектрофотометров и использования в качестве их преобразователей периодических структур на оптических волокнах, наиболее распространенными системами являются сигналы, использующие две прямые брэгговские и ответвительные структуры. Периодические структуры имеют соответственно согласованный период, что также позволяет регулировать их спектральные характеристики. Показан пример системы (рисунок 2), которая позволяет проводить высокочастотные измерения динамических удлинений и напряжений с использованием равномерной брэгговской решетки.

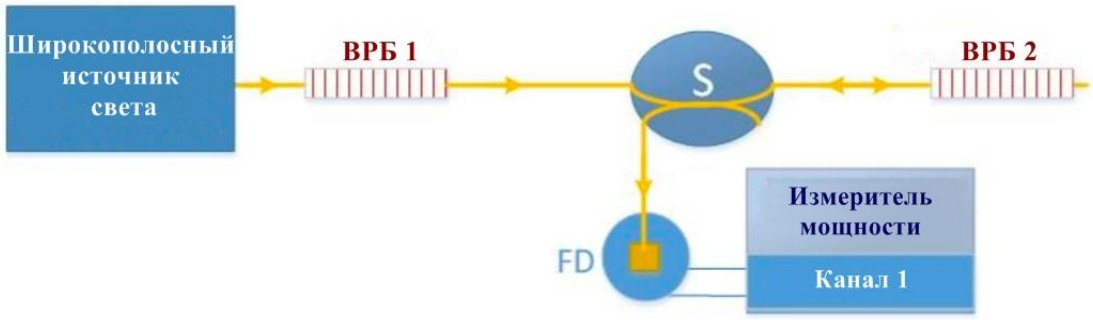



**Рис. 2.** Метод динамического измерения сигналов от датчиков ВРБ, который не требует использования оптического анализатора спектра

В этом методе используется широкополосный источник света, подключенный к головке датчика. Датчик измеренных значений содержит две прямые решетки Брэгга ВРБ1 и ВРБ2, соответствующие длины волн Брэгга, S-ответвитель и фотоприемник FD, чаще всего в виде фотодиодов. Однородная прямая решетка Брэгга от источника света ВРБ1 подавляет среднюю часть спектра пропускания и спектр отражения второй однородной прямой решетки Брэгга ВРБ2. Таким образом, сдвиг спектральной характеристики, например, решетки ВРБ1, приводит к изменениям мощности, измеренными с использованием фотодиода. Изменения мощности, измеренные фотодиодом, можно использовать для определения изменений многих физических величин. Такая система, однако, не защищена от изменений мощности источника света. Его временные изменения также приведут к изменениям мощности, измеряемой фотоприемником.

С другой стороны, способность выполнять динамические измерения идеально подходит, например, для контроля высокочастотных колебаний, которые используются в системах контроля механического состояния.

В случае измерений показателя преломления используется информация, содержащаяся в мощности отдельных мод в оболочках, включенных в спектры наклонной брэгговской решетки. Вместе с изменением показателя преломления измеряемой среды происходит изменение высоты отдельных минимумов на спектральных характеристиках передачи НВРБ, исходящих из мод в оболочка. Пример системы измерения показателя преломления в водном растворе глицерина показан на (рисунок 3) [5]. Система для измерения показателя преломления, представленная на (рисунок 3), состоит из широкополосного источника и оптического циркулятора (ОЦ), к которому подключены две ветви. Первая ветвь измеряется и содержит наклонную брэгговскую структуру (НВРБ), за которой следует брэгговская структура с линейно переменным СВРБ (брэгговская решетка из чирпированного волокна), которая отражает сигнал с наклонной решеткой. Вторая ветвь подключена к анализатору спектра (ОАС). Измерительный элемент расположен за оптическим циркулятором, так

что оптический сигнал проходит через него 2 раза, но это не дифференциальная система. В некоторых приложениях используется метод определения показателя преломления на основе измерения изменения мощности, передаваемой структурами НВРБ. Такие методы основаны на измерении изменяющейся мощности с использованием оптического анализатора спектра [6, 7, 8].




**Рис. 3.** Система измерения показателя преломления с использованием структур НВРБ и СВРБ [5]

Пример системы измерения показателя преломления с использованием информации об изменениях мощности на выходе НВРБ показан на рисунке 4.




**Рис. 4.** Измерительная система, показывающая идею определения показателя преломления на основе измерения изменения мощности, передаваемого структурами НВРБ [7]

Система состоит из широкополосного источника излучения, наклонной решетки Брэгга, преобразователя и оптического анализатора спектра. В этом типе системы не используется оптический элемент, фильтрующий изменяющийся спектр НВРБ. Как вы можете видеть, задача состоит в том, чтобы контролировать показатель преломления среды таким образом, чтобы избежать влияния изменений мощности источника света, температуры и электромагнитных помех.

Основное предположение метода основано на использовании явления, основанного на различных реакциях мод оболочек на изменение показателя преломления [10-13]. В зависимости от порядка модуля, его реакция в виде изменения коэффициента пропускания, изменяется в зависимости от показателя преломления. Из-за увеличения показателя преломления амплитуда мод высших порядков изменяется больше всего. Увеличение показателя преломления вызывает явление исчезновения, так называемый «Утечка» мод более высокого порядка в среду, в которой размещен

датчик со структурой НВРБ. Использование этого свойства возможно, если часть спектрального диапазона характеристик пропускания структуры, например, соответствующая модам более высокого порядка, направлена на один фотоприемник, а другая часть, соответствующая модам более низкого порядка, направлена на второй фотоприемник. Такой процесс возможен, например, в устройстве, показанном на (рисунок 5). Использование брэгговских решеток с линейно переменным периодом позволяет отфильтровывать структуру НВРБ из спектрального диапазона, соответственно широкого спектрального диапазона.

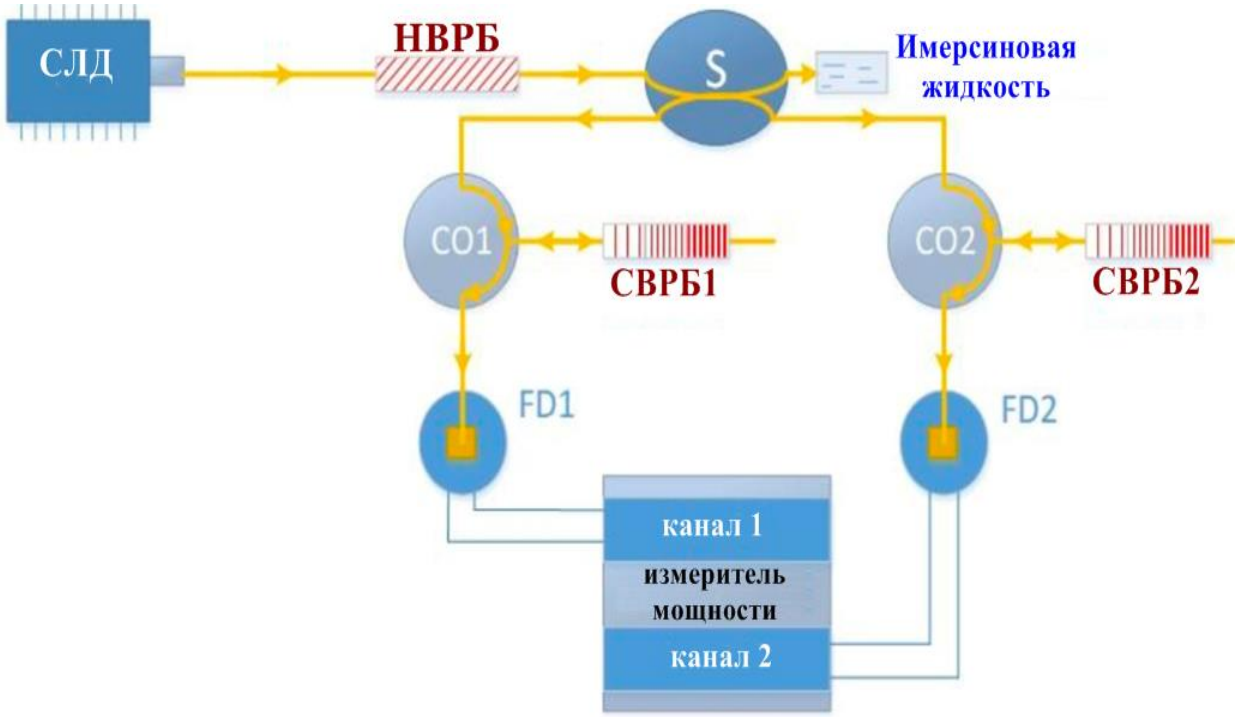



**Рис. 5.** Схема системы, позволяющая измерять показатель преломления без использования оптического анализатора спектра. Система нечувствительна к температурным изменениям и колебаниям источника света

Система (рисунок 5), позволяющая измерять показатель преломления, состоит из широкополосного источника света, соединенного через одномодовое оптическое волокно с наклонной решеткой Брэгга (НВРБ) и оптическим соединителем (S). Первый выход оптического соединителя соединен посредством одномодового оптического волокна с первым оптическим циркулятором (CO1), к которому подключена первая решетка Брэгга с линейно переменным периодом (СВРБ1) с помощью одномодового оптического волокна. СВРБ1 подключается через оптический циркулятор (CO1) с использованием одномодового оптического волокна с фотоприемником (FD1). Выход второго оптического соединителя соединен со вторым оптическим циркулятором (CO2). Затем оптический сигнал поступает на вторую решетку Брэгга с линейно переменным периодом (СВРБ2). Вторая решетка Брэгга с чирпом соединена через оптический циркулятор CO2 с использованием одномодового волокна с фотоприемником FD2. В случае представленного способа очень важно правильно сформировать характеристики передачи отдельных периодических структур. Спектральные характеристики ячеек с линейно изменяющимся периодом должны включать соответствующую часть спектральных характеристик НВРБ. Характеристика отражения СВРБ1 должна включать в себя левую часть спектра НВРБ, то есть диапазон длин волн, который соответствует модам более высокого порядка, тогда как характеристики СВРБ2 должны охватывать правую часть спектра НВРБ, которая, в свою очередь, соответствует диапазону длин волн, связанному с модами более низкого порядка. Взаимное расположение отдельных спектральных характеристик периодических структур, используемых в представленном методе измерения показателя преломления, представлено на (рисунок 6).

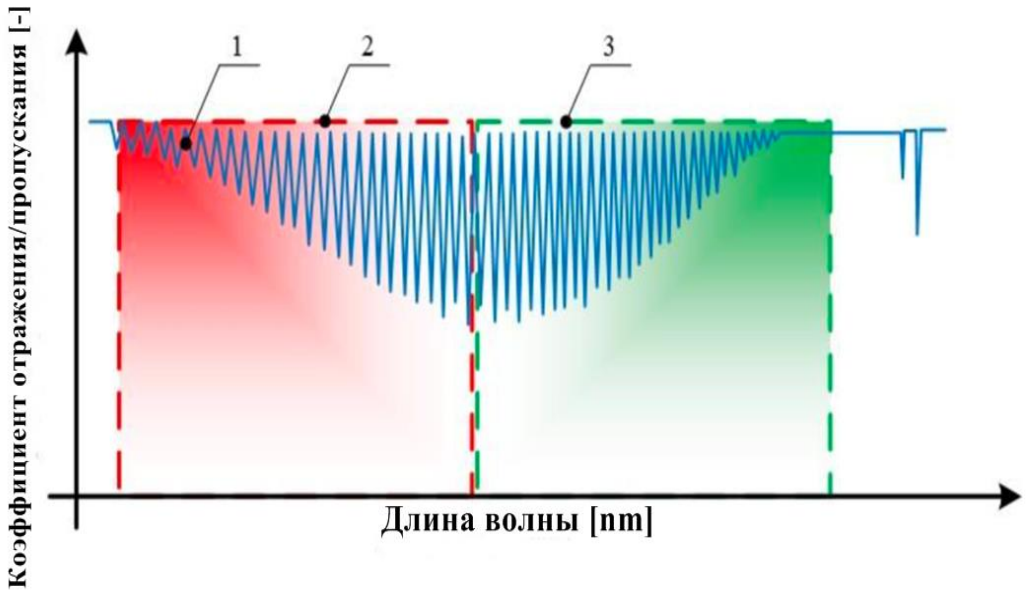



**Рис. 6.** Взаимное расположение спектральных характеристик отдельных периодических структур, используемых в методе показателя преломления:
1 - характеристики пропускания НВРБ, 2 - характеристики отражения СВРБ1,
3 - характеристики отражения СВРБ2.

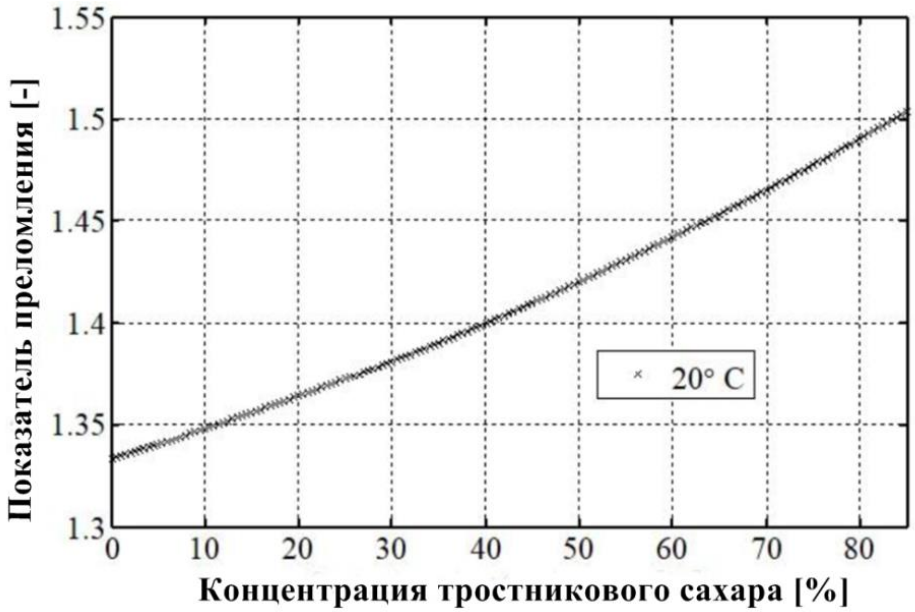



**Рис. 7.** Зависимость изменения показателя преломления водного раствора тростникового сахара от его процентной концентрации при 20 ° С.

Выполнение теста датчика преломления требует подготовки соответствующих растворов с известным и контролируемым показателем преломления. Это возможно, например, путем приготовления водных растворов веществ, концентрация которых влияет на значение показателя преломления. Примером такого вещества является, например, водный раствор тростникового сахара. Показатель преломления такого раствора строго определен, его величина зависит главным образом от процентного содержания сахара и температуры [9]. График зависимости показателя преломления такой среды от концентрации тростникового сахара в воде показан на (рисунок 7). Как видите, увеличение сахара также приводит к увеличению показателя преломления. Примерные характеристики передачи структуры НВРБ с углом наклона, равным 6 °, представлены на (рисунок 8) для различных значений процентной концентрации.

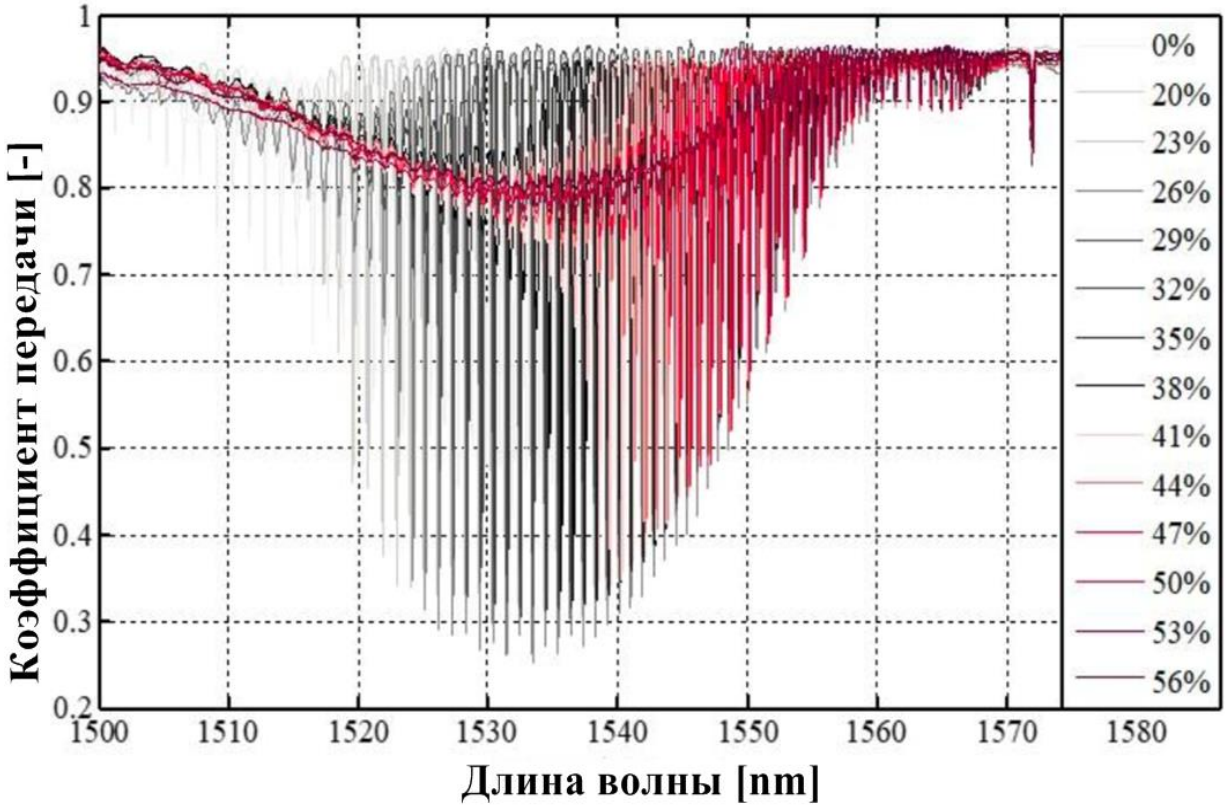



**Рис. 8.** Изменения спектральных характеристик НВРБ, измеренных для разных значений процентного содержания тростникового сахара в воде при 20°C.

На рисунке 8 можно заметить характерное замирание мод высшего порядка при увеличении концентрации раствора. Это связано с утечкой мод оболочек, последовательно от самого высокого до самого низкого радиального числа, наряду с увеличением концентрации раствора и соответствующего показателя преломления - в соответствии с соотношением, показанным на рисунке 6.39. Использование этого явления является основой для метода опроса сигнала, описанного в этой работе, полученного с помощью рефрактометров с оптическим волокном, использующих структуры НВРБ. Асимметричное изменение спектральных характеристик НВРБ из-за изменений показателя преломления исследуемой жидкости может использоваться для снижения чувствительности системы к изменениям температуры и колебаниям мощности источника света. Это возможно путем разделения спектра передачи НВРБ на две части: одну, содержащую минимумы из мод более высокого порядка, и другую, содержащую минимумы из мод более низкого порядка. Вторым элементом является измерение мощности, передаваемой НВРБ, независимо в обоих спектральных диапазонах. Третий шаг - определить коэффициент мощности передачи, измеренный таким образом. На рисунке 9 показаны измеренные спектральные характеристики всех периодических структур, используемых в описанном методе [14-15].

Как можно видеть, диаграмма отражения структуры СВРБ1 с линейно переменным периодом включает в себя левую половину кривой характеристик передачи НВРБ, работающей в измерительной системе в качестве преобразователя показателя преломления. Напротив, характеристики отражения СВРБ2 с линейно изменяемым периодом включают правую половину спектра передачи НВРБ. Такой выбор параметров периодических структур, используемых в описанном способе опроса сигнала, приводит к тому, что согласно (рисунок 5) - значение $P_1$ мощности в диапазоне длин волн, соответствующее характеристикам СВРБ1, измеряется фотоприемником FD1, а значение $P_2$ мощности в диапазоне длин волн, соответствующих характеристикам СВРБ2, измеряется фотодетектором FD2. Информация о значении показателя преломления включена в коэффициент мощности, измеренный обоими фотодетекторами, таким образом, $n=f(P_1/P_2)$. На рисунке 10 показаны результаты измерений отношения мощностей $P_1/P_2$ для различных растворов с известным показателем преломления.

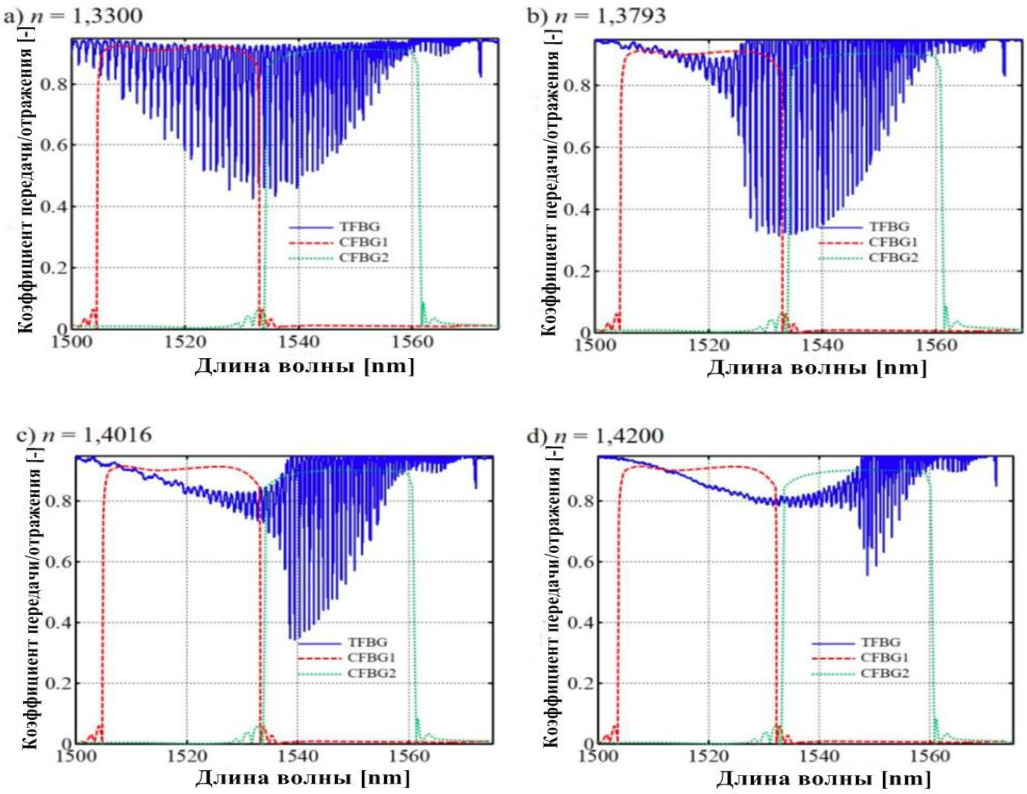



**Рис. 9.** Спектральные характеристики НВРБ (изменение коэффициента передачи в зависимости от длины волны) и СВРБ1 / СВРБ2 (изменение коэффициента отражения в зависимости от длины волны), измеренные при 20 ° C для четырех значений показателя преломления

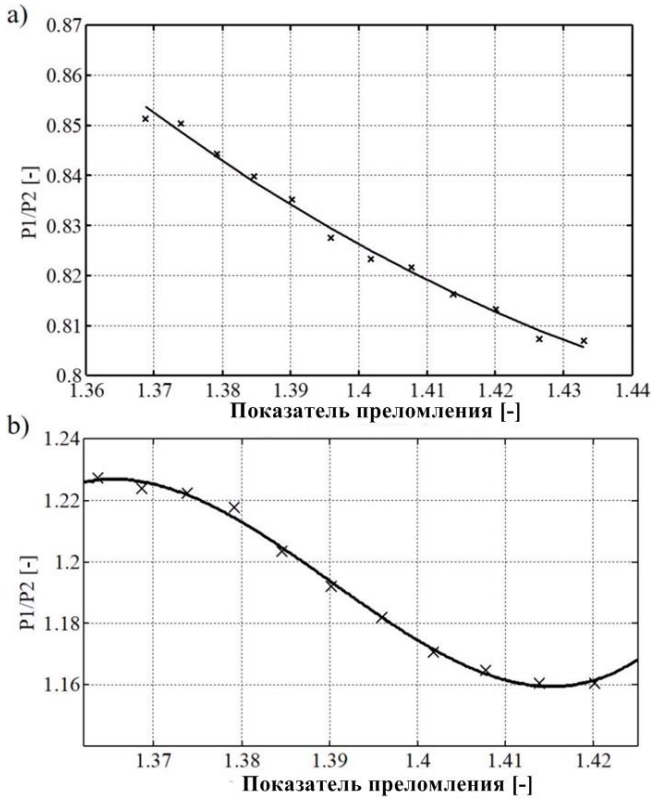



**Рис. 10.** Отношение мощности, измеренной на фотоприемниках FD1 и FD2, как функция показателя преломления: a) для характеристик СВРБ1 и СВРБ2 - согласно рис. 9: b) для характеристик СВРБ1, содержащих от 1500-1515 nm, и СВРБ2 от 1520-1540 nm

На рисунке 10a представлены изменения отношения мощностей $P_1$ / $P_2$ как функции показателя преломления для характеристик СВРБ1 и СВРБ2, имеющих одинаковое значение полуширины, равное 27,5 nm. Спектральные характеристики СВРБ1 находятся в диапазоне от 1505 nm до 1552,5 nm, тогда как спектральные характеристики СВРБ2 находятся в диапазоне от 1534,5 нм до 1562 nm. В отличие от этого, на рисунке 10b представлены изменения в соотношении мощностей $P_1/P_2$ для разных значений полуширины структур СВРБ. Полуширина СВРБ1 составляла 15 nm, а спектральный диапазон его спектральных характеристик составлял от 1500 nm до 1515 nm. В свою очередь, полуширина СВРБ1 составляла 20 nm при спектральном диапазоне его спектральных характеристик от 1520 nm до 1540 nm. Как можно видеть, большее изменение отношения мощности $P_1/P_2$ и линейности характеристической кривой $(P_1/P_2)=f(n)$ может быть получено в случае, показанном на рисунке 10a. Характеристики, приведенные далее в этой главе, относятся к случаю, показанному на рисунке 10b.

Представленный метод измерения показателя преломления нечувствителен к изменениям температуры, потому что все периодические структуры, то есть НВРБ и фильтрация (СВРБ1 и СВРБ2), хранятся на одном оптическом волокне. Их спектральные характеристики подвержены одинаковому сдвигу из-за изменений температуры. На рисунках 11 и 12 показаны результаты измерений отношения мощностей $P_1$ / $P_2$, выполненных при разных температурах [16]. Анализируя результаты, представленные на рис. 11-12, казалось бы, что температура влияет на результаты измерений оптической мощности, полученные с использованием представленного опроса. Различия в значениях отношения мощности для разных значений температуры, однако, связаны не с методом опроса сигнала НВРБ, а с изменением показателя преломления среды.

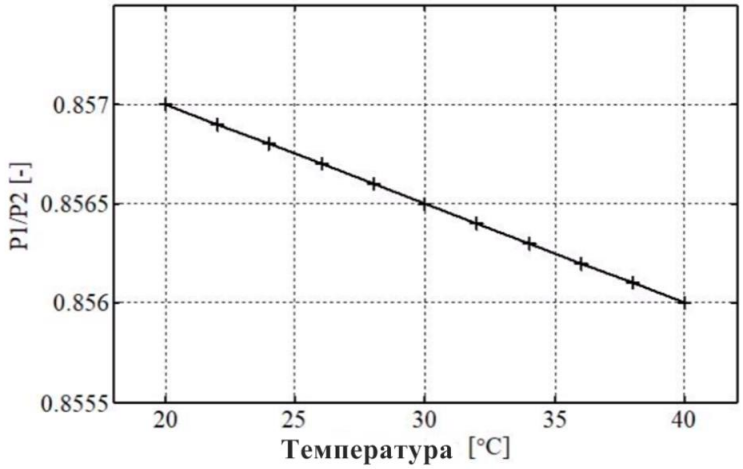



**Рис. 11.** Значение коэффициента мощности, измеренного на фотоприемниках FD1 и FD2, как функция температуры для 20% раствора.

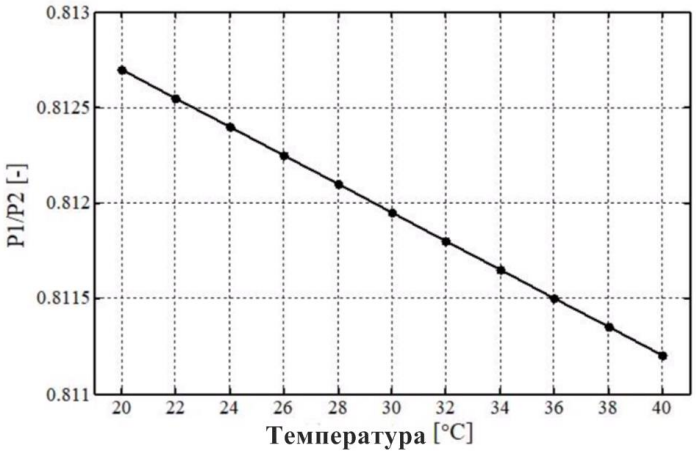



**Рис. 12.** Значение коэффициента мощности, измеренного на фотоприемниках FD1 и FD2, как функция температуры для 50% раствора.

Измерения, описанные в этой работе, были выполнены в схеме, показанной на рисунке 13. Как можно видеть, температура всей измерительной системы контролировалась и измерялась, т.е. все периодические структуры (НВРБ, СВРБ1, СВРБ2) и тестируемый раствор. Чтобы воспроизвести рабочие условия, близкие к фактическим, испытания проводились в системе, в которой температура испытуемого тростникового сахара также подвергалась изменениям температуры.

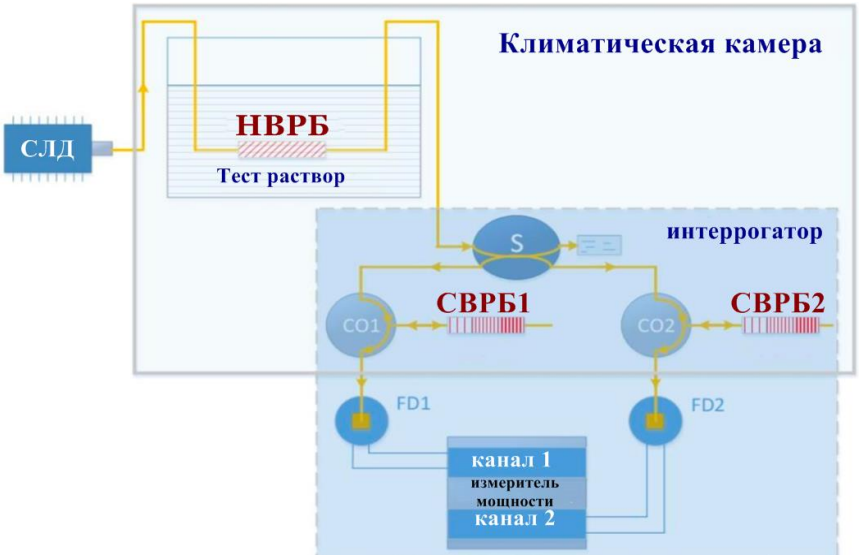



**Рис. 13.** Система для испытания показателя преломления растворов в условиях контролируемой температуры.

Фактически изменение температуры вызывает изменение плотности испытуемого раствора, что также влияет на изменение его показателя преломления. Такое изменение можно определить, учитывая так называемой температурной коррекции показателя преломления [9]. На рисунке 14 представлены характеристики обработки значения показателя преломления описанной системы по коэффициенту мощности $P_1$ / $P_2$, измеренному фотоприемниками FD1 и FD2. В целях сравнения результаты измерений сравнивали в условиях переменной температуры для 20% и 50% растворов тростникового сахара. На том же графике также представлены значения коэффициента мощности $P_1$ / $P_2$, включая температурную коррекцию. Сравнивая рисунки 11 и 13, можно заметить, что изменение температуры в диапазоне от 20 ° C до 40 ° C приводит к снижению отношения $P_1/P_2$.

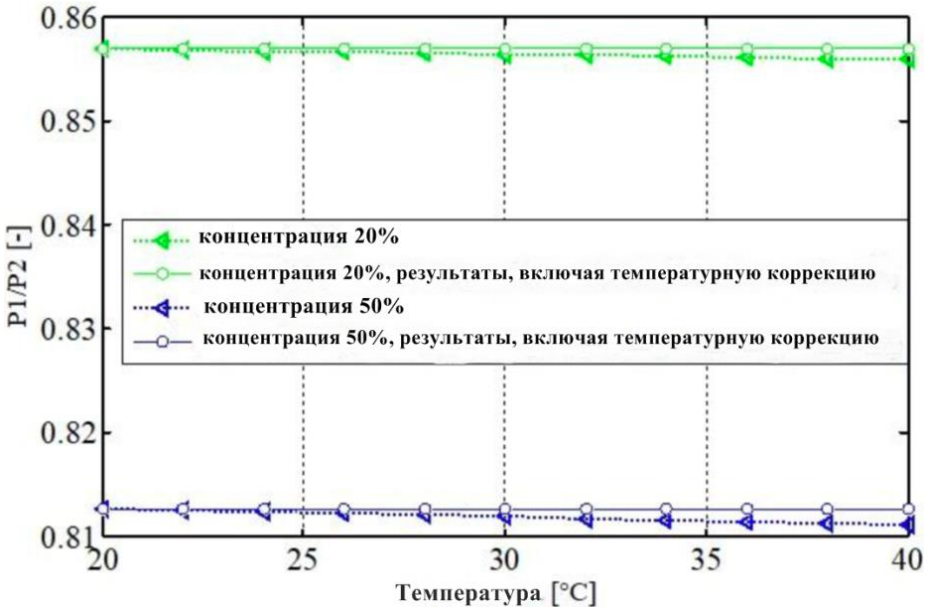



**Рис. 14.** Температурные характеристики системы показателя преломления, измеренные при двух значениях концентрации испытуемого раствора: 20% и 40% (треугольники) и характеристики, скорректированные путем применения коррекции показателя преломления температуры (кружок).

После учета температурной коррекции показателя преломления получены практически горизонтальные характеристики отношения мощностей $P_1/P_2$ к температуре, как показано сплошными линиями на рисунке 14. Представленная система и метод опроса сигналов нечувствительны к изменениям температуры. Они позволяют измерять показатель преломления независимо от значения температуры окружающей среды. Представленная система также проявляет нечувствительность к колебаниям мощности источника света. Результаты измерений для различных значений нормированной мощности источника света показаны на рисунке 15.

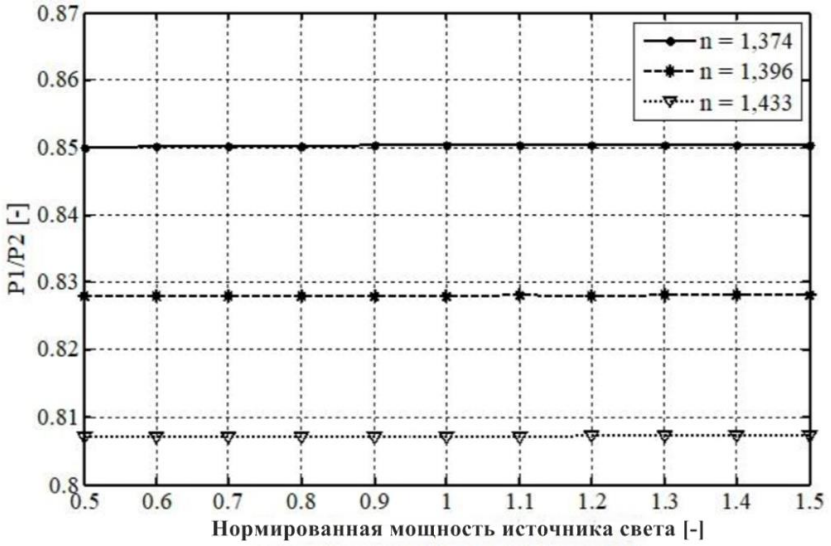



**Рис. 15.** Влияние изменения мощности источника света на коэффициент мощности, измеренный фотоприемниками

Все измерения были отнесены к нормированной мощности излучения источника света. Нормализованное значение мощности на рисунке 15, равное 1, означает, что мощность источника света равна эталонной мощности, при которой были выполнены измерения, результаты которых представлены в работе. Значение мощности равно 0,5 означает, что мощность источника света равна половине мощности, определенной таким образом в качестве ссылки. В то время как значение мощности, равное 1,5, означает, что мощность источника света в 1,5 раза больше, чем у эталонной мощности.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате проведенных исследований следует отметить, что представленный метод измерения, позволяет существенно упростить систему измерения показателя преломления среды. Метод не требует использования спектрофотометров и анализаторов оптического спектра и не требует использования алгоритмов анализа оптического спектра. Важным преимуществом является также независимость измерений от влияния температуры наружного воздуха и электромагнитного поля в месте измерения, что достигается тем, что решетки хранятся на одном и том же одномодовом волокне. Использование измерительных элементов в виде структур НВРБ и фильтрация в виде структур СВРБ также устраняет проблему колебаний мощности источников света. Это также достигается за счет того, что мерой показателя преломления является отношение мощности, измеренной двумя фотодетекторами.

Экспериментальные исследования проводились в лабораториях Оптоэлектроники факультета электротехники и компьютерных наук Люблинского технического университета в рамках проекта ГФ №AP05132778 «Исследование и разработка системы интеррогации сигналов с оптоволоконным рефрактометром с использованием телекоммуникационных сетей» ИИВТ КН МОН РК.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Tosi D., Shaimerdenova M., Bekmurzayeva A., Sypabekova M., Demodulation of Tilted Fiber Bragg Grating Refractive Index Sensors with KLT. 2017 IEEE Sensors, Glasgow, 1-3 (2017). doi:10.1109/ICSENS.2017.8234117.

[2] Kinet D., Mégret P., Goossen K. W., Qiu L., Heider D., Caucheteur Ch., Fiber Bragg Grating Sensors toward Structural Health Monitoring in Composite Materials: Challenges and Solutions, Sensors 14, 394-7419 (2014). doi: 10.3390/s140407394.

[3] Ecke W., Schroeder K., Andreev A. Y., Mueller R., Willsch R., Optical fiber grating sensor network for monitoring refractive index and temperature distributions in fluids, Proc. SPIE 3783, Optical Diagnostics for Fluids/Heat/Combustion and Photomechanics for Solids, 176-183 (1999). doi: 10.1117/12.365735.

[4] Obaton A. F., Laffont G., Wang C., Allard A., Ferdinand P., Tilted Fibre Bragg Gratings and Phase Sensitive-Optical Low Coherence Interferometry for refractometry and liquid level sensing. Sensors and Actuators A 189, 451-458 (2013). doi: 10.1016/j.sna.2012.10.020.

[5] Zheng J., Dong X., Ji J., Su H., Shum P. P., Power-referenced refractometer with tilted fiber Bragg grating cascaded by chirped grating, Optics Communications 312, 106-109 (2014). doi: 10.1016/j.optcom.2013.09.026.

[6] Miao Y., Liu B., Zhao Q., Simultaneous measurement of strain and temperature using single tilted fibre Bragg grating, Electronics Letters 44(21), 1242-1243 (2008). doi: 10.1016/j.snb.2012.11.091.

[7] Miao Y., Liu B., Zhang W., Dong B., Zhou H., Zhao Q., Dynamic Temperature Compensating Interrogation Technique for Strain Sensors With Tilted Fiber Bragg Gratings, IEEE Photonics Technology Letters 20(16) 1393-1395 (2008). doi: 10.1109/LPT.2008.927875.

[8] Miao Y.-P., Liu B., Zhao Q.-D., Refractive index sensor based on measuring the transmission power of tilted fiber Bragg grating, Optical Fiber Technology 15, 233-236 (2009). doi: 10.1016/j.yofte.2008.11.002.

[9] Hodgman Ch. D., Handbook of Chemistry and Physics, 40th edition, Chemical Rubber Publishing Co., Cleveland, Ohio (1959). doi:10.1002/lipi.19580600728.

[10] Cięszczyk Sławomir, Kisała Piotr. Układ interrogacji sygnałów z refraktometru światłowodowego [Patent nr (11) 230198 (21) 420259]// Wiadomości Urzędu Patentowego - 2018, 10, s. 3702-3702 [MNiSW: 30].

[11] S. Cieszczyk, D. Harasim, and P. Kisała A Novel Simple TFBG Spectrum Demodulation Method for RI Quantification IEEE Photonics technology letters, vol. 29, no. 24, December 15, 2017 pp 2264-2267.

[12] S. Cięszczyk Passive Open-Path FTIR Measurements and Spectral Interpretations for in situ Gas Monitoring and Process Diagnostics // Acta Physica Polonica A 126(3), pp. 673-678, 2014.

[13] Cieszczyk S, Harasim D, Kisała P. Novel twist measurement method based on TFBG and fully optical ratiometric interrogation Sensors and Actuators A: Physical 2018 pp 18-22.

[14] Кисала П., Калижанова А.У., В. Вуйцик, Кашаганова Г.Б., Оразбеков Ж.. Исследование и разработка новой технологии для измерени показателя преломления среды. Вестник КазНИТУ имени К.И. Сатпаева, Алматы. №2(132), 2019, С.440-447.

[15] Вуйцик В., Калижанова А.У., Кисала П., Кашаганова Г.Б., Цещик С., Козбакова А.Х., Оразбеков Ж. Выбор оптимальных параметров для измерительных и опрашиваемых элементов системы интеррогации сигналов., Вестник КазНИТУ имени К.И. Сатпаева, Алматы. №2(132), 2019, С.382-389.

[16] M. Kalimoldayev, A. Kalizhanova,W.Wójcik, G. Kashaganova, S. Amirgaliyeva, A. Dasibekov, A. Kozbakova, Zh. Aitkulov Research of the Spectral Characteristics of Apodized Fiber Bragg Gratings. WSEAS Transactions on Systems and Control. Volume 14, 2019, Pages 121-128.

Кисала П., Вуйцик В., Калижанова А.У., Амиргалиев Б., Козбакова А.Х.,

**Оптоталшықты рефрактометрлі сигналдарды интеррогациялау жйесін жобалау**

**Аңдатпа.** Берілген мақалада заманауи сигналды сұрау жүйесі талқыланып, талшықты-оптикалық рефрактометрлі сигналдардарын сұрау жүйесі ұсынылған. Мұнда өлшеуіш түрлендіргіші ретінде Брэгг көлбеулі талшықты торы қолданылады (БКТТ).

Жұмыста өлшеу жүйесін айтарлықтай оңайлататын ортадағы сыну көрсеткішін өлшеу әдісі ұсынылған, эксперименттік зерттеулер нәтижелері келтірілген.

**Кілттік сөздер:** оптикалық-талшықты рефрактометр, іріктеу жүйесі, датчик, сигнал.

**I.A. Nabunskiy**

(Satbayev University, Kazakhstan, Almaty, vano_18.96@mail.ru)

## CALCULATE MECHANICAL AND ELECTROMECHANICAL CHARACTERISTICS OF THE ASYNCHRONOUS MOTOR WITH IR-COMPENSATION

**Abstract.** In this paper, we consider the possibility of using IR-compensation to expand the range of regulation and maintain the overload capacity of the asynchronous machine. Expressions by means of which mechanical and electromechanical characteristics of the engine are calculated are given. It is shown how IR-compensation affecting on the mechanical and electromechanical characteristics for system the frequency converter - asynchronous motor. Conclusions on the done work are presented.

**Key words:** IR-compensation, frequency converter, asynchronous motor, electromechanical characteristic, mechanical characteristic.

**И.А. Набунский**
(Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева,
Республика Казахстан, Алматы, vano_18.96@mail.ru)

# РАСЧЁТ МЕХАНИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АД С IR-КОМПЕНСАЦИЕЙ

**Аннотация.** В данной работе рассматривается возможность применения IR-компенсации для расширения диапазона регулирования и поддержания перегрузочной способности асинхронной машины. Приводятся выражения, с помощью которых рассчитываются механические и электромеханические характеристики двигателя. Показывается, каким образом влияет IR-компенсация на механические и электромеханические характеристики системы преобразователь частоты асинхронный двигатель. Сделаны выводы по проделанной работе.

**Ключевые слова:** IR-компенсация, преобразователь частоты, асинхронная машина, электромеханическая характеристика, механическая характеристика.

**Введение.** Электродвигатели переменного тока являются самыми распространенными видами электрических машин. Они используются в различных областях человеческой деятельности, где необходимо преобразование электрической энергии в механическую энергию [1].

Наиболее распространённым двигателем переменного тока является асинхронный двигатель. Одной из главных задач является создание эффективной системы управления асинхронной машиной. Эта задачу, возможно, реализовать с помощью преобразователя частоты и грамотной его настройки.

**Методы исследования.** Теоретически и практически доказано, что в классе законов $U_1/f_1$ невозможно одновременно обеспечить удовлетворительные механические и энергетические характеристики в широком диапазоне скоростей и изменения нагрузки. Главная причина этого – увеличение влияния активного сопротивления обмотки статора при снижении частоты питающего напряжения. В асинхронных частотно-регулируемых электроприводах со скалярным управлением, кроме законов $U_1/f_1$, получили применение и другие законы регулирования: $E_1/f_1$, $E_m/f_1$, $E'_2/f_1$ [1].

На практике наибольшее распространение получили такие способы частотного регулирования скорости как $E_1/f_1 = const.$, $E_1/f_1^2 = const.$, $E_1/\sqrt{f} = const.$ При регулировании скорости в классе законов $E_1/f_1$, нужно повышать фазное напряжение $U_1 = E_1 + I_1 \cdot R_1$ на величину падения напряжения $I_1 \cdot R_1$ на активном сопротивлении обмотки статора. Данный способ регулирования скорости асинхронного двигателя получил название – частотное регулирование с IR-компенсацией.

Для реализации IR-компенсацией определяется коэффициент положительной обратной связи по полному действующему току двигателя. Максимальное его значение должно удовлетворять условию [3]:

$$K_{KM\,\text{макс}} \leq (0.75 \div 0.85) \cdot R_1. \qquad (1)$$

Коэффициент обратной связи $K_{KM}$ следует уменьшать по мере возрастания частоты преобразователя, то есть значение коэффициента задается в виде функции $K_{KM}(f_{1\,\text{зад}})$ на интервале частоты от $f_1 = 0$ до $f_{1\text{нагр.макс}}$.

Для наглядности графиков зададимся коэффициентами компенсации: $K_{KM} = 0.25; 0.5; 0.75$ и частотами $f_1 = 5; 10; 25$Гц.

Активное сопротивление статора пересчитывается по формуле:

$$R_{1\text{экв}} = R_1(1 - K_{KM}). \qquad (2)$$

Строим электромеханические характеристики $I'_2(\omega)$ для выбранных частот и коэффициентов $K_{KM}$ по выражениям:

$$I'_2(s, f, K_{KM}) = \frac{U_1(f)}{\sqrt{\left(R_{1\text{экв}}(K_{KM}) + \frac{R'_2}{s}\right)^2 + X_{\text{кн}}^2 \cdot f_1^{*2}(f) + \left(\frac{R_{1\text{экв}}(K_{KM}) \cdot R'_2}{s \cdot X_\mu \cdot f_1(f)}\right)^2}}, \qquad (3)$$

где $R_{1\text{экв}}(K_{KM})$ – эквивалентное активное сопротивление статорной цепи;

$f_1^* = \frac{f}{f_{1н}}$ – относительная частота питающего напряжения.

$$\omega(s,f) = \omega_0(f) \cdot (1-s), \quad (4)$$

$\omega_0(f) = \omega_{0н} \cdot f_1^*(f)$ – скорость идеального холостого хода при данной частоте напряжения питания; в диапазоне скорости $\omega = 0 \div \omega_0$.

Также строим электромеханические характеристики $I_1(\omega)$ для выбранных частот и коэффициентов $K_{КМ}$ по выражениям:

$$I_1(s,f,K_{КМ}) = \sqrt{(I_0(f))^2 + (I_2'(s,f,K_{КМ}))^2 + 2 \cdot I_0(f) \cdot I_2'(s,f,K_{КМ}) \cdot \sin\varphi_2(s,f,K_{КМ})}, \quad (5)$$

где $\sin\varphi_2(s,f,K_{КМ}) = \frac{X_{кн} \cdot f_1^*(f)}{\sqrt{\left(R_{1экв}(K_{КМ}) + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + X_{кн}^2 \cdot f_1^{*2}(f)}}$;

$I_0(f) = \frac{U_1(f)}{X_\mu \cdot f_1^*(f)}$ – ток холостого хода асинхронного двигателя в зависимости от частоты.

Механические характеристики асинхронного двигателя $M(\omega)$ рассчитываем для выбранных частот и коэффициентов $K_{КМ}$ по выражениям:

$$M(s,f) = \frac{3 \cdot (U_1(f))^2 \cdot R_2'}{\omega_0(f) \cdot s \cdot \left(\left[R_{1экв}(K_{КМ}) + \frac{R_2'}{s}\right]^2 + X_{кн}^2 \cdot (f_1^*(f))^2 + \left(\frac{R_{1экв}(K_{КМ}) \cdot R_2'}{s \cdot X_\mu \cdot f_1(f)}\right)^2\right)}. \quad (6)$$

Критический момент и скольжение можно определить по выражениям:

$$M_k(f) = \frac{3 \cdot (U_1(f))^2}{2 \cdot \omega_0(f) \cdot \left[R_1 + \sqrt{(R_1^2 + X_{кн}^2 \cdot (f_1^*(f))^2) \cdot \left(1 + \frac{R_1^2}{X_\mu^2 \cdot (f_1^*(f))^2}\right)}\right]}, \quad (7)$$

$$s_k(f) = R_2' \cdot \sqrt{\frac{1 + \frac{R_1^2}{X_\mu^2 \cdot (f_1^*(f))^2}}{R_1^2 + X_\mu^2 \cdot (f_1^*(f))^2}}, \quad (8)$$

$$\omega_k(f) = \omega(s_k(f), f). \quad (9)$$

**Результаты исследования.** В качестве примера был рассмотрен двигатель серии RA225S8, нагрузка постоянная.

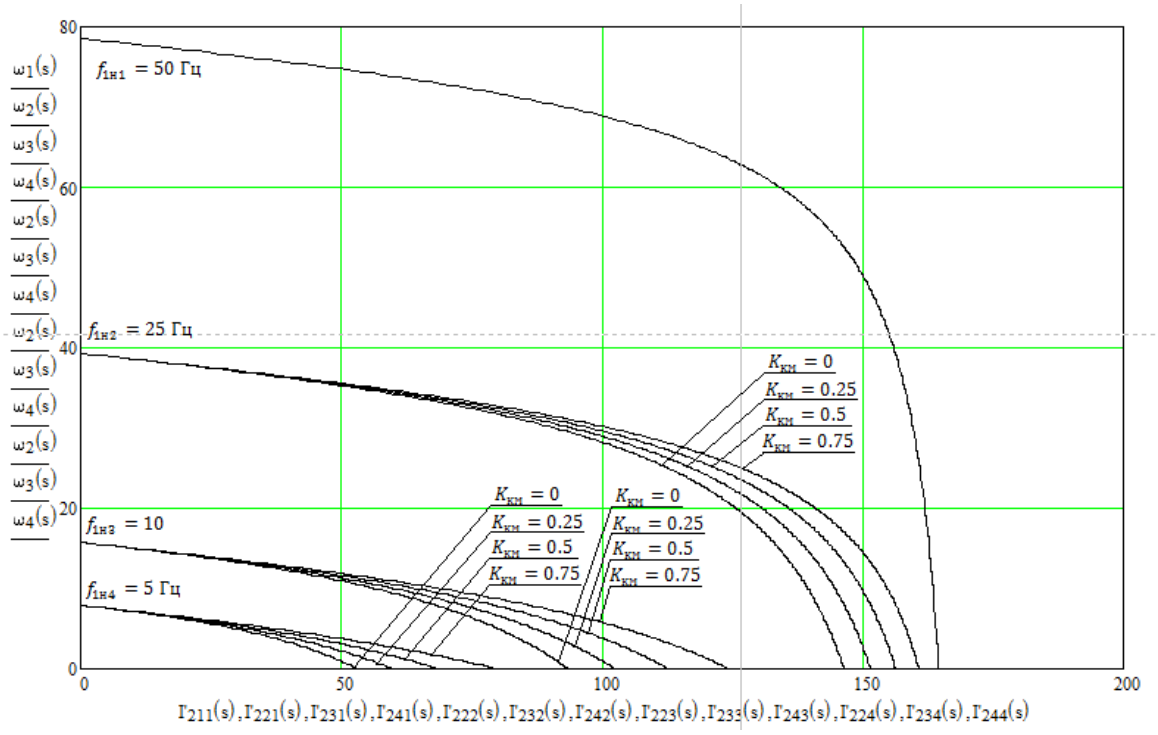



Рис. 1. Искусственные электромеханические характеристики $I_2'(\omega)$ при частотном регулировании скорости с IR-компенсацией

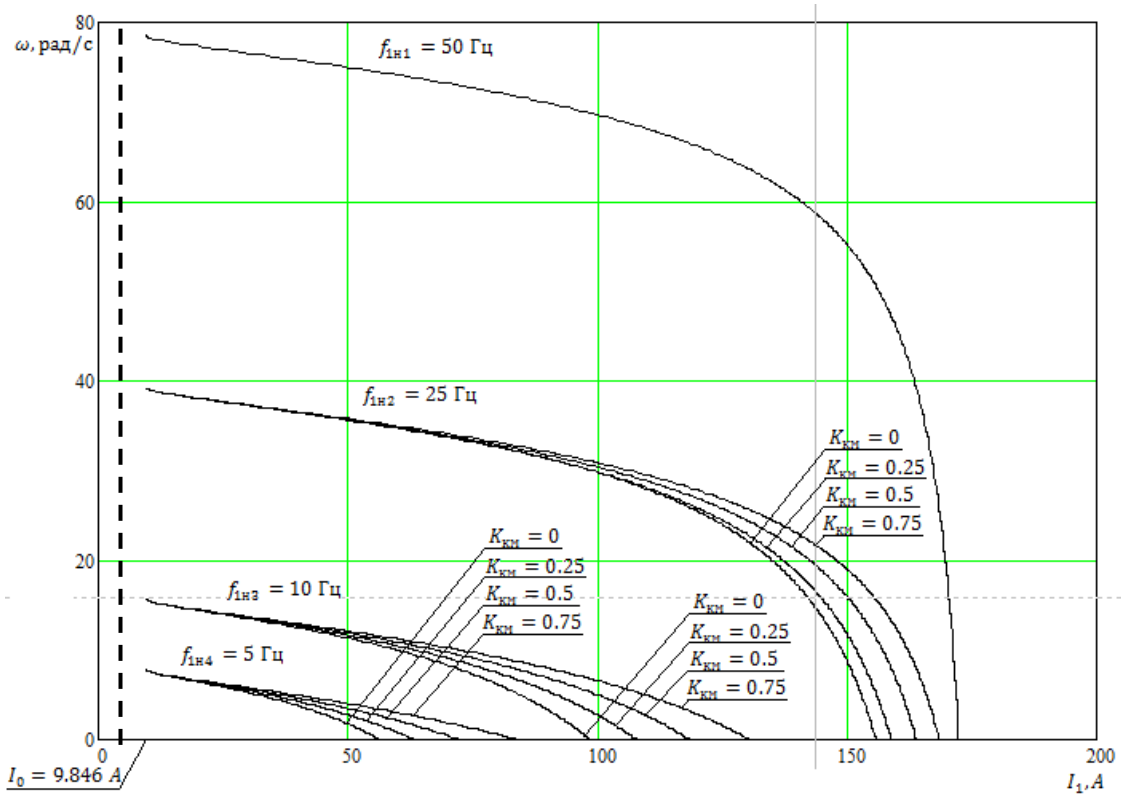



Рис. 2. Искусственные электромеханические характеристики $I_1(\omega)$ при частотном регулировании скорости с IR-компенсацией

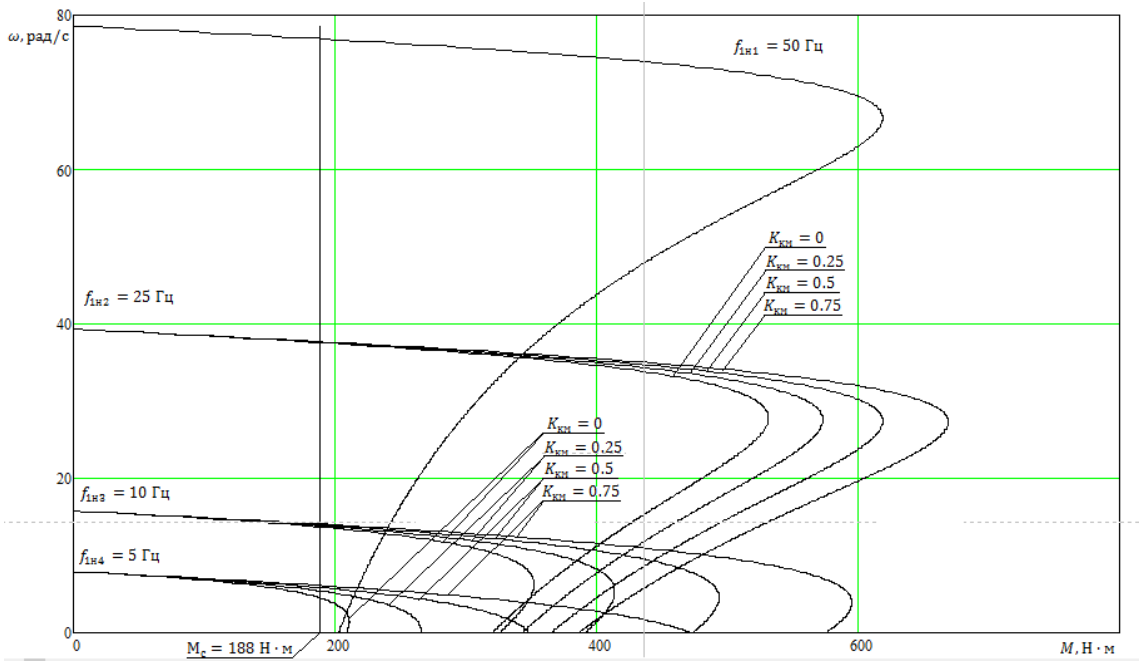



Рис. 3. Искусственные механические характеристики $M(\omega)$ при частотном регулировании скорости с IR-компенсацией

**Обсуждение, выводы.** При работе на естественной характеристике $(f_1 = 50\ \text{Гц})$ IR-компенсация не применяется, так как фазное напряжение повышается выше номинального, что недопустимо.

Из электромеханических характеристик рис. 1 и рис. 2 видно, что при увеличении коэффициента компенсации момента токи короткого замыкания имеют большие значения, причем эти различия тем больше, чем меньше частота обмоток статора. Это объясняется тем, что при малых частотах больше доля падения напряжения на активном сопротивлении, следовательно, больше доля компенсации. Из механических характеристик рис. 3 видно, что при увеличении коэффициента компенсации момента критический момент увеличивается, а характеристики становятся более жесткими.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Чернышев А.Ю. Электропривод переменного тока: учебное пособие / Чернышев А.Ю., Дементьев Ю.Н., Чернышев И.А.; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 213 с.

[2] Чернышев А.Ю., Кояин Н.В. Проектирование электрических приводов: Учебно-методическое пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 120 с.

[3] Удут Л.С. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов: учебное пособие. Ч. 8. Асинхронный частотно-регулируемый электропривод / Л.С. Удут, О.П. Мальцева, Н.В. Кояин; Томский политехнический университет. – 2-е изд., перераб. и доп. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 648 с.

[4] Удут. Л.С., Мальцева О.П., Кояин Н.В. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Ч. 7. Теория оптимизации непрерывных многоконтурных систем управления электроприводов: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 164 с.

[5] Данилов П., Барышников В., Рожков В. Теория электропривода: учебное пособие. – М: Издательство Директ-Медиа, 2018. – 417с.

[6] Лезнов Б. С. Частотно-регулируемый электропривод насосных установок. – М.: Машиностроение, 2013. – 176 с.

[7] Фролов Ю.М., Шелякин В.П. Регулируемый асинхронный электропривод: учебное пособие. – Санкт-Петербург: Издательство Лань, 2016. – 464с.

[8] Онищенко Г.Б. Теория электропривода: учебник. – М: Издательство Инфра-М, 2015. – 294с.

[9] Москаленко В.В. Системы автоматизированного управления электропривода: учебник. – М: Издательство Инфра-М, 2014. – 208с.

[10] Терехов В.М. Системы управления электроприводов: учебник для студ. высш. учеб. Заведений / В.М. Терехов, О.И. Осипов; под ред. В.М. Терехова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 304 с.

Набунский И.А.

**Асинхронды қозғалтқыштың IR-өтемелеу кезіндегі электромеханикалық және механикалық сипаттамаларын есептеу**

**Аңдатпа.** Бұл жұмыста асинхронды қозғалтқыштың қайта жүктелу қабілеттілігі мен реттелу диапазонын ұлғайту мүмкіншілігі қарастырылады. Вольт – жиіліктік сипаттамаларын есептеуге арналған формулалар келтірілген. Вольт – жиіліктік сипаттаманың реттелуі асинхронды қозғалтқыштағы жиілікті түрлендіргіш жүйесіндегі механикалық сипаттамаларына тигізетін әсері көрсетілген. Істелінген жұмысқа қорытынды келтірілген.

**Кілттік сөздер:** вольт - жиіліктік сипаттама, жиілікті түрлендіргіш, асинхронды машина, қозғалтқыштың жұмыс режимі, механикалық сипаттама.

**Nabunskiy I.A.**
(Satbayev University, Kazakhstan, Almaty, vano_18.96@mail.ru)

**THE CALCULATION OF THE VOLT-FREQUENCY CHARACTERISTICS OF THE SYSTEM FREQUENCY CONVERTER - ASYNCHRONOUS MOTOR**

**Abstract.** In this paper, we consider the possibility of preserving the overload capacity and expanding the range of regulations of the asynchronous machine. Formulas according to which the volt-frequency characteristic is calculated are given. It is shown how the regulation of the volt-frequency characteristic affecting on the mechanical characteristics for the system frequency converter - asynchronous motor. Conclusions on the done work are drawn.

**Key words:** voltage-frequency characteristic, frequency converter, asynchronous motor, operating mode of the motor, mechanical characteristic.

**Набунский И.А.**
(Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева,
Республика Казахстан, Алматы, vano_18.96@mail.ru)

**РАСЧЁТ ВОЛЬТ-ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ - АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ**

**Аннотация.** В данной работе рассматривается возможность сохранения перегрузочной способности и расширения диапазона регулирования асинхронной машины. Приведены формулы, согласно которым рассчитывается вольт-частотная характеристика. Показывается, каким образом влияет регулирование вольт-частотной характеристики на механические характеристики системы преобразователь частоты асинхронный двигатель. Сделаны выводы по проделанной работе.

**Ключевые слова:** вольт-частотная характеристика, преобразователь частоты, асинхронная машина, режим работы двигателя, механическая характеристика.

**Введение.** В связи с развитием современного парка вычислительной техники, мы получаем всё больше и больше возможностей, для реализации различных научно-исследовательских и практических задач. Область асинхронного электропривода шагнула далеко вперёд, и я уверен, что благодаря грамотному применению достижений науки, мы сможем достичь высокоэффективных результатов.

Главные достоинства асинхронных двигателей, простота и надежность, сделали их широко применяемыми в современной промышленности. В тоже время эффективное управление ими является не такой простой задачей и требует создания специальных систем управления. Эти достоинства асинхронной машины более полно реализуются при частотном регулировании, которое создается с помощью преобразователя частоты.

**Методы исследования.** При управлении асинхронными электроприводами с различными законами управления класса $U_1/f_1$ максимальный момент развиваемый двигателем существенно снижается, перегрузочная способность электропривода уменьшается и в результате ограничивается диапазон регулирования скорости. Расширить диапазон регулирования и сохранить перегрузочную способность возможно с помощью корректировки вольт-частотной характеристики преобразователя частоты, путем увеличения напряжения на начальном участке характеристики при малых скоростях [1].

В зависимости от того с какой нагрузкой имеем дело закон управления $U_1/f_1$ изменяется и соответственно изменяется выражение по расчёту вольт-частотной характеристики. Существует пять

основных видов нагрузок производственных механизмов [3]: постоянная нагрузка, линейно-возрастающая нагрузка, нелинейно-возрастающая нагрузка, нелинейно-спадающая нагрузка и нагрузка с повышенным пусковым моментом.

Иногда после расчёта механических характеристик системы преобразователь частоты – двигатель может оказаться, что для выбранной начальной частоты инвертора $f_{\text{и.нач}}$ не удается обеспечить запуск двигателя или необходимый максимальный момент электропривода. В этой ситуации нужно изменить параметры начального участка выбранной вольт-частотной характеристики преобразователя, для того чтобы эти требования выполнялись. Обычно начальный участок вольт-частотной характеристики выбирается в пределах от $f_1 = 0$ до $f_{1\text{нагр.макс}} \leq f_{1\text{н}}$.

Расчёт начального участка вольт-частотной характеристики от $f_1 = 0$ до $f_1 = f_{1\text{нагр.макс}}$ можно представить зависимостью [1]:

$$U_1(f_1) = U_{10} + \left(U_{1\text{н}} \cdot \left[\frac{f_{1\text{нагр.макс}}}{f_{1\text{н}}}\right]^x - U_{10}\right) \cdot \left[\frac{f_{1\text{нагр.макс}}}{f_{1\text{н}}}\right]^x, \text{В} \qquad (1)$$

где $U_{10}$ – начальное значение напряжения;

$U_{1\text{н}}$ – номинально значение напряжения;

$f_{1\text{н}}$ – номинально значение частоты;

x – степень, в зависимости от закона управления преобразователя (x=1, при $M_c = const$.)

Начальная частота инвертора выбирается из условия $f_{\text{и.нач}} \leq f_{\text{и.мин}}$.

Так как включение электропривода происходит при начальной частоте инвертора $f_{\text{и.нач}}$, то её величину следует взять малой (3…5Гц). Самое маленькое возможное значение частоты $f_{\text{и.нач}}$ можно найти из условия [3]:

$$s_k(f_{\text{и.нач}}) = R_2' \cdot \sqrt{\frac{1 + \left(\frac{R_1}{X_\mu \cdot f^*_{\text{и.нач}}}\right)^2}{R_1^2 + (X_{\text{кн}} \cdot f^*_{\text{и.нач}})^2}} = 1, \qquad (2)$$

где $f^*_{\text{и.нач}} = \frac{f_{\text{и.нач}}}{f_{1\text{н}}}$.

Далее при найденном значении частоты $f_{\text{и.нач}}$ определяют критический момент двигателя [2]:

$$M_k(f_{\text{и.нач}}) = \frac{3 \cdot U_{1\text{ф}}^2 \cdot R_2'}{2 \cdot \omega_0 \cdot f^*_{\text{и.нач}} \cdot \left(R_1 + \sqrt{[R_1^2 + (X_{\text{кн}} \cdot f^*_{\text{и.нач}})^2] \cdot \left[1 + \left(\frac{R_1}{X_\mu \cdot f^*_{\text{и.нач}}}\right)^2\right]}\right)}, \qquad (3)$$

где $U_{1\text{ф}} = U_{1\text{фн}} \cdot \left[\frac{f_{\text{и.нач}}}{f_{1\text{н}}}\right]^x$ – фазное напряжение обмотки статора соответствующее выбранному закону регулирования.

Если выполняется условие:

$$M_k(f_{\text{и.нач}}) \geq M_{\text{эп.макс}(\omega_{\text{дв}}=0)}, \qquad (4)$$

где $M_{\text{эп.макс}(\omega_{\text{дв}}=0)}$ – максимальное значение момента электропривода при нулевой скорости;

то можно принять найденное значение начальной частоты $f_{\text{и.нач}}$, Гц и корректировка вольт-частотной характеристики не требуется.

Если же условие (4) не выполняется, то при найденной величине начальной частоты рассчитывается необходимое значение напряжения двигателя $U_{1\text{ф}}(f_{\text{и.нач}})$, при котором $M_k(f_{\text{и.нач}}) = M_{\text{эп.макс}(\omega_{\text{дв}}=0)}$:

$$U_{1ф}(f_{и.нач}) = \sqrt{\frac{M_{эл.макс(\omega_{дв}=0)} \cdot 2 \cdot \omega_0 \cdot f^*_{и.нач} \cdot \left\{(R_1 + R'_2)^2 + (X_{кн} \cdot f^*_{и.нач})^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R'_2}{X_\mu \cdot f^*_{и.нач}}\right)^2\right\}}{3 \cdot R'_2}} \quad (5)$$

Для найденных значений напряжения $U_{1ф}(f_{и.нач})$ и частоты $f_{и.нач}$ при $s = 1$ рассчитывается величина пускового тока $I_1(f_{и.нач}; \omega_0 = 0)$.

Если выполняется условие:

$$U_{1ф}(f_{и.нач}) - U_{1ф} \leq I_1 \cdot R_1(f_{и.нач}; \omega_0 = 0), \quad (6)$$

то в простейших структурах электропривода может быть скорректирована вольт-частотная характеристика.

Для того чтобы скорректировать вольт-частотную характеристику, необходимо определить начальное значение напряжения:

$$U_{10} = \frac{U_{1ф}(f_{и.нач}) - U_{1фн} \cdot \left(\frac{f_{и.нач}}{f_{1н}}\right)^x}{1 - \left(\frac{f_{и.нач}}{f_{1нагр.макс}}\right)^x}, \text{В}. \quad (7)$$

**Результаты исследования.** В качестве примера была рассмотрена вентиляторная нагрузка и были получены следующие вольт-частотные характеристики.

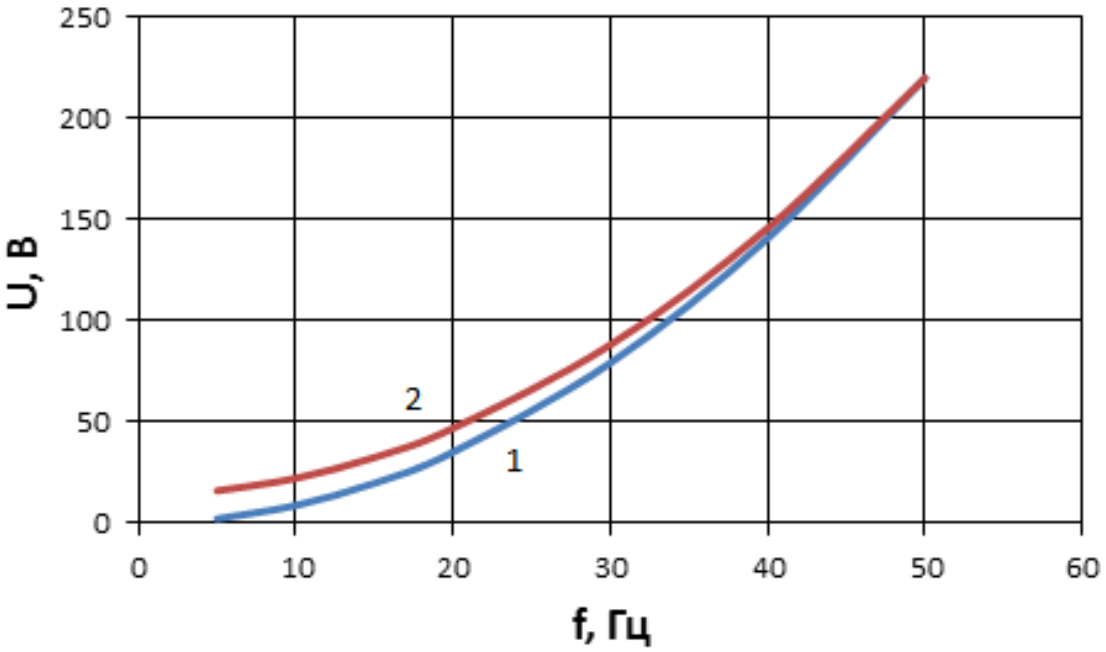



**Рис. 1.** Вольт-частотные характеристики преобразователя при законе регулирования $U_1/f_1^2$ 1 – до корректировки, 2 – после корректировки

Механические характеристики до коррекции вольт-частотной характеристики:

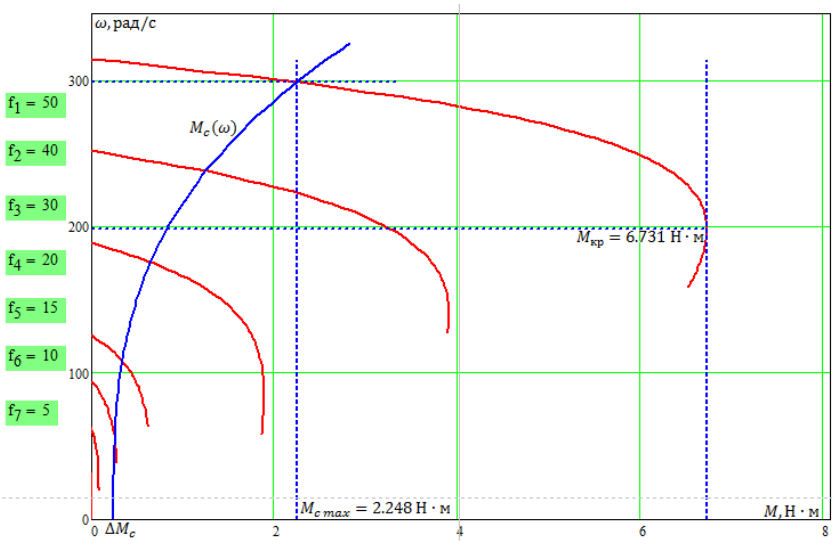



**Рис. 2.** Механические характеристики $M(\omega)$ системы «преобразователь-двигатель-механизм» при законе регулирования $U_1/f_1^2$

Механические характеристики после коррекции вольт-частотной характеристики:

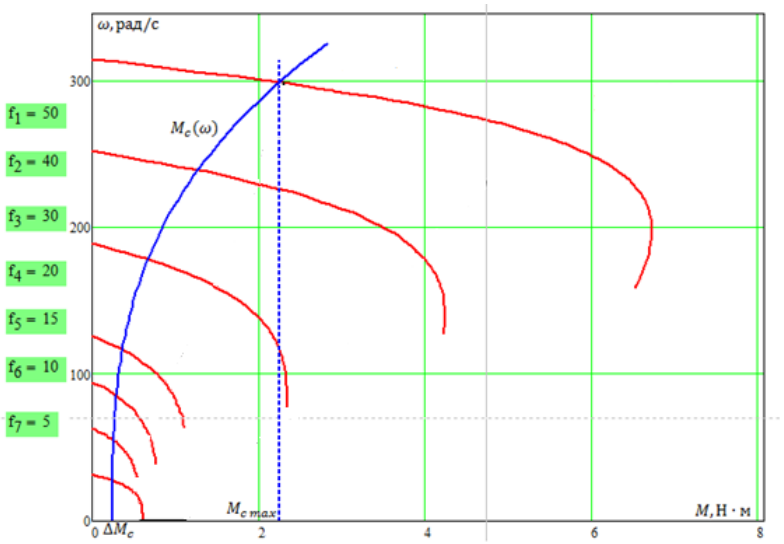



**Рис. 3.** Механические характеристики $M(\omega)$ системы «преобразователь-двигатель-механизм» при настройке вольт-частотной характеристики

**Обсуждение, выводы.** На представленных механических характеристиках видно, как отчетливо меняется развиваемый двигателем момент. Из рис. 2 видно, что электропривод не может запуститься с частоты 5Гц, так как ему не хватает момента для преодоления нагрузки на валу. Для решения этой проблемы, мы рассчитали вольт-частотную характеристику.

Из рис. 3 видно, что электропривод запускается с частоты 5Гц и обеспечивает перегрузочную способность во всем диапазоне регулирования.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Удут Л.С. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов: учебное пособие. Ч. 8. Асинхронный частотно-регулируемый электропривод / Л.С. Удут, О.П. Мальцева, Н.В. Кояин; Томский политехнический университет. – 2-е изд., перераб. и доп. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 648 с.

[2] Чернышев А.Ю., Кояин Н.В. Проектирование электрических приводов: Учебно-методическое пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 120 с.

[3] Чернышев А.Ю. Электропривод переменного тока: учебное пособие / Чернышев А.Ю., Дементьев Ю.Н., Чернышев И.А.; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 213 с.

[4] Удут. Л.С., Мальцева О.П., Кояин Н.В. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Ч. 7. Теория оптимизации непрерывных многоконтурных систем управления электроприводов: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 164 с.

[5] Терехов В.М. Системы управления электроприводов: учебник для студ. высш. учеб. Заведений / В.М. Терехов, О.И. Осипов; под ред. В.М. Терехова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 304 с.

[6] Лезнов Б. С. Частотно-регулируемый электропривод насосных установок. – М.: Машиностроение, 2013. – 176 с.

[7] Онищенко Г.Б. Теория электропривода: учебник. – М: Издательство Инфра-М, 2015. – 294с.

[8] Фролов Ю.М., Шелякин В.П. Регулируемый асинхронный электропривод: учебное пособие. – Санкт-Петербург: Издательство Лань, 2016. – 464с.

[9] Москаленко В.В. Системы автоматизированного управления электропривода: учебник. – М: Издательство Инфра-М, 2014. – 208с.

[10] Данилов П., Барышников В., Рожков В. Теория электропривода: учебное пособие. – М: Издательство Директ-Медиа, 2018. – 417с.

Набунский И.А.

**Жиілікті түрлендіргіш – асинхронды қозғалтқыш жүйесінің вольт – жиіліктік сипаттамасын есептеу**

**Аңдатпа.** Бұл жұмыста асинхронды қозғалтқыштың қайта жүктелу қабілеттілігі мен реттелу диапазонын ұлғайту мүмкіншілігі қарастырылады. Вольт – жиіліктік сипаттамаларын есептеуге арналған формулалар келтірілген. Вольт – жиіліктік сипаттаманың реттелуі асинхронды қозғалтқыштағы жиілікті түрлендіргіш жүйесіндегі механикалық сипаттамаларына тигізетін әсері көрсетілген. Істелінген жұмысқа қорытынды келтірілген.

**Кілттік сөздер:** вольт - жиіліктік сипаттама, жиілікті түрлендіргіш, асинхронды машина, қозғалтқыштың жұмыс режимі, механикалық сипаттама.

УДК 621.38; 004.9

**[1]M. Kunelbayev, [2]B. Amirgaliyev, [1,2]T. Merembayev, [1]D. Yedilkhan,**
**[1]T. Sundetov, [1]T. Ormanov**
([1]Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK, Kazakhstan
[2]International Information Technology University, Kazakhstan
e-mail: murat7508@yandex.kz)

**A COMPUTER MODEL OF THE MANAGEMENT OF THE SUPERVISORS FOR COLLECTORS WITH A THERMOSYPHON CIRCULATION**

**Abstract.** In this paper, we consider the control algorithm and software for creating a digital platform based on Mojo v3 for monitoring the operation of a two-circuit flat solar collector with thermosyphon circulation. The control algorithm is developed and investigated and the software product for control of temperature data of a two-circuit solar collector with thermosyphon circulation is created. The possibilities of configuration of sensors for the platform Mojo v3, and a control circuit for the solar collectors.

**Keywords:** solar energy, flat solar collector, platform, Mojo v3, a management controller.

**[1]М. Кунелбаев, [2]Б.Е.Амиргалиев, [1,2]Т. Мерембаев, [1]Д. Едилхан,**
**[1]Т. Сундетов, [1]Т. Орманов**
([1]Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, Казахстан, Алматы
[2]Международный университет информационных технологий, Казахстан
e-mail: murat7508@yandex.kz)

**СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВУХКОНТУРНЫМ СОЛНЕЧНЫМ КОЛЛЕКТОРОМ С ТЕРМОСИФОННОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ НА БАЗЕ КОНТРОЛЛЕРОВ**

**Аннотация.** В настоящей работе рассматривается алгоритм управления и программное обеспечение создания цифровой платформы на базе Mojo v3 для мониторинга за функционированием двухконтурного плоского солнечного коллектора с термосифонной циркуляцией. Разработан и исследован алгоритм управления и создан программный продукт для управления температурными данными двухконтурного солнечного

коллектора с термосифонной циркуляцией. Рассмотрены возможности конфигурирования датчиков для платформы Mojo v3, а также схема управления гелиоколлектором.

**Ключевые слова:** солнечная энергия, плоский солнечный коллектор, платформа Mojo v3, контроллер управления.

**Введение.** Использования возобновляемых источников энергии способствуют распространению постоянного увеличения спроса на энергию и на расширение участия экологически чистых технологий. Фототермическое преобразование в солнечных тепловых системах является одним из наиболее распространенных способов использования этой энергии [1,2]. Необходимость предоставления соответствующих рабочих параметров системы обеспечивает использование правильно выбранных и настроенных контроллеров. Солнечные контроллеры производятся многими компаниями и фирмами[3,4,5,6]. Несмотря на широкий спектр доступных решений, контроллеры по-прежнему в основном являются устройствами с замкнутой структурой и практически не имеют возможностей расширения. С другой стороны, гибкие решения, основанные на программируемых контроллерах (PLC Programmable Logic Controller), применимы только в больших системах из-за очень высокой стоимости ПЛК [7]. Однако в последнее время можно заметить растущий спрос на модульные контроллеры, полностью программируемые, которые позволяют интегрировать несколько систем в единую операционную систему. Не менее важным для пользователей представляется реализация ряда дополнительных функций. Например, система управления и контроля через Интернет [9] или использование источника питания с фотоэлектрическими панелями [10, 11]. До настоящего времени реализации таких систем полагались только на ПЛК, однако из-за их высокой стоимости они редко используются в жилых установках. Хотя модульность и расширяемость уже предлагаются несколькими производителями солнечных контроллеров, например, [5] Однако программное обеспечение этих устройств все еще закрыто. С распространением недорогих платформ микроконтроллеров, таких как Arduino [8], стало возможным проектировать контроллеры в небольшой серии и адаптировать их программное обеспечение к потребностям конкретного клиента. Также стоит отметить, что такие контроллеры могут быть легко модернизированы при расширении поддерживаемой системы. Независимо от конструкции, солнечные контроллеры для нестандартных, сделанных на заказ установок должны соответствовать требованиям, определенным стандартом PN-EN 12977 [12, 13].

**1 Прототип модульного контроллера для солнечной тепловой системы**

Контроллеры, предназначены для управления солнечными тепловыми установками, в частности, должны характеризоваться модульной структурой. Это позволяет обновить функциональность контроллера с дальнейшим развитием установки. В этой главе представлен пример прототипа модульного солнечного контроллера, основанного на свободно программируемой платформе Mojo v3 FPGA board [8]. Блок-схема контроллера показана на (рис. 1). Прототип контроллера состоит из центрального блока, объединяющего все основные функции управления, и трех основных модулей расширения: системный мониторинг, резервное электропитание и метеостанция.

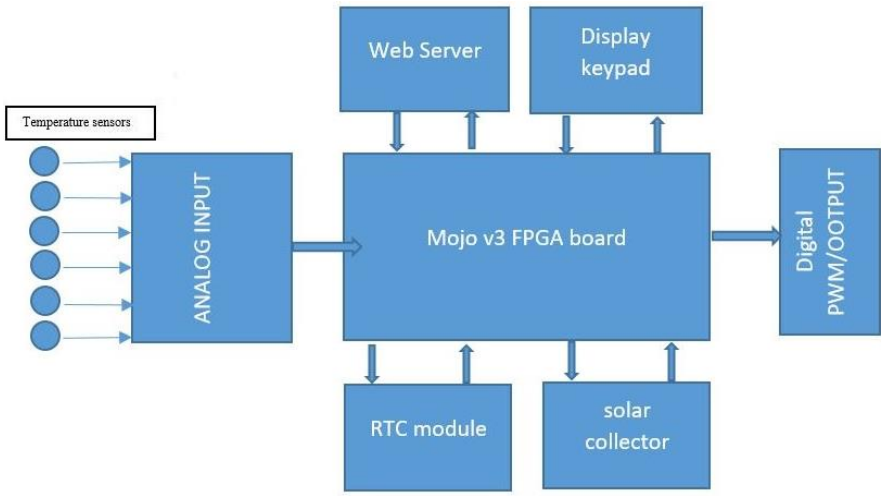



**Рис. 1.** Блок-схема контроллера управления двухконтурной гелиоустановки с термосифонной циркуляцией

Центральный блок солнечного контроллера основан на платформе Arduino Ethernet (рисунок 2). В этой системе используется микроконтроллер Atmel ATmega328, работающий на тактовой частоте 16 МГц. Оснащенный коммуникационными интерфейсами, такими как SPI, I2C [16] и Ethernet, позволяет подключать несколько дополнительных модулей. Для обеспечения элементарного локального обслуживания контроллер оснащен небольшим графическим дисплеем (диагональ 1,8 дюйма, разрешение 160 × 128 пикселей), который обменивается данными с микроконтроллером через шину SPI. В дополнение к коммуникационным интерфейсам центральный блок оснащен 6 аналоговыми входами (например, для датчиков температуры) и 9 доступными цифровыми входами / выходами (включая 4 ШИМ для управления скоростью насоса). Это количество каналов ввода / вывода позволяет настроить программное обеспечение для поддерживаемая установка. Микроконтроллер программируется на языке, аналогичном C, с использованием среды разработки программного обеспечения Arduino IDE.

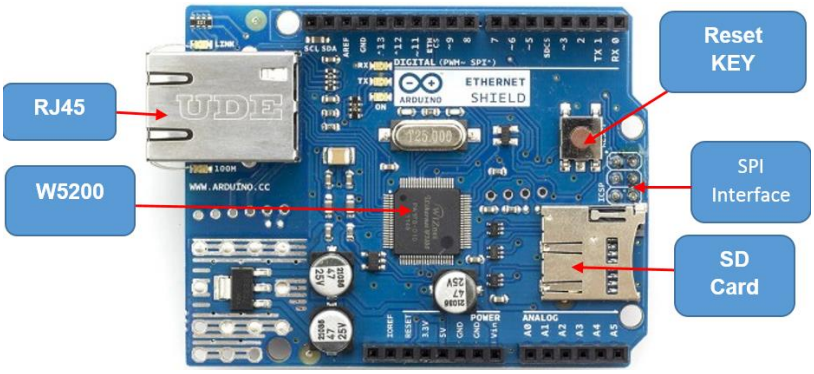



**Рис. 2.** Модель гелиоколлектора с термосиффоном

RJ45- порт Ethernet, Reset KEY- сброс Ethernet щита и Arduino при нажатии; SD-карта- поддержка Micro SD-карты в FAT16 или FAT32; максимальный объем памяти составляет 2 ГБ; IC W5200- аппаратный контроллер TCP / IP Ethernet.

В представленном контроллере предусмотрен ряд функций мониторинга для солнечной установки. Использование слота для карты памяти micro-SD, встроенного в систему Arduino, позволяет реализовать регистратор данных, записывающий выбранные данные о работе установки. Диаграмма (Рис. 3) приведен образец записанных данных выбранных параметров работы солнечной установки. Большое количество измерительных каналов позволяет добавить дополнительные датчики температуры на входе и выходе солнечного коллектора, а также расходомер. Использование этих датчиков позволяет реализовать теплосчетчик, который можно использовать при анализе эффективности солнечной энергии. Общий доступ к Интернету дает возможность для мониторинга многих современных систем через Интернет [9]. Прототип контроллера представляет собой простое программное обеспечение веб-сервера, которое позволяет контролировать работу установки на компьютере (или мобильных устройствах, таких как смартфоны) в домашней сети. В целях безопасности эти данные не должны публиковаться в Интернете. Уведомление о событиях через SMS в прототипе системы не было реализовано, хотя это полезная функция. Однако возможно дальнейшее расширение системы с использованием дополнительного модуля связи GSM. Для обслуживания относительно небольших солнечных установок это представляется невыгодным, поскольку требует дополнительных сборов за передачу данных. Уведомление по электронной почте с использованием встроенного модуля Ethernet представляется лучшим решением для такой системы.

**Эксперимент**

В настоящем исследовании шесть цифровых температурных датчиков (Dallas DS18B20) 2,3,4,5,6,7 регистрирует температуру плоского солнечного коллектора с термосифоном. Датчики контролируются программируемой логистической интегральной схемой 1 Mojo v3. Записи показания температур, хранящихся на ETHERNET modul 9, в каждые интервалы времени 5с отправляет температурные данные и состояния клапанов 10. Часы реального времени (RTC) 8, записывают дату и время измерений температурных данных, отправляя их на программируемую логистическую интегральную схему Mojo v3. Шесть датчиков подключены к плате Mojo v3. с шестью электрическими проводами, запрограммированный на языке VHDL, что после обработки данных

температуры, дата и время, полученные от RTC 8, соответственно, сохраняют их в XML (расширяемый язык разметки) в ETHERNET module.

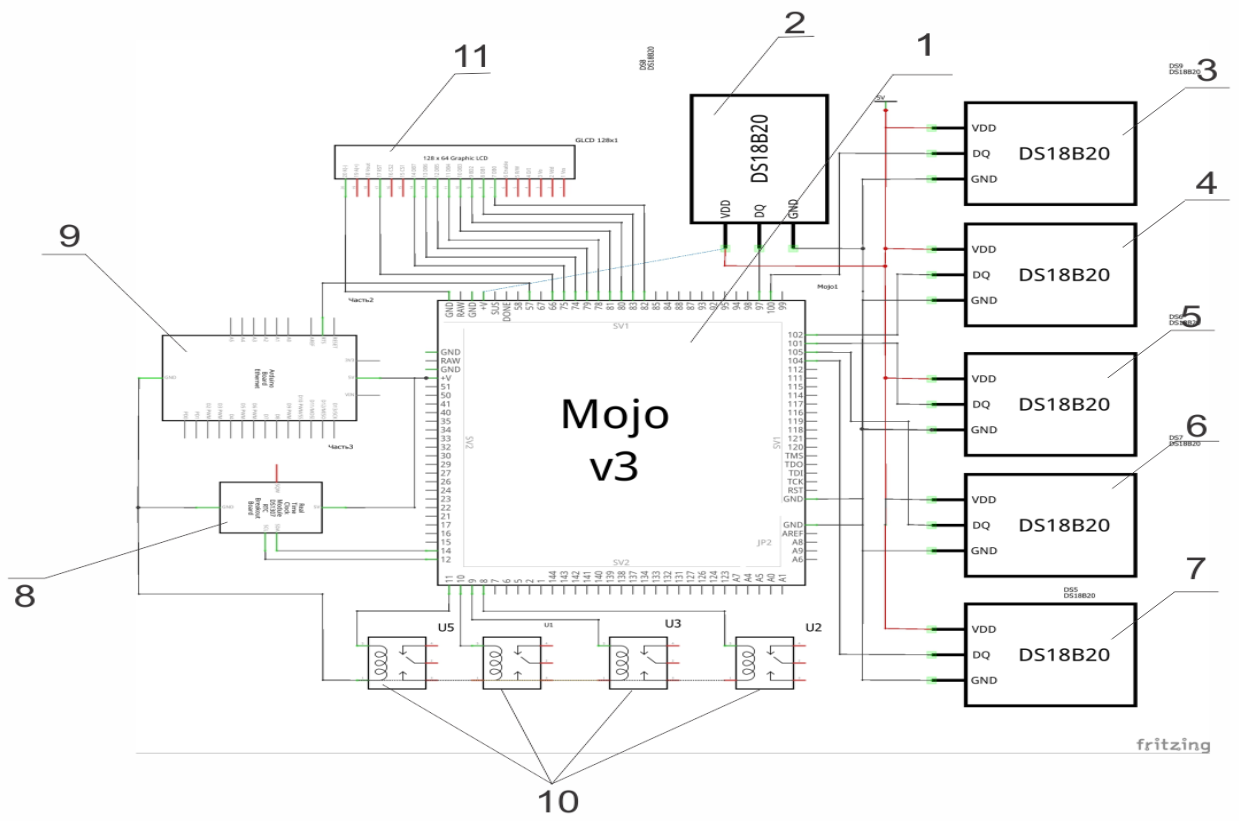



**Рис. 3.** Принципиальная схема соединения Mojo V3 с датчиками системы управления контроллером

Язык XML облегчает обработку этих данных путем автоматической или ручной интерпретации программ электронных таблиц данных. Температурные данные, дата, время и состояния клапанов системы работы установки отображаются на дисплее 11.

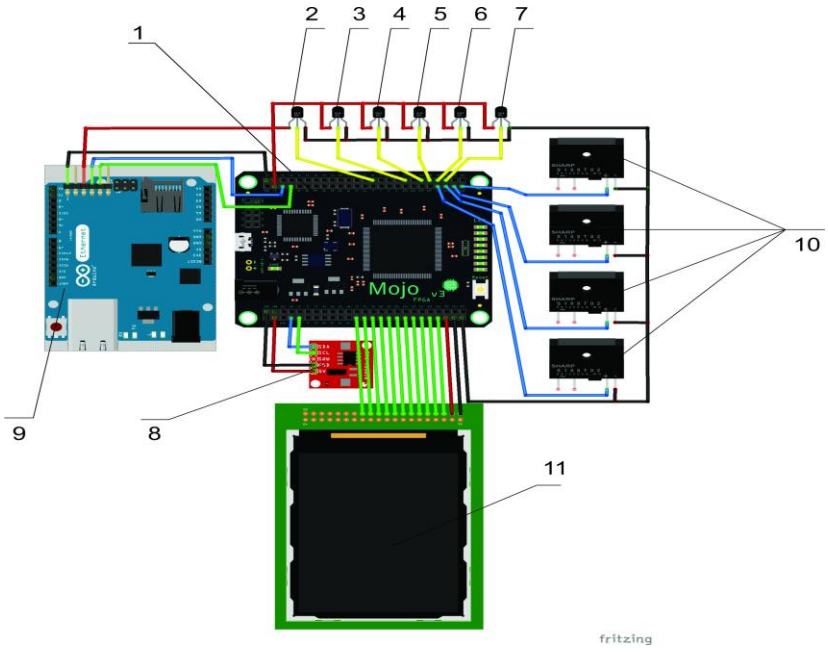



**Рис.4.** Принципиальная схема контроллера на платформе Mojo v3

Для создания и исследования платформы мониторинга тепловой системы управления солнечной установки основанной на использовании платформы Mojo v3, описан принцип работы каждого элемента, из которого будет выполнен контроллер сетевого управления и мониторинга.

Mojo v3 является программно-логической интегральной схемой Spartan 6 XC6SLX9 FPGA, 84 с цифровыми ввод-выводами, 8 аналоговыми входами. 8 светодиодов общего назначения, 1 кнопка сброса, 1 светодиод, чтобы показать, когда FPGA правильно настроен.

Встроенное регулирование напряжения может выдержать 4,8 В - 12 В. А так же состоит из микроконтроллера (ATmega32U4), используемый для настройки FPGA, USB-связи и считывания аналоговых выводов. Встроен совместимый загрузчик Arduino, позволяющий легко программировать и микроконтроллер. На борту флэш-памяти для хранения файла конфигурации FPGA версия Mojo v3 отличается более надежным портом USB, чем v2, незначительными косметическими изменениями и обновленным микроконтроллером с дополнительной памятью для добавления собственного кода.

На рисунке 5 показан цифровой измеритель температуры DS18B20 особенностью которого является, то что цифровой измеритель температуры, имеет разрешение преобразования 9-12 разрядов и функцией тревожного сигнала контроля за температурой. Параметры контроля могут быть заданы пользователем и сохранены в энергонезависимой памяти датчика.

DS18B20 обменивается данными с микроконтроллером по однопроводной линии связи, используя протокол интерфейса 1-Wire.

Питание датчика может получать непосредственно от линии данных, без использования внешнего источника. В этом режиме питание датчика происходит от энергии, запасенной на паразитной емкости.




**Рис. 5.** Цифровой измеритель температуры DS18B20

Диапазон измерения температуры составляет от -55 до +125 °C. Для диапазона от -10 до +85 °C погрешность не превышает 0,5 °C.

У каждой микросхемы DS18B20 есть уникальный серийный код длиной 64 разряда, который позволяет нескольким датчикам подключаться на одну общую линию связи. Т.е. через один порт микроконтроллера можно обмениваться данными с несколькими датчиками, распределенными на значительном расстоянии. Режим крайне удобен для использования в системах экологического контроля, мониторинга температуры в зданиях, узлах оборудования.

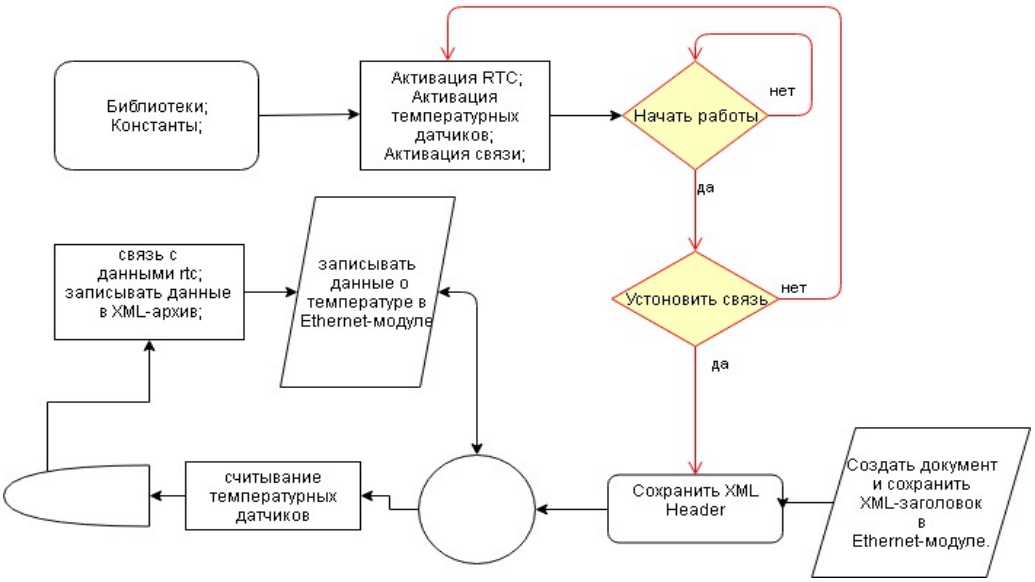



**Рис. 6.** Блок-схема алгоритма управления солнечного контроллера

В системе управление солнечным коллектором построен оптимальный алгоритм. В начала алгоритма программа активирует библиотеки и константы, потом подключается модуль часы в реальном времени, активация температурных датчиков и активация связи с сервором. Если все устроиства активируется, тогда устанавливается связь, если нет, тогда начинается работы активация. Если связь установлена с сервером тогда сохраняется xml файл в Ethernet модуле. Потом считываются температурные данные датчиков и записываются данные о температуре в Ethernet модуле.

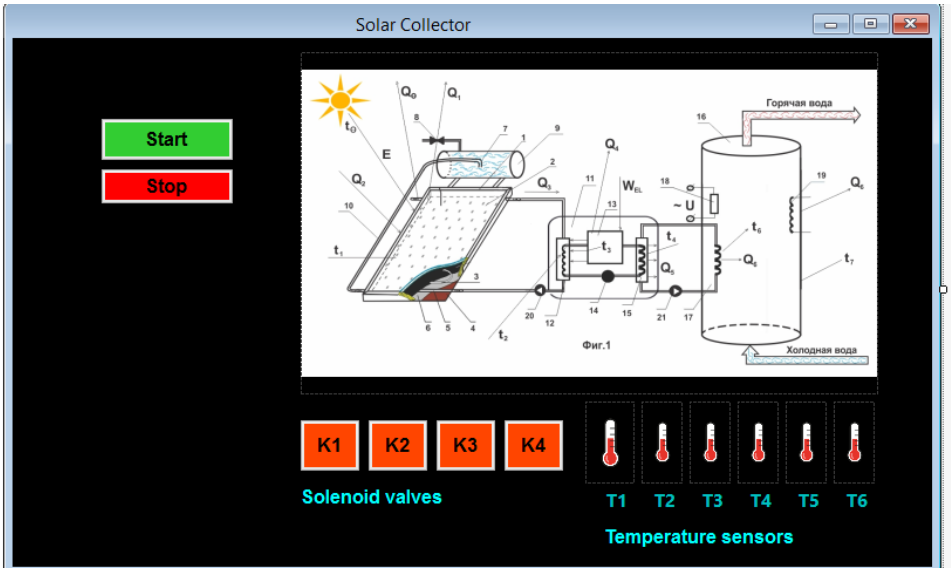



**Рис. 7.** Интерфейс управления программного обеспечения солнечного котроллера

На рисунке 7 приведена система управления двухконтурной гелиоустановки с термосиффонной циркуляцией. Интерфейс управления программного обеспечения солнечного котроллера состоит из самой системы рисунок (1), четырех индикаторов состояния клапанов, шести температурных датчиков для связи с контроллером, кнопкой старт и стоп.

**Заключение**

В настоящей работе разработан и исследован новый контроллер управления двухконтурного гелиоколлектора с термосифонной циркуляцией. Для создания и исследования платформы мониторинга тепловой системы управления солнечной установки на базе двухконтурного плоского

солнечного коллектора основанной на использовании платформы Mojo v3, описан принцип работы каждого элемента, из которого выполнен контроллер сетевого управления и мониторинга. Разработан алгоритм программы, которая активирует библиотеки и константы, вдальнейшем подключается модуль часы в реальном времени, активация температурных датчиков и активация связи с сервером.

Работа выполнена при поддержке гранта МОН РК BR05236693, выполняемой в Институте информационных и Вычислительных Технологий КН МОН РК, по контракту №318 от 30.03.2018.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Kalogirou S., Solar thermal collectors and applications, Progress in Energy and Combustion Science, 30, 2004, 231–295.

[2] Wang Z., Yang W., Qiu F., Zhang X., Zhao X., Solar water heating: From theory, application, marketing and research, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 41, 2015, 68–84.

[3] ]http://www.compit.pl/katalog/kategoria_12_regulatory-ukladow-solarnych.html [online: 02.06.2015]. 86

[4] http://www.geco.pl/prod.php?id=169&lang=pl [online: 02.06.2015].

[5] http://www.steca.com/index.php?Solar_Electronics_by_Steca [online: 02.06.2015].

[6] http://www.caleffi.com/usa/en-us/catalogue/solar-1 [online: 02.06.2015].

[7] Nagaraju J., Garud S.S., Ashok Kumar K., Ramakrishna Rao M., 1MWth industrial solar hot water system and its performance, Solar Energy, 66, 1999, 491–497.

[8] http://www.arduino.cc [online: 02.06.2015].

[9] Stettler S. et al., Web-based functionality check for solar heating systems, Energy Procedia, 48, 2014, 674–680.

[10] Porzuczek J., Zabezpieczenie ciągłości zasilania w małych systemach HVAC, Przegląd Naukowo-Metodyczny, nr 24, Poznań 2014, 665–670.

[11] Grassie T., MacGregor K., Muneer T., Kubie J., Design of a PV driven low flow solar domestic hot water system and modeling of the system collector outlet temperature, Energy Conversion and Management, 43, 2002, 1063–1078.

[12] PN-EN 12977-5:2012, Słoneczne systemy grzewcze i ich elementy – Systemy wykonywane na zamówienie, Część 5: Metody badania wydajności wyposażenia regulacyjnego.

[13] Peter M., Drück P., Testing of controllers for thermal solar systems, Solar Energy, 82, 2008, 676–685.

[14] Muralidhar G.K., Nagaraju J., Mohan S., Differential temperature controller: An energy conservative device for solar water heating system, Energy Conversion and Management, Vol. 31, issue 1, 1991, 61–63.

[15] Kicsiny R., Farkas I., Improved differential control for solar heating systems, Solar Energy, 86, 2012, 3489–3498.

[16] Mielczarek W., Szeregowe interfejsy cyfrowe, Helion 1993. [17] http://www.label.pl/po/rek900.mx.html [online: 02.06.2015].

Кунелбаев М., Амиргалиев Б.Е., Мерембаев Т., Едилхан Д., Сундетов Т., Орманов Т.

**Контроллер негізіндегі термосифонды айналмалы екіконтурлы күн коллекторын басқару жүйесі**

**Аңдатпа.** Берілген жұмыста термосифонды айналмалы екіконтурлы жазық күн коллекторының жұмыс жасауын бақылауға арналған Mojo v3 негізіндегі сандық платформасын құрудың программалық жабдықтамасы мен басқару алгоритмі қарастырылады. Термосифонды айналмалы екіконтурлы күн коллекторының температуралық берілген ақпараттарын басқару үшін программалық өнім құрылып, басқару алгоритмі зерттелді және жасалынды. Mojo v3 платформасы үшін датчиктерді конфигурациялау мүмкіндіктері, сонымен қатар гелиоколлекторды басқару схемасы да қарастырылды.

**Кілттік сөздер:** күн энергиясы, жазық күн коллекторы, Mojo v3 платформасы, басқару контроллері.

УДК 519.65

**[1]M.T. Kalimoldayev, [1]B.G. Mukanova, [1]M.A. Akhmetzhanov**
([1]Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK, Kazakhstan, Almaty
e-mail: mnk@ipic.kz, mbsha01@gmail.com, maks714@mail.ru,)

## MINIMIZATION RODS' TOTAL LENGTH OF THE OF THE WORKING DEVICE OF THE ROBOT 3 RPR

**Abstract.** In this paper, we consider the plane motion of a mobile platform of a 3RPR type robot with three degrees of freedom [3]. For each time point, it is required to solve the minimization problem. The requirement of constancy of the rotation angle of the platform is obtained. Jacobian is used in the transition from the speeds of actuators to the generalized speeds of the working tool. Namely, in the ability to express the speed of the working tool through the speeds of the actuators. The provisions of the actuators for a given movement of the platform.

The law of motion of the platform, corresponding to the forward movement of the platform at a zero angle of the platform, is considered.

**Keywords:** approximation, nonlinear system, nonlinear inequalities, approximation of the working area, robot, parallel manipulator.

**[1]М.Н. Калимолдаев, [1]Б.Г. Муканова, [1]М.А.Ахметжанов**
([1]Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, Казахстан, Алматы
e-mail: mnk@ipic.kz, mbsha01@gmail.com, maks714@mail.ru)

## МИНИМИЗАЦИЯ СУММАРНОЙ ДЛИНЫ ШТАНГ ДВИЖЕНИЯ РАБОЧЕГО УСТРОЙСТВА РОБОТА 3RPR

**Аннотация.** В данной работе рассмотрено плоское движение подвижной платформы робота типа 3RPR с тремя степенями свободы[3]. Для каждого момента времени требуется решить задачу минимизации. Получено требование постоянства угла поворота платформы. Используется якобиян при переходе от скоростей актуаторов к обобщенным скоростям рабочего инструмента. А именно, в возможности выразить скорости рабочего инструмента через скорости актуаторов. Определено положений актуаторов для заданного движения платформы.

Рассмотрен закон движения платформы, соответствующий поступательному движению платформы при нулевом угле платформы.

**Ключевые слова:** аппроксимация, нелинейные системы, нелинейные неравенства, аппроксимация рабочей области, робот, параллельный манипулятор.

**Введение.** Рассмотрим плоское движение подвижной платформы робота типа 3RPR с тремя степенями свободы. В качестве координат, определяющих движение платформы, примем координаты центра масс платформы, которые будем обозначать через (x, y) либо (xC, yC) в зависимости от контекста и угол поворота платформы φ.

Пусть закон траектория движения центра масс платформы известна. Обычно эта траектория зависит от технологических условий и определяется выполняемой роботом задачей. Допустим, что центральная точка платформы является стартовой позицией робота.

Зададимся вопросом: как следует менять угол поворота платформы, чтобы во все время движения робота по заданной траектории суммарная длина штанг, приводящих робот в движение, была минимальна?

Длина штанги в каждый момент движения задается длинами векторов $A_1B_1$, $A_2B_2$, $A_3B_3$

Итак, нам следует во все время движения минимизировать суммарную длину штанг.

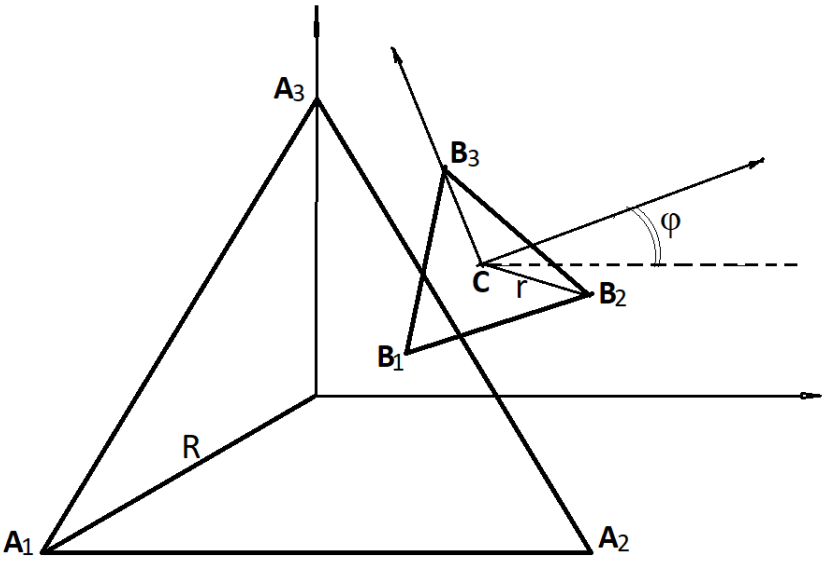



**Рис. 1.** Подвижная и неподвижная платформы и связанные системы отсчета

Построим функционал качества для данной задачи. При заданном законе движения центра и угла поворота платформы координаты точек $B_i$ определяются соотношениями:

$$\begin{aligned} x_i^B &= x(t) + \xi_i \cos\varphi(t) - \eta_i \sin\varphi(t), \\ y_i^B &= y(t) + \xi_i \sin\varphi(t) + \eta_i \cos\varphi(t). \\ i &= \overline{1,3}. \end{aligned} \tag{1}$$

Здесь

$$\begin{aligned} &\xi_1 = -r\sqrt{3}/2, \quad \eta_1 = -r/2, \\ &\xi_2 = r\sqrt{3}/2, \quad \eta_2 = -r/2, \\ &\xi_3 = 0, \quad \eta_3 = r. \end{aligned} \tag{2}$$

есть координаты вершин $B_1B_2B_3$ в системе с центром в точке С в подвижной системе координат, жестко связанной с платформой $B_1B_2B_3$, $r$ – радиус окружности описанной вокруг $B_1B_2B_3$.

С учетом (2) координаты вершин (1) расписываются в виде:

$$\begin{aligned} x_1^B &= x_C - 0.5\sqrt{3}r\cos\varphi + 0.5r\sin\varphi \\ y_1^B &= y_C - 0.5\sqrt{3}r\sin\varphi - 0.5r\cos\varphi, \\ x_2^B &= x_C + 0.5\sqrt{3}r\cos\varphi + 0.5r\sin\varphi, \\ y_2^B &= y_C + 0.5\sqrt{3}r\sin\varphi - 0.5r\cos\varphi, \\ x_3^B &= x_C - r\sin\varphi, \\ y_3^B &= y_C + r\cos\varphi, \end{aligned} \tag{3}$$

В неподвижной системе координат с началом в центре тяжести основания координаты неподвижного основания задаются как:

$$\begin{aligned} &x_1^A = -\sqrt{3}R/2, \; y_1^A = -R/2, \\ &x_2^A = \sqrt{3}R/2, \; y_2^A = -R/2, \\ &x_3^A = 0, \; y_3^A = R. \end{aligned} \tag{4}$$

Для каждого момента времени требуется решить задачу минимизации:

$$J[\varphi] = \sum_{i=1}^{3}\left(x_i^B - x_i^A\right)^2 + \left(y_i^B - y_i^A\right)^2 \xrightarrow[\varphi]{} \min. \tag{5}$$

Подставляя в (3.5) значения координат (3.3), (3.4), получаем:

$$\begin{aligned} J[\varphi] &= \left(x_C - 0.5\sqrt{3}r\cos\varphi + 0.5r\sin\varphi + \sqrt{3}R/2\right)^2 + \left(y_C - 0.5\sqrt{3}r\sin\varphi - 0.5r\cos\varphi + R/2\right)^2 \\ &+ \left(x_C + 0.5\sqrt{3}r\cos\varphi + 0.5r\sin\varphi - \sqrt{3}R/2\right)^2 + \left(y_C + 0.5\sqrt{3}r\sin\varphi - 0.5r\cos\varphi + R/2\right)^2 \\ &+ \left(x_C - r\sin\varphi\right)^2 + \left(y_C + r\cos\varphi - R\right)^2 = J_1 + J_2 + J_3 \xrightarrow[\varphi]{} \min \end{aligned} \tag{6}$$

Проведем ряд промежуточных преобразований слагаемых выражения (6).

$$
\begin{aligned}
&J_3 = \left(x_C - r\sin\varphi\right)^2 + \left(y_C + r\cos\varphi - R\right)^2 = \\
&{x_C}^2 - 2x_C r\sin\varphi + r^2\sin^2\varphi + \\
&+(y_C - R)^2 + 2(y_C - R)r\cos\varphi + r^2\cos^2\varphi = \\
&+2r\left((y_C - R)\cos\varphi - x_C\sin\varphi\right) + r^2 + {x_C}^2 + (y_C - R)^2.
\end{aligned}
\tag{7}
$$

Отсюда следует, что минимизация функционала (5) эквивалентна минимизации следующего функционала:

$$
\begin{aligned}
&J[\varphi] = r_1^2 + r_2^2 + r_3^2 + 3r^2 - r\cos\varphi\left(\sqrt{3}x_C + y_C + 2R\right) + r\sin\varphi\left(x_C - \sqrt{3}y_C\right) \\
&+r\cos\varphi\left(\sqrt{3}x_C - y_C - 2R\right) + r\sin\varphi\left(x_C + \sqrt{3}y_C\right) + \\
&-2r\left(x_C\sin\varphi - (y_C - R)\cos\varphi\right) = \\
&= r\sin\varphi\left(x_C - \sqrt{3}y_C + x_C + \sqrt{3}y_C - 2x_C\right) + \\
&r\cos\varphi\left(-\sqrt{3}x_C - y_C - 2R + \sqrt{3}x_C - y_C - 2R + 2y_C - 2R\right) = \\
&r_1^2 + r_2^2 + r_3^2 + 3r^2 - 6Rr\cos\varphi \xrightarrow[\varphi]{} \min.
\end{aligned}
\tag{8}
$$

Не составляет большого труда исследовать экстремумы функции (8) относительно переменной φ.

Если не рассматривать ограничения на углы поворота, то, очевидно, минимум достигается при cos φ =+1, т.е. платформа должна находиться в положении φ = 0 во все время движения. Вторая производная функции

$$J(\varphi) = r_1^2 + r_2^2 + r_3^2 + 3r^2 - 6Rr\cos\varphi$$

есть

$$\frac{d^2}{d\varphi^2}J(\varphi) = 6Rr\cos^2\varphi$$

При φ=0 эта функция строго положительна, что гарантирует наличие строгого минимума в этой точке.

Для проверки результата рассмотрим разные положения платформы для разных углов поворота и рассчитаем суммарную длину штанг для трех разных положений центра подвижной платформы

Таблица 1. **Платформа находится в центре основания** $x_C = 0.5L,\ \mathrm{y}_C = \sqrt{3}L/6$

| | -π/2 | -π/3 | -π/6 | 0 | π/6 | π/3 | π/2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| l1 | 1.826 | 1.528 | 1.265 | 1.155 | 1.265 | 1.528 | 1.826 |
| l2 | 1.826 | 1.528 | 1.265 | 1.155 | 1.265 | 1.528 | 1.826 |
| l3 | 1.826 | 1.528 | 1.265 | 1.155 | 1.265 | 1.528 | 1.826 |
| l1+l2+l3 | 5.477 | 4.583 | 3.796 | 3.464 | 3.796 | 4.583 | 5.477 |

Таблица 2. **Плаформа находится в крайнем нижнем положении,** $x_C = 0.5L,\ \mathrm{y}_C = 0$

| | -π/2 | -π/3 | -π/6 | 0 | π/6 | π/3 | π/2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| l1 | 1.31 | 1.041 | 0.923 | 1.041 | 1.857 | 1.607 | 1.857 |
| l2 | 1.857 | 1.607 | 1.31 | 1.041 | 1.31 | 1.041 | 1.31 |
| l3 | 0.577 | 0.577 | 0.577 | 0.577 | 0.577 | 0.577 | 0.577 |
| l1+l2+l3 | 3.745 | 3.225 | 2.81 | 2.659 | 3.745 | 3.225 | 3.745 |

Таблица 3. **Платформа находится на ребре $A_1A_3$,** $x_C = 0.25L$, $y_C = \sqrt{3}L/8$

| | -π/2 | -π/3 | -π/6 | 0 | π/6 | π/3 | π/2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| l1 | 1.239 | 0.971 | 0.672 | 0.439 | 0.485 | 0.753 | 1.049 |
| l2 | 2.543 | 2.251 | 1.967 | 1.787 | 1.794 | 1.986 | 2.273 |
| l3 | 1.31 | 1.041 | 0.923 | 1.041 | 1.31 | 1.607 | 1.857 |
| l1+l2+l3 | 5.092 | 4.263 | 3.562 | 3.267 | 3.59 | 4.346 | 5.18 |

Как видим на численных примерах, минимальная суммарная длина штанг достигается при поступательном движении платформы, т.е. при постоянном нулевом угле поворота.

Полученное выше требование постоянства угла поворота платформы указывает на то, что оптимальным в этом смысле является поступательное движение с нулевым углом поворота. С другой стороны, формула (11) указывает на то, что при желании уменьшить суммарную длину штанг при ненулевых углах поворота, следует стремиться к значениям угла φ, близким к нулю.

Но, как показано в работе [2], такое движение является сингулярным, т.к. якобиан преобразования скоростей вырождается. Более того, в этой работе построение траектории проводится так, чтобы во все время движения избегать нулевого угла поворота.

Однако, как оказалось, в этом случае, даже если якобиан преобразования равен нулю, удается однозначно решить и прямую и обратную задачи кинематики.

Рассмотрим, как в этом случае решаются обратная и прямая задачи кинематики.

Определение положений актуаторов для заданного движения платформы – это обратная кинематическая задача. В данном случае она решается просто, т.к. матрица при удлинениях штанг диагональная. Для расчета длин штанг достаточно подставить в уравнения закон движения штанги.

Сложнее оказывается определить положение и скорости рабочего инструмента для заданного закона движения актуаторов.

Таким образом, однородная система уравнений имеет только решения с нулевыми скоростями платформы при нулевых скоростях актуаторов. Это означает, что возможно движение с нулевым углом поворота, при этом удлинения штанг должны быть согласованы. Независимо могут задаваться только две длины.

Рассмотрим теперь, как определить закон движения платформы, соответствующий поступательному движению платформы при нулевом угле платформы. Запишем уравнения движения.

$$\begin{pmatrix} 2x & 2y+c & xr \\ -\sqrt{3}c & 0 & \sqrt{3}yr \\ x & y-c & -xr \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} l_1\dot{l}_1 + l_2\dot{l}_2 \\ l_2\dot{l}_2 - l_1\dot{l}_1 \\ l_3\dot{l}_3 \end{pmatrix} \tag{16}$$

Введем обозначения:

$$p(t) = 0.5(l_1^2(t) + l_2^2(t)), \quad q = 0.5(l_2^2(t) - l_1^2(t)), \quad r = 0.5l_3^2 \tag{17}$$

В данных обозначениях система уравнений (16) запишется в виде:

$$2x\dot{x} + (2y+c)\dot{y} = \dot{p}$$
$$-\sqrt{3}c\dot{x} = \dot{q}$$
$$\dot{r} = x\dot{x} + (y-c)\dot{y}.$$

Решения $x(t)$, $y(t)$ определяются из первых двух уравнений:

$$x = \frac{-q(t)}{\sqrt{3}c} + C$$
$$\dot{y} = \frac{\dot{p} - 2x\dot{x}}{(2y + c)} \tag{18}$$

Движение третьей штанги не является независимым и определяется из условия, обеспечивающего поступательный характер движения, а именно интегрированием соотношения:

$$\dot{r} = x\dot{x} + (y - c)\dot{y}. \tag{19}$$

Т.е. решение системы уравнений (18) задается формулами

$$x(t) = \frac{l_1^2(t) - l_2^2(t)}{2\sqrt{3}c}$$
$$y(t) = -0.5c + \sqrt{D} = -0.5c + \sqrt{p(t) - \frac{q^2(t)}{3c^2} - 0.75c^2} \tag{20}$$

При этом поступательное движение возможно, только если движение третьей штанги согласовано с удлинениями первых двух согласно уравнению (19).

Удлинение третьей штанги находим геометрически. Длина третьей штанги равна расстоянию между точками $A_3$ и $B_3$. Координаты этих точек в неподвижной системе координат есть (0, $R$) и ($x(t)$, $y(t)$+r). Соответственно, расстояние между ними есть

$$l_3(t) = \sqrt{x^2(t) + \left(y(t) - c\right)^2} \tag{21}$$

Это же соотношение можно получить интегрированием кинематического соотношения (19):

$$\dot{r} = \frac{1}{2}\frac{d}{dt}\left(x^2 + (y - c)^2\right)$$
$$r(t) = \frac{1}{2}\left(x^2 + (y - c)^2\right) + C = \frac{1}{2}\left(x^2 + (y - c)^2\right).$$
$$l_3 = \sqrt{2r(t)} = \sqrt{x^2 + (y - c)^2}$$

Для проверки формулы (21) мы визуализировали закон движения платформы при заданном законе удлинения двух стержней $A_1B_1$ и $A_2B_2$.

В прилагаемом далее примере геометрические параметры платформ были взяты в виде: R=17.32, r=5.77, что соответствует c=11.55 и сторонам платформ 30 и 10 соответственно; ограничения на длины штанг были заданы lmax=21.93, lmin=1.15.

Закон удлинения штанг был задан как

$$l_1(t) = f_1(t) = (R - r) + 0.4(l_{\max} - l_{\min})\sin(2\pi t)$$
$$l_3(t) = f_2(t) = (R - r) + 0.4(l_{\max} - l_{\min})\sin(\pi t). \tag{22}$$

Чтобы исключить выход за пределы допустимых значений закон корректировался по формулам

$$l_1(t) = \max\left[\min\left(f_1(t), l_{\max}\right), l_{\min}\right]$$
$$l_2(t) = \max\left[\min\left(f_2(t), l_{\max}\right), l_{\min}\right].$$

Длина третьей штанги рассчитывалась по формуле (21), а дискриминант D рассчитывался по формуле (22).

Последовательные положения платформы показаны на рисунке 2, показана также траектория центра, построенная по функциям x(t) и y(t). Графики для функций координат центра подвижной платформы и законы удлинения штанг в данном модельном примере показаны на рисунках 3 и 4 соответственно.

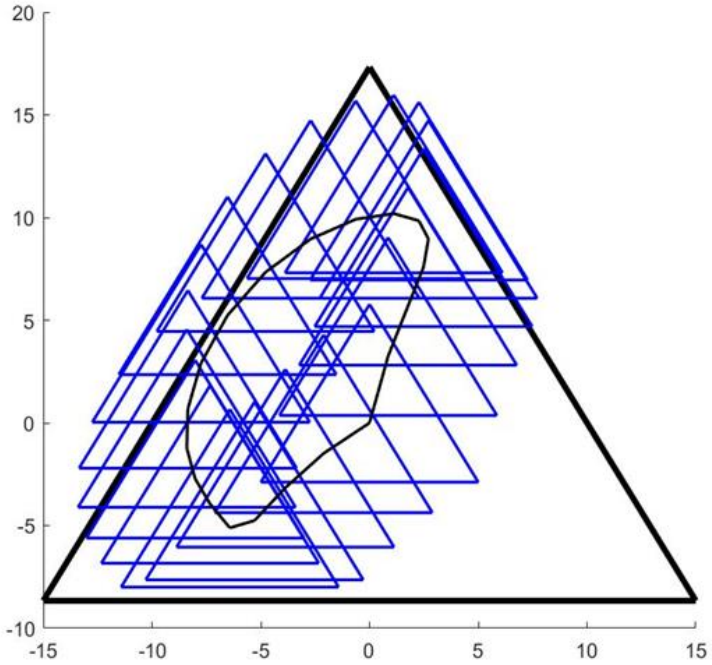



**Рис. 2** – Положения платформы в разные моменты времени при поступательном перемещении

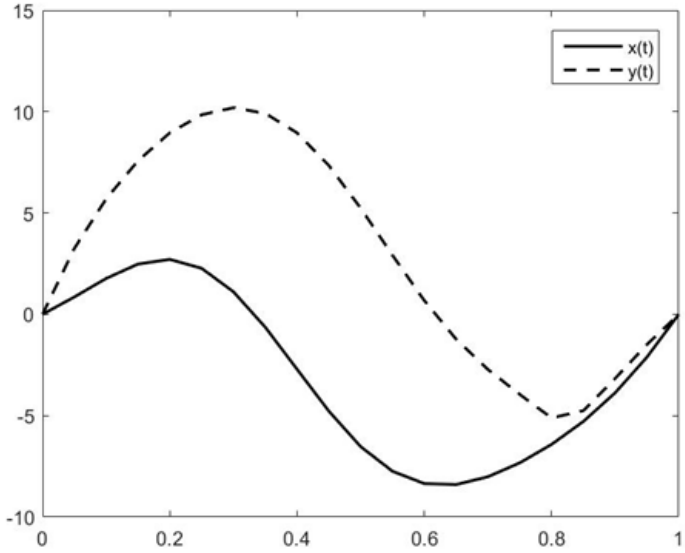



**Рис. 3** – Закон движения центра платформы по координатно

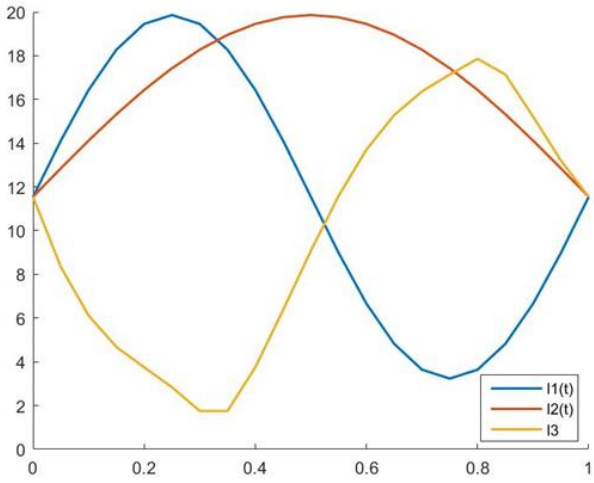



**Рис. 4** – Заданные удлинения первых двух штанг и рассчитанное удлинение третьей штанги с учетом ограничений

**Заключение**

Определена центральная точка платформы как стартовая позиция робота. Решена задача минимизации каждого момента времени. Получено требование постоянства угла поворота платформы. Определено положений актуаторов для заданного движения платформы. однородная система уравнений имеет только решения с нулевыми скоростями платформы при нулевых скоростях актуаторов. Показана возможность движение с нулевым углом поворота, при этом удлинения штанг должны быть согласованы. Независимо могут задаваться только две длины. Определено движение третьей штанги не является независимым и определяется из условия, обеспечивающего поступательный характер движения.

ЛИТЕРАТУРА

[1] L. A. Rybak1, S. Y. Khalapyan2, E. V. Gaponenko, Issues of planning trajectory of parallel robots taking into account zones of singularity, - IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 327 (2018) 042092 doi:10.1088/1757-899X/327/4/042092

[2] Merlet J. P. Parallel robots. – Springer Science & Business Media, 2006. – Т. 128.

[3] Посыпкин М.А., Ахметжанов М.А., Намазбаев Б.Д. Определение рабочей области робота с помощью метода неравномерных покрытий. Материалы XIV Международной Азиатской школы-семинара «Проблемы оптимизации сложных систем». Алматы. 2018. Часть 2. –С.368.

[4] Д.И. Малышев, М.А. Посыпкин, Л.А. Рыбак, А.Л. Усов. Анализ рабочей области робота DexTAR dexterous twin-arm robot. International Journal of Open Information Technologies, ISSN: 2307-8162 vol. 6, no.7, 2018 – p.15-20.

[5] Evtushenko, Y., Posypkin, M., Turkin, A., Rybak, L. The non-uniform covering approach to manipulator workspace assessment // Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus), 2017 IEEE Conference of Russian. – IEEE, 2017. – С. 386-389.

Калимолдаев М.Н., Муканова Б.Г., Ахметжанов М.А.,

**3RPR роботының жұмыс құрылғысы қозғалысының штангысының ұзындығының қосындысын минимизациялау**

**Аңдатпа.** Берілген жұмыста еркіндік дәрежесі үшке тең 3RPR түріндегі роботтың қозғалмалы платформадағы жазық қозғалысы қарастырылған[3]. Уақыттың әр сәтінде минимизациялау есебін шешу талап етіледі. Платформаның бұрылу бұрышының тұрақтылығына қойылатын талаптар алынды. Жұмыс инструментінің жалпыланған жылдамдығына актуатор жылдамдығынан ауысуда якобьян қолданылады. Атап айтқанда, актуатор жылдамдығы арқылы мүмкіндігінше жұмыс инструментінің жылдамдығын көрсету. Платформаның берілген жылдамдығы үшін актуатор күйі анықталды.

Платформаның нөлдік бұрышында, алғы қозғалысына сәйкес платформаның қозғалыс заңы қарастырылды.

**Түйін сөздер.** Аппроксимация, сызықты емес жүйелер, сызықты емес теңсіздіктер, жұмыс аумағының аппроксимациясы, робот, параллельді манипулятор.

УДК 621.372

**[1,2]W. Wójcik, [1,3]A. Kalizhanova, [1,2]P. Kisała, [4]B. Amirgaliyev, [1,3]A. Kozbakova**
([1]Institute of Information and Computational Technologies CS MES RK, Almaty
[2]Lublin Technical University, Poland
[3]Almaty University of Power Engineering and Telecommunication, Almaty
[4]International University of Information Technologies, Almaty)

## EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE SPECTRAL PROPERTIES OF THE TILTED BREGG FIBER GRATINGS

**Abstract.** This paper discusses fiber periodic structures that are able to bind light from the fiber core to the cladding, their principles and applications. The article presents the results of experimental studies of the spectral response of an tilted fiber Bragg grating for changes in fiber bending in different ranges of the curvature radius. The region of observed resonances of the cladding mode changes due to the amplification of the fiber curve with simultaneous independence of the core mode for this quantity.

**Keywords:** optics, fiber sensors, tilted fiber Bragg grating.

**[1,2]Вуйцик В., [1,3]Калижанова А.У., [1,2]Кисала П., [4]Амиргалиев Б., [1,3]Козбакова А.Х.**
([1]Институт информационных и вычислительных технологий
КН МОН РК, Алматы
[2]Люблинский технический университет, Люблин, Польша
[3]Алматинский университет энергетики и связи, Алматы
[4]Международный университет Информационных Технологий, Алматы
e-mail: kalizhanova_aliya@mail.ru, ainur79@mail.ru)

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ СВОЙСТВ НАКЛОННОЙ ВОЛОКОННОЙ РЕШЕТКИ БРЭГГА

**Аннотация.** В данной работе рассматриваются волоконные периодические структуры, которые способны связывать свет от сердцевины волокна к оболочке, их принципы и применения. В статье представлены результаты экспериментальных исследований спектрального отклика наклонной волоконной решетки Брэгга для изменений изгиба волокна в различных диапазонах радиуса кривизны. Область наблюдаемых резонансов моды оболочки изменяется из-за усиления волоконной кривой с одновременной независимостью моды сердечника для этой величины.

**Ключевые слова:** оптика, волоконные датчики, наклонная брэгговская решетка.

Введение

В настоящее время волоконно-оптические технологии открыли широкие возможности их применения для решения различных научно-технических задач, таких как измерение физических и химических величин, автоматическое слежение и управление системами, исследование природных ресурсов и загрязнение окружающей среды, измерительной технике и других. Волоконно-оптические приборы получают все большее развитие. Оптоволоконные датчики являются одной из важных областей из-за их преимущества по сравнению с электронными аналогами, что вызывает интерес к использованию дифференциального, но одновременного отклика мод, передаваемых в оптическом волокне [1,2] на различные возмущения, в качестве средства увеличения пропускной способности, чувствительности или уменьшения пределов обнаружения в оптических сенсорных системах [3,4,5].

Среди волоконно-оптических датчиков особое место занимают датчики на основе волоконных решеток Брэгга (ВРБ). Такие решетки записаны в оптическом волокне при помощи ультрафиолетового лазера и представляют собой участок световода с периодическим изменением показателя преломления вдоль оси. Волоконная брэгговская решетка представляет собой периодическую структуру, изготовленную непосредственно в сердцевине волоконного световода. Структура представляет собой модуляцию показателя преломления вдоль волокна. Одним из перспективных направлений развития технологии оптических датчиков являются волоконные брэгговские решетки.

Оптические датчики на основе ВРБ обладают огромными преимуществами, такими как чрезвычайно малый размер [6], высокая чувствительность, возможность мультиплексирования

множества датчиков в одном волокне и устойчивость к электромагнитным помехам [7,8]. Благодаря своим уникальным характеристикам, оптоволоконные датчики на основе брэгговских решеток нашли своё применение во многих областях, таких как строительство и геотехника, аэрокосмическая, энергетическая и нефтегазовая промышленность.

Системы мониторинга, основанные на данной технологии, экономически эффективны при использовании на крупномасштабных объектах — там, где необходима установка сотен датчиков для продолжительных измерений различных физических параметров. Волоконные брэгговские решетки также являются самым надёжным решением при работе с агрессивными средами, где датчики находятся в экстремальных условиях.

Первые широко распространенные многомодальные оптоволоконные датчики с решетчатой опорой основывались на длиннопериодных решетках, которые связывают источники света, направляемые сердечником, с модами оболочки, распространяющимися вперед в одном и том же волокне. Широкий диапазон потенциальных возможностей при использовании мод оболочки были открыты благодаря исследованию длиннопериодных решеток и их спектральных свойств. Длиннопериодная волоконная решетка (ДПВР) представляет собой волоконно-оптическую структуру с периодическим изменением свойств вдоль волокна, которое создает условия резонанса для взаимодействия нескольких однонаправленных мод волокна. Период такой структуры составляет порядка доли миллиметра. В отличие от брэгговских решеток ДПВР связывают моды, распространяющиеся в одном и том же направлении, разница постоянных распространения которых невелика, и поэтому период такой решетки может значительно превышать длину волны излучения, распространяющегося в волокне. В связи с тем, что ДПВР обладают периодом, значительно превышающим длину волны, они достаточно просты в изготовлении. Так как ДПВР связывают однонаправленные моды, их резонансы можно наблюдать только в спектрах пропускания. Прошедший сигнал имеет провалы на длинах волн, соответствующих резонансам с различными модами оболочки (в одномодовом волокне). Свойства мод оболочки чувствительны к показателю преломления окружающей среды и изгибу, например, в противоположность моде сердцевины, которая чувствительна к количествам, оказывающим непосредственное влияние на сердцевину волокна [9,10]. Иначе, описанная чувствительность сильно варьируется от моды к моде. Эффективный индекс, форма поля и поляризация сильно зависят от порядка моды и начальных условий. В этих применениях обычные одномодовые оптические волокна из-за большого диаметра оболочки по отношению к управляемой длине волны имеют еще одно большое преимущество, которое по своей сути направляет сотни мод оболочки без дополнительных модификаций.

Наклонные волоконные решетки Брэгга. Наклонная волоконная решетка Брэгга (НВРБ) имеет период решетки, аналогичный обычной волоконной решетке Брэгга (ВРБ), который составляет около одной трети длины волны, но в отличие от обычных решеток, НВРБ имеет плоскости возмущений показателя преломления, наклоненные относительно плоскости поперечного сечения волокна [11,12]. Этот конкретный наклон обеспечивает прочную связь между модой ядра и выбранными модами оболочки, которая аналогична ВРБ, но различные условия согласования фаз делают резонансы НВРБ намного менее чувствительными, но также намного более управляемыми в производстве и применениях [13,14]. Более того, это условие также подразумевает, что диапазон длин волн, возникающих резонансов намного меньше для наклонных решеток, чем для длиннопериодных решеток. Это означает, что десятки резонансов можно одновременно сравнивать и проверять с использованием оборудования со спектральным диапазоном около или менее 100 нм. Зависимости между резонансами мод оболочки и направлением поляризации входного света, связанные с пространственной структурой НВРБ, делают их полезными для создания датчиков структурного состояния [15,16]. Однако в некоторых приложениях эти свойства нежелательны, и есть несколько предложений для новых типов структур [17].

Результатом введения наклона между плоскостями возмущений показателя преломления решетки относительно плоскости поперечного сечения волокна является взаимодействие периодов решетки с направляемым в сердцевину светом, что позволяет получить свойства, значительно отличающиеся от обычных «прямых» решеток. Свет от ядра может быть связан с указанными формами: подмножество содержит большое количество мод, которые передаются оболочкой волокна; моды, которые вытекают из оболочки; световые лучи высокой направленности переносятся за пределы волокна [18,19]. Дело в том, что передаточную функцию спектральных параметров можно различить, используя системы объемного производства и возможность вписывания структур во

многие виды оптического волокна, в том числе в стандартную телекоммуникационную SMF (single mode fiber).

Стандартные прямые ВРБ имеют только один сильный резонанс, который можно наблюдать как падение пропускания и пик в отраженном спектре, что соответствует условию Брэгга для периода и параметров указанного оптического волокна. Спектр света, пропускаемого НВРБ, сильно зависит от угла наклона, вносимого во внутреннюю структуру решетки.

Заданная длина волны моды оболочки определяется углом наклона решетки и эффективными показателями преломления волокна согласно следующим выражениям [20]:

$$\lambda^{core} = \frac{2n_{eff}^{core}\Lambda}{\cos\theta_{TFBG}} \quad (1)$$

$$\lambda_i^{clad} = \frac{(n_{eff}^{core} + n_{eff\ i}^{clad})\Lambda}{\cos\theta_{TFBG}} \quad (2)$$

где: $\lambda^{core}$ - длина волны моды ядра, $\lambda_i^{clad}$ - длина волны резонанса между модой ядра и другой «i»-той модой, $n^{core}_{eff}$ - эффективный показатель преломления, если одиночная мода передается ядром на длине волны, где появляется резонанс,

$n^{cl}_{eff\ i}$ - эффективный индекс i-й моды на определенной длине волны, Λ - постоянная решетки (период рисунка, использованного для создания решетки), а $\Theta_{НВРБ}$ - угол периодических возмущений в сердцевине волокна. Индивидуальный коэффициент отражения резонансной моды $R_i^{core,\ clad}$, может быть выражен следующей формулой, которая учитывает модуляцию показателя преломления НВРБ:

$$R_i^{co,cl} = tanh^2\left\{LC\int\int_{-\infty}^{+\infty}\vec{E}^{co} * \vec{E}^{cl}\Delta n\cos\left(\frac{4\pi}{\Lambda}z\cos(\theta_{TFBG}) + y\sin(\theta_{TFBG})\right)dxdy\right\} \quad (3)$$

где L - долгота решетки, C - пропорциональная постоянная, связанная с нормализацией поперечных модовых полей, E - поперечная составляющая мод электрических полей, а Δn описывает изменение показателя преломления вдоль поперечного сечения волокна с записанной решеткой. На амплитуду и длину волны отдельных резонансных мод могут влиять изменения показателя преломления, состояние поляризации входного света и кривизна сечения волокна с записанной НВРБ.

**Экспериментальные результаты.**

НВРБ, использованная в экспериментальных исследованиях, описанных в работе, была записана на стандартном одномодовом волокне SMF-28, которое было загружено водородом на 10 дней.

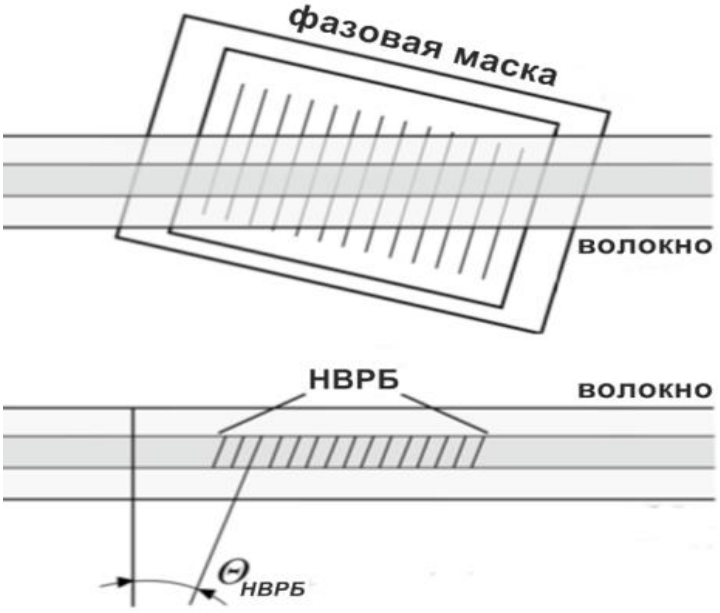



**Рис. 1.** Схематическое представление введения угла наклона в записанные периоды решеток с использованием метода фазовой маски с удержанием волокна и маски перпендикулярно лазерному лучу и вращением фазовой маски вокруг оси

Работа с водородной нагрузкой повышает чувствительность волокна к мощному ультрафиолетовому излучению, способному изменять показатель преломления сердцевины волокна. Решетка была записана методом фазовой маски, удерживая маску и волокно перпендикулярно падающему лучу лазерного луча, но вращая маску вокруг оси этого луча. На рис.1 схематически представлен процесс введения угла наклона между созданными периодами решетки и плоскостью поперечного сечения волокна. Угол наклона НВРБ, использованный при измерении кривизны, описанном ниже, составлял 2 градуса. Спектральные характеристики НВРБ, подвергнутой различным радиусам кривизны, были измерены с использованием Оптического анализатора спектра Yokogawa AQ6370D, широкополосный источник света был SLED с центральной длиной волны 1550 нм и шириной FWHM 80 нм. Спектры были измерены в конфигурации передачи из-за желания наблюдать за поведением мод оболочки. На рисунке 2. представлена установка измерения передачи, где на вставке а) подробно показан метод изменения кривизны волокна в разрезе с записью 2 ° НВРБ. Серые зоны на изогнутой части волокна представляют собой разрез с записанной наклонной решеткой.

Волокно было установлено между двумя ступенями - одна фиксированная, которая была основой, и вторая ступень переноса, которая позволяет контролировать расстояние между ступенями. Уменьшение расстояния между двумя краями, где монтировалось волокно, вызывало усиление кривизны - уменьшение радиуса. Оптическое волокно было прислонено к стенкам ступеней, что защищает волокно от деформации. Деформация волокна может оказать сильное влияние на различение радиуса, и форма кривизны будет не круглой. На рис.3 представлен изгиб на внутренней структуре НВРБ с направлениями вызванной деформации. В экспериментальной установке волокно не вращалось вокруг своей продольной оси.

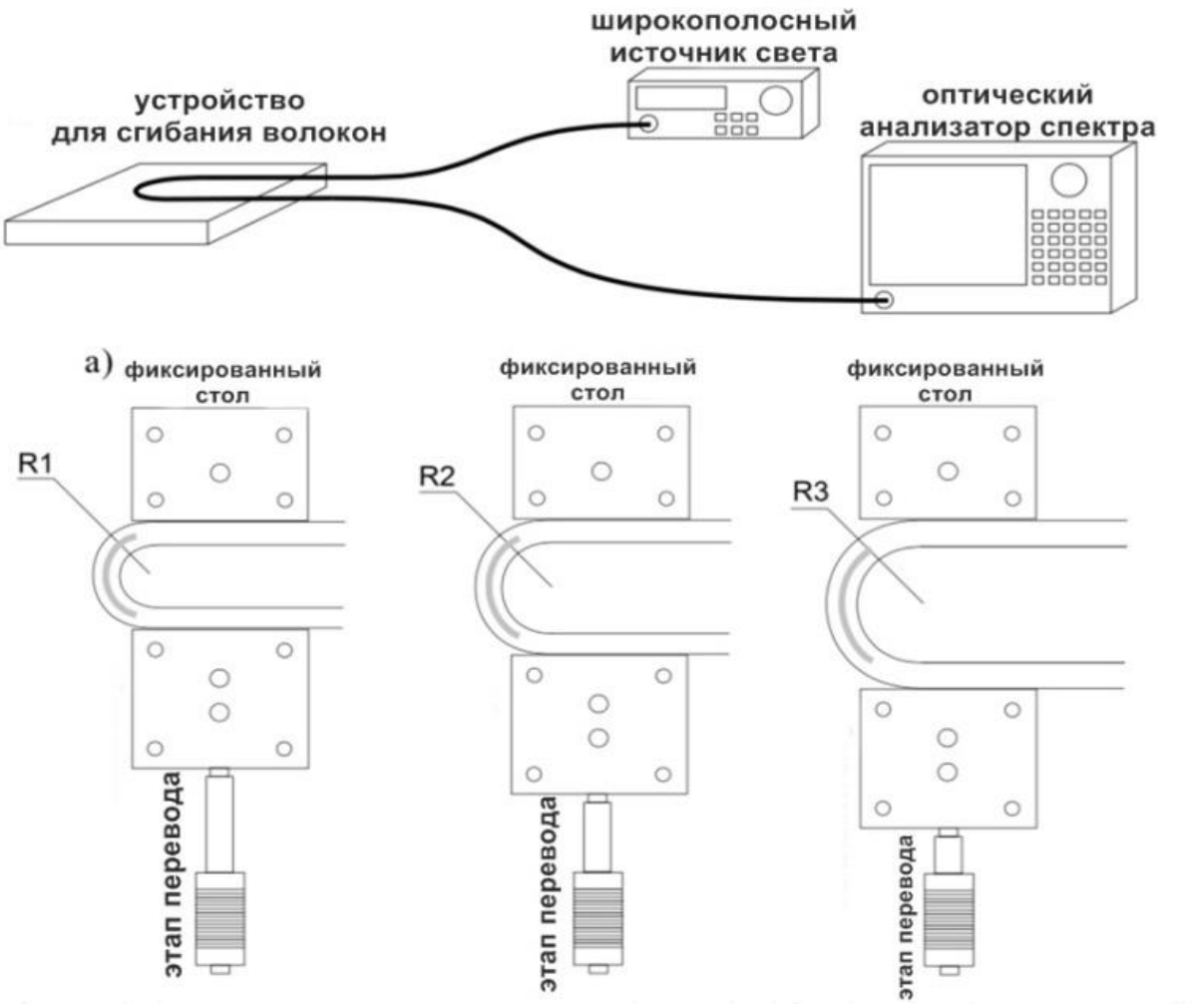



**Рис. 2.** Схема установки измерения спектра пропускания и а) метод изменения радиуса кривизны сечения волокна с записью НВРБ (отмечен серой зоной)

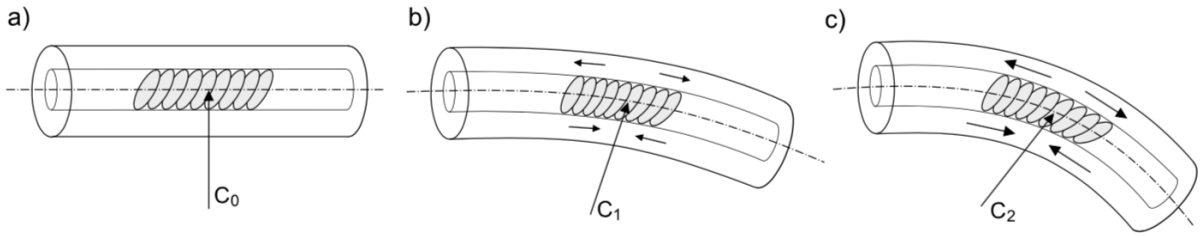



**Рис. 3.** Представление внутренней структуры наклонных периодических возмущений показателя преломления в случае изогнутого оптического волокна в его сечении с НВРБ

Изгиб структуры с возмущенными отклонениями показателя преломления влияет на ее внутреннюю организацию. Основные изменения спектральных характеристик происходят из-за того, что изгиб создает неравномерное напряжение по всему волокну, что приводит к смещению профилей поля моды относительно центра сердцевины волокна. На рис. 4 представлены спектры пропускания наклонной решетки на 2 °, подвергнутой изгибу с уменьшением кривизны с радиусами 60, 45, 30 и 15 мм.

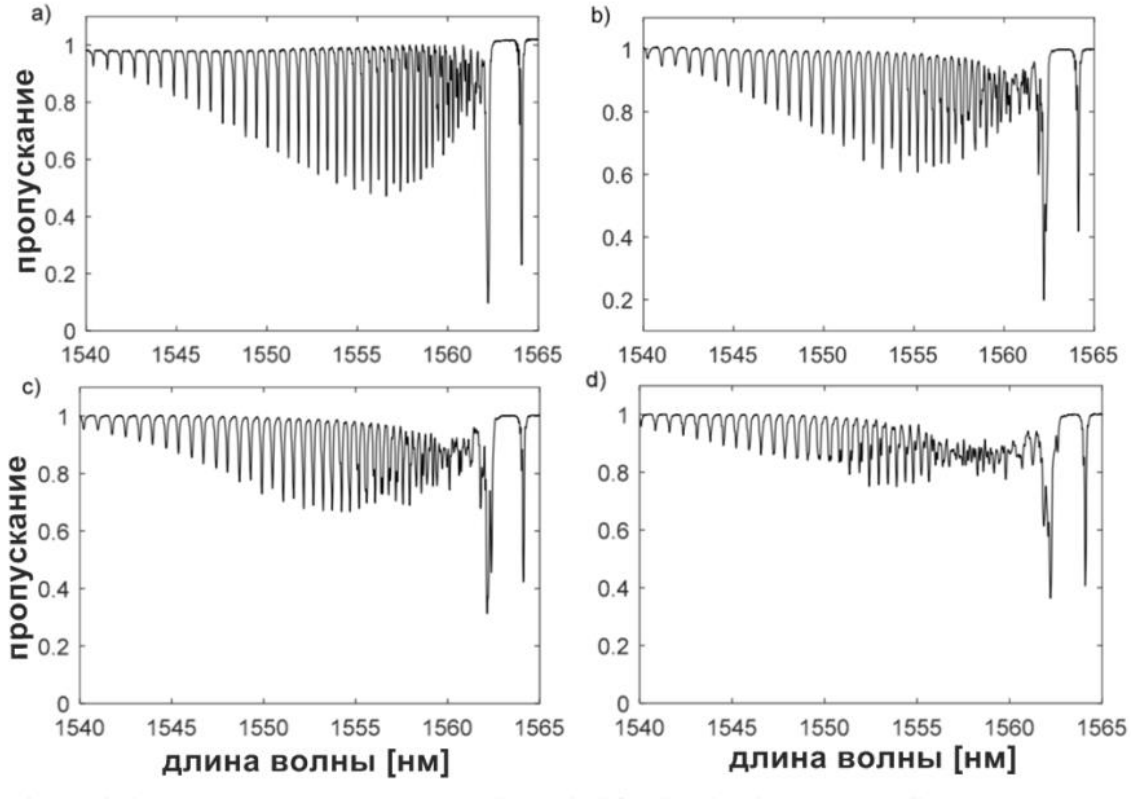



**Рис. 4.** Спектры пропускания НВРБ с углом наклона 2 °, подвергающиеся усиленным радиусам кривизны: а) 60 нм, б) 45 нм, в) 30 нм, г) 15 нм.

Спектры, показанные на рисунке 4, представляют спектральный отклик слабой наклонной решетки, записанной в одномодовое волокно, которое предположительно изгибалось. Брэгговский резонанс нечувствителен к этой величине, потому что в ядре нет деформации, вызванной кривизной. Также эффективный показатель преломления сердцевины волокна постоянен. Однако изгиб оказывает сильное влияние на фактически любой другой спектральный параметр. На рисунке 5. схематически представлены спектральные области, очерченные между верхней и нижней оболочками.

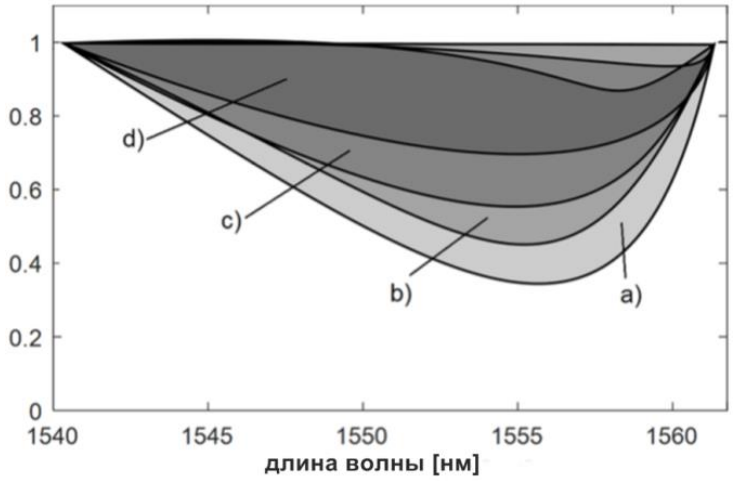



**Рис. 5.** Схематично очерченные и наложенные друг на друга участки спектров пропускания НВРБ с углом наклона 2 ° подвергаются усиленным радиусам кривизны: а) 60 мм, б) 45 мм, в) 30 мм, г) 15 мм

Спектральные зоны, представленные на рис.5, показывают, что в случае слабой наклонной решетки большое количество мод оболочки действует подобно скрытой моде- потери при передаче уменьшаются при усилении кривизны изгиба. Перспективным является измерение изгиба или других косвенных величин путем применения методов огибающей, аналогичных тем, которые используются для измерения показателя преломления окружающей среды с помощью датчиков НВРБ. Этот метод должен использовать оптический анализатор спектра, потому что результаты измерений рассчитываются на основе спектра, измеренного в выбранном диапазоне длин волн. Другая возможность - использование резонансных свойств скрытых мод. Спектральная характеристика скрытой моды искажается, и потери передачи на длине волны при сильнейшем начальном взаимодействии с скрытыми модами уменьшаются. Зависимость между потерями при передаче и радиусом волокна с записанной кривизной НВРБ представлена на рисунке 6.

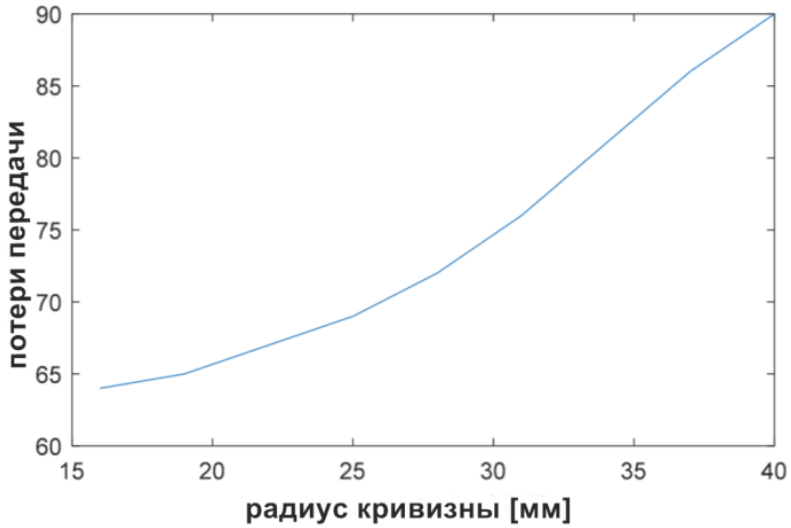



**Рис. 6.** Потери передачи скрытой моды для 2 ° НВРБ, подвергнутых изгибу с различным радиусом от 16 до 40 мм

Потеря передачи скрытой моды дает сильный отклик на изменения кривизны в выбранном диапазоне радиусов изгиба. Ослабление изгиба (увеличение радиуса кривизны) вызывает увеличение потерь при измеренной передаче. Усиление изгиба волокна вызывает уменьшение потерь при передаче, что однозначно с уменьшением амплитуды. Значения, показанные на рисунке 6, были измерены для длины волны, где происходит падение пропускания для скрытой моды без изгиба НВРБ.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наклонные волоконные решетки Брэгга являются многообещающими структурами для применения во многих типах сенсорных систем в качестве преобразователей широкого спектра физических величин. Их собственная способность передавать свет от сердечника в оболочку из оптического волокна в качестве резонансов моды оболочки делает их полезными в чувствительных полях, недоступных для обычных брэгговских решеток. Кроме измерений показателя преломления окружающей среды они способны различать радиус изгиба волокна в сечении с записанной решеткой. Это свойство отличает НВРБ от традиционных ВРБ из-за их пространственной асимметрии. Коэффициент передачи, измеренный для скрытой моды на длине волны с наибольшей начальной отражательной способностью, дает хороший отклик на изменения изгиба. Уменьшение угла наклона, используемого НВРБ, может увеличить чувствительность за счет усиления связи с скрытыми модами. Поведение всей области резонансов моды оболочки изменяется с изменением кривизны. Брэгговская мода, связанная и управляемая сердцевиной волокна, по своей природе нечувствительна к этим возмущениям. С другой стороны, важно сохранить контроль над расположением между плоскостью изгиба и пространственной организацией плоскостей краев решетки. В представленном случае волокно не вращалось вокруг своей продольной оси, но не контролировалось первоначальным внутренним расположением структуры, связанным с плоскостью кривизны.

Экспериментальные исследования проводились в лабораториях Оптоэлектроники факультета электротехники и компьютерных наук Люблинского технического университета в рамках проекта ГФ №AP05132778 «Исследование и разработка системы интеррогации сигналов с оптоволоконным рефрактометром с использованием телекоммуникационных сетей» ИИВТ КН МОН РК.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Klimek, J., "Coupled energy measurements in multi-core photonic-crystal fibers, "Metrology and Measurement Systems 20(4), 689-696 (2013).

[2] Kaczmarek, C., “Compact PCF modal interferometer for sensor applications built by splicing,” Proc. SPIE 9228, 92280R (2014).

[3] Lee, B., “Review of the present status of optical fiber sensors,” Optical Fiber Technology 9, 57-79 (2003).

[4] Mergo, P., Makara, M., Wojcik, J., Poturaj, K., Klimek, J., Skorupski, K., Nasilowski, T., “Supercontinuum generation in suspended core microstructured optical fibers”, Proc. SPIE 7120, 712009 (2008).

[5] Kaczmarek, C., “Measurement of the temperature sensitivity of modal birefringence of polarization maintaining fibers using a Sagnac interferometer,” IEEE Sensors Journal 16(10), 3627-3632 (2016).

[6] Wójcik, W., Kisała, P., “The method for the recovery of the apodization function of the fiber Bragg gratings on the basis of its spectra,” Przeglad Elektrotechniczny 86(10), 127-130 (2010).

[7] Tenderenda, T., Murawski, M., Szymanski, M., Becker, M., Rothhardt, M., Bartelt, H., Mergo, P., Poturaj, K., Makara, M., Skorupski, K., Marc, P., Jaroszewicz, L., Nasilowski, T., “Fibre Bragg Gratings written in highly birefringent microstructured fiber as very sensitive strain sensors”, Proc. SPIE 8426, 84260D (2012).

[8] Panas, P., " Temperature-independent fiber Bragg grating strain sensor system," Proc. of SPIE 10808, (2018).

[9] Wojcik, J., Czyzewska, L., Klimek, J., Chodkowska, E. and Warda, J., "Technology of silver structural elements for special waveguides production," Proc. SPIE 5028, 35-39 (2003).

[10] Li, Y.F., Brown, T.G., “Radiation modes and tilted fiber gratings,” Journal of the Optical Society of America B: Optical Physics 23(8), 1544-1555 (2006).

[11] Guo, T., Fu, L., Guan, B.O., Albert, J., “Tilted fiber grating mechanical and biochemical sensors,” Optics &Laser Technology 78, 19-33 (2016).

[12] Lu, Y.C., Huang, W.P., Jian, S.S., “Full vector complex coupled mode theory for tilted fiber gratings,” Optics Express 18, 713-726 (2010).

[13] Alam, M.Z., Labert, J., “Selective excitation of radially and azimuthally polarized optical fiber cladding modes,” Journal of Lightwave Technology 31, 3167-3175 (2013).

[14] Walker, R.B., Mihailov, S.J., Lu, P., Grobnic, D., “Shaping the radiation field of tilted fiber Bragg gratings,” Journal of the Optical Society of America B 22(5), 962-974 (2005).

[15] Harasim, D., “The influence of fibre bending on polarization-dependent twist sensor based on tilted Bragg grating,” Metrology and Measurement Systems 24(3), 577-584 (2017).

[16] Cięszczyk, S., Harasim, D., Kisała, P., „Novel twist measurement method based on TFBG and fully optical ratiometric interrogation,” Sensors and Actuators A-Physical 272, 18-22 (2018).

[17] Kisała, P., Mroczka, J., Cięszczyk, S., Skorupski, K., and Panas, P., " Twisted tilted fiber Bragg gratings: new structures and polarization properties," Optics Letters 20(18), 4445-4448 (2018).

[18] Laffont, G., Ferdinand, P., “Tilted short-period fibre-Bragg-grating induced coupling to cladding modes for accurate refractometry,” Measurement Science and Technology 12(7), 765-770 (2001).

[19] Cięszczyk, S., Harasim, D., Kisała, P., “A Novel Simple TFBG Spectrum Demodulation Method for RI Quantification,” IEEE Photonics Technology Letters 29(24), 2264-2267 (2017).

[20] Albert, J., Shao, L.Y., Caucheteur, C., “Tilted fiber Bragg grating sensors,” Laser & Photonics Reviews 7(1), 83-108 (2013).

Вуйцик В., Калижанова А.У., Кисала П., Амиргалиев Б., Козбакова А.Х.

**Көлбеу талшықты Брэгг торының спектральды қасиеттерін экспериментті түрде зерттеу**

**Түйіндеме.** Берілген жұмыста жарықты талшықтың орталық бөлігін қабықшасымен байланыстыруға қабілетті талшықты периодты құрылымы, қолданулары мен принциптері қарастырылған. Мақалада қисық радиусының әртүрлі диапазондарындағы талшықтың иілуін өзгертуге арналған көлбеу талшықты Брэгг торының спектрлік реакциясын экспериментті түрде зерттеу нәтижелері көрсетілген. Осы шама үшін біруақытты тәуелсіз талшықтың орталық бөлігінің модасымен талшықты қисықтың ұлғая бастауына байланысты қабықша модасының бақыланып отырған резонанс аймағы өзгереді.

**Кілттік сөздер:** оптика, талшықты датчиктер, көлбеу брэггг торы.

УДК 550.831.016; 004

**A.Nazirova[1], F.Abdoldina[1], Y.Dubovenko[2], G.Umirova[3]**
([1] Institute of Information and Telecommunication Technologies, Satpayev University, Almaty, Kazakhstan
[2] Institute of Geophysics, National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine
[3] Institute of Geology and Oil and Gas Business named after K. Turysov, Satpayev University, Almaty, Kazakhstan
E-mail: asem_berlibaeva@mail.ru)

**APPLICATION OF THE SIMULATED ANNEALING METHOD FOR GRAVIMETRIC MONITORING DATA ANALYSIS OF THE BOWELS CONDITION OF OIL AND GAS DEPOSITS**

**Abstract.** The article explores the relevance of the specialized GIS development based on the study of gravimetric monitoring process of the subsoil state carried out on the developed oil and gas fields. The preliminary stages of work on the GIS creation are defined. The GIS subsystem interface for preprocessing gravity measurement data is shown. A review of the global optimization stochastic methods has been carried out. Simulated annealing has been determined as the most optimal method to study the variations of gravity. Its algorithm is described and its modification is analyzed (method of ultrafast annealing). The main advantages of the annealing imitation method for solving direct gravimetry problems are summarized. The applicability of the method to the search for optimal solutions in the created GIS is qualitatively justified.

**Keywords:** global optimization, simulated annealing method, very fast simulated annealing method, gravity variation anomaly, gravimetric monitoring, oil and gas field.

**А.Б.Назирова[1], Ф.Н.Абдолдина[1], Ю.И.Дубовенко[2], Г.К.Умирова[3]**
([1] Институт информационных и телекоммуникационных технологий, [2] Институт геофизики, НАН Украины им. С.И.Субботина, г. Киев, Украина
[3] Институт геологии и нефтегазового дела имени К. Турысова, Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И.Сатпаева, г. Алматы, Казахстан)

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ИМИТАЦИИ ОТЖИГА ДЛЯ АНАЛИЗА ДАННЫХ ГРАВИМЕТРИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ НЕДР НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ***

**Аннотация** В статье исследована актуальность разработки специализированной ГИС, основанной на изучении процесса гравиметрического мониторинга состояния недр, проводимого на разрабатываемых нефтегазовых месторождениях. Определены предварительные этапы работ по созданию ГИС. Показан интерфейс подсистемы ГИС для предобработки данных измерений силы тяжести. Проведён обзор стохастических методов глобальной оптимизации. Для исследования вариаций силы тяжести наиболее оптимальным определен метод имитации отжига. Описан его алгоритм и проанализирована его модификация (метод сверхбыстрого отжига). Обобщены основные преимущества метода имитации отжига для решения прямых задач гравиметрии. Качественно обоснована применимость метода для поиска оптимальных решений в создаваемой ГИС.

**Ключевые слова**: глобальная оптимизация, метод имитации отжига, сверхбыстрый отжиг, аномалия вариаций силы тяжести, гравиметрический мониторинг, нефтегазовое месторождение.

**Актуальность исследования.** Разработка месторождений углеводородов приводит к развитию сложных процессов, изменяющих напряженное состояние горных пород, слагающих недра нефтегазовых месторождений. Среди них максимальной опасностью из-за сложности прогнозирования обладают просадки земной поверхности, активизация разломных зон, возникновение техногенных землетрясений [1].

*Работа выполнена в рамках проекта «Разработка геоинформационной системы для решения задачи гравиметрического мониторинга состояния недр нефтегазоносных районов Казахстана на основе высокопроизводительных вычислений в условиях ограниченного объема экспериментальных данных» № AP05135158 (Грантовое финансирование научных исследований на 2018-2020 гг).

Эти процессы влекут за собой изменение гидродинамического режима в окрестности разрабатываемого нефтегазового месторождения и вызванное этим преждевременное истощение запасов углеводородного (УВ) сырья [2, 3]. Поэтому в районах с развитой нефтегазодобычей контроль за геодинамическим состоянием недр и прогнозирование аномальных (сильных) геодинамических событий становится для Республики Казахстан актуальной практической задачей, поскольку возникновение геодинамических событий сопровождаются значительным экономическим ущербом.

Обеспечению геодинамического контроля за изменением состояния недр во времени в связи с добычей УВ в последнее время уделяется усиленное внимание и со стороны государственных органов Республики Казахстан, и организаций, контролирующих действия недропользователей, и руководства нефтегазодобывающих компаний [4]. Вследствие развития технологической составляющей в разведке полезных ископаемых, способы изучения геодинамических событий тяготеют к применению мобильных технологий, высокоточных измерений и экспресс-вычислений с целью оценки риска возникновения чрезвычайных техногенных воздействий в процессе дальнейшей разработки месторождений УВ. Применение подобных технологий рассмотрено в работе [5].

Долговременные наблюдения за изменением напряжённо-деформированного состояния и флюидодинамикой геологической среды на основе выявления и анализа пространственно-временных особенностей вариаций силы тяжести проводятся при гравиметрическом мониторинге (ГМ), входящем в состав геодинамического мониторинга (ГДМ).

Понятие мониторинга, в общем случае, означает комплекс научно-технических средств, обеспечивающих постоянное наблюдение за процессами и явлениями окружающей среды. В этом определении не указан характер дискретности наблюдений и возможное влияние самой среды на надёжность измерений. Поэтому уточним понятие «гравиметрический мониторинг». В соответствии с определением, приведённым в работе [6] гравиметрический мониторинг – это ряд периодически повторяемых в реальном времени непрерывных на протяжении фиксированного временного отрезка высокоточных измерений гравитационного поля и обработку его данных с учётом влияния окружающей среды и сферы применения.

Задача выявления локальных аномалий вариаций силы тяжести связана с выделением активных звеньев разломов, с контролем за изменением флюидодинамического режима резервуара и флюидодинамических (миграционных) процессов по ослабленным субвертикальным зонам. Так как формирование локальных вариаций силы тяжести происходит значительно чаще во времени, чем формирование деформационных просадок земной поверхности (по данным повторного нивелирования), то появляется возможность оперативно использовать информацию о вариациях силы тяжести для прогнозирования участков с возможными аномальными сейсмо-деформационными процессами. Гравиметрические наблюдения обычно выполняются на пунктах повторного нивелирования, что позволяет проводить комплексный анализ вдоль исследуемых профилей.

Для решения задач инженерной и нефтяной геологии данные гравиметрии наиболее часто сочетают с данными сейсмических (и/или акустических) наблюдений [7]. Эти данные обычно дополняют сведениями о петрофизических и геохимических свойствах вмещающих пород и пород-коллекторов. Они играют роль априорных ограничений на решения прямых задач гравиметрии. В свою очередь, эти решения позволяют с приемлемой точностью проверять гипотезы о глубинном строении месторождения на момент проведения измерений. Для этого путём последовательного решения серии прямых задач гравиметрии, в которых варьируется некий набор параметров

геологической среды, получают набор (атлас) распределений поля силы тяжести. Затем их по определённому критерию сопоставляют с измеренными значениями поля силы тяжести, добиваясь минимального расхождения аномалий. Поэтому прямые оценки отдельных параметров негативных геодинамических последствий, возникающих при длительной разработке месторождений нефти и газа (из числа тех, которые проявляются в аномалиях силы тяжести) играют главную роль в оценке и прогнозировании самих последствий. Методы получения таких оценок изучались в огромном множестве работ, среди которых мы подвергли анализу работы [8-12]. Они посвящены исследованию антиклинальных либо синклинальных структур в осадочных бассейнах (источниках УВ) с помощью ряда математических моделей геологической среды. В частности, источники аномалий аппроксимируются с помощью распределений плотности, имеющих параболический, гиперболический или экспоненциальный характер.

В одной из предыдущих наших статей [13] дан обзор зарубежных и отечественных работ о применении различных методов оценки вариаций силы тяжести на основе использования информационных технологий (ИТ). Применение ИТ позволяет провести многочисленные вычислительные эксперименты, смоделировать различные варианты вариаций силы тяжести путем изменения параметров источника аномалии.

На современном этапе развития геофизика представляет собой совокупность цифровых средств измерений, развитые геоинформационные технологии (дающие возможность сохранять данные в облачных сервисах) и библиотеки программ для расчётов и интерпретации данных измерений. Возможности современных геоинформационных систем (ГИС) позволяют существенно повысить качество обработки, представление и анализ геофизической информации, ускорить ее интерпретацию и принятие решений. Поэтому ГИС широко применяют для решения задач геофизики с использованием технологий для обработки, визуализации и хранения геолого-геофизических данных [14, 15].

Одним из преимуществ ГИС, в случае использования ее для решения задач гравиметрического мониторинга, является способность обрабатывать большие объёмы данных. Такие объёмы измерений типичны для современных способов управления месторождениями УВ. Но на данный момент простой в обращении и устойчивой платформы на базе ГИС, которая позволяла бы оперативно обрабатывать данные геодинамического мониторинга, не существует. По крайней мере, на территории Республики Казахстан сведения о подобной системе нам неизвестны. Этим и определяется актуальность исследований в этом направлении.

**Цель исследования** – создание ГИС для хранения, обработки, анализа, визуализации данных гравиметрического мониторинга состояния недр на разрабатываемом нефтегазовом месторождении. Применение такой ГИС повысит эффективность и качество интерпретации результатов гравиметрических наблюдений. Общая концепция системы предусматривает, в дальнейшем, включение в ее оболочку обработку данных других методов ГДМ.

Для достижения этой цели определены такие предварительные этапы работ (названия этапов условны):

1. *Подготовительный*: автоматизация обработки первичных данных гравиметрических исследований, расчёт массива наблюдённых значений поля силы тяжести, создание атласа карт аномалий в свободном воздухе (редукция Фая).

2. *Вычислительный*: автоматизация вычисления теоретических значений поля силы тяжести (решение прямой задачи гравиметрии). Исходные данные для расчёта: средняя глубина залегания, плотность объекта, форма объекта, глубина залегания верхней кромки объекта и т.д.

3. *Оптимизирующий*: разработка модуля вычислений на базе методов стохастической оптимизации для определения природы аномалий силы тяжести методом подбора.

4. *Интеграционный*: создание специализированной ГИС для хранения, обработки, визуализации, анализа данных гравиметрического мониторинга на нефтегазовых месторождениях.

**Первые результаты.** Авторы статьи завершили первый этап работ. В частности, разработана специализированная ГИС на основе ядра свободно распространяемой ГИС PostGIS для автоматизации обработки данных гравиметрического мониторинга. В этой ГИС реализован полный цикл предварительной обработки данных ГМ: автоматизация их ввода в систему, вычисление вариаций силы тяжести, как разницы между наблюдёнными значениями первого и последующих циклов, расчёт аномальных значений в свободном воздухе (редукция Фая), графическое представление исходных данных и результатов расчёта (рис. 1-3) [16].

В рамках выполнения второго этапа работ проведён обзор литературных источников в вопросах проявления негативных геодинамических последствий вследствие длительной разработки месторождений нефти и газа. Так, авторы [13] проанализировали различные *детерминированные* методы оценки гравитационных аномалий, которые сводятся к решению прямой задачи гравиметрии. Было выявлено, что для повышения точности оценки гравитационного эффекта от аномалий силы тяжести необходимо учитывать как можно больше известных априори параметров среды (глубина, плотность, координаты источников аномалии, другие физические свойства среды). Рассмотренные алгоритмы подлежат итерационной оптимизации в рамках различных реализаций метода подбора [17-19].

| STATION | GRAV | SD | TEMP | TIDE | TIME |
|---|---|---|---|---|---|
| 1000 | 5124.90400 | 0.05500 | -1.99000 | -0.07500 | 03.09.2016 07:13:31 |
| 1000 | 5124.90400 | 0.04100 | -1.99000 | -0.07500 | 03.09.2016 07:14:15 |
| 1000 | 5124.90600 | 0.03100 | -2.00000 | -0.07500 | 03.09.2016 07:14:59 |
| 1000 | 5124.90200 | 0.05800 | -2.00000 | -0.07500 | 03.09.2016 07:15:43 |
| 2 | 5125.58600 | 0.01800 | -2.00000 | -0.07700 | 03.09.2016 07:26:51 |
| 2 | 5125.58600 | 0.02100 | -2.00000 | -0.07700 | 03.09.2016 07:27:35 |
| 2 | 5125.58600 | 0.02500 | -2.00000 | -0.07700 | 03.09.2016 07:28:19 |
| 2 | 5125.58700 | 0.03200 | -2.01000 | -0.07700 | 03.09.2016 07:29:03 |
| 2 | 5125.59000 | 0.03100 | -2.12000 | -0.07800 | 03.09.2016 07:41:32 |
| 2 | 5125.59000 | 0.02500 | -2.12000 | -0.07900 | 03.09.2016 07:42:16 |

| STATION | GRAV | SD | TEMP | TIDE | TIME | ΔGRAV |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1000 | 5124.90400 | 0.04625 | -1.99500 | -0.07500 | 0.30182 | -0.68393 |
| 2 | 5125.58625 | 0.02400 | -2.00250 | -0.07700 | 0.31108 | -0.00267 |
| 2 | 5125.59000 | 0.02875 | -2.12250 | -0.07875 | 0.32127 | 0.00000 |
| 4 | 5124.97350 | 0.03100 | -2.02250 | -0.07900 | 0.32927 | -0.61735 |
| 6 | 5124.55950 | 0.02825 | -1.97500 | -0.07900 | 0.33701 | -1.03217 |
| 7 | 5124.61375 | 0.03550 | -2.00250 | -0.07900 | 0.34375 | -0.97864 |
| 9 | 5124.67150 | 0.03825 | -2.01000 | -0.07900 | 0.35003 | -0.92155 |
| 30 | 5125.01750 | 0.05800 | -1.99750 | -0.07800 | 0.35698 | -0.57629 |
| 11 | 5125.87700 | 0.05475 | -1.97500 | -0.07600 | 0.36431 | 0.28243 |
| 13 | 5126.51275 | 0.03450 | -1.98500 | -0.07450 | 0.37109 | 0.91746 |

**Рис. 1.** Интерфейс системы: ввод и первичная обработка данных силы тяжести

| Пункт | Измеренные приращения | | | | | | | | | Среднее | m | Отклонения от среднего | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Дата | 116 | 40827 | Дата | 116 | 40827 | Дата | 116 | 40827 | | | 116 | 40827 | 116 | 40827 | 116 | 40827 |
| 4 | 26.08.15 | -0.61092 | -0.61339 | 27.08.15 | -0.61512 | -0.61269 | 28.08.15 | | | -0.61303 | 4 | 0.00211 | -0.00036 | -0.00209 | 0.00034 | | |
| 6 | 26.08.15 | -1.02614 | -1.02796 | 27.08.15 | -1.02767 | -1.02095 | 28.08.15 | | | -1.02568 | 4 | -0.00046 | -0.00228 | -0.00199 | 0.00473 | | |
| 7 | 26.08.15 | -0.98215 | -0.98106 | 27.08.15 | -0.97879 | -0.97930 | 28.08.15 | | | -0.98033 | 4 | -0.00182 | -0.00073 | 0.00154 | 0.00103 | | |
| 9 | 26.08.15 | -0.92229 | -0.92307 | 27.08.15 | -0.92250 | -0.92118 | 28.08.15 | | | -0.92226 | 4 | -0.00003 | -0.00081 | -0.00024 | 0.00108 | | |
| 11 | 26.08.15 | 0.28302 | 0.27798 | 27.08.15 | 0.27709 | 0.27454 | 28.08.15 | 0.27827 | 0.27559 | 0.27775 | 6 | -0.00527 | -0.00023 | 0.00066 | 0.00321 | -0.00052 | 0.00216 |
| 13 | 26.08.15 | 0.92948 | 0.91960 | 27.08.15 | 0.92246 | 0.91614 | 28.08.15 | 0.91755 | 0.91704 | 0.92038 | 6 | -0.00910 | 0.00078 | -0.00208 | 0.00424 | 0.00283 | 0.00334 |
| 15 | 26.08.15 | 2.18998 | 2.19310 | 27.08.15 | 2.18595 | 2.18787 | 28.08.15 | | | 2.18923 | 4 | -0.00075 | -0.00387 | 0.00328 | 0.00136 | | |
| 16 | 26.08.15 | 2.46045 | 2.46621 | 27.08.15 | 2.45883 | 2.46561 | 28.08.15 | | | 2.46278 | 4 | 0.00233 | -0.00343 | 0.00395 | -0.00283 | | |

**Рис. 2**. Интерфейс системы: оценка точности измерений

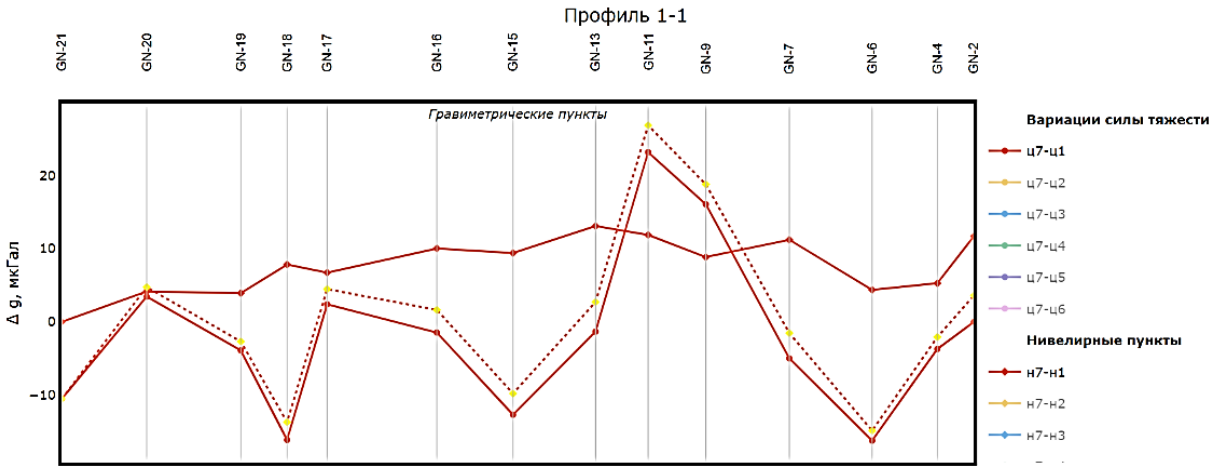



**Рис. 3.** Интерфейс системы: модуль отображения разностных вариаций силы тяжести

Выполняя третий этап работ, авторы провели анализ стохастических методов глобальной оптимизации для определения оптимального метода обработки данных мониторинга. Методы стохастического анализа были выбраны исходя из того, что процедура обработки больших наборов данных с пробелами в них (по сути, это разреженные матрицы большой размерности) имеет вероятностную природу. Результат анализа представлен в настоящей статье.

**Обзор стохастических методов**. В методике разведки полезных ископаемых как рудного, так и структурного типа ведущее место занимает оценка параметров залегания аномальных тел, в частности, местоположения, геометрии источника, глубины и формы аномального источника. Обзор классических методов их решения (как детерминированных, так и вероятностных) дан в справочнике [20].

Особое место среди стохастических алгоритмов занимают методы глобальной оптимизации (генетические алгоритмы, нейронные сети, имитация отжига и мн. др.). Они широко применяются в решении геофизических задач с 1990-х гг. [17, 21, 22]. В частности, эти методы активно используются в решении прямых и обратных задач геофизики (для потенциальных полей) в силу *допущения о случайном распределении* искомых параметров в исследуемых объектах [23].

Одним из таких методов является метод имитации отжига (simulated annealing) – метод глобальной оптимизации (поиска глобального минимума функции). Идея метода имитации отжига подсмотрена в процессе кристаллизации расплавленного вещества из жидкого состояния в твёрдое. В этом процессе атомы вещества, постепенно остывая на высоких температурах, замедляются, переходя в положение с наименьшей энергией. Математическая модель этого процесса позволяет распространить ее решение на множество его аналогов в других областях знаний. Преимущество метода относительно других методов оптимизации – способность избегать попадания в локальные минимумы, высокая скорость, малые затраты памяти. Это и определяет эффективное решение, в частности, для задач гравиметрии. Эффективное подтверждение этому тезису демонстрирует работа [24].

Использование метода имитации отжига основывается на определении следующих трёх параметров [25]:

1. закон изменения температуры $T(k)$, где $k$ – номер шага итерации;
2. порождающее семейство вероятностных распределений $G(x,T)$ со значениями в пространстве $S$;
3. функция вероятности принятия решения $h(\delta E,T)$ представлена в формуле 1:

$$h(\Delta E,T) = \frac{1}{1+\exp(\Delta E/T)} \quad (1)$$

где ΔE – приращение функции энергии $f(x')-f(x)$, где x – новое состояние; T – температура; h – величина принятия нового состояния.

Алгоритм метода имитации отжига выглядит следующим образом [25]:

1. Случайно определить начальную точку $x = x_0$.
2. Вычислить целевую функцию $E=f(x_0)$.
3. Сгенерировать новую искомую точку $x'$.
4. Вычислить целевую функцию $E'=f(x')$.
5. Сгенерировать случайное число $\alpha \in (0;1]$.
6. Если $\alpha<h(E'-E,T(k))$, то установить $x \leftarrow x'$, $E \leftarrow E'$ и перейти к следующей итерации. Иначе повторить шаг 2, пока не будет найдена подходящая точка $x'$.

Блок-схема алгоритма представлена на рис. 4.

Существуют несколько видов метода имитации отжига. Самыми распространёнными являются *схема отжига Больцмана, метод быстрого отжига (распределение Коши)* и *метод сверхбыстрого отжига* [25]. В этой работе даны примеры использования метода имитации отжига для интерпретации геофизических данных (оценки глубины источника аномалии) путём подбора полей.

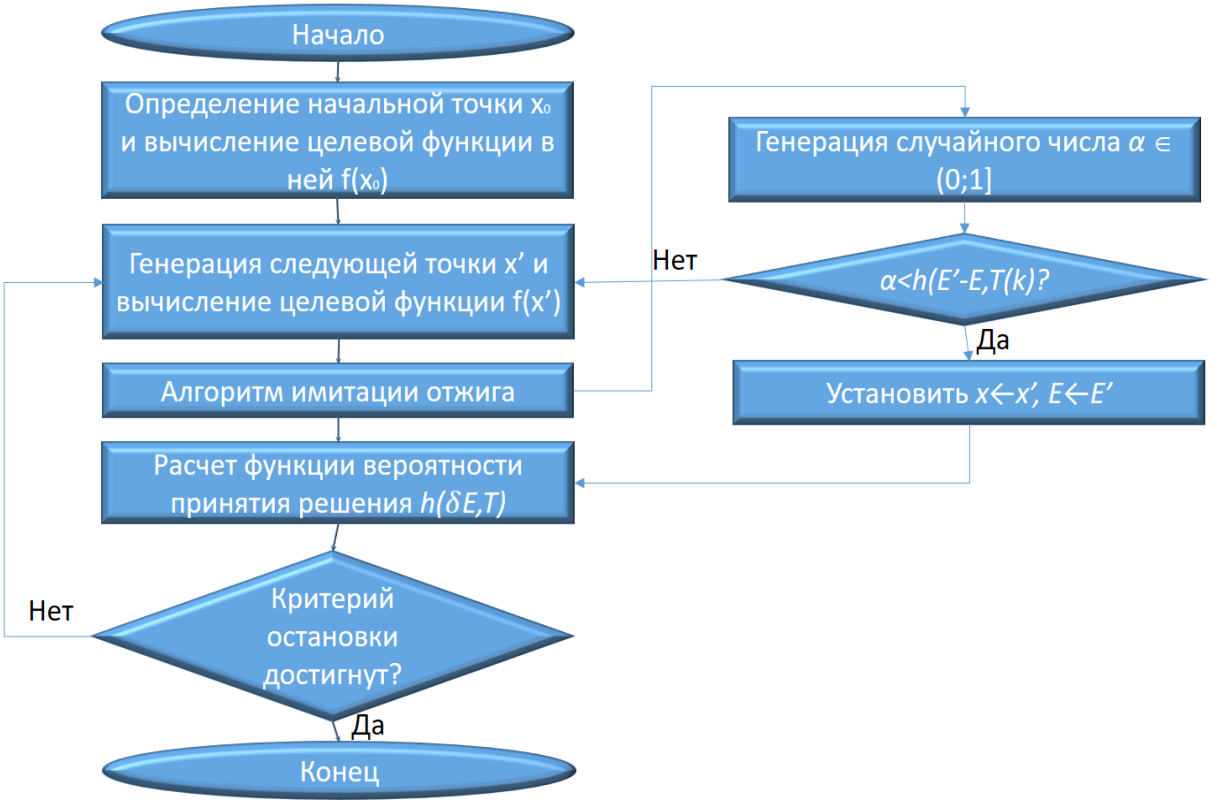



**Рис. 4.** Блок-схема алгоритма имитации отжига

Одна из модификаций метода имитации отжига – метод сверхбыстрого отжига (very fast simulated annealing), который находит широкое применение в исследованиях зарубежных авторов. Одним из основных преимуществ алгоритма, в отличие от других видов отжига, являются его высокая скорость убывания «температуры» и раздельная обработка параметров. Наглядно это можно увидеть в формуле изменения «температуры» (формула 2):

$$T_i(x) = T_{(i;0)} \exp\left(-c_i k^{\frac{1}{b}}\right), c_i > 0 \quad (2)$$

где $c_i>0$ и вычисляется по следующей формуле $c_i = m_i * \exp\left(-\frac{p_i}{b}\right)$, где $p_i$ и $n_i$ – дополнительные параметры алгоритма; $T_i(x)$ – закон изменения температуры; k – шаг итерации.

В труде авторов Sharma S.P. и Biswas A. [24] дана оценка параметров источника аномалии (амплитуды *k*, формы *q*, местоположения $x_0$, глубины *z*) методом сверхбыстрого отжига. Здесь к параметрам метода относят: начальную температуру, темп охлаждения, количество смещений на температуру, количество итераций. Получена модель средней точности после 10 итераций методом имитации отжига.

В решении задач гравиметрии в последнее время достаточно часто используют либо данные градиентометрии, либо трансформации полей в виде их разностных градиентов. И в том, и в другом случае приходится вычислять значения градиента исходного поля. Выражение градиента $V(x)$ грави- и магнитных аномалий для различных геологических структур в любой точке поверхности дано в труде Biswas A. и Sharma S.P. [26] (уравнение 3):

$$V(x) = \sum_{j=1}^{M} V_j(x_i) \quad (3)$$

где $V_j(x_i)$ – гравитационная или магнитная аномалии в точке $x_i$ для *j*-го тела, *M* – количество тел.

Метод имитации отжига впервые в этой работе использован для вычисления полного градиента поля силы тяжести. Выбор этого метода в ряду других обусловлен тем, что метод сверхбыстрого отжига способен избегать попадания в локальные минимумы, он не требует чётко построенной изначальной модели, но выдаёт устойчивое и адекватное приближение искомого решения. Для

имитации реальных данных измерений разного качества метод апробирован на синтезированной (теоретической) модели, включающей ошибки измерений (шум). Пример интерпретации одиночной аномалии на реальных данных по профилю Леона в западной части Сенегала (Западная Африка) приведён на рис. 5. Численный алгоритм реализует сравнение аномалий в рамках методики подбора ($\sum|(U_{teor} - U_{izm})|^2$, $i = 1 \ldots N$ – количество точек измерений) способом наименьших квадратов.

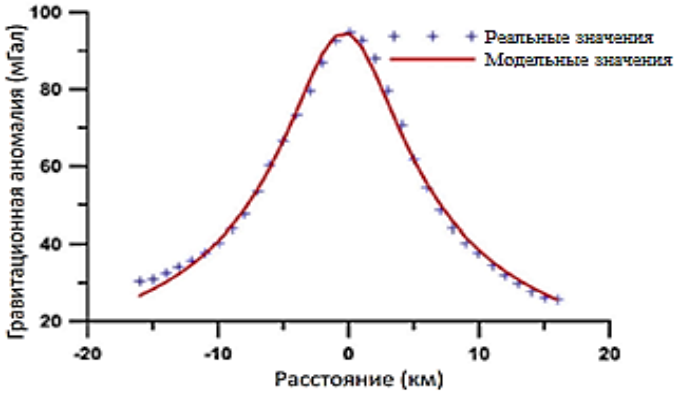



**Рис. 5.** Интерпретация данных методом подбора для гравианомалии Леоны, южный Сент-Луис, западный Сенегал.

Кроме этого, в работе Biswas A. [18] изучено строение слоя земной коры (кровли пласта) двумя методами – нелинейный метод наименьших квадратов и сверхбыстрый отжиг. Строение пласта определялось через определение пяти параметров аномалии метода естественного поля для двумерного наклонного листа: параметр поляризации $k$, координата центра пласта $x_0$, глубина центра пласта $h$, полуширина пласта $a$, угол наклона α. Метод наименьших квадратов даёт неустойчивое решение (малая точность восстановления кровли пласта) при условии возмущения поля заданным уровнем погрешностей (шума). В сравнении с ним метод имитации отжига дает более *устойчивые* решения, близкие по значениям искомых *параметров модели* среды даже для модели поля с заданным шумом. Но за это мы платим заметно большим временем счета, и при обработке больших массивов данных это может быть критичным.

Помимо методов глобальной оптимизации, разработаны и различные численные методы для оценки глубины источника аномалии: метод характерных точек [27], метод расстояний [28], методы соотношений [29, 30], методы трансформации [31-33], вариации метода наименьших квадратов [19, 34], метод деконволюции Эйлера [35]. Но данные методы используются в основном для решения обратных задач геофизики, и их анализ выходит за рамки нашей статьи.

**Заключение.** В начале XXI века заметен повышенный интерес, особенно зарубежных авторов, к использованию метода имитации отжига в решении задач гравиметрии. Изучая источники, приведённые в этой статье, можно выделить множество преимуществ использования такого средства глобальной оптимизации как метод имитации отжига.

Метод имитации отжига относится к классу стохастических алгоритмов. Основным достоинством его является избегание попадания в локальные минимумы при поиске глобального минимума. Благодаря этому метод позволяет находить оптимальное (в смысле быстроты, точности и устойчивости) решение. Обзор источников показал, что благодаря использованию метода имитации отжига можно работать с несколькими параметрами одновременно. Это означает возможность распараллеливания алгоритма, и обработку больших объёмов данных, что также является преимуществом метода.

Наличие различных вариаций метода (метод Больцмана, распределение Коши, сверхбыстрый отжиг) позволяет решать конкретные задачи с различными требованиями к исходным моделям геологической среды [8-12]. Кроме того, сверхбыстрый отжиг – один из самых быстрых методов решения задач гравиметрии. Экспоненциальное убывание «температуры» и раздельный расчёт параметров выделяет данный алгоритм среди других, определяя его скорость. А это является немаловажным фактором при организации массовых вычислений для матриц данных большой размерности.

Анализ работ показал единственный существенный недостаток метода имитации отжига: длительное время счёта ввиду множества параметров алгоритма, требующих настройки при каждой итерации.

С учётом вышесказанного, использование метода имитации отжига можно считать обоснованным (на качественном уровне) для решения прямых задач гравиметрии в рамках методики подбора с возможностью поиска оптимального решения в заданном классе допустимых решений. Именно поэтому метод имитации отжига рекомендован авторами для реализации третьего (оптимизирующего) этапа по созданию ГИС для хранения, обработки, анализа, визуализации данных гравиметрического мониторинга на нефтегазовом месторождении.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Нурмагамбетов, А. Техногенные сейсмические явления, связанные с разработкой и эксплуатацией месторождений твердых полезных ископаемых, нефти и газа. «Геология и охрана недр». 2010. № 1(34) с.71-77.

[2] Нусипов Е.Н, Сидоров В.А. и др. Геодинамическая безопасность освоения углеводородного потенциала недр Республики Казахстан. // Институт сейсмологии МОН РК и ТОО НПЦ «Экогеомунайгаз», 2002 г.

[3] Адушкин В.В., Турунтаев С.Б. Техногенные процессы в земной коре (опасность и катастрофы). М: МНЭК, 2005. 250 с.

[4] Экологический кодекс Республики Казахстан (Кодекс РК № 212-III от 9 января 2007г, с изменениями и дополнениями по состоянию на 13.12.2011 год);

[5] Кирсанов С.А., Арно О.Б., Меркулов А.В., Арабский А.К., Андреев С., Картелян Е.Д., Афанасьев П.Р. Современные технологии гравиметрического мониторинга для контроля последствий отбора газа из недр // Газовая промышленность. – 2015. – № 10. – С. 46-51.

[6] Дубовенко, Ю.И., Черная, О.И. Об особенностях 4D гравитационного мониторинга геологической среды // Геофизический жур¬нал № 3. – 2011. – Т. 33. – С.161-168.

[7] Молодцов, Д.М. Совместная инверсия сейсмических, магнитотеллурических и гравиметрических данных с использованием структурных ограничений [Текст]: автореф. дис... канд. ф.-м. наук (25.00.10) / Молодцов Д.М. – Санкт-Петербург: СПГУ, 2017. – 20 с.

[8] Feng, J., Sheng, Zh., Xiaohong, M. Constraint 3D density interface inversion from gravity anomalies // Arabian Journal of Geosciences. – 2016. –Vol. 9 (56). – pp. 1-8.

[9] Chakravarthia, V., Sundararajanb, N. TODGINV - a code for optimization of gravity anomalies due to anticlinal and synclinal structures with parabolic density contrast // Journal Computers & Geosciences. –2008. – Vol. 34. – pp. 955-966.

[10] Chakravarthi, V., Pramod Kumar, M., Ramamma, B., Rajeswara Sastry, S. Automatic gravity modeling of sedimentary basins by means of polygonal source geometry and exponential density contrast variation: Two space domain based algorithms // Journal of Applied Geophysics. – 2016. – Vol. 124. – pp. 54–61.

[11] Sari, C., Şalk M. Analysis of gravity anomalies with hyperbolic density contrast: An application to the gravity data of Western Anatolia. Journal of the Balkan geophysical society. – 2002. – Vol. 5 (No 3). – pp. 87-96.

[12] Tai-Han, W., Da-Nian, H., Guo-Qing, M., Zhao-Hai, M., Ye L. Improved preconditioned conjugate gradient algorithm and application in 3D inversion of gravity gradiometry data // Journal of applied geophysics. – 2017. – Vol.14 (No. 2). –pp. 301-313.

[13] Назирова, А.Б. Методы оценки гравитационных аномалий на нефтегазовых месторождениях с применением информационных технологий // Вестник Казахстанско-Британского технического университета. – 2018. – Т. 15, Выпуск 3. – С. 118-128.

[14] Симанов, А.А. Архитектура информационно-аналитической системы хранения и обработки геофизических данных / А.А. Симанов // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. №1. Выпуск №7. 2006. С. 158-162.

[15] Симанов, А.А. Обработка и анализ гравиметрических данных на основе ГИС технологий / А.А. Симанов // Материалы ежегодной научной сессии Горного института УрО РАН по результатам НИР в 2005 г. Пермь, 2006.-С. 198-200.

[16] Nazirova, A., Abdoldina, F., Aymahanov, M., Umirova, G., Muhamedyev, R. An automated system for gravimetric monitoring of oil and gas deposits // First International Conference, DTGS 2016, St. Petersburg, Russia, June 22–24. – 2016. – pp. 585-595.

[17] Zhao, L.S., Sen, M.K., Stoffa, P.L., Frohlich, C. Application of very fast simulated annealing to the determination of the crustal structure beneath Tibet // Geophysical Prospecting. – No. 125. – 1996. – pp. 355–370.

[18] Biswas, A. A comparative performance of least-square method and very fast simulated annealing global optimization method for interpretation of self-potential anomaly over 2-D inclined sheet type structure // Journal geological society of India. – Vol.88, October 2016. – pp. 493-502.

[19] Abdelrahman, E.M., Sharafeldin, S.M. A least-squares minimization approach to depth determination from numerical horizontal gravity gradients // Geophysics. – No. 60. – 1995. – pp. 1259–1260.

[20] Справочник геофизика / Под редакцией А.Мудрецовой, К.Е. Веселова. – 2-е изд., перераб. и доп, - М. Недра, 1990 – 607 с.

[21] Sen, M., Stoffa, P. Global Optimization Methods in Geophysical Inversion. Sen, M., Stoffa, P. // Simulated annealing methods. – Cambridge: Cambridge University Press, 2013. – pp.81-118. doi:10.1017/CBO9780511997570.006

[22] Singh, A., Biswas A. Application of global particle swarm optimization for inversion of residual gravity anomalies over geological bodies with idealized geometries // Natural Resources Research. 2015. – No. 25 (3). – pp. 297-314.

[23] Натальчишин, Т.А. Генетические алгоритмы и их применение для оценки параметров аномалиеобразующих объектов по данным гравиразведки и магниторазведки [Текст]: автореф. дис... канд. техн. наук (25.00.10) / Натальчишин Т.А. – Москва: РГГРУ, 2012. – 20 с.

[24] Biswas, A., Parija, M.P., Kumar S. Global nonlinear optimization for the interpretation of source parameters from total gradient of gravity and magnetic anomalies caused by thin dyke // Annals of geophysics. – 2017. – No. 60 (2). – pp. 1-17.

[25] Лопатин, А.С. Метод отжига // Стохастическая оптимизация в информатике. 2005. Вып.1. С.133-149

[26] Biswas, A., Sharma, S.P. Resolution of multiple sheet-type structures in self-potential measurement // Journal of Earth System Science. – 2014. –No. 123 (4). – pp. 809–825.

[27] Nettleton, L.L. Gravity and magnetics in oil prospecting. Book. – New York: McGraw-Hill Book Co. – 1976. – 480 p.

[28] Essa, K.S. A new algorithm for gravity or self-potential data interpretation // Journal of Geophyshics and Engineering. – 2011. – No. 8. –pp. 434–446.

[29] Bowin, C., Scheer, E., Smith W. Depth estimates from ratios of gravity, geoid, and gravity gradient anomalies // Geophysics. – 1986. – No. 51. –pp. 123–136.

[30] Abdelrahman, E.M., Bayoumi, A.I., Abdelhady, Y.E., Gobashy, M.M., El-Araby H.M. Gravity interpretation using correlation factors between successive least squares residual anomalies // Geophysics. – 1989. – No. 54. –pp. 1614–1621.

[31] Nedelkov, I.P., Burnev, P.H. Determination of gravitational field in depth // Geophyshical Prospecting. – 1962. – No. X. – pp. 1–18.

[32] Odegard, M.E., Berg, J.W. Gravity interpretation using the Fourier integral // Geophysics. – 1965. – No. 30. – pp. 424–438.

[33] Mohan, N.L., Anandababu, L., Roa, S. Gravity interpretations using the Melin transform // Geophysics. – No. 51. – 1986. – pp. 114–122.

[34] Lines, L.R., Treitel, S. A review of least-squares inversion and its application to geophysical problems // Geophyshical Prospecting. – No. 32. – 1984. – pp. 159–186.

[35] Zhang, C., Mushayandebvu, M.F., Reid, A.B., Fairhead, J.D., Odegard, M.E. Euler deconvolution of gravity tensor gradient data // Geophysics. No. 65. – 2000. – pp. 512–520.

Назирова А.Б., Абдолдина Ф.Н., Дубовенко Ю.И., Умирова Г.К.

**Мұнай-газ кен орындарының жер қойнауы жай-күйінің гравиметриялық мониторингі деректерін талдау үшін күйдіруді имитациялау әдісін қолдану**

**Түйіндеме.** Мақалада игеріліп жатқан мұнай-газ кен орындарында жүргізілетін жер қойнауы жай-күйінің гравиметриялық мониторингі процесін зерттеуге негізделген мамандандырылған ГАЖ әзірлеудің өзектілігі зерттелді. ГАЖ құру бойынша жұмыстардың алдын ала кезеңдері анықталды. Ауырлық күшін өлшеу деректерін өңдеу үшін ГАЖ кіші жүйесінің интерфейсі көрсетілген. Жаһандық оңтайландырудың стохастикалық әдістеріне шолу жасалды. Ауырлық күшінің вариацияларын зерттеу үшін күйдіруді имитациялау әдісі ең оңтайлы болып табылады. Оның алгоритмі сипатталған және оның модификациясы (аса жылдам күйдіру әдісі) талданды. Гравиметрияның тура есептерін шешу үшін күйдіруді имитациялау әдісінің негізгі артықшылықтары жинақталған. Құрылған ГАЖ-да оңтайлы шешімдерді іздеу үшін әдістің қолданылуына сапалы негізделген.

**Түйінді сөздер:** жаһандық оңтайландыру, күйдіруді имитациялау әдісі, аса жылдам күйдіру, ауырлық күші вариациясының аномалиясы, гравиметриялық мониторинг, мұнай-газ кен орны.

UDC 004.42

**A.A. Sadykova**
(Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
e-mail: sadykova.akmanat@gmail.com)

## STUDY THE EFFECTIVENESS OF POISSON EQUATION USING UPC LANGUAGE

**Abstract.** This article considers the estimation of the Poisson equation with iterative Jacobi method using the PGAS technology and in particular the UPC language. In the process the execution time, acceleration and effectiveness of UPS language were identified and calculated. To identify the effectiveness of the task was written C ++ and UPC versions of program. A comparative analysis of the UPS version of the program with the C ++ version was carried out and the results were identified accordingly. The results obtained during research are illustrated in the form of graphs. The plots obviously illustrate efficiency of UPC language and PGAS technology.

**Keywords:** UPC, PGAS, effectiveness, Poisson equation.

### Introduction.

Everyone knows that today every person has several tasks that he wants and should perform. It is known that the problem can be solved in different ways, but how to achieve an effective solution? Now imagine such a picture: several cars are moving from point A to point B. Cars can fight for the road space and either follow the convoy or overtake each other (getting into accidents!). They can also drive along parallel lanes of the road and arrive almost at the same time, without "crossing" the road to each other. It is possible that all the cars will go on different routes and on different roads.

This picture shows the essence of parallel computing[1]: there are several tasks that need to be performed (traveling machines). You can perform them one at a time on a single processor (road), in parallel on several processors (road lanes) or on distributed processors (individual roads). However, tasks need to be synchronized to avoid collisions or delays on stop signs and traffic lights.

It is known that the era of a powerful single-processor computer is over. Now that more computing power is required, no one buys a faster single-processor - one buys another processor, as it already is, or a hundred or a million more, and connects them to a high-speed communications network or maybe one rents them instead using a cloud computer, etc.

In the flow of different options there is a problem and it is how to effectively use these computer cycles. You need to understand how to divide available work into pieces that can be performed simultaneously, without introducing unwanted uncertainty, "deadly grip" cycles that clog processors or cause processors to spin uselessly, waiting for conditions that can never be achieved.

In this article, one of the answers to this problem is considered and it is sacred with the advent of languages based on the partitioned global address space (PGAS), such as UPC [2], UPC ++, X10. These languages allow the programmer to think about a single calculation that runs on multiple processors, using a common address space. All data is on some processor, which, as they say, has similarities with the data. Each processor can work directly with the data it contains, but must use some indirect mechanism to access or update data on other processors. To ensure that the processors remain roughly synchronized, some global barriers are used.

This article considers PGAS technology and solving of effectiveness problem of parallel computing. Partitioned global address space PGAS is one of the promising models of parallel programming (parallel computing), in which the entire memory of a parallel computing complex (global memory) is addressable and divided into logical partitions, each of which is local for some process or flow[3].

A new feature of PGAS is that shared address space partitions can be linked to a specific process or thread[4], thus using the principle of compactness (locality) of links. PGAS is designed to combine the

benefits of the SPMD programming style[5] for distributed memory systems (for example, used in the MPI interface[6]) with the semantics of memory access from shared memory systems. PGAS approach is more realistic than the traditional flat shared memory model, since PGAS can use information about the cost of access to different sections of memory (local sections of PGAS correspond to the local memory of the node on which the process is running, the cost of access to it is minimal).

PGAS model is the basis for the parallel programming languages Unified Parallel C, Co-array Fortran, Titanium, Fortress, Chapel and X10, Global Arrays. Two libraries used in the implementation of PGAS: GASNet[7] and SHMEM[8].

A variation of the PGAS model called asynchronous partitioned global address space (APGAS) adds the ability to create asynchronous tasks, both local and remote. Two languages that implement APGAS[9]: Chapel and X10.

**Development of an estimation program of the Poisson equation.**

The Poisson equation[13] is an elliptic partial differential equation that describes an electrostatic field, a stationary temperature field, a pressure field, a velocity potential field in hydrodynamics. This equation has the form:

$$\Delta\varphi = f$$

where $\Delta$ is the Laplace operator, or the Laplacian, and $f$ is a real or complex function on a certain manifold.

In the three-dimensional Cartesian coordinate system, the equation takes the form:

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}\right)\varphi(x,y,z) = f(x,y,z).$$

In the Cartesian coordinate system, the Laplace operator is written in the form $\nabla^2$ and the Poisson equation takes the form:

$$\nabla^2\varphi = 0.$$

There are various methods for obtaining numerical solutions of the Poisson equation. For this research an iterative algorithm is used and it is Jacobi method.

The problem statement is to solve the equation (ie, find the function φ):

$$\left(\frac{\partial^2\varphi}{\partial x} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial y} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial z}\right) - \alpha\,\varphi = \rho(x,y,z)$$

where $\varphi$ and $\alpha$ can be defined as

$$\varphi = \varphi(x,y,z), \alpha > 0$$

in the area $\Omega$ with boundary conditions of the 1st kind (i.e., the values of the unknown function φ are known at the boundary of G):

$$\varphi|_G = F(x,y,z).$$

In the implementation, the grid steps along the X, Y, Z axes were considered equal in magnitude, the parameter of the equation a was ignored . A uniform rectangular grid with step is entered in the area:

$$h_x = \frac{X_m}{I_m}$$

where $I_m$ - number of cells in x direction.

The values of the grid function are specified in the grid nodes

$$\varphi_i = \varphi(x_i)$$

where i = 0, … , $I_m$.

In the selected grid, Poisson equation is approximated as

$$\frac{\varphi_{i+1} - 2\varphi_i + \varphi_{i-1}}{h_x^2} - \alpha\varphi = \rho_i$$

where i = 1, … , $I_m - 1$.

The resulting system of linear algebraic equations is solved by the Jacobi iteration method:

$$\left(\frac{2}{h_x^2} + \alpha\right)\varphi_i^{m+1} = \frac{\varphi_{i+1}^m + \varphi_{i-1}^m}{h_x^2} - \rho_i$$

or

$$\varphi_i^{m+1} = \frac{\frac{\varphi_{i+1}^m + \varphi_{i-1}^m}{h_x^2} - \rho_i}{\frac{2}{h_x^2} + \alpha}$$

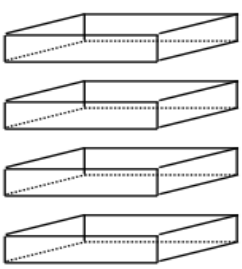
here $m$ is number of iteration.

Input parameters are $X_m$, $I_m$, $\varepsilon$, $\alpha$ function $\rho(x)$. Iterate to lead to the condition:

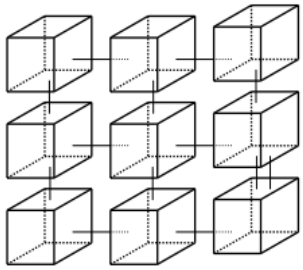
$$\max|\varphi^{m+1} - \varphi^m| < \varepsilon.$$

Output data are $\max|\varphi^{m+1} - \varphi_{exact}|$ and function $\varphi^{m+1} - \varphi_{exact}$.

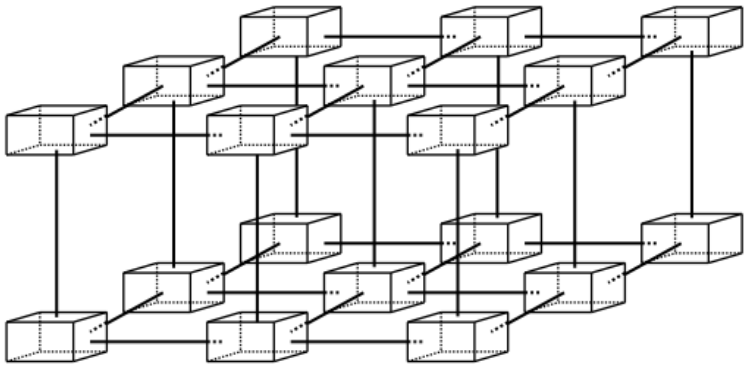
The topology of the computing system that solves this problem can be: "line", or "two-dimensional lattice", or "three-dimensional lattice" (see fig. 1).



a) decomposition on the "line"



b) decomposition on a two-dimensional lattice



c) decomposition on the "three-dimensional lattice"

**Figure - 1.** Decomposition of computational domain on computer grids of various dimensions.

Initial data can be taken as follows:

- Modeling area: [-1; 1];
- Required function: $\varphi(x) = x^2$;
- Right side: $\rho(x) = 2 - \alpha * \varphi(x)$;
- Parameter: $\alpha$ = 1;
- Convergence threshold: $\varepsilon = 1e - 5$.

By changing the value of the parameter $\alpha$, it is possible to adjust the diagonal predominance of the obtained SLAE and, thus, to regulate the rate of convergence. For this parameter, $\alpha$ was entered.

Algorithm implementation (UPC):

- All initial values must be entered;
- Run the iterative primitive forall, provided that until it reaches the convergence threshold and the number of iterations does not reach the number chosen by the programmer;
- In the cycle, calculate the next approximation of the desired function.

In this implementation, the UPC language allows you to create common data arrays in global memory and synchronization of primitives using barriers, parallel iterative primitives such as forall and collective and computational operations (all_reduce, max).

**Results after testing.**

In the process of research Poisson equation was written in C ++ and UPC languages and tested for comparative analysis. For the running and testing of programs was used a laptop with a 4-core processor and following results were obtained for running time (see fig. 2 and fig. 3).

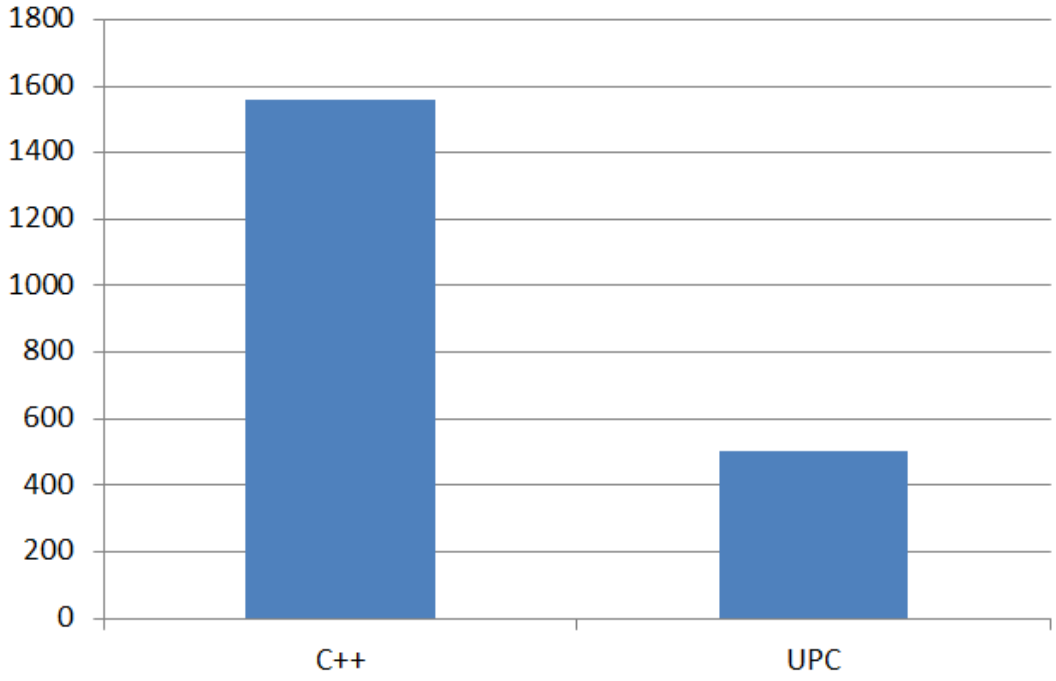



**Figure - 2.** Running time of the program in a single processor.

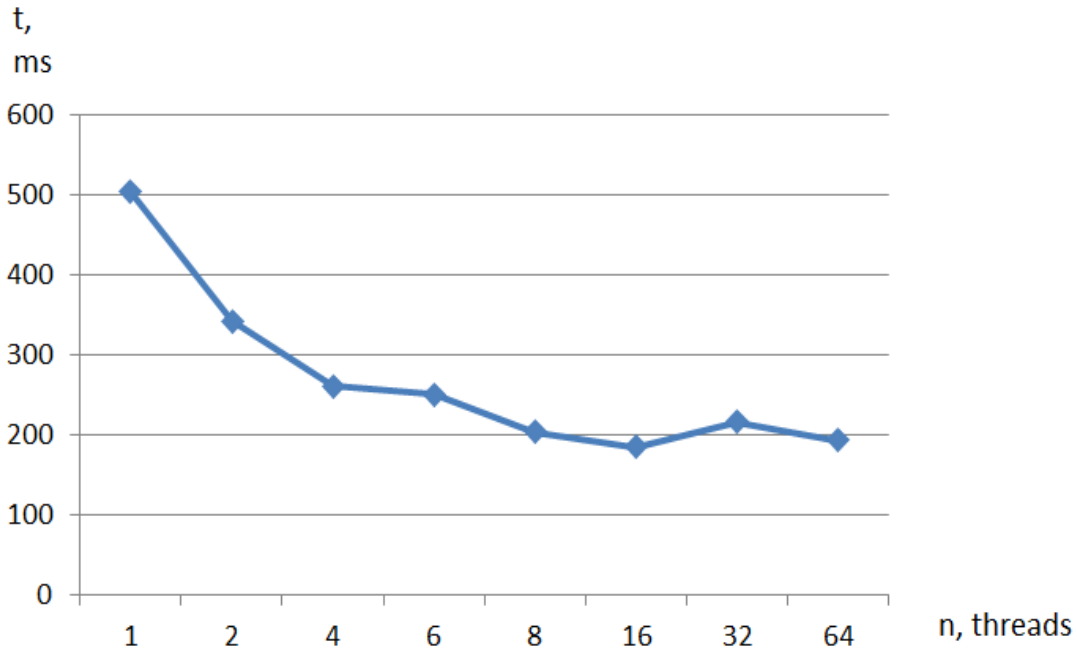



**Figure - 3.** Running time of the program in several processors.

As it was obtained, last two figures illustrate running time of parallel and sequential programs. UPC version of program was run faster than sequential C++ from single to several processors. Next picture (see fig. 3) demonstrates the speedup of UPC version of program and speedup was between 3,1 – 4,3.

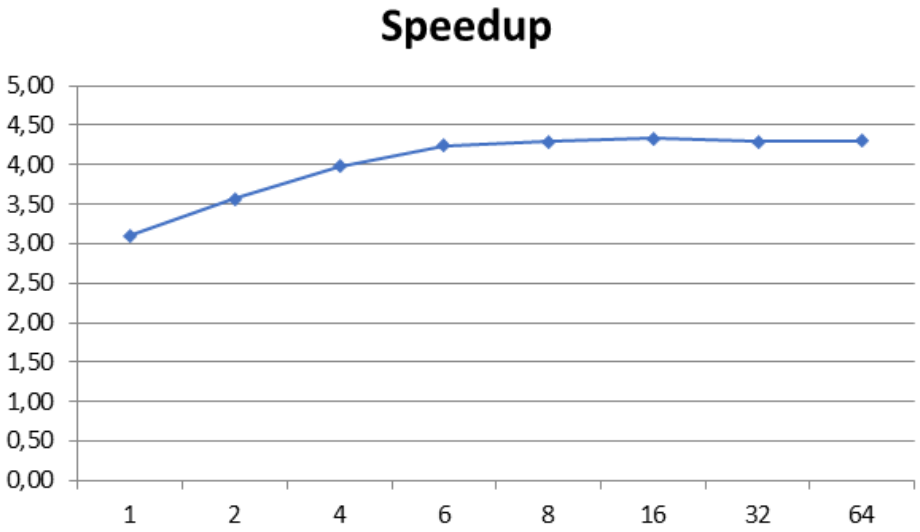



**Figure - 4.** Speedup of the parallel program.

The last graph (see fig. 5) shows the performance of UPC version compared to C++ version of program and performance was between 3,1 – 0,32.

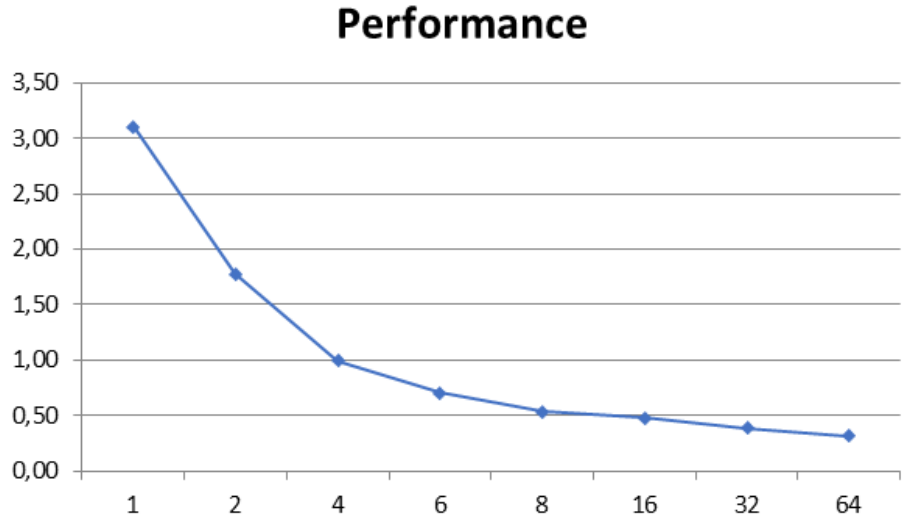



**Figure - 5.** Performance of the parallel program.

**Conclusion.** The paradigm of PGAS has recently been introduced into the practice of parallel computing. This paradigm gives the developer the opportunity to avoid explicit indication of communications, as is customary in traditional approaches, for example, in MPI. In this case, high-level designs used in PGAS languages can lead to inefficient use of computational resources due to communication and synchronization losses.

In this paper, we consider Poisson equation and tested UPC and C++ version of program. Poisson equation was reviewed and the equation was demonstrated in formulas in the main part of article. Comparative analysis was made between sequential and parallel versions of programs. How it was illustrated is testing part of research running time was detected and speedup with performance of UPC version of program was computed. It is clear that slowly but graph of speedup is growing. The graph of performance shows falling trend. The falling trend depends of part of parallelism in UPC version.

In the future, it is planned to apply the results of the analysis of program written in the language of UPC for comparison with another languages and technologies, for example MPI. As a result, it is possible to refine existing and develop new versions of efficient UPC programs.

REFERENCES

[1] NERSC Edison system 2017. (2017) National Energy Research Scientific Computing Center. URL: http://www.nersc.gov/users/computational-systems/edison/configuration

[2] M. Pharr, W. Mark. A SPMD compiler for high-performance CPU programming. In Innovative Parallel Computing. pp. 1–13. IEEE, 2012.

[3] J. Bachan, B. Baden, D. Bonachea, H. Hargrove. UPC++ Programmer's Guide, v1.0-2017.9. Technical Report. 2017. LBNL-2001065. Lawrence Berkeley National Laboratory. URL: http://escholarship.org/uc/item/0nq2k8sx

[4] Y. Zheng, A. Kamil, M. B. Driscoll, H. Shan, K. Yelick. UPC++: A PGAS Extension for C++. In 2014 IEEE 28th International Parallel and Distributed Processing Symposium. 2014. pp. 1105–1114. DOI: https://doi.org/10.1109/IPDPS.2014.115

[5] H. Su, M. Billingsley III, A. George. Parallel Performance Wizard: A Performance System for the Analysis of Partitioned Global Address Space Applications. International Journal of High-Performance Computing Applications, Vol. 24, No. 4, Nov. 2010, pp. 485-510.

[6] P. Husbands, K. Yelick. Multi-threading and one-sided communication in parallel LU factorization. In: SC 2007. pp. 1–10.

[7] J. A. Stratton, V. Grover, J. Marathe, B. Aarts, M. Murphy. Efficient compilation of fine-grained SPMD-threaded programs for multicore CPUs. In Proc. of the 8th Int. Symposium on Code Generation and Optimization, pp. 111–119, 2010.

[8] S. Abramov, V. Roganov, V. Osipov, G. Matveev. "Meta-Stochastic adaptive algorithms and theirs implementation with parallel programming system T++ & MPI", Program systems:Theory and applications, 2017, 8:1(32), pp. 173-191. (In Russian). URL: http://psta.psiras.ru/read/psta2017_1_173-191.pdf

[9] D. Bonachea, P. Hargrove. GASNet Specification, v1.8.1. Technical Report. 2017. LBNL-2001064. Lawrence Berkeley National Laboratory. URL: http://escholarship.org/uc/item/03b5g0q4

[10] A. Anbar, O. Serres, E. Kayraklioglu, A. Badawy. Exploiting hierarchical locality in deep parallel architectures. *ACM Transactions on Architecture and Code Optimization (TACO).* 2016. 13(2), 1–25. DOI: http://dx.doi.org/10.1145/2897783

[11] M. Jacquelin, Y. Zheng, E. Ng, A. Yelick. An Asynchronous Task-based Fan-Both Sparse Cholesky Solver. 2016. CoRR abs/1608.00044. arXiv:1608.00044. URL: http://arxiv.org/abs/1608.00044

[12] V. A. Roganov, V. I. Osipov, G. A. Matveyev. "Solving the 2D Poisson PDE by Gauss-Seidel Method with Parallel Programming system OpenTS", *Programmnyye sistemy teoriya I prilozheniya*, 6:1(24) (2015), pp. 175-188 (in Russian), URL: http://psta.psiras.ru/read/psta2015_1_175-188.pdf

Садыкова. А.А.

**UPC тілінде Пуассон теңдеуінің тиімділігін есептеуді зерттеу**

**Түйіндеме.** Бұл мақала PGAS технологиясы, яғни UPC тілі бойынша Пуассон теңдеуінің итеративті Якоби әдісімен есептелуін бағалауының зертелу нәтижесін пайымдайды. Зерттеу кезінде UPC тілінің орындалу уақыты, лездетуі және тиімділігі анықталды. Тиімділікті анықтау мақсатында тапсырма C ++ және UPC тілдеріне жазылды. UPC және C ++ бағдарламаларының салыстырмалы талдауы жасалынды, және нәтиже сәйкесінше суреттелген болатын. Зерттеу барысында алынған нәтижелер графиктер түрінде суреттелген. Графиктер PGAS технологиясының, яғни UPC тілінің тиімділігін бейнелейді.

**Түйін сөздер:** UPC, PGAS, тиімділік, Пуассон теңдеуі.

Садыкова. А.А.

**Исследование эффективности расчета уравнения Пуассона на языке UPC**

**Резюме.** В данной статье рассматривается оценка расчета уравнения Пуассона итеративным методом Якоби с использованием технологии PGAS и, в частности, языка UPC. В процессе были определены и рассчитаны время выполнения, ускорение и эффективность языка UPC. Для выявления эффективности задача была написана на языках C ++ и UPC. Был проведен сравнительный анализ версий программы UPC и C++, и результаты были определены соответствующим образом. Результаты, полученные в ходе исследования, иллюстрируются в виде графиков. Графики, очевидно, иллюстрируют эффективность языка UPC и технологии PGAS.

**Ключевые слова:** UPC, PGAS, эффективность, уравнение Пуассона.

UDC 517.957, 532.5

**A.Ye. Ismailova, G.T. Bekova, G.N. Shaikhova**
(L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan
e-mail: g.shaikhova@gmail.com)

# TRAVELING WAVE SOLUTIONS FOR THE TWO-DIMENSIONAL GENERALIZED NONLINEAR SCHRÖDINGER EQUATION

**Abstract:** In the paper, we consider the two-dimensional generalized nonlinear Schrödinger (GNLS) equation, which plays an important role in the theory of nonlinear waves in two-dimensional space. The solution for the two-dimensional GNLS equation holds, for example, when waves propagate in a space with dispersion or nonlinearity. We apply the extended tanh method to obtain traveling wave solutions for the two-dimensional GNLS equation.

**Keywords:** two-dimensional generalized nonlinear Schrödinger equation, extended tanh method, traveling wave, partial differential equation, ordinary differential equation, dispersion.

**Introduction.** In this paper, we consider the two-dimensional GNLS equation in the following form

$$u_t + u_x - 2i|u|^2u - i\left(u_{xx} - 2u_{xy} + u_{yy}\right) = 0, \tag{1}$$

which is a mathematical model for describing the evolution of pulses in nonlinear optical fibers and surface gravitational waves in hydrodynamics [1-2].

Theoretical and experimental studies of the two-dimensional GNLS equation have been carried out due it is related to many nonlinear problems in theoretical physics such as nonlinear optics, plasma physics, hydrodynamics, and Bose-Einstein condensates [3-9]. We apply the extended tanh method [10-15] for the two-dimensional GNLS equation to obtain traveling wave solutions.

**Traveling wave solutions.** The extended tanh method has found wide application for the solution of partial differential equations [13-15]. The algorithm the extended tanh method consists in transforming a nonlinear partial differential equation to an ordinary differential equation by traveling wave transformation. In particular, this method is used in those problems, where dispersion effects play the important role.

By using the transformation

$$u = e^{i\theta}Q(\xi)\ , \tag{2}$$

where $\xi = x - y - ct$ and $\theta = bx + py + rt$.

we convert equation (1) to an ODE:

$$ire^{i\theta}Q - ce^{i\theta}Q' + ibe^{i\theta}Q + e^{i\theta}Q' - 2ie^{i\theta}Q^3 - i\left(-b^2e^{i\theta}Q + 4ibe^{i\theta}Q' + 4e^{i\theta}Q'' + 2pbe^{i\theta}Q - 4ipe^{i\theta}Q' - p^2e^{i\theta}Q\right) = 0 \tag{3}$$

Separating the complex and real part of the equation (3), we get

$$irQ + ibQ - 2iQ^3 + ib^2Q - 4iQ'' - 2ipbQ + ip^2Q = 0, \tag{4a}$$

$$(1 - c + 4b - 4p)Q' = 0. \tag{4b}$$

Equation (4b) gives

$$b = \frac{4p+c-1}{4}. \tag{5}$$

Balancing $Q^3$ and $Q''$ in the equation (4a) we get 3M=M+2. So that M=1. The extended tanh method admits the use if the finite expansion

$$Q(\xi) = a_0 + a_1Y + b_1Y^{-1}. \tag{6}$$

Substituting (5) and (6) into equation (4a), and collecting the coefficients of Y, we obtain a system of algebraic equations

$$Y^3: 2a_1^3 + 8a_1\mu^2 = 0, \tag{7a}$$

$$Y^2: 6a_0a_1^2 = 0, \tag{7b}$$

$$Y: -\frac{1}{8}a_1c - a_1p - 8a_1\mu^2 + 6a_1^2b_1 - \frac{1}{16}a_1c^2 - ra_1 + 6a_0^2a_1 + \frac{3}{16}a_1 = 0, \tag{7c}$$

$$Y^0: \frac{3}{16}a_0 + 2a_0^3 + 12a_0a_1b_1 - \frac{1}{16}a_0c^2 - \frac{1}{8}a_0c - a_0p - ra_0 = 0, \tag{7d}$$

$$Y^{-1}: -\frac{1}{8}b_1c - b_1p - 8b_1\mu^2 + 6a_1b_1^2 - \frac{1}{16}b_1c^2 - rb_1 + 6a_0^2b_1 + \frac{3}{16}b_1 = 0, \tag{7e}$$

$$Y^{-2}: 6a_0b_1^2 = 0, \tag{7f}$$

$$Y^3: 2b_1^3 + 8b_1\mu^2 = 0. \tag{7g}$$

Solving the system (7) with the aid of Maple, we obtain the following results:

**Case 1:**

$$a_0 = 0, a_1 = 0,\ b_1 = \frac{1}{8}\sqrt{2c^2 + 4c + 32p + 32r - 6},$$
$$\mu = \frac{1}{16}\sqrt{-2c^2 - 4c - 32p - 32r + 6}, \tag{8}$$

Substituting (8) in (6) and then in (2), we obtain the traveling wave solution for equation (1):

$$u_1(x, y, t) = e^{i(px + \frac{c}{4}x - \frac{x}{4} + py + rt)}\frac{1}{8}\frac{\sqrt{2c^2+4c+32p+32r-6}}{\tanh(\frac{1}{16}\sqrt{-2c^2-4c-32p-32r+6}(x-y-ct))}. \tag{9}$$

Dynamic of the solution (9) is depicted in Figures 1-3.

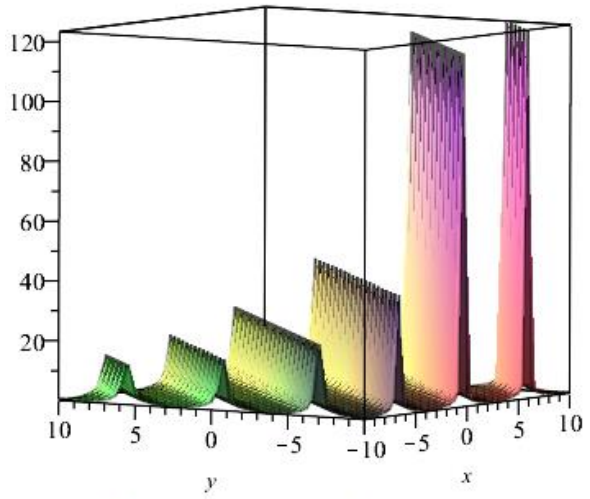



*Figure 1: The traveling wave solution $u_1(x, y, t)$ of equation (1) at $t = -3$ for $p = 1, r = 1, c = 1$.*

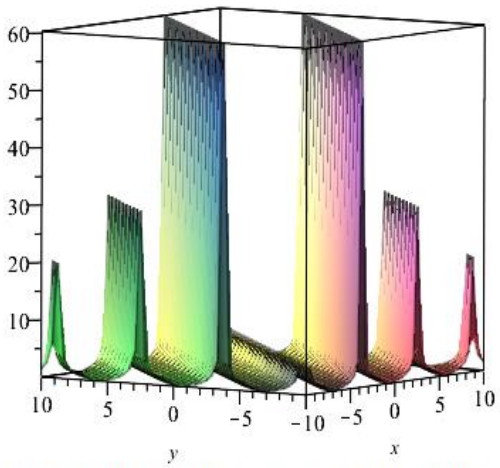



*Figure 2: The traveling wave solution $u_1(x, y, t)$ of equation (1) at $t = 0$ for $p = 1, r = 1, c = 1$.*

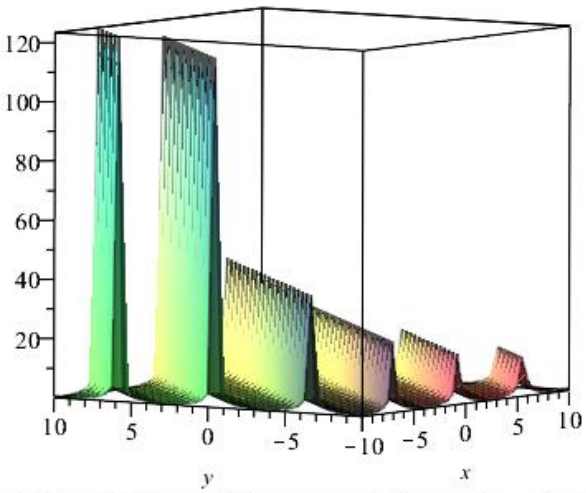



*Figure 3: The traveling wave solution $u_1(x,y,t)$ of equation (1) at $t = 3$ for $p = 1, r = 1, c = 1$.*

**Case 2:**

$$a_0 = 0,\ b_1 = 0,\ a_1 = \frac{1}{8}\sqrt{2c^2 + 4c + 32p + 32r - 6},$$
$$\mu = \frac{1}{16}\sqrt{-2c^2 - 4c - 32p - 32r + 6}, \tag{10}$$

Substituting (10) in (6) and then in (2), we obtain the traveling wave solution for equation (1):

$$u_2(x,y,t) = e^{i\left(px+\frac{c}{4}x-\frac{x}{4}+py+rt\right)}\frac{1}{8}\sqrt{2c^2 + 4c + 32p + 32r - 6}$$
$$\tanh\left(\frac{1}{16}\sqrt{-2c^2 - 4c - 32p - 32r + 6}(x - y - ct)\right). \tag{11}$$

Dynamic of the solution (11) is depicted in Figures 4-6.

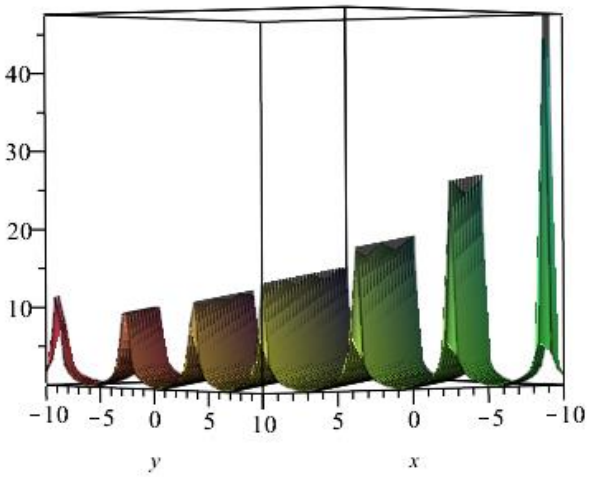



*Figure 4: The traveling wave solution $u_2(x,y,t)$ of equation (1) at $t = -3$ for $p = 1, r = 1, c = 1$.*

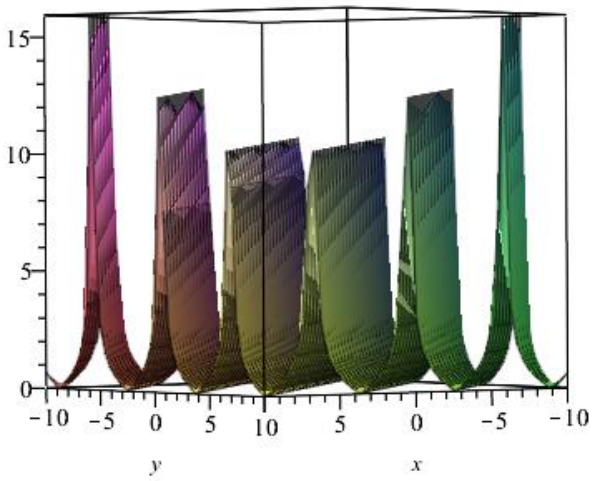



*Figure 5: The traveling wave solution $u_2(x,y,t)$ of equation (1) at $t = 0$ for $p = 1, r = 1, c = 1$.*

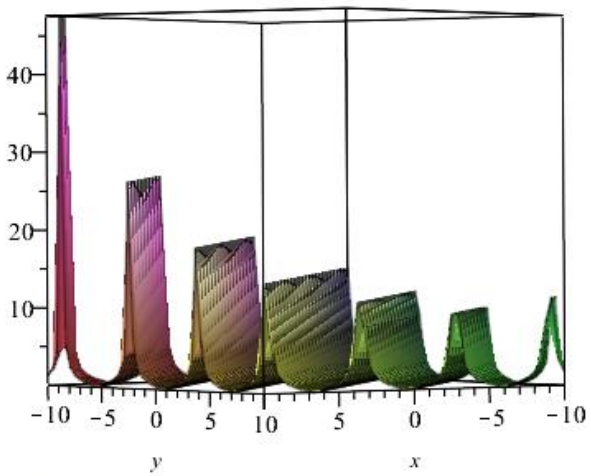



*Figure 6: The traveling wave solution $u_2(x,y,t)$ of equation (1) at $t = 3$ for $p = 1, r = 1, c = 1$.*

**Case 3:**

$$a_0 = 0,\ a_1 = \frac{1}{16}\sqrt{2c^2 + 4c + 32p + 32r - 6},\ b_1 = \frac{1}{8}\frac{\sqrt{c^2+2c+16p+16r-3}}{\sqrt{2}},$$
$$\mu = \frac{1}{32}\sqrt{-2c^2 - 4c - 32p - 32r + 6}, \tag{12}$$

Substituting (17) in (6) and then in (2), we obtain the traveling wave solution for equation (1):

$$u_3(x,y,t) = e^{i\left(px+\frac{c}{4}x-\frac{x}{4}+py+rt\right)}\frac{1}{16}\sqrt{2c^2 + 4c + 32p + 32r - 6}\times$$
$$\times \tanh\left(\frac{1}{32}\sqrt{-2c^2 - 4c - 32p - 32r + 6}(x - y - ct)\right) +$$
$$+e^{i\left(px+\frac{c}{4}x-\frac{x}{4}+py+rt\right)}\frac{1}{8}\frac{\sqrt{c^2+2c+16p+16r-3}}{\sqrt{2}\tanh\left(\frac{1}{32}\sqrt{-2c^2-4c-32p-32r+6}(x-y-ct)\right)}. \tag{13}$$

Dynamic of the solution (13) is depicted in Figures 7-9.

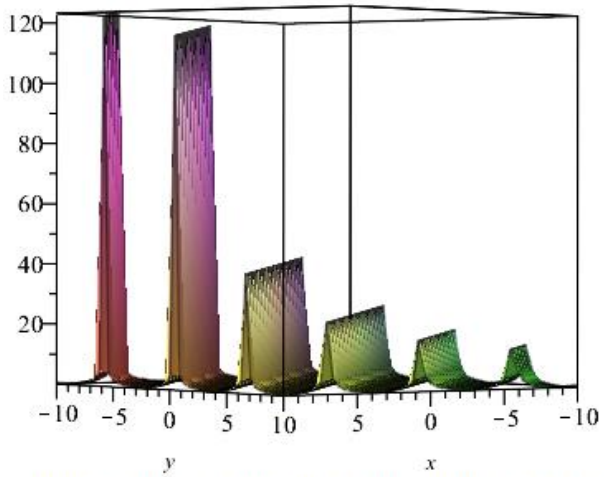



*Figure 7: The traveling wave solution $u_3(x,y,t)$ of equation (1) at $t = -3$ for $p = 1, r = 1, c = 1$.*

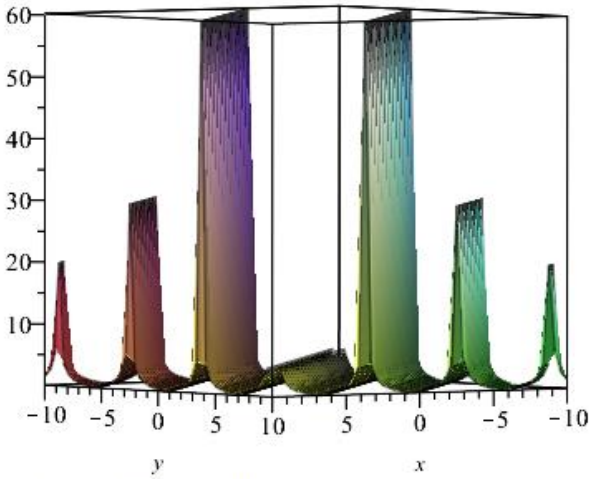



*Figure 8: The traveling wave solution $u_3(x,y,t)$ of equation (1) at $t = 0$ for $p = 1, r = 1, c = 1$.*

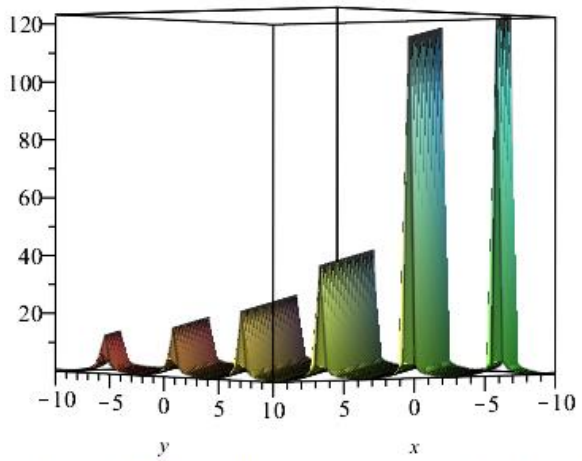



*Figure 9: The traveling wave solution $u_3(x,y,t)$ of equation (1) at $t=3$ for $p=1, r=1, c=1$.*

**Case 4:**

$$a_0 = 0, a_1 = \frac{1}{8}\sqrt{-c^2-2c-16p-16r+3},$$
$$b_1 = \frac{1}{8}\sqrt{-c^2-2c-16p-16r+3},$$
$$\mu = \frac{1}{16}\sqrt{c^2+2c+16p+16r-3}. \quad (14)$$

Substituting (14) in (6) and then in (2), we obtain the traveling wave solution for equation (1):

$$u_4(x,y,t) = e^{i\left(px+\frac{c}{4}x-\frac{x}{4}+py+rt\right)}\frac{1}{8}\sqrt{-c^2-2c-16p-16r+3}\times$$
$$\times \tanh\left(\frac{1}{16}\sqrt{c^2+2c+16p+16r-3}(x-y-ct)\right)+$$
$$+e^{i\left(px+\frac{c}{4}x-\frac{x}{4}+py+rt\right)}\frac{1}{8}\frac{\sqrt{-c^2-2c-16p-16r+3}}{\tanh\left(\frac{1}{16}\sqrt{c^2+2c+16p+16r-3}(x-y-ct)\right)}. \quad (15)$$

Dynamic of the solution (15) is depicted in Figures 10-12.

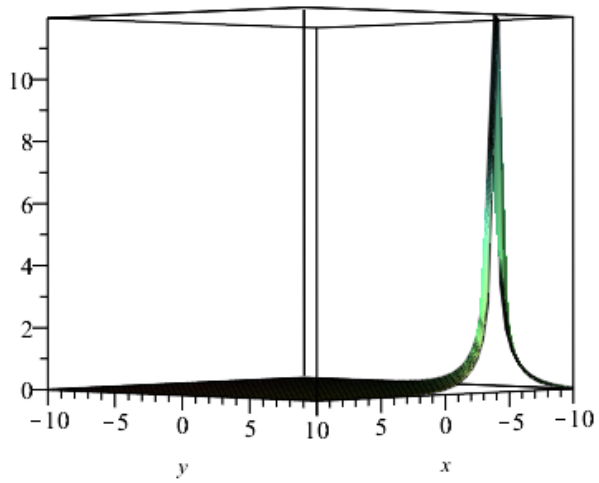



*Figure 10: The traveling wave solution $u_4(x,y,t)$ of equation (1) at $t=-14$ for $p=1, r=1, c=1$.*

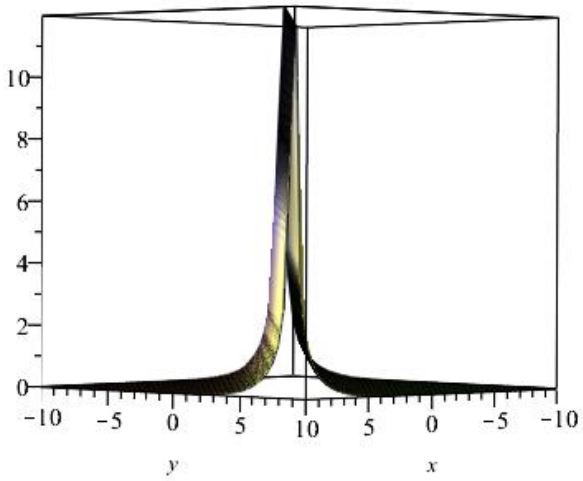



*Figure 11: The traveling wave solution $u_4(x,y,t)$ of equation (1) at $t=1$ for $p=1, r=1, c=1$.*

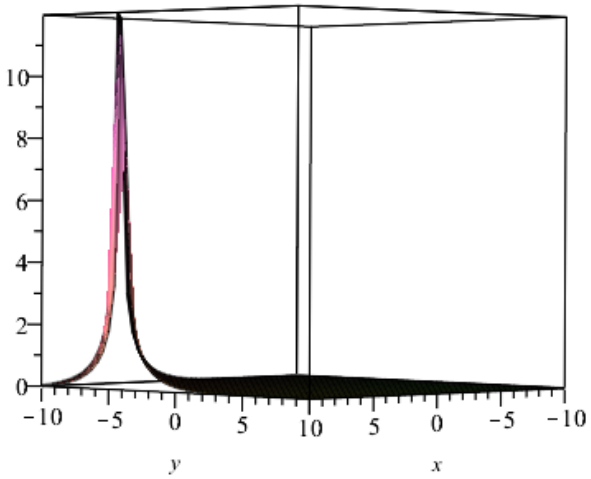



*Figure 12: The traveling wave solution* $u_4(x, y, t)$ *of equation (1) at* $t = 14$ *for* $p = 1, r = 1, c = 1$.

**Conclusion.** In this paper, we studied the two-dimensional generalized nonlinear Schrödinger equation. The traveling wave solutions of the two-dimensional GNLS equation were obtained by the extended tanh method. The graphs of the dynamics of the obtained solutions are presented in the figures.

REFERENCES

[1] L. Gao, L. Cheng. Multiple-soliton solutions and a generalized double Wronskian determinant to the (2+1)-dimensional nonlinear Schrödinger equations.//Advances in Differebce Equations.-2017.

[2] H. Zhang, T. Bo, Li-Li Li, Yu-Shan Xue. Darboux transformation and soliton solutions for the (2 + 1)-dimensional nonlinear Schrödinger hierarchy with symbolic computation.// J. Physica A.-2009.-388.-9-20.

[3] Jian-Guo Liu M.S. Osman Abdul-Majid Wazwaz. A variety of nonautonomous complex wave solutions for the (2+1)-dimensional nonlinear Schrödinger equation with variable coefficients in nonlinear optical fibers.//J.for Light and Electron Optics.

[4] K. Mio, T. Ogino, K. Minami, and S. Takeda. Modified Nonlinear Schrödinger Equation for Alfvén Waves Propagating along the Magnetic Field in ColdPlasmas.// J. Phys. Soc. Jpn.-1976.-41.- 265-271.

[5] R. Guo, H. Hao. Breathers and multi-soliton solutions for the higher-order generalized nonlinear Schrödinger equation.// Commun. Nonlinear. Sci. Numer. Simulat.-2013.-18.-2426–2435.

[6] S. Novikov, S.V. Manakov, L.P. Pitaevskii, V.E. Zakharov. Theory of solitons: the inverse scattering method.// Springer Science and Business Media, (1984).

[7] V.E. Zakharov, Stability of periodic waves of finite amplitude on the surface of a deep fluid.// J.Appl. Mech. Tech. Phys.-1968.-9 (2).- 190-194.

[8] M.S. Osman, A. Korkmazc, H. Rezazadeh, M. Mirzazadeh, M. Eslami, Q. Zhou. The unified method for conformable time fractional Schrödinger equation with perturbation terms.// Chin. J.Phys. -2018.-56 (5).-2500-2506.

[9] J.J. Su, Y.T. Gao. N th-order bright and dark solitons for the higher-order nonlinear Schrödingerequation in an optical fiber.// Superlattices Microstruct.-2018.- 120.- 697-719.

[10] G. Bekova, G. Shaikhova, K.Yesmakhanova Travelling wave solutions for the two-dimensional Hirota system of equations.// AIP Conf. Proc. 1997, 020039 (1-6),(2018).

[11] A.M. Wazwaz, M. Darvishi. Travelling wave solutions for Boussinesq-like equations with spatial and spatial-temporal dispersion.// (with et. al) Romanian Reports in Physics.-2018.-108.-1-12.

[12] A.M. Wazwaz. The tanh and the sine-cosine methods for a reliable treatment of the modified equal width equation and its variants.// Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation.-2006.-11 (2).-148-160.

[13] A.M. Wazwaz. Partial differential equations and solitary waves theory.//Publisher: Springer, Berlin, 2009.

[14] A.M. Wazwaz. The extended tanh method for new solitons solutions for many forms of the fifth-order KdV equations.// Applied Mathematics and Computation.-2007.-184 (2).- 1002-1014.

[15] A.M. Wazwaz. The extended tanh method for abundant solitary wave solutions of nonlinear wave equations.//Applied Mathematics and Computation.-2007.-187.- 1131-1142.

Исмаилова Ә.Е., Бекова Г.Т., Шайхова Г.Н.

**Екі өлшемді жалпыланған сызықты емес шредингер теңдеуінің жылжымалы толқындық шешімдері**

**Түйіндеме**: Бұл жұмыста сызықты емес толқындар теориясында маңызды рөл атқаратын екі өлшемді жалпыланған сызықты емес Шрёдингер теңдеуі қарастырылады. Екі өлшемді жалпыланған сызықты емес Шрёдингер теңдеуінің шешімі толқын дисперсия немесе сызықсыз ортада тарату кезінде болады. Екі өлшемді жалпыланған сызықты емес Шрёдингер теңдеуінің жылжымалы толқындық шешімдерің кеңейтілген гиперболалық тангенс әдісі аркылы табылады.

**Түйін сөздер:** Екі өлшемді жалпыланған сызықты емес Шрёдингер теңдеуі, кеңейтілген гиперболалық тангенс әдісі, жылжымалы толқын, дербес туынды дифференциалдық теңдеу, қарапайым дифференциалдық теңдеу, дисперсия.

Исмаилова А.Е., Бекова Г.Т., Шайхова Г.Н.

**Перемещающиеся волновые решения для двумерного нелинейного уравнения шредингера**

**Аннотация:** В работе рассмотрено двумерное обобщенное нелинейное уравнение Шрёдингера, которое играет важную роль в теории нелинейных волн в двумерном пространстве. Решение для двумерного обобщенного нелинейного уравнения Шрёдингера справедливо, например, при распространении волн в среде с дисперсией или нелинейностью. Применяем метод расширенного гиперболического тангенса для получения перемещающихся волновых решений для двумерного обобщенного нелинейного уравнения Шрёдингера.

**Ключевые слова:** двумерное обобщенное нелинейное уравнение Шрёдингера, метод расширенного гиперболического тангенса, перемещающаяся волна, дифференциальное уравнение в частных производных, обыкновенное дифференциальное уравнение, дисперсия.

УДК 681.3

**S.N. Boranbayev, A.M. Nurusheva, Y.N. Seitkulov, N.M. Sissenov**
(L.N. Gumilev Eurasian National University, Astana, Kazakhstan
E-mail: sboranba@yandex.kz, nurusheva.assel@mail.ru, erj@mail.ru, nurbek9291@mail.ru)

**APPROACHES, METHODS AND TOOLS TO ENSURE THE RELIABILITY OF THE INFORMATION SYSTEM OPERATING**

**Abstract:** The loss of reliability of information systems often leads to a negative impact on the supply of basic services. In the modern world, information systems are the most vulnerable and unstable than ever because of rapid technological changes and the emergence of a new type of threat are information threats. This article is aimed at reviewing existing approaches to ensuring the reliability of different systems such as RED (Risk in Early Design), GREEN (Generated Risk Event Effect Neutralization) and MCDM (Multiple-Criteria Decision-Making) and studying the possibility of their use to ensure the reliability of information systems. Using a set of approaches to ensure the reliability will reduce the risk of failures in these systems.

**Key words:** multi-criteria method; information systems; reliability; fault tolerance.

**С.Н. Боранбаев, А.М. Нурушева, Е.Н. Сейткулов, Н.М. Сисенов**
(Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, Астана, Республика Казахстан
E-mail: sboranba@yandex.kz, nurusheva.assel@mail.ru, erj@mail.ru, nurbek9291@mail.ru)

**ПОДХОДЫ, МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

**Аннотация:** Утрата или нарушение надежности информационных систем зачастую приводит к негативному воздействию на поставку основных услуг. В современном мире, информационные системы являются наиболее уязвимыми и неустойчивыми, чем когда-либо из-за быстрых технологических изменений и появления нового типа угроз - информационных угроз. Эта статья направлена на обзор существующих подходов и методов обеспечения надежности различных систем, таких как RED (Risk in Early Design), GREEN (Generated Risk Event Effect Neutralization) и MCDM (Multiple-Criteria Decision-Making), и исследование возможности их применение для обеспечения надежности информационных систем. Использование комплекса подходов для обеспечения надежности, позволит сократить риски появления отказов в информационных системах.

**Ключевые слова:** многокритериальный метод; информационные системы; надежность; отказоустойчивость.

**Введение**. Данная работа выполнена по гранту МОН РК, ИРН:AP05131784.

Понятие «надежности» информационной системы (ИС) можно понимать, как способность ИС, находящейся под угрозой, адаптироваться к ситуации и восстанавливаться после отказов, сохраняя при этом функционирование структур и элементов. Уровень надежности ИС во многом связан с имеющимися рисками реализации отказов ИС, поэтому для повышения надежности важно своевременно выявлять и смягчать риски реализации отказов ИС. Наличие точной, своевременной и достоверной информации об угрозах и рисках, определение и принятие мер по смягчению рисков, реагирование на угрозы и, соответственно, возможность восстановления ИС позволяют улучшать надежность и отказоустойчивость ИС.

К основным этапам управления рисков можно отнести: идентификацию рисков, их анализ и оценку, принятие мер в их отношении (принятие рисков, смягчение рисков, страхование и т.д.).

В настоящее время в ряде компаний для идентификации и оценки рисков, а также их смягчения используется множество подходов и программных средств (CRAMM, RiskWatch, ГРИФ, CORAS, OCTAVE и т.д.).

В нашей работе исследованы подходы, используемые для идентификации, анализа и смягчения рисков появления отказов в различных системах:

1) Метод RED (Risk in Early Design) по идентификации и анализу рисков на раннем этапе проектирования систем;

2) Метод GREEN (Generated Risk Event Effect Neutralization) по смягчению рисков в системах;

3) Многокритериальный метод принятия решений MCDM (Multiple-Criteria Decision-Making).

Метод RED позволяет получить важную информацию в ограниченном целочисленном формате для того, чтобы передать точный статус риска исследуемой системы. Впервые метод RED был использован в области электромеханического проектирования.

Метод GREEN – это инструмент, который помогает в снижении риска, используя стратегии рисков и их оценки на основе собранных исторических данных по снижению риска.

Существует множество подходов принятия решений, которые применяются в различных областях. За последние несколько лет в области информационных технологий возрос интерес к использованию анализа, основанного на большем числе критериев, в качестве инструмента поддержки принятия решений. Так, различные типы подхода MCDM, основанные на использовании нескольких критериев, были рассмотрены в [1]. Разные ученые рассматривали теорию систем поддержки принятия решений [2-4] и их практическое применение во многих областях человеческой деятельности [5–7]. Методы принятия решений развиваются динамично [8-10]. Sivilevičius и соавт. представили оригинальный метод MADM, который может быть применен для оценки различных инструментов безопасности [11]. MCDM широко использует методы принятия решений в науке, технике, а также в управлении [12- 15]. Различные категории подходов MCDM решают сложные проблемы [16-18].

Таким образом, методы RED, GREEN и MCDM являются подходами, которые поддерживают и облегчают процесс принятия решений экспертам. Использование этих подходов при определении рисков обеспечит объективность и прозрачность при оценке приемлемости решения.

Данные методы были адаптированы нами для использования в области программного обеспечения, для предоставления оценки риска на основе функциональности программного обеспечения.

**Методология исследования и методы.** В данной статье для анализа применимости и динамики использования подходов RED, GREEN и MCDM использовались материалы цитируемых баз данных, включая Scopus и Web of Science.

Динамика роста статей по использованию подходов RED и GREEN в период с 2006 года по 2013 год приведена на рисунке 1.

В работах [19,20] был рассмотрен подход, основанный на оценке рисков и их нейтрализации для повышения надежности информационных систем. Данный подход позволяет проводить оценку риска на раннем этапе процесса разработки программного обеспечения и определять для них наиболее эффективные стратегии по смягчению рисков в тех случаях, когда традиционные методы не могут быть применены. Подход основан на адаптации методов RED [21, 22] и GREEN [23] для оценки рисков программных систем, и позволяет снизить риск, используя стратегии смягчения рисков и их оценки на основе собранных исторических данных по снижению риска. Динамика роста статей по использованию подходов RED и GREEN для повышения надежности информационных систем в период с 2017 года по 2019 год приведена на рисунке 2 (в основном это работы авторов настоящей статьи). До 2017 года,

аналогичной информации об использовании подходов RED и GREEN для повышения надежности информационных систем, в базах данных Scopus и Web of Science не обнаружено.

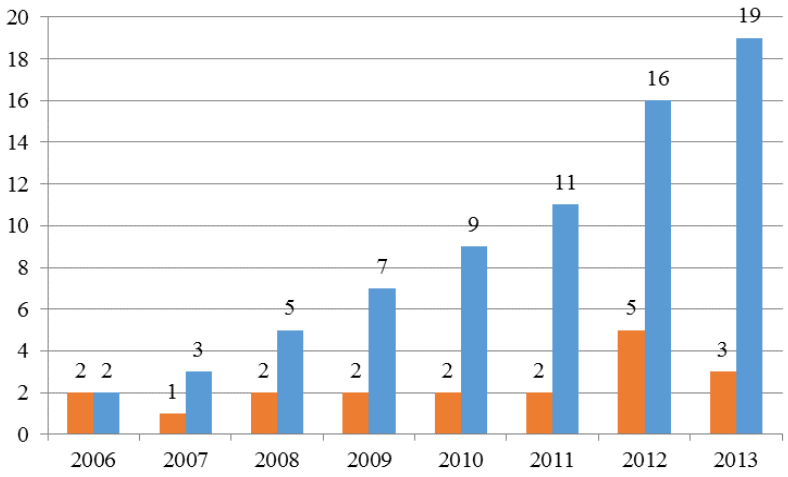



**Рис. 1.** Динамика роста статей по использованию подходов RED и GREEN в период с 2006 года по 2013 год

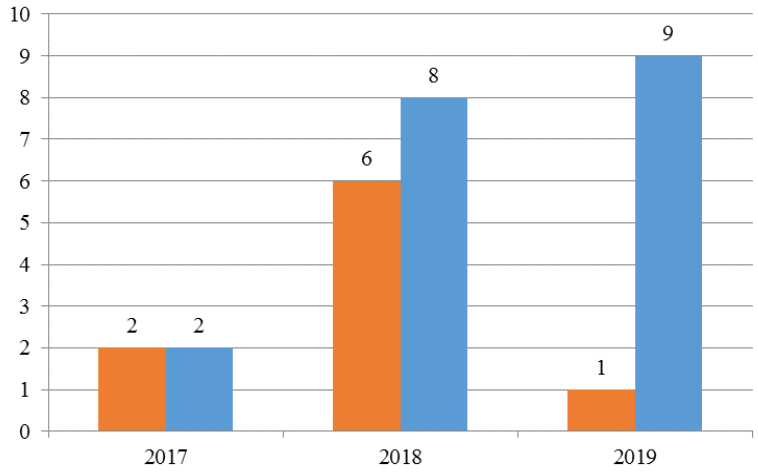



**Рис. 2.** Динамика роста статей по использованию подходов RED и GREEN для повышения надежности информационных систем в период с 2017 года по 2019 год

Задача обеспечения надежности и отказоустойчивости информационных систем стала особенно актуальной в связи с тем, что в настоящее время облачные технологии находят все большее распространение. Основными преимуществами облачных сервисов являются масштабируемость ресурсов, значительно низкие затраты на поддержку инфраструктуры. Крупные поставщики облачных сервисов вложили большие инвестиции в разработку массовой инфраструктуры доступа для своих потребителей по всему миру. Тем не менее, для основной массы потребителей очень остро стоит вопрос доверия своей информации сторонним поставщикам облачных сервисов. Руководители подразделений информационных технологий своих компаний, которые принимают решения о перемещении собственной инфраструктуры в облако, имеют сомнения относительно надежности облачных сервисов. В связи с этим, разработка методов повышения отказоустойчивости и надежности программного обеспечения, в частности в облаке, является важной научно-технической задачей. В работах [24-32] были разработаны методы и технологии, позволяющие производить оценку отказоустойчивости программного обеспечения с использованием метода диверситета. Данный подход позволяет минимизировать стоимость разработки программного обеспечения через стандартизированные языки моделирования для построения бизнес- процессов (BPMN – Business

Process Model Notation, BPEL - Business Process Execution Language и др.). Были получены следующие результаты: разработана архитектура решения, позволяющего производить оценку отказоустойчивости программного обеспечения с использованием метода диверситета, разработаны модели, реализован алгоритм оценки отказоустойчивости и разработано специализированное программное обеспечения для применения его в облачных вычислениях; интеграция алгоритма оценки отказоустойчивости разработанного специализированного программного обеспечения с промежуточным программным обеспечением, и использование интегрированного решения для оценки показателей надежности.

Использование MCDM для установления приоритетов в ИТ-сфере в последние годы происходит все чаще.

Впервые проблема многокритериальной оптимизации возникла у итальянского экономиста В. Парето при математическом исследовании товарного объёма. В дальнейшем интерес к проблеме векторной оптимизации усилился в связи с разработкой и широким использованием вычислительной техники в работах всё тех же экономистов-математиков. И уже позднее стало ясно, что многокритериальные задачи возникают не только в экономике, но и в технике: например, при проектировании технических систем, при оптимальном проектировании интегральных схем, в военном деле и т.д.

По результатам анализа исследований по тематике MCDM по направлению Computer Science в рамках базы данных Web of Science за период с 2005 года по 2018 год было опубликовано 972 статьи.

На рисунке 3 показаны важные данные, основанные на динамике роста статей, включенных в базу данных Web of Science по ключевым словам MCDM по направлению Computer Science с 2005 по 2018 год. Результаты показывают, что с 2005 г. по 2018 г. увеличилась информация об использовании методов MCDM в направлении Computer Science. Согласно выводам, приведенным на этом рисунке, использование этих методов и подходов в 2005 году было найдено в 18 документах, и в 2007 году это число увеличилось до 30; число публикаций увеличилось до 127 и 135 документов в 2017 и 2018 годах, соответственно.

Соответственно, можно отметить, что исследователи из разных областей и категорий в настоящее время используют методы MCDM в своих исследованиях, и можно предсказать, что в ближайшие годы эти цифры будут увеличиваться. Результаты публикаций по годам показаны на рисунке 3.

Рисунок 4 показывает данные, основанные на динамике роста статей, включенных в базу данных Web of Science по ключевым словам MCDM и обеспечение надежности. Результаты показывают, что с 1993 г. по 2019 г. увеличилась информация об использовании методов MCDM по тематике обеспечения надежности. Таким образом, использование этих методов и подходов в 1993 году было найдено в 1 документе, и в 2018 году это число увеличилось до 45.

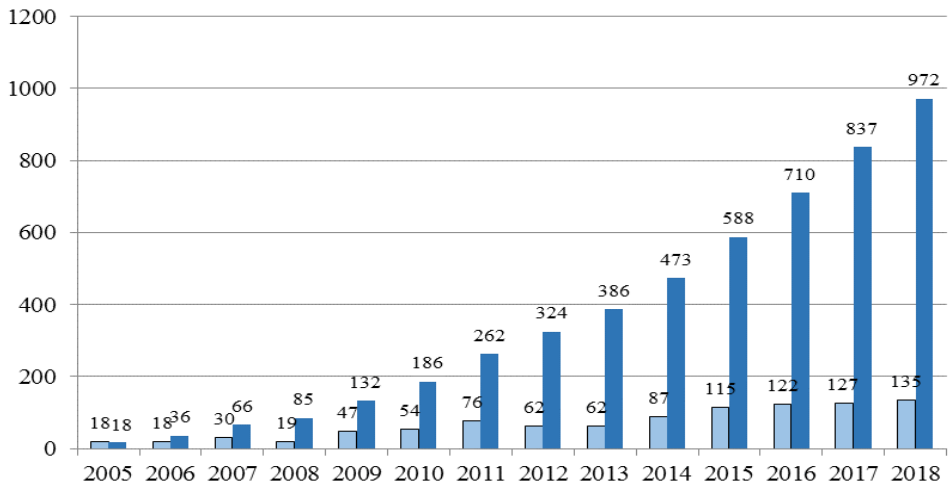



**Рис. 3.** Динамика роста статей, включенных в базу данных Web of Science по ключевым словам MCDM по направлению Computer Science с 2005 по 2018 год

Соответственно, можно отметить, что исследователи из разных областей и категорий в настоящее время используют методы MCDM в своих исследованиях, и можно предсказать, что в ближайшие годы эти цифры также будут увеличиваться. Результаты публикаций по годам показаны на рисунке 4.

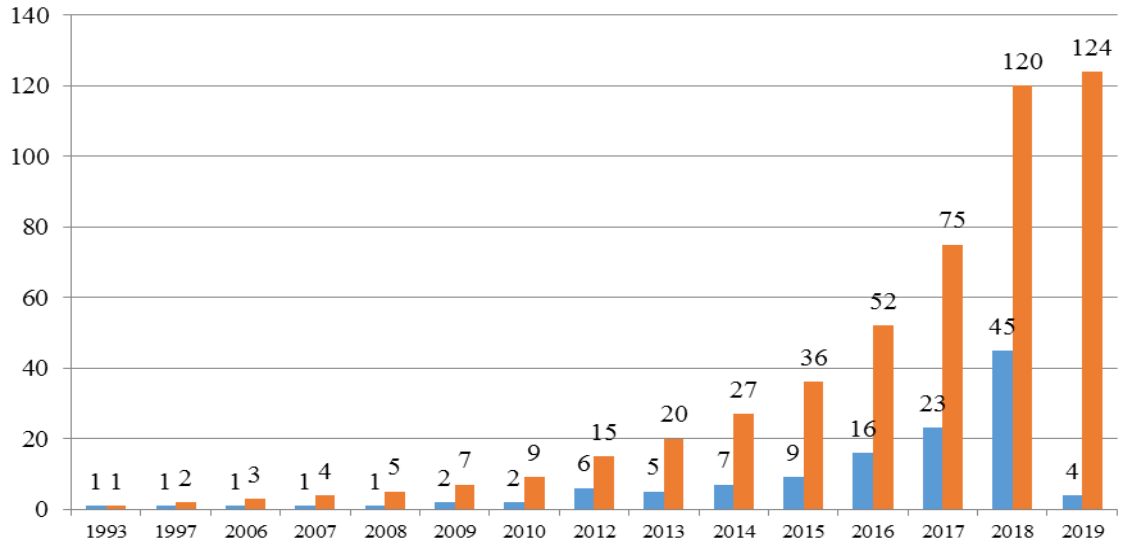



**Рис. 4.** Динамика роста статей, включенных в базу данных Web of Science по ключевым словам MCDM и обеспечение надежности

Более подробный обзор применимости MCDM при обеспечении надежности приведен в работах [33-34].

**Заключение.** В настоящее время известно и применяется множество подходов для обеспечения надежности и отказоустойчивости информационных систем. В данной статье описано применение таких подходов как RED, GREEN и MCDM.

В 2017 году применение таких подходов как RED и GREEN, для управления рисками реализации отказов в информационных системах, впервые было предложено авторами настоящей статьи в работах [19-20]. Описание программной системы, разработанной на базе методов RED и GREEN, приведено в работе [35].

Применение же метода MCDM в области обеспечения надежности известностно с 1993 года и популярность его использования постоянно растет. В основном этот метод применялся в экономике, при проектировании технических систем, при оптимальном проектировании интегральных схем, и др.

В работе [36] авторы настоящей статьи применили метод MCDM для определения критических информационных инфраструктур, а работе [37] применили для оценки рисков информационной безопасности в критической инфраструктуре.

Таким образом, обзор и анализ исследованных методов дает возможность делать вывод об актуальности применения данных методов и в дальнейших исследованиях в области обеспечения надежности ИС.

Применение комплекса методов, направленных на обеспечение надежности ИС, включая методы RED, GREEN и MCDM, позволит повысить уровень надежности и отказоустойчивости и обеспечит большую вероятность и эффективность своевременного определения и устранения соответствующих рисков.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Zavadskas E.K, Liias R., Turskis, Z. Multi-attribute decision-making methods for assessment of quality in bridges and road construction: state-of-the-art surveys // Baltic Journal of Road & Bridge Engineering – 2008. – 3 – 3 – pp. 152–160.

[2] Amott D., Pervan G. Eight key issues for the decision support systems discipline // Decision Support Systems – 2008. – 44 – 3 – pp. 657–672.

[3] Car N.J. Using decision models to enable better irrigation Decision Support Systems // Computers and Electronics in Agriculture – 2018. – 152 – pp. 290–301.

[4] Zavadskas E.K., Antucheviciene J., Vilutiene T., Adeli H. Sustainable decision-making in civil engineering, construction and building technology // Sustainability – 2018. – 10.

[5] Zhang G., Xu Y., Li T. A special issue on new trends in Intelligent Decision Support Systems // Knowledge-Based Systems – 2012. – 32 – pp. 1–2.

[6] Wen W., Chen Y.H., Chen, I.C. A knowledge-based decision support system for measuring enterprise performance // Knowledge-Based Systems – 2008. – 21 – pp. 148–163.

[7] Ranerup A., Noren L., Sparud-Lundin C. Decision support systems for choosing a primary health care provider in Sweden // Patient education and counseling – 2012. – 86 – 3 – pp. 342–347.

[8] Turskis Z. Multi-attribute contractors ranking method by applying ordering of feasible alternatives of solutions in terms of preferability technique // Technological and Economic Development of Economy – 2008. – 14 – 2 – pp. 224–239.

[9] Zavadskas E.K., Turskis Z., Tamosaitiene J. Contractor selection of construction in a competitive environment // Journal of Business Economics and Management – 2008. – 9 – 3 – pp. 181–187.

[10] Zavadskas E.K., Kaklauskas A., Turskis Z., Kalibatas D. An approach to multi-attribute assessment of indoor environment before and after refurbishment of dwellings // Journal of Environmental Engineering and Landscape Management – 2009. – 17 – 1 – pp. 5–11.

[11] Sivilevičius H., Zavadskas E.K., Turskis Z. Quality attributes and complex assessment methodology of the asphalt mixing plant // Baltic Journal of Road & Bridge Engineering – 2008. – 3 – 3 – pp. 161–166.

[12] Hurley J.S. Quantifying decision making in the critical infrastructure via the Analytic Hierarchy Process (AHP) // International Journal of Cyber Warfare and Terrorism (IJCWT) – 2017. – 7 – 4 – pp. 23–34.

[13] Mardani A., Zavadskas E.K., Khalifah Z., Zakuan N., Jusoh A., Nor K.M., Khoshnoudi M. A review of multi-criteria decision-making applications to solve energy management problems: Two decades from 1995 to 2015 // Renewable & Sustainable Energy Reviews – 2017. – 71 – pp. 216-256.

[14] Leśniak A., Kubek D., Plebankiewicz E., Zima K., Belniak S. Fuzzy AHP application for supporting contractors' bidding decision // Symmetry – 2018. – 10 – 642.

[15] Guarini M.R., Battisti F., Chiovitti A. A methodology for the selection of multi-criteria decision analysis methods in real estate and land management processes // Sustainability – 2018. – 10 – 507.

[16] Turskis Z., Zavadskas E.K. A novel method for multiple criteria analysis: grey additive ratio assessment (ARAS-G) method // Informatica – 2010. – 21 – 4 – pp. 597–610.

[17] Zavadskas E.K., Mardani A., Turskis Z., Jusoh A., Nor K.M.D. Development of TOPSIS Method to Solve Complicated Decision-Making Problems: An Overview on Developments from 2000 to 2015 // International Journal of Information Technology & Decision Making – 2016. – 15 – pp. 645–682.

[18] Strantzali E., Aravossis K. Decision making in renewable energy investments: A review // Renewable and Sustainable Energy Reviews – 2016. – 55 – pp. 885–898.

[19] Боранбаев А.С., Боранбаев С.Н., Ерсаханов К.Б., Нурушева А.М. Методы обеспечения надежности информационных систем // Вестник ЕНУ – 2017. – 2 – 117 – с.61-70.

[20] Боранбаев А.С., Боранбаев С.Н., Ерсаханов К.Б., Нурушева А.М. Выявление потенциальных отказов программного обеспечения и их нейтрализация // «Интеллектуальные информационные и коммуникационные технологии – средство осуществления третьей индустриальной революции в свете Стратегии «Казахстан-2050»: Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции, посвященный 70-летию профессора Мамырбек Бейсенби. – Астана: ЕНУ, 2017. – с.338-340.

[21] Grantham Lough K., Stone R. and Tumer I. Prescribing and implementing the risk in early design (RED) method // In Proceedings of DETC'06 – number DETC2006-99374 – Philadelphia, PA, September 2006.

[22] Grantham Lough K., Stone R. and Tumer I. The risk in early design (RED) method: Likelihood and consequence formulations // In Proceedings of DETC'06 – number DETC2006-99375 – Philadelphia, PA, September 2006.

[23] Krus, D.A., The risk mitigation strategy taxonomy and generated risk event effect neutralization method – 2012. – Doctoral Dissertations.

[24] Boranbayev S.N., Popov P., Altayev S.A. The usage of design diversity for software fault tolerance and reliability // Материалы республиканской научно-практической конференции «Проблемы применения современных математических методов и компьютерных технологий в инженерных науках и строительстве» - Астана: ЕНУ, 2013 – с.237-243.

[25] Boranbayev S.N., Popov P., Altayev S.A. Software Reliability Issues // Материалы международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы информатики и процессов управления» - Алматы, 2012, с.61-65.

[26] Boranbayev S., Boranbayev A., Altayev S. Development of a mathematical model for designing reliable information systems and its properties // The 2014 International Conference on Software Engineering Research and Practice (SERP'14) – Las Vegas, USA, 2014 – pp. 286-290.

[27] Boranbayev S., Boranbayev A., Altayev S., Nurbekov A. Mathematical model for optimal designing of reliable information systems // Proceedings of the 2014 IEEE 8th International Conference on Application of Information and Communication Technologies-AICT2014 – Astana, Kazakhstan, October 15-17, 2014 – pp. 123-127.

[28] Boranbayev S., Boranbayev A., Altayev S., Seitkulov Y. Application of diversity method for reliability of cloud computing // Proceedings of the 2014 IEEE 8th International Conference on Application of Information and Communication Technologies-AICT2014 – Astana, Kazakhstan, October 15-17, 2014 – pp. 244-248.

[29] Boranbayev S., Altayev S., Boranbayev S. Applying the method of diverse redundancy in cloud based systems for increasing reliability // Proceedings of the 12th International Conference on Information Technology: New Generations (ITNG 2015) – April 13-15, 2015, Las Vegas, Nevada, USA – pp.796-799.

[30] Boranbayev S., Nurbekov A. Development of the methods and technologies for the information system designing and implementation // Journal of Theoretical and Applied Information Technology – 2015. – 82 – 2 – pp.212-220.

[31] Boranbayev S., Boranbayev A., Nurbekov A., Altayev S. The method of design and development of information systems // Proceedings of the 7th International Conference on Latest Trends in Engineering & Technology (ICLTET'2015) - Nov. 26-27, 2015, Irene, Pretoria (South Africa) – pp.145-149.

[32] Boranbaev A.S., Boranbaev S.N., Karasaeva K. Obespechenie nadezhnosti programmnykh sistem na osnove metoda diversiteta. Vestnik ENU – 2016 – 4 – 64-70.

[33] Shen K.Y., Zavadskas E.K., Tzeng G.H. Updated discussions on "Hybrid multiple criteria decision-making methods: a review of applications for sustainability issues" // Economic research – Ekonomska istrazivanja – 2018. – 31 – 1 – pp. 1437-1452.

[34] Siksnelyte I., Zavadskas E.K., Streimikiene D., Sharma D. An overview of multi-criteria decision-making methods in dealing with sustainable energy development issues // Energies – 2018. – 11 – 10.

[35] Boranbayev A.S., Boranbayev S.N., Nurusheva A.M., Yersakhanov K.B., Seitkulov Y.N. Development of web application for detection and mitigation of risks of information and automated systems // Eurasian Journal of Mathematical and Computer Applications – 2019 – 7 – 1 – pp. 4-22.

[36] Turskis, Z., Goranin, N., Nurusheva, A., Boranbayev S. (2019). A Fuzzy WASPAS-based approach to determine critical information infrastructures of EU sustainable development // Sustainability – 2019. – 11 – 2 – 424.

[37] Turskis Z., Goranin N., Nurusheva A., Boranbayev S. Information Security Risk Assessment in Critical Infrastructure: A Hybrid MCDM Approach // Informatica – 2019. – 30 – 1 – pp. 187-211.

Боранбаев С.Н., Нурушева Ә.М., Сейткулов Е.Н., Сисенов Н.М.

**Ақпараттық жүйелердің сенімді жұмыс істеуін қамтамасыз ететін құралдар,** әдістер **мен тәсілдер**

**Түйіндеме.** Ақпараттық жүйелердің жоғалуы немесе бұзылуы көбінесе негізгі қызметтердге теріс әсер етеді. Қазіргі әлемде ақпараттық жүйелер жылдам технологиялық өзгерістерге және қауіптің жаңа түрі - ақпараттық қауіптердің пайда болуына байланысты ең осал және тұрақсыз болып табылады. Бұл мақала RED (Risk in Early Design), GREEN (Generated Risk Event Effect Neutralization) және MCDM (Multiple-Criteria Decision-Making) сияқты әртүрлі жүйелердің сенімділігін қамтамасыз ететін тәсілдерді қарастыруға және ақпараттық жүйелердің сенімділігін қамтамасыз ету үшін оларды пайдалану мүмкіндігін зерделеуге бағытталған. Сенімділігін қамтамасыз ету үшін бірқатар тәсілдерді қолдануы ақпараттық жүйелердегі ақаулықтар қаупін азайтуға мүмкіндік береді.

**Кілт сөздер:** көп критерий әдісі; ақпараттық жүйелер; сенімділік; бұзылуға тұрақтылық.

УДК 539.23. 621.383

**D.V. Ismailov, Zh.K. Kalkozova, Zh.N. Kozhanova, A.T. Tulegenova, Kh.A. Abdullin**
(National Nanotechnology Laboratory of open type, al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, E-mail: kh.a.abdullin@mail.ru)

## ROOM TEMPERATURE PHOTOLUMINESCENCE SENSING PROPERTIES OF ZnO NANORODS GROWN BY THE HYDROTHERMAL METHOD

**Abstract:** It is shown that the photoluminescence (PL) intensity in zinc oxide nanorod arrays ZnO-NR synthesized by the hydrothermal method can increase by 2-3 orders of magnitude during treatments that affect mainly the surface of the samples. Such effects are UV exposure, changes in the composition of the gas atmosphere or, short-term treatment in plasma. It was concluded that the main factor controlling the PL intensity in ZnO-NR is the near-surface band bending. Strong changes in the intensity of the PL under external impact allow one to use the observed effects to create fluorescent sensors based on ZnO-NR.

**Key words:** zinc oxide nanorod arrays, photoluminescence spectra

**Д.В. Исмаилов, Ж.К. Калкозова, Ж.Н. Кожанова, А.Т. Тулегенова, Х.А. Абдуллин**
(Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан
E-mail: kh.a.abdullin@mail.ru)

# ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СЕНСОРНЫЕ СВОЙСТВА ПРИ КОМНАТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ НАНОСТЕРЖНЕЙ ZnO, ВЫРАЩЕННЫХ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫМ МЕТОДОМ

**Аннотация.** Показано, что в образцах массивов наностержней оксида цинка ZnO-NR, синтезированных гидротермальным методом, интенсивность фотолюминесценции (ФЛ) при обработках, воздействующих главным образом на поверхность образцов, может увеличиваться на 2-3 порядка. Такими воздействиями являются УФ засветка, изменение состава газовой атмосферы, кратковременная обработка в плазме. Сделан вывод, что основным фактором, контролирующим интенсивность ФЛ в ZnO-NR, является приповерхностный изгиб зон. Сильное изменение интенсивности ФЛ при внешних воздействиях позволяет использовать наблюдаемые эффекты для создания люминесцентных датчиков на основе ZnO-NR.

**Ключевые слова:** массивы наностержней оксида цинка ZnO-NR, спектры фотолюминесценции

## Введение

При создании датчиков и сенсоров из полупроводниковых материалов весьма важны эффекты, вносимые электронными уровнями примесных атомов и дефектов, границами зерен поликристаллов. На поверхности и на границах зерен многих оксидов металлов [1, 2] существует высокая концентрация эффективных ловушек свободных электронов - кислородных центров типа $O_2^-$, $O^-$, $O^{2-}$ и т.п., стабильных при комнатной температуре. Отрицательно заряженные ловушки создают изгиб энергетических зон в приповерхностной области и формируют обедненную область с пониженной концентрацией свободных электронов. Механизм газочувствительности в оксидах металлов определяется изменением толщины обедненного приповерхностного слоя при экспозиции образца в различных атмосферах. При этом оксиды с проводимостью n-типа ($SnO_2$, ZnO, $TiO_2$, $Fe_2O_3$ и др.) реагируют уменьшением электрического сопротивления на газы $H_2$, $CH_4$, CO, $C_2H_5$, $H_2S$ и др., которые восстанавливают поверхность полупроводника, уменьшают концентрацию поверхностных акцепторов, главным образом адсорбированного кислорода, и увеличивают подвижность носителей за счет падения рассеяния на границах зерен. Напротив, окислительные газы, такие, как $O_2$, $NO_2$, $Cl_2$ и др., вызывают рост электросопротивления оксидов с проводимостью n-типа. В оксидах металлов, обладающих дырочной проводимостью (NiO, CoO, CuO и др.) наблюдается противоположная ситуация.

На эффекте влияния состава газовой атмосферы на свойства материала основана работа различных газовых сенсоров из оксидов металлов, среди которых оксид цинка ZnO является одним из основных материалов [3]. Наиболее часто в качестве чувствительного параметра используется электрическое сопротивление сенсора, при этом чувствительность сенсора ZnO во многом определяется морфологией [4-7].

Влияние газовой атмосферы на спектры фотолюминесценции (ФЛ) в ZnO более комплексное и может иметь несколько различных механизмов [8, 9]. Основная причина изменения спектров ФЛ связана с изменением ширины приповерхностной обедненной области [10]. Состояние поверхности в значительной степени зависит от видов технологических обработок, таких как плазменная обработка, термический отжиг, а также от ультрафиолетовой подсветки, вызывающей в ZnO заметную замороженную фотопроводимость (PC - persistent photoconductivity). Поэтому для создания датчиков на ZnO важны исследования влияния этих факторов на свойства ZnO.

В настоящей работе показано, что в образцах массивов наностержней оксида цинка ZnO-NR (NR - nanorods) интенсивность ФЛ при различных обработках, воздействующих на поверхность образцов, может увеличиваться на 2-3 порядка.

## Эксперимент

Образцы массивов наностержней оксида цинка ZnO-NR были выращены на подложках из кремния либо стекла. Для создания слоя ZnO-NR на подложках предварительно создавался тонкий затравочный слой. Гидротермальный синтез слоев ZnO-NR проводился с использованием рабочего водного раствора [11] из 0.03M уротропина $C_6H_{12}N_4$ и 0.03M нитрата цинка $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$. Синтез проводился в водяной бане на магнитной мешалке с подогревом в течение ~1.5 часов при 95ºC.

Морфология образцов исследована с помощью сканирующего электронного микроскопа(SEM) Quanta 3D 200i. Спектры ФЛ образцов ZnO-NR измерялись с помощью люминесцентного спектрометра Cary Eclipse (Agilent) при комнатной температуре, возбуждение осуществлялось на длине волны 300 нм. Спектры ФЛ исследованы при комнатной температуре при нормальном атмосферном давлении или в вакууме. Для измерений спектров ФЛ образец помещался в герметичную камеру с кварцевыми окнами, камера могла откачиваться до давления $6\times10^{-5}$Pa либо продуваться постоянным потоком сухого азота. Подача влажного азота осуществлялась пропусканием газа через барботёр, заполненный водой.

Для создания более интенсивной УФ засветки, чем излучение возбуждения ФЛ от спектрометра Cary Eclipse, использовалась лампа «черного света» мощностью 4 Вт с полосой излучения ~365-370 нм.

Обработка образцов в радиочастотной (27 MHz) плазме в атмосфере водорода (H-обработка) проводилась в кварцевом трубчатом реакторе диаметром 30 мм, с электродами емкостного типа при давлении газа ~60 Pa и мощности ВЧ-генератора ~20 W.

**Результаты и обсуждение**

Типичная морфология полученных образцов ZnO-NR показана на рисунке 1. Синтезированный слой состоит из монокристаллических стержней ZnO длиной ~500 нм и диаметром ~50 нм (рис. 1). Исследования рентгеновской дифракции показали, что все наблюдаемые рентгеновские рефлексы соответствуют гексагональной структуре ZnO. Стержни ZnO растут вдоль направления (002) и ориентированы преимущественно перпендикулярно к подложке, о чем свидетельствуют SEM снимки и высокая интенсивность рефлекса (002).

Типичные спектры ФЛ, наблюдаемые в синтезированных образцах ZnO-NR, приведены на рисунке 2, спектр 1. Спектр ФЛ состоит из полосы ультрафиолетовой фотолюминесценции NBE (NBE – near-band-edge emission) вблизи края собственного поглощения, с максимумом при 378 нм и с шириной на половине высоты 0.155 эВ, и полосы люминесценции DLE (DLE – deep level emission) с максимумом при ~580 нм, возникающей при излучательных переходах через глубокие уровни.

Обнаружено, что плазменная обработка в атмосфере водорода существенно увеличивает интенсивность полосы NBE и пассивирует полосу DLE. Как видно из рисунка 2, при кратковременной обработке в водородной плазме (H-обработке) происходил рост интенсивности полосы NBE более чем в 100 раз, полоса DLE полностью исчезает. Наблюдался линейный рост интенсивности полосы NBE в зависимости от времени водородной обработки до длительности 3-4 минуты, а затем зависимость интенсивности полосы NBE выходила на насыщение и не зависела от времени обработки вплоть до длительности 15 минут. Более длительная обработка вызывала деградацию поверхности образцов.

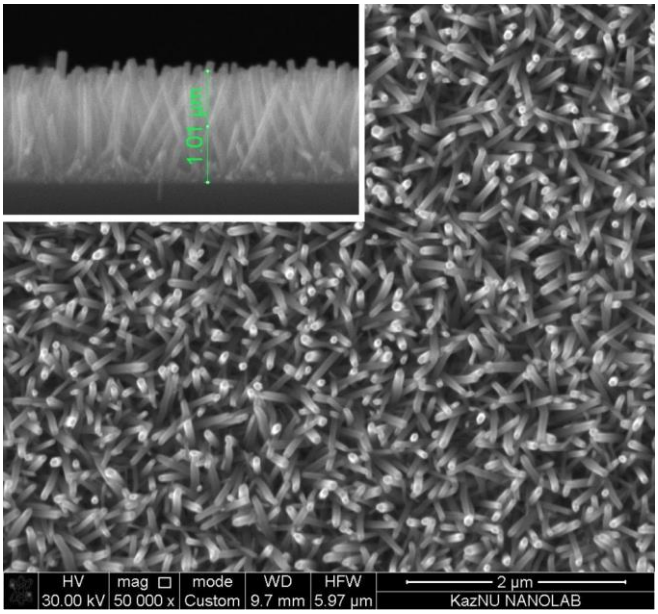



**Рис. 1.** SEM снимки синтезированных массивов наностержней ZnO

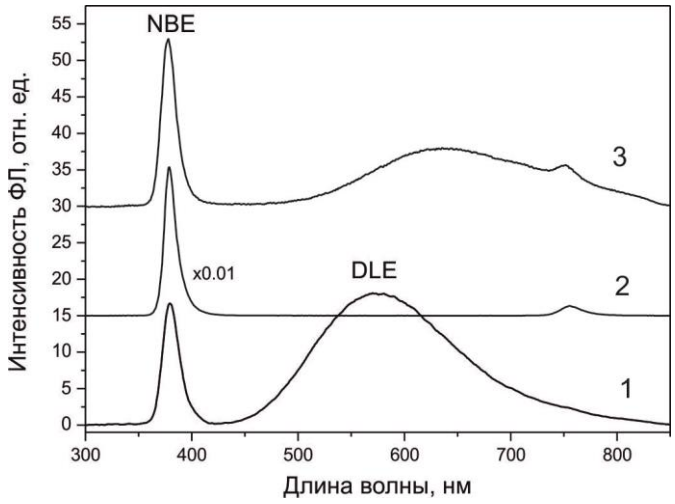



**Рис. 2.** Спектры ФЛ образца ZnO, выращенного гидротермальным методом.
Кривая (1) - исходный спектр, кривая (2) - после Н-обработки при комнатной температуре в течение 4 минут,
3 – через 4 месяца после хранения в нормальных условиях

Важно отметить, что в случае, если исходные образцы ZnO, выращенные гидротермальным методом, подвергнуть предварительному отжигу при температурах 200-450$^{o}$C на воздухе, то интенсивность ФЛ в полосе NBE увеличивалась в (0.5-1)x$10^3$ раз относительно исходных образцов.

Было обнаружено, что после Н-обработки исходных образцов при хранении образцов в нормальных условиях спектры ФЛ медленно возвращались к исходным спектрам в течение недель. На рисунке 2, кривая 3 приведен спектр ФЛ через 4 месяца после Н-обработки. Видно, что интенсивность краевой фотолюминесцентной полосы NBE почти возвратилась к исходным значением, появилась полоса DLE с максимумом, расположенным в более длинноволновой области.

Такого восстановления исходных спектров не происходило при проведении предварительного термического отжига образцов при 400-500$^{o}$C и обработке в водородной плазме, когда образец находился в области плотной плазмы. В этом случае интенсивность полосы NBE в течение суток уменьшалась на 20-40%, а потом оставалась стабильной, по крайней мере, в течение года. Долговременные измерения интенсивности ФЛ проводились с использованием эталонных образцов в качестве образцов сравнения. Вариации интенсивности ФЛ в контрольных образцах при долговременных измерениях интенсивности ФЛ не превышали 5%.

На рисунке 3 показано изменение нормированной интенсивности полосы NBE от времени, прошедшего после Н-обработки образцов ZnO. Обработка проводилась в удаленной плазме в течение 1 мин (кривая 1), в плотной плазме в течение 1 мин (2), 5 мин (3) и 20 мин (4). Видно, что после начального падения интенсивности за первые 30 минут интенсивность ФЛ стабилизируется и почти не меняется в течение ~1 месяца. Обработка в плотной плазме вызывает более стабильный эффект, чем обработка в удаленной плазме.

Обнаружено, что облучение образцов УФ светом с длиной волны ~370 нм от черной лампы оказывает существенное воздействие на спектры ФЛ образцов ZnO, синтезированных гидротермальным методом. На рисунке 4 показано, что после экспозиции УФ светом интенсивность полосы NBE собственной ФЛ значительно увеличивается, а интенсивность DLE полосы падает. При хранении образца в темноте исходный спектр ФЛ восстанавливается. Поскольку ZnO имеет прямую запрещенную зону и высокий коэффициент поглощения УФ света (около $10^4$-$10^5$ см$^{-1}$), свет практически не проникает глубже, чем на ~100 нм. Поэтому такое сильное изменение интенсивности ФЛ можно связать с поверхностными эффектами.

Спектр ФЛ после УФ экспозиции восстанавливался в нормальных условиях в течение ~ 1 суток. Однако если измерения ФЛ и хранение образца происходило в вакууме, то возврата интенсивности ФЛ к исходному значению не происходило. Этот факт также доказывает, что изменения интенсивности полосы NBE, а также частично полосы DLE, происходят из-за изменения состояния поверхности и приповерхностной области.

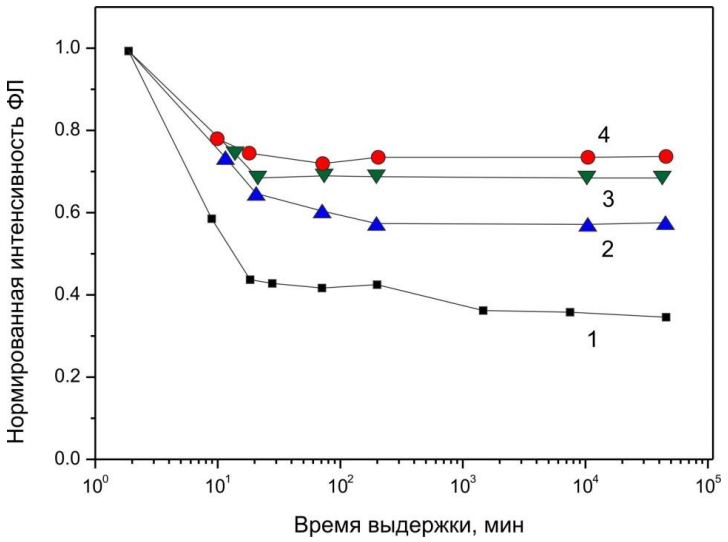



**Рис.3.** Зависимость нормированной интенсивности полосы NBE в образцах ZnO, синтезированных гидротермальным методом, от времени, прошедшей после Н-обработки в удаленной плазме в течение 1 мин (1), в плотной плазме в течение 1 мин (2), 5 мин (3) и 20 мин (4)

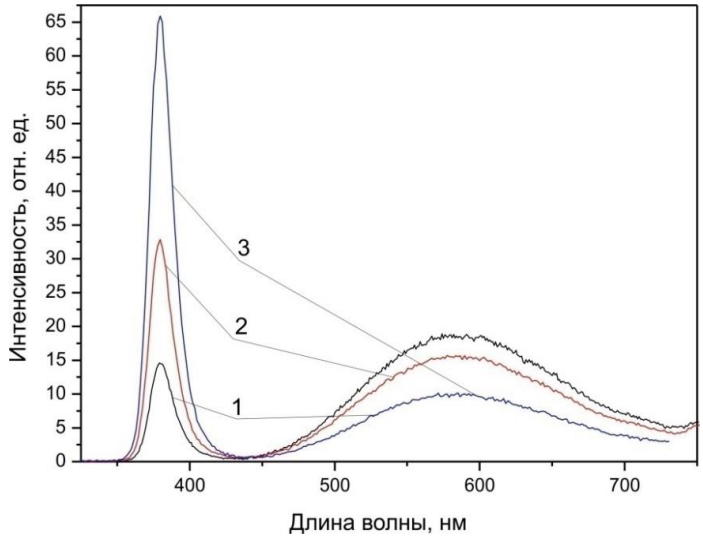



**Рис.4.** Спектры ФЛ в образцах ZnO, синтезированных гидротермальным методом: 1 – исходный образец, 2 – после экспозиции светом черной лампы в течение 20 сек, 3 – в течение 15 минут

Во время измерения спектров ФЛ образец облучается светом возбуждения 300 нм, интенсивность этого света значительно ниже, чем света от «черной лампы». Однако при медленной записи спектров интенсивность ФЛ также заметно изменялась в зависимости от времени измерения. Было исследовано, как меняется интенсивность полосы NBE от условий измерения ФЛ на воздухе, в вакууме, а также после водородной обработки, которая, как видно из рисунка 2, значительно повышает интенсивность полосы NBE. Обнаружено, что характерное время достижения стационарной интенсивности ФЛ на длине волны 380 нм для исходного образца ZnO составляет около 2-3 минут при измерениях на воздухе, а в вакууме $4\times10^{-4}$Па характерное время составляет 8-10 минут (рис. 5). После Н–обработки наблюдается медленное изменение интенсивности NBE от времени измерения ФЛ, стационарная интенсивность полосы NBE достигалась только после ~1 часа измерений.

Хотя обработка в водородной плазме приводит к значительному росту интенсивности полосы NBE, форма спектра ФЛ полосы NBE почти не меняется. После водородной обработки наблюдается небольшой красный сдвиг максимума полосы NBE примерно на 1.2 нм (рис. 6).

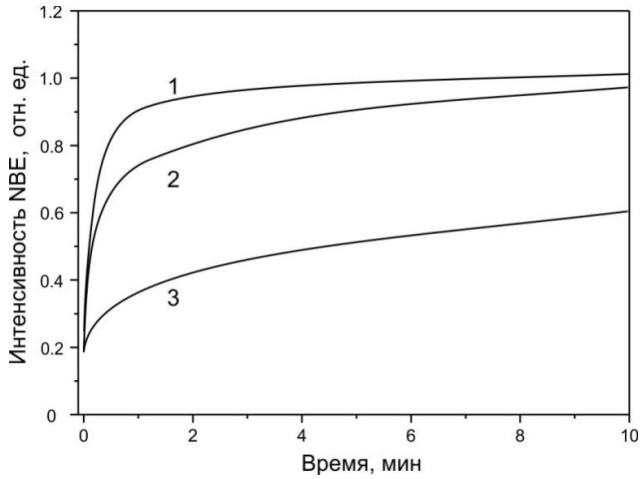



**Рис.5.** Изменение нормированной интенсивности полосы NBE в образцах ZnO, синтезированных гидротермальным методом, от времени измерения на воздухе (1), в вакууме (2) а также в том же образце после Н-обработки при измерении на воздухе (3), нормировка проводилась на интенсивность ФЛ при длительных временах измерения

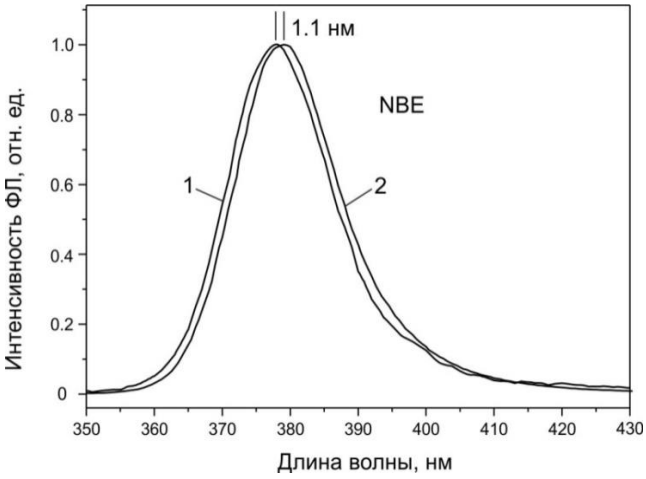



**Рис.6.** Нормированные спектры ФЛ в образце ZnO, синтезированном гидротермальным методом: 1 – исходный спектр, 2 - после Н-обработки

Наши результаты свидетельствуют, что спектры ФЛ образцов ZnO, синтезированных гидротермальным методом, проявляют высокую чувствительность к факторам, изменяющих состояние поверхности образца и не затрагивающих объемные свойства. Действительно, засветка УФ светом воздействует на тонкий приповерхностный слой, а воздушная атмосфера – воздух или вакуум -в которой проводятся измерения ФЛ, непосредственно действует только на поверхностные состояния. Наличие паров воды в газовой атмосфере воздействует только на поверхность. Также кратковременная обработка при комнатной температуре в плазме при низкой мощности воздействует главным образом на поверхность, изменяя концентрацию акцепторов.

Столь сильные изменения в интенсивности ФЛ образцов ZnO могут быть следствием изменения поверхностного изгиба зон и электрического поля в обедненной области. Известно, что причиной изменения интенсивности ФЛ под действием внешних факторов в полупроводниках часто является изменение ширины приповерхностной обедненной области [10]. Электрическое поле в обедненной области растаскивает фотогенерированные электроны и дырки, тем самым понижает вероятность их прямой излучательной рекомбинации, и интенсивность NBE падает. Соответственно увеличивается вероятность как излучательной рекомбинации через глубокие уровни (при этом увеличивается интенсивность полосы DLE), так и безызлучательной рекомбинации.

Поэтому обнаруженные в настоящей работе сильные изменения интенсивности примесной и межзонной ФЛ под влиянием разных факторов являются результатом изменения ширины обедненной

приповерхностной области. Известно, что на поверхности оксида цинка существует высокая концентрация физически и химически адсорбированного кислорода, а также одновременно присутствует высокая концентрация донорных, акцепторных центров и ловушек заряда [12, 13].

Под действием УФ засветки и паров воды в газовой атмосфере величина отрицательного заряда и ширина обедненной области уменьшается. К такому же будет приводить и водородная обработка, в результате интенсивность полосы NBE будет расти. Однако неожиданным в результатах, полученных в настоящей работе, является обнаруженная сильная зависимость интенсивности ФЛ (полос NBE и DLE) от времени измерения.

Таким образом, интенсивность ФЛ в образцах ZnO-NR контролируется, наряду с объемными свойствами материала, также свойствами поверхности и толщиной обедненного слоя.

**Выводы**

Обнаружено, что внешние воздействия, изменяющие состояние поверхности образцов ZnO-NR, такие, как кратковременная плазменная обработка в водородной атмосфере при комнатной температуре, облучение образцов УФ светом, изменение влажности атмосферы приводит к кардинальным изменениям интенсивности полосы NBE. Обнаруженные эффекты могут быть следствием изменения поверхностного изгиба зон и электрического поля в обедненной области. Таким образом, состояние поверхности оказывает решающее воздействие на спектры ФЛ в поликристаллических образцах ZnO, синтезированных гидротермальным методом. Быстрая, интенсивная и воспроизводимая реакция спектров ФЛ при комнатной температуре на внешние воздействия позволяет использовать наблюдаемые эффекты для создания люминесцентных датчиков на основе ZnO-NR.

Работа выполнена по гранту AP05130243 Министерства образования и науки Республики Казахстан.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Chengxiang Wang, Longwei Yin, Luyuan Zhang, Dong Xiang and Rui Gao. Metal oxide gas sensors Sensitivity and influencing factors // Sensors. –2010. –Vol.10. –P. 2088-2106.

[2] Patrick T. Moseley. Progress in the development of semiconducting metal oxide gas sensors a review // Meas. Sci. Technol. –2017. –Vol. 28. –P. 082001-1-082001-5.

[3] Jun Zhang, Xianghong Liu, G. Neri, N. Pinna. Nanostructured Materials for Room-Temperature Gas Sensors // Adv. Mater. –2016. –Vol. 28. –P.795-831.

[4] Li-Ko Yeh, Jie-Chun Luo, Min-Chun Chen, Chih-Hung Wu, Jian-Zhang Chen, I-Chun Cheng, Cheng-Che Hsu, Wei-Cheng Tian. A Photoactivated Gas Detector for Toluene Sensing at Room Temperature Based on New Coral-Like ZnO Nanostructure Arrays // Sensors. –2016. –Vol. 16. –P. 1820-1825.

[5] Hongyan Zhang, Min Zhang, Cunchong Lin, Jun Zhang. AuNPs Hybrid Black ZnO Nanorods Made by a Sol-Gel Method for Highly Sensitive Humidity Sensing // Sensors. – 2018. –Vol. 18. –P. 218-1-10.

[6] Sheng-Po Chang, Shoou-Jinn Chang, Chien-Yuan Lu, Meng-Ju Li, Cheng-Liang Hsu, Yu-Zung Chiou, Ting-Jen Hsueh, I-Cherng Chen. A ZnO nanowire-based humidity sensor // Superlattices and Microstructures. –2010. –Vol.47. –P.772-778.

[7] Tan C.H., Tan S.T., Lee H.B., Ginting R.T., Oleiwi H.F., Yap C.C., Jumali M.H.H., Yahaya M. Automated Room Temperature Optical Absorbance CO Sensor Based on In-doped ZnO Nanorod // Sensors and Actuators B: Chemical. –2017. –Vol. 248. –P.140-152.

[8] Liu X., Sun Y., Yu M., Yin Y., Yang B., Cao W., Ashfold M.N.R. Incident fluence dependent morphologies, photoluminescence and optical oxygen sensing properties of ZnO nanorods grown by pulsed laser deposition // J. Mater. Chem. C. –2015. –Vol.3. –P.2557-2562.

[9] Majithia R., Ritter S., Meissner K.E. Heterogeneous nucleation for synthesis of sub-20 nm ZnO nanopods and their application to optical humidity sensing // Analytica Chimica Acta. –2014. –Vol. 812. –P.206-214.

[10] Zhen Zhang and John T. Yates, Jr. Band Bending in Semiconductors: Chemical and Physical Consequences at Surfaces and Interfaces // Chem. Rev. –2012. –Vol.112. –P. 5520−5551.

[11] Kołodziejczak-Radzimska, T. Jesionowski. Zinc Oxide—From Synthesis to Application: A Review // Materials (Basel). –2014. –Vol. 7(4). –P. 2833–2881.

[12] Madel M., Huber F., Mueller R., Amann B., Dickel M., Xie Y., Thonke K. Persistent photoconductivity in ZnO nanowires: Influence of oxygen and argon ambient // J. Appl. Phys. –2017. –Vol. 121. –P.124301.

[13] Gurwitz R., Cohen R., Shalish I. Interaction of light with the ZnO surface: Photon induced oxygen “breathing,” oxygen vacancies, persistent photoconductivity, and persistent photovoltage // J. Appl. Phys. –2014. –Vol. 115. –P. 033701-033710.

Исмаилов Д.В., Калкозова Ж.К., Кожанова Ж.Н., Тулегенова А.Т., Абдуллин Х.А.

**Гидротермалды әдіспен өсірілген zno наностержендерінің бөлме температурасындағы фотолюминесцентті сенсорлы қасиеттері**

**Түйіндеме.** Гидротермалды әдіспен синтезделген ZnO-NR мырыш оксидінің наностержендер массивінің үлгілерін өңдеу кезінде, бұл өңдеу ең бастысы үлгінің бетіне әсер еткен жағдайда, үлгінің фотолюминесцентті (ФЛ) белсенділігі 2-3 ретке артатындығы көрсетілген. Бұндай әсерлер УК жарығы, газды атмосфераның құрамы, плазмада қысқа уақытта өңдеу болып табылады. ZnO-NR ФЛ интенсивтілігін бақылайтын негізгі фактор беттің иілу аймақтары болып табылатындығына қорытынды жасалған. Сыртқы әсерлерге байланысты ФЛ белсенділігінің күшті өзгеруі ZnO-NR негізіндегі люминесцентті датчиктерді жасау үшін бақыланатын эффектілерді пайдалануға мүмкіндік береді.

**Түйін сөздер:** ZnO-NR мырыш оксидінің наностержендер массиві, фотолюминесценция спектрлері

УДК 53

**A.Y. Amantayeva, D.Sh. Shyngyskhan, M.N. Perdebayeva**
(Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, amantayeva.94@gmail.com )

## PHOTOMETRIC RESEARCHES OF IRAS 20090+3809

**Abstract.** This paper is devoted to photometric studies of the emission star of B-type with warm dust IRAS 20090+3809. Was discovered irregular changes in brightness (filter V) star IRAS 20090+3809. At the same time, changes in brightness in the infrared range were found, which can be explained by the variable illumination of the inner edge of the dust disk by the hot component, while the dust moves around the center of mass of the system. Based on the conducted photometric studies of the star IRAS 20090+3809 can be classified as an object of type FS CMa.

**Keywords:** emission star, fast variability, photometric data.

**А.Е. Амантаева, Д.Ш. Шыңғысхан, М.Н. Пердебаева**
(әл-Фараби атындағы ҚазақҰлттық университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы қ.
amantayeva.94@gmail.com)

## IRAS 20090+3809 ЖҰЛДЫЗЫН ФОТОМЕТРИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ

**Аннотация.** Берілген жұмыс жылы шаң тозаңы бар В типті IRAS 20090+3809 эмиссионды жұлдыздың фотометриялық зерттеулеріне арналған. IRAS 20090+3809 жұлдызының жалтырауының (V фильтрі) біркелкі емес өзгерістері байқалды. Сонымен қатар жүйенің масса центрі бойымен шаң айналуы жүреді және инфрақызыл диапазонда жарықтылық өзгерісі шаң дискінің ішкі бетінде ыстық компоненттің айнымалы жарқырауымен түсіндіріледі. Жүргізілген фотометриялық бақылаулар нәтижесінде IRAS 20090+3809 жұлдызы FS CMa типіне классификацияланды.

**Кілттік сөздер:** эмиссиялық жұлдыз, жылдам айнымалылық, фотометриялық мәліметтер.

### КІРІСПЕ

Қазіргі таңдағы жұлдызды астрофизикадағы көп қызығушылық тудыратын сұрақтардың бірі B[e] феномені бар жұлдыздар.

Бұл жұлдыздарды зерттеу барысында әлі күнге дейін бірқатар проблемалар туындайды. Атап айтсақ, классификация мәселесі: объектілердің белгілі классының бақыланған сипаттамасы. Физикалық параметрлері әртүрлі жұлдыздар тығыз жұлдызмаңы қабықшасы салдарынан ұқсас бақылау сипаттамаларын көрсетеді. Жұлдызды астрономияның қазіргі даму сатысында сапалыдан сандық классификацияға өту процесі себептердің бірі болып келеді. B[e] феномені бар жұлдыздардың эволюциялық статусын анықтауға арналған бірнеше жұмыстар (класс жұлдыздарының спектрінде тыйым салынған сызықтар бар. Жұлдыз маңындағы шаң тозаң себебінен күшті инфрақызыл шығын байқалады), Бұл объектілердің табиғаты туралы конфликті пікірлер бар. Бұл B[e] феномені бар жұлдыздарды шаң тозаңның қалыптасу уақытына байланысты екі үлкен бөлімге: ағымдағы және эволюцияның ерте кезеңінде қалыптасқан. Нәтижесінде жаңа топ FS CMa анықталды.

FS CMa типті объектілер тобында шаң тозаң қалыптасуына байланысты маңызды болып табылады. Берілген топ жұлдыз маңындағы қабықшаның қалыптасуы мен эволюциясын зерттеуде маңызы зор, себебі қазіргі таңға дейін жұлдыздар эволюциясы қос жұлдыздарда масса ауысуымен,

яғни донор жұлдыздың масса жоғалтуы және акцептор жұлдыздың қабылдауы негізінде теориялық болжамдар жасалған. Берілген топ жаңа болғандықтан FS CMa типті жұлдыздар табиғаты туралы сұрақтар туындайды.

Жоғарыда айтылғаннан осы топтағы жұлдыздарды мұқият зерттеу қажеттілігі туындағаны түсінікті. Мақала осындай объектілердің бірі IRAS 20090+3809 зерттеуге арналған.

IRAS 20090+3809 солтүстік жартышардағы Аққу шоқжұлдызының жұлдызы. Жұлдыз алғаш рет [1] жұмыста спектрінде Hα эмиссиялық сызығы болуына байланысты көрсетілген. IRAS 20090+3809 объектісіндегі ИҚ шығын [2] жұмыста Tycho-2 оптикалық каталогта және MSX инфрақызыл каталогта жұлдыздар орналасуының кросс корреляция әдісі арқылы анықталды. NOMAD [3] каталогындағы фотометриялық критерийлеріне сүйене отырып FS CMa тобының IRAS 20090+3809 ерте типке жататын күшті ИҚ сәулеленуге [4] ие жұлдыз.

Берілген жұмыста IRAS 20090+3809 жұлдызының фотометриялық бақылаулары келтірілген.

**Бақылаулар**

IRAS 20090+3809 жұлдызының фотометриялық бақылаулары 12 түн бойы Фесенков атындағы Астрофизикалық Институттың Тянь-Шань Обсерваториясының (TSAO) Ричи-Кретьена жүйесіндегі 1 метрлік телескоптан алынды. Johnson-Cousins жүйесіндегі $BVR_c$ фильтрі көмегімен 12 μm пиксельді Apogee F9000 үшсатылы салқындатқышы бар 3056 × 3056 ПЗС камера қолданылды. IRAS 20090+3809 айналасында 8' × 8' өлшемді жазықтық алынды. TSAO-дан алынған барлық суреттер Maxim-DL бағдарламасы көмегімен өңделді.

Dark Sky Observatory-дың (DSO, Boone қаласының маңы, Солтүстік Каролина) 0.4 метрлік телеско,ымен Johnson-Cousins UBV жүйесінде қосымша бес фотометриялық бақылау алынды. Skynet-тың [5] стандартты pipeline-ны көмегімен DSO-дағы барлық суреттер өңделді.

Апертурлы фотометрия (радиус ~10 пиксель немесе ~6") әдісі көмегімен IRAF-тағы imexamine процедурасы арқылы жұлдыз жарқырауы өлшенді. Аспаптан стандартты жүйеге өтуге арналған теңдеулер NGC 2169 шоғырлануынан алынды және келесі формулаға ие:

$(B - V) = (1.049 \pm 0.014)*(b - v) - (0.592 \pm 0.015)$

$(V - R_C) = (1.016 \pm 0.044)(v - r) - (0.186 \pm 0.014)$

Бұл жағдайда өріс жұлдыздары байланыстыру үшін пайдаланылды, олардың жарқырау мәндері UCAC4 каталогынан алынды [6].

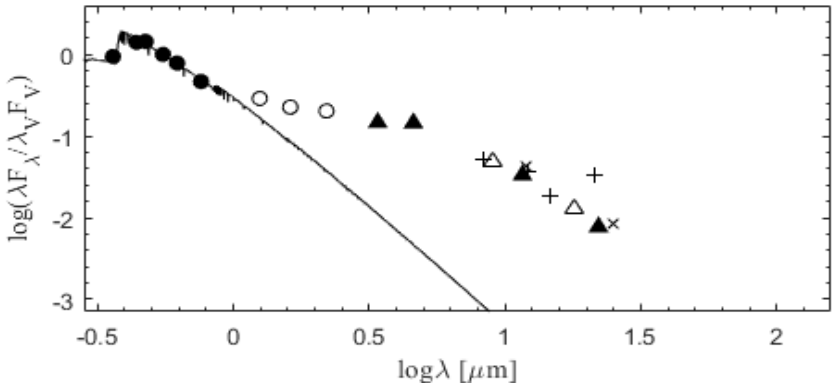
Сонымен қатар Campo Imperatore (Италия) қаласында SWIRCAM [7] камерасы көмегімен 1.1 метрлік AZT-24 телескобынан J H K фильтрларының фотометриясы алынды. Кеңістіктің кейбір жұлдыздары үшін IRAS 20090+3809 жарқырауы 2MASS каталог мәліметтерімен салыстыру арқылы анықталды.

**IRAS 20090+3809 спектріндегі энергияның таралуы.**

IRAS 20090+3809 жұлдызының СЭТ-і (1-сурет) осы зерттеу жұмысының шеңберіндегі түрлі жұмыстардан құралды. TShAO [8] фотометриясы Johnson BV [9] және SDSS ug'r'i жолақтарының фотометриясынан құралған UCAC-4 каталогындағы мәліметтерге жақын болды. Сонымен қатар Johnson жүйесінде U жолағының мәндері алынды (температураның жақсы индикаторы болу арқылы қабықшаның бұрмалауына мүмкіндік аз.

IRAS 20090+3809 объектісі үшін U−B түс көрсеткіші объект жанындағы жұлдызбен салыстыру арқылы анықталды. Жұлдыздың СЭТ UCAC-4, 2MASS және WISE [10] каталогтарындағы мәліметтерді салыстырудан алынды. Жұлдыздың $T_{эфф}$ анықтау үшін жоғарыда айтылған әдіс қолданылды. Келесідей мәліметтер алынды: $T_{эфф} = 8500 \pm 500$ K, log g = 4.0, және $A_V = 0.80 \pm 0.05$ mag ($E(B-V) = 0.22$ mag). Осыдан қалыпты түс көрсеткіші $(U-B)_0 = 0.08$ mag [9] (жұлдызмаңы жұтылумен өзгермеген) болып келеді. Бақыланатын түс көрсеткіші (U–B) = 0.24 mag болуы қажет (E (U–B) / E (B–V) = 0.72 артық түс көрсеткішінің коэффициентіне негізделген). DSO мәліметтері IRAS 20090+3809 және салыстырылып отырған жұлдыздың түс көрсеткіштерінің айырмасы Δ(U–B) = 0.08 mag екенін көрсетті. Сондықтан IRAS 20090+3809 үшін бақыланған түс көрсеткіші (U–B) = 0.32 ± 0.05 mag шамасына тең.

Спектрдің оптикалық аралығында IRAS 20090+3809 жұлдызының СЭТ-ы сәйкес температурадағы СЭТ-ның теориялық моделімен, әрі жоғары ажыратымдылық спектрін талдау негізінде анықталған жұлдызаралық жұтылу жақсы үйлестікте.



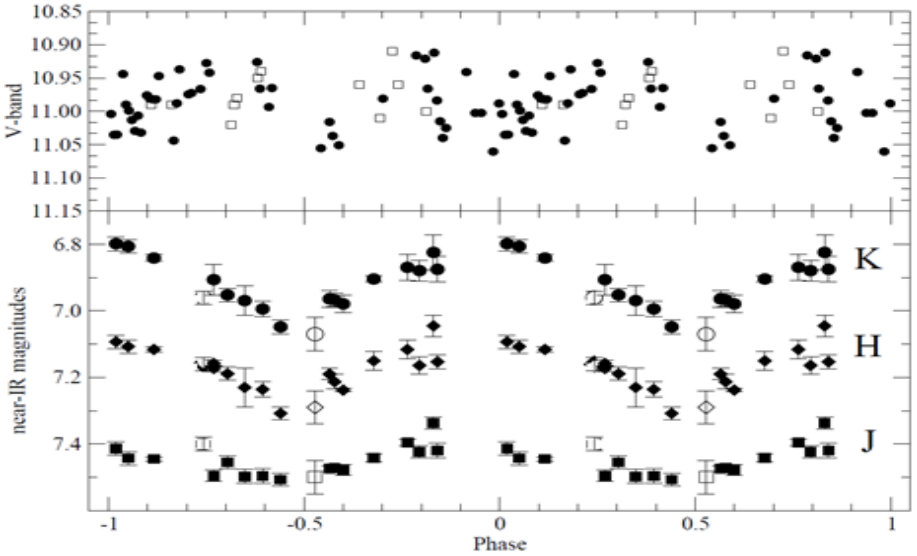

**1-сурет.** IRAS 20090+3809 СЭТ-ы түзетілген жұлдызаралық жұтылу E(B −V ) = 0.86 mag. Белгілер: толтырылған дөңгелектер - орташаланған жердің оптикалық фотометриясы, толтырылмаған дөңгелектер - WISE мәліметтері, толтырылған үшбұрыштар - орташаланған JHK-фотометриясы, толтырылған үшбұрыштар - AKARI мәліметтері, қосулар - MSX және кросс – IRAS мәліметтері. Ыстық компонент болып табылатын $T_{эфф}$ = 11000 K және log g = 3.0 үшін модельді атмосфера жіңішке тұтас сызық арқылы бейнеленген. Шағылысу ағымы V фильтрінің ағымына қалыпқа келтірілген.

**IRAS 20090+3809 жалтырауының айнымалысы**

IRAS 20090+3809 жұлдызының жалтырауы ΔV ≈ 0.15 жұлдыздық шама шегінде өзгереді. Бұл шама NSVS (45 бақылау) және Тянь Шань обсерваториясындағы (13 түн) бақылаулары негізінде алынды.

NSVS өткізу жолағын ескеру мақсатында NSVS мәліметтері [11] 0.26 mag өзгертілген. IRAS 20090+3809 жалтырау қисығында периодты өзгерістер байқалмайды.

Campro Imperatore (Италия) обсерваториясынан жақын ИҚ диапазондағы IRAS 20090+3809 объектісінің фотометриялық бақылаулары [10] жалтырау өзгерістері орбиталық қозғалысқа байланысты болды. K жолағында максимум амплитудасы тіркелді (~0.30 mag, 2-сурет). H жолағында амплитуда мәні 0.25 mag, ал J ~0.1 mag. ИҚ диапазондағы жалтырау қисықтарында бір шың байқалады және оны қос жүйедегі тұтылумен түсіндіруге келмейді.




**2-сурет.** IRAS 20090+3809 жұлдызының орбиталық периодпен қосылған фотометриялық мәліметтері. Жоғарғы панель: V жолағында IRAS 20090+3809 жалтырау қисығы. NSVS мәліметтері +0.26 mag мәнге толтырылған шеңберлер. TSAO мәліметтері - ашық шеңберлер. Төменгі панель: жақын ИҚ диапазондағы IRAS 20090+3809 жалтырау қисығы. K жолағындағы берілген шеңберлер (0.6 mag мәніне жылжытылған), J жолағындағы (1.1 mag мәніне жылжытылған) квадраттар. №2.2.4.1 кестесінен алынған – толтырылған символдар, бос символдар – абсолют калибрленген Lick спектрінен алынған, пунктир символдар 2MASS фотометриясы [12].

Инфрақызыл диапазондағы ыстық компонент шаң дискінің айнымалы жарқырауы IRAS 20090+3809 жалтырау қисығының мүмкін түсіндірмесі болып табылады.

**Қорытынды**

IRAS 20090+3809 объектісінің фотометриялық бақылаулары келтірілген.

IRAS 20090+3809 жұлдызының жалтырауының біркелкі емес өзгерістері көрсетілген. Сонымен қатар жүйенің масса центрі бойымен шаң айналуы жүреді және инфрақызыл диапазонда жарықтылық өзгерісі шаң дискінің ішкі бетінде ыстық компоненттің айнымалы жарқырауымен түсіндіріледі.

Жүргізілген фотометриялық зерттеулердің нәтижесінде IRAS 20090+3809 жұлдызы FS CMa типті объект ретінде классификацияланды.

ӘДЕБИЕТ

[1] Fairlamb, J. R., .Oudmaijer, R. D., Mendigutía, I., Ilee, J. D., van den Ancker, M. E. A spectroscopic survey of Herbig Ae/Be stars with X-shooter - I. Stellar parameters and accretion rates// Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. - 2015.-Vol 453, Issue 1. - P. 976-1001.

[2] Merrill, Paul W., Burwell, Cora G. Additional Stars whose Spectra have a Bright H α Line // Astrophysical Journal. – 1950. - vol. 112. - p.72.

[3] Clarke, A. J., Oudmaijer, R. D., Lumsden, S. L. Tycho-2 stars with infrared excess in the MSX Point Source Catalogue // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. – 2005. vol. 363. - p. 1111-1124.

[4] Miroshnichenko A. S., Manset N., Polcaro F, Rossi C., Zharikov S. The B[e] phenomenon in the Milky Way and Magellanic Clouds // IAU Symposium – 2011. - Vol. 272, P. 260-264.

[5] Tokovinin Andrei., Fischer Debra A., Bonati Marco., Giguere Matthew J., Moore Peter., Schwab Christian., Spronck Julien F. P., Szymkowiak Andrew. CHIRON—A Fiber Fed Spectrometer for Precise Radial Velocities // Publications of the Astronomical Society of Pacific. – 2013. – Vol. 125. – P. 1336.

[6] http://skynet.unc.edu

[7] Zacharias, N., Finch, C. T., Girard, T. M., Henden, A., Bartlett, J. L., Monet, D. G., Zacharias, M. I. The Fourth US Naval Observatory CCD Astrograph Catalog (UCAC4) // The Astronomical Journal. – 2013. – vol. 145. - p.14.

[8] Makarov V. V. et al. Starspot jitter in photometry, astrometry, and radial velocity measurements //The Astrophysical Journal Letters. – 2009. – Т. 707. – №. 1. – С. L73.

[9] Thompson G. I., Nandy K., Jamar C., Monfils A., Houziaux L., Carnochan D. J., Wilson R. Catalogue of stellar ultraviolet fluxes. A compilation of absolute stellar fluxes measured by the Sky Survey Telescope (S2/68) aboard the ESRO satellite TD-1 // Unknown. – 1978.

[10] Cutri R. M. et al. Vizier online data catalog: Wise all-sky data release (cutri+ 2012) //VizieR Online Data Catalog. – 2012. – Т. 2311.

[11] Johnson H. L. Photometric Distances of Galactic Clusters //The Astrophysical Journal. – 1957. – Т. 126. – С. 121.

[12] Bessell, M. S., Castelli, F., Plez, B. Model atmospheres broad-band colors, bolometric corrections and temperature calibrations for O - M stars // Astronomy and Astrophysics. – 1998. - v.333. - p.231-250.

[13] Miroshnichenko A. S. et al. The B [e] phenomenon in the Milky Way and Magellanic Clouds //Proceedings of the International Astronomical Union. – 2010. – Т. 6. – №. S272. – С. 260-264.

[14] Usatov M., Nosulchik A. The Extended Catalog of Red AGB Variable Stars found in the NSVS Database //Open European Journal of Variable Stars. – 2008.

[15] Cutri R. M. et al. Vizier online data catalog: 2MASS all-sky catalog of point sources (Cutri+ 2003) //VizieR Online Data Catalog. – 2003. – Т. 2246.

Амантаева А.Е., Шыңғысхан Д.Ш., Пердебаева М.Н.,

**Фотометрические исследования iras 20090+3809**

**Аннотация.** Настоящая работа посвящена фотометрическим исследованиям эмиссионной звезды B-типа с теплой пылью IRAS 20090+3809. Были обнаружены нерегулярные изменения блеска (фильтр V) звезды IRAS 20090+3809. При этом обнаружены изменения яркости в инфракрасном диапазоне, которые можно объяснить переменным освещением внутреннего края пылевого диска горячим компонентом, в то время как пыль перемещается вокруг центра масс системы. На основе, проведенных фотометрических исследований звезды IRAS 20090+3809 может быть классифицирован как объект типа FS CMa

**Ключевые слова:** эмиссионная звезда, быстрая переменность, фотометрические данные.

УДК 539.21; 539.12.64

**[1]M. Souza, [2]K. Baisholanova, [2]Y. Yar-Mukhamedov**
([1] University of Porto, Porto, Portugal,
[2] Kazakh National University. Al-Farabi, Almaty, Kazakhstan, E-mail: baisholanova.k@gmail.com)

## THE STATE OF COMPUTER MODELING ISSUE OF COMPOSITE COATINGS WITH TARGETED PROPERTIES

**Abstract.** The article reviews the literature on computer simulation methods using for design of composite materials with targeted properties. Methods for creating new coatings based on physics and mechanical properties tabular data, experimental research results and computational methods are analyzed. The classification of computer-aided design methods for materials is carried out, according to which three main groups are established: approaches in which for selected values of functional properties materials selection process is based on a combinatorial search in the experimental database; computer design based on computational methods and theoretical foundations of physical materials science, as well as materials modeling methods based on the integration of computational stimulation, system engineering, production and design. Such information is extremely important both from the point of view of the fundamental computer modeling problems, and from the developing recommendations for practical use.

**Keywords:** computer design, composite coatings, computational methods, modeling of material properties, theory of physical materials science

**[1]М. Соуза, [2]К. Байшоланова, [2]Е. Яр-Мухамедов**
([1] Университет Порто, г. Порто, Португалия,
[2] Казахский национальный университет им. Аль-Фараби, г. Алматы, Республика Казахстан
E-mail: baisholanova.k@gmail.com)

## СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ С ЗАДАННЫМИ СВОЙСТВАМИ

**Аннотация:** В статье проводится обзор литературы по применению методов компьютерного моделирования для дизайна композиционных материалов с заданными свойствами. Анализируются способы создания новых покрытий на базе использования табличных данных физико-механических свойств, экспериментальных результатов исследований и вычислительных методах. Проведена классификация методов компьютерного дизайна материалов, по которой установлены три основные группы: подходы, в которых для выбранных значений функциональных свойств процесс отбора материалов базируется на комбинаторном поиске в базе экспериментальных данных; компьютерный дизайн, основанный на вычислительных методах и теоретических основах физического материаловедения, а также ппособы моделирования материалов, основанные на интегрировании вычислительной стимуляции, системного инжиниринга, производства и дизайна. Такая информация крайне важна как с точки зрения фундаментальных проблем компьютерного моделирования, так и с позиции выработки рекомендаций для практического использования.

**Ключевые слова:** компьютерный дизайн, композиционные покрытия, вычислительные методы, моделирование свойств материалов, теория физического материаловедения

В области материаловедения исторически процесс отбора защитных покрытий проводился на базе использования табличных данных о механических, физических и др. свойствах [1]. Современный тренд сместился в сторону композиции материалов и соединения микроструктуры и свойств компонентов системы. Целью является создание композиционных покрытий с различными специальными, порой противоречащими друг другу, свойствами [2]. В прошлом новые композиционные покрытия разрабатывались долго и с большим количеством усилий: экспериментаторы получали защитные покрытия при различных режимах, изучали их свойства, отбирали из сотен образцов наилучшие [3-7]. Затем пытались разработать технологию формирования композиций с заданными свойствами. Этот процесс занимал десятилетия и зачастую требовал больших материальных затрат. Поэтому появилась необходимость создания такой технологии, которая могла бы делать безошибочное прогнозирование свойств. То есть не экспериментировать в лабораториях, а давать задачу компьютеру предсказать, какое покрытие, с каким композиционным составом и микроструктурой будет иметь нужные свойства при определенных эксплуатационных условиях [8-10].

За последнюю декаду возникло несколько новых направлений в сфере разработки материалов. Процесс отбора материалов для композиционных покрытий акцентируется на конструировании и комбинаторном поиске в базе данных свойств и характеристик, которые наиболее подходят для выбранных значений функциональных свойств [4]. Другой класс подходящий для компьютерного дизайна покрытий - это базирующийся на вычислительных методах и теоретических основах физического материаловедения [5]. Для ускорения открытия новых материалов используется вычислительная структура и подход «снизу-вверх», включающий квантовое и молекулярное моделирование [6].

Целью настоящей работы является обзор современных способов многофункционального дизайна материалов, и установить подходы, основанные на многомасштабных недетерминированных анализах, которые можно использовать для моделирования композиционных покрытий.

**Технология компьютерного прогнозирования свойств покрытий**

По мнению авторов, [7-10] главная задача заключается в прогнозировании кристаллической структуры композиционных покрытий, которая определяет механические свойства, тепло- и электропроводность. Методика заключается в пошаговом апробировании кристаллических структур, начиная с небольшой случайной выборки. Далее ранжируют всевозможные решения, наихудшие из которых отбрасывают, а из наилучших производят дочерние варианты путем различных рекомбинаций и мутаций. После этого производят оценку по физическим свойствам, химическому составу и устойчивости. Наиболее выгодные отбирают и комбинируют, производя следующее поколение. Так шаг за шагом приближаются к оптимальному для них материалу с точки зрения данного физического свойства. Этот эволюционный метод был запатентован А.Огановым и в настоящее время широко используется такими компаниями, как «Intel», «Toyota» и «Fujitsu» для изобретения новых материалов. Основным выводом эволюционного метода является утверждение о том, что, как и в природе, так и на компьютере новый материал можно получить только из двух исходных: не трех, четырех и более [11]. Однако данный метод не адаптирован для композиционных покрытий.

Используя алгоритм эволюционной оптимизации, реализованный в программе предикторов кристаллов USPEX, и первые принципы расчета полной энергии, были рассчитаны фазовые диаграммы состава для систем из Al-Sc и Al-Ta сплавов при нулевой температуре и давлении [12]. В дополнение к известным бинарным интерметаллическим фазам в области фазовой диаграммы Al-бедных были обнаружены новые потенциально стабильные сплавы $AlSc_3$ и $AlTa_7$. Динамическая и термическая стабильность их решеток была подтверждена из вычисленных спектров колебательных нормальных мод в гармоническом приближении. На рисунках 1 и 2 представлены примеры исследования термодинамически стабильных бинарных фаз сплава Al с Sc и Al с Ta.

Автор [13] описывает подход моделирования материалов, основанный на интегрировании вычислительной стимуляции, системного инжиниринга, производства и дизайна. Эта идея развита в иерархической концепции Олсона (рисунок 3), а также рассматривается в работах [14-16]. Преимуществами данного подхода является применение моделирования и стимуляции, что обеспечивает дизайн стабильных структур материалов, обладающих заданными свойствами. К недостаткам можно отнести отсутствие разработок для композиционных защитных покрытий на металлической основе.

Для поиска экспериментальных и теоретических данных традиционно используются базы данных больших масштабов. В статье [17] для иллюстрации применения статистических методов рассматриваются три разных случая. В первом для поиска образцов визуализируется полная крупномасштабная база данных расплавленных солей. Во втором случае из экспериментальной и теоретической базы данных разработана виртуальная комбинаторная библиотека халькопиритовых полупроводников. Данный метод предполагает выбор статистически подходящих параметров, основанных на физике материалов. В третьем случае для базы цеолитов разработаны «вторичные» дескрипторы, чтобы подробнее понять топологию мезопористых структур при проектировании материалов. Эти примеры служат для демонстрации того, как базы данных могут использоваться для определения важных комбинаций параметров, относящихся к комбинаторному экспериментированию.

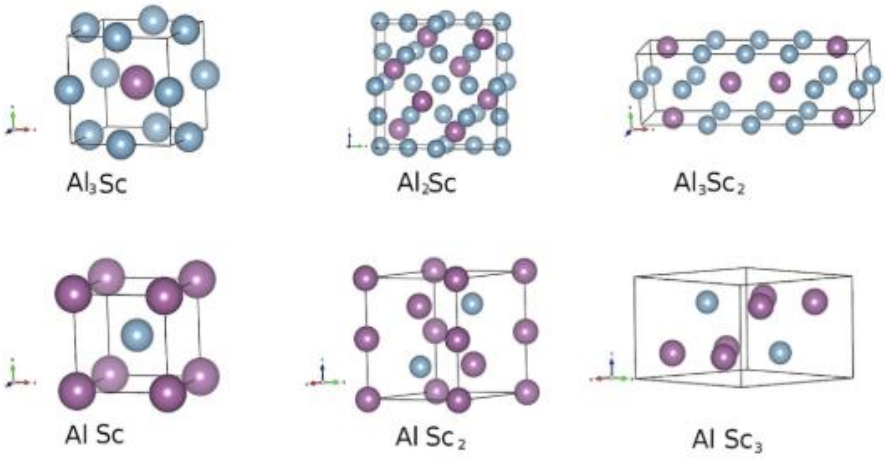



**Рис.1.** Оценка стабильности новых интерметаллидных сплавов Al-Sc [12]

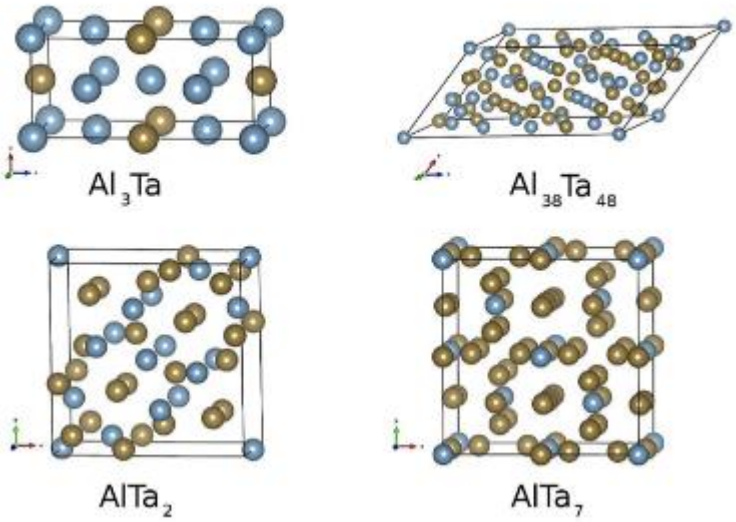



**Рис.2.** Оценка стабильности новых интерметаллидных сплавов Al с Ta [12]

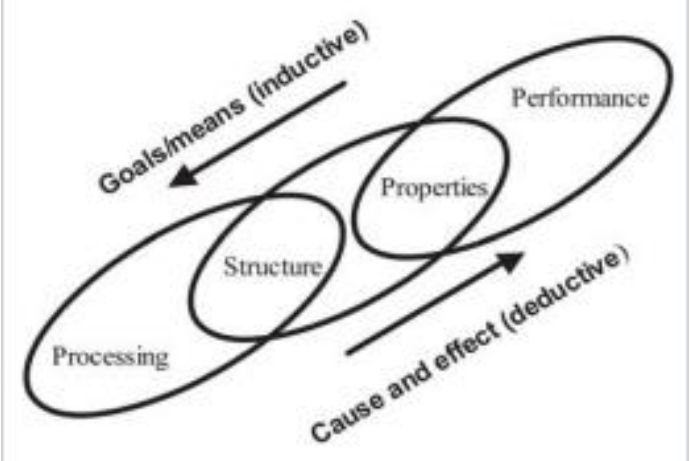



**Рис. 3.** Иерархическая концепция Олсона [13]

Связь между явно разрозненными наборами данных является критическим компонентом интерпретации поведения материалов, особенно с точки зрения оценки влияния микроскопических характеристик материалов на их макроскопическое или инженерное поведение. В работе [18] демонстрируется значение анализа основных компонент данных свойств, связанных с высокотемпературной сверхпроводимостью, для изучения статистического воздействия собственных характеристик материалов на высокотемпературное сверхпроводящее поведение. Авторами [19] рассматривается взаимосвязь между микроскопическими характеристиками материалов и их макроскопическими свойствами. В этой статье демонстрируется анализ основных свойств, связанных с высокотемпературной сверхпроводимостью.

В работах [20-21] рассмотрен подход разработки программного обеспечения, позволяющий отбирать материал по функциональным свойствам. Сама процедура использует экспериментально полученные графики и методы оптимизации для моментального отбора одновременно материала и формы.

**Заключение**

Анализ литературных данных показал, что способы компьютерного моделирования материалов можно разделить на 3 основные группы.

1. Подходы, в которых для выбранных значений функциональных свойств процесс отбора материалов базируется на комбинаторном поиске в базе экспериментальных данных.
2. Компьютерное моделирование, базирующееся на вычислительных методах и теоретических основах физического материаловедения, где для ускорения открытия новых материалов используется подход «снизу-вверх», включающий квантовое и молекулярное моделирование.
3. Способы моделирования материалов, основанные на интегрировании вычислительной стимуляции, системного инжиниринга, производства и дизайна.

В то же время все перечисленные подходы разработаны для объемных материалов и не адаптированы для защитных покрытий. Поэтому создание методики моделирования компьютерного дизайна композиционных покрытий с заданными функциональными свойствами является актуальной задачей в области информационных систем.

*Работа выполнена при поддержке проекта AP05130069 «Разработка нанотехнологии синтеза функциональных гальванических покрытий для комплектующих электрооборудования» научно-исследовательского института экспериментальной и теоретической физики Казахского Национального университета им. аль-Фараби.*

ЛИТЕРАТУРА

[1] David L. McDowell. Simulation-assisted materials design for the concurrent design of materials and products // Journal of The Minerals, Volume 59, № 9, - pp 21–25.

[2] Dong X., Oganov A.R., Brazhkin V.V., Wang Q, Zhang J, Davari M, Zhou X.-F., Wu F., and Zhu Q. Boron oxides under pressure: Prediction of the hardest oxides.// Phys. Rev. B. 98, 174109. (2018).

[3] Yar-Mukhamedova G. Nano-composition Ti-Co(Mn) coatings investigation // G.Yar-Mukhamedova, N. Sakhnenko, M.Ved', I. Yermolenko, R. Atchibayev // 18-th International Multidisciplinary Scientific Geo-Conference & EXPO – SGEM. - Bulgaria: Albena, 2018.- Pp. 267-274.

[4] Yar-Mukhamedova G. Research on the improvement of mixed titania and Co(Mn) oxide nano-composite coatings // G.Yar-Mukhamedova, N. Sakhnenko, M.Ved', I. Yermolenko, R.Atchibayev / Global Conf. on Polymer and Composite Materials - Japan: Kitakusu, 2018.- P. 69-74.

[5] Ved' M. Composition and Corrosion Behavior of Iron-Cobalt-Tungsten // M.Ved', N. Sakhnenko, I. Yermolenko, G.Yar-Mukhamedova, R. Atchibayev / Eurasian Chemico-Technological Journal. 2018.- Vol.20, №3.- Pp. 145-152.

[6] Yar-Mukhamedova, G. Electrodeposition and properties of binary and ternary cobalt alloys with molybdenum and tungsten/ G.Yar-Mukhamedova, M.Ved', N.Sakhnenko, T.Nenastina // Applied Surface Science, 445 (2018) 298-307.

[7] Ternary cobalt-molybdenum-zirconium coatings for alternative energies/ Yar-Mukhamedova G., Sakhnenko N., Ved' M. et. al. // Applied Surface Science.- 2017.- V.421.- P.68-76.

[8] Kruglov I.A., Kvashnin A.G., Goncharov A.F., Oganov A.R., Lobanov S.S., Holtgrewe N., Jiang S., Prakapenka V.B., Greenberg E., Yanilkin A.V. Uranium polyhydrides at moderate pressures: Prediction, synthesis, and expected superconductivity.Sci. Adv., 4, eaat9776. (2018).

[9] Drozdov P., Eremets M. I., Troyan I. A., Ksenofontov V., Shylin S. I., Conventional superconductivity at 203 kelvin at high pressures in the sulfur hydride system. Nature 525, 73–76 (2015).

[10] Le Guyadec F., Génin X., Bayle J. P., Dugne O., Duhart-Barone A., Ablitzer C., Pyrophoric behaviour of uranium hydride and uranium powders. J. Nucl. Mater. 396, 294–302 (2010).

[11] R. Orr, H. Godfrey, C. Broan, D. Goddard, G. Woodhouse, P. Durham, A. Diggle, J. Bradshaw, Kinetics of the reaction between water and uranium hydride prepared under conditions relevant to uranium storage. J. Alloys Compd. 695, 3727–3735 (2017).

[12] 12 Bilić, A., Gale, J. D., Gibson, M. A., Wilson, N., & McGregor, K. (2015). Prediction of novel alloy phases of Al with Sc or Ta. Scientific Reports, 5, 9909 (link).

[13] David L. McDowell. Simulation-Assisted Materials Design for the Concurrent Design of Materials and Products // Symposium JJ – Combinatorial and Artificial Intelligence Methods in Materials Science II. (2003) Vol. 804. – pp.21-28.

[14] Le Ferrand H. Multi-material 3D printing produces expandable microlattices // Data-Centric Science for Materials Innovation. Vol.43, № 9. – Pp. 649-650 (2018)

[15] Lee H. Thermoelectrics: Design and Materials (2018). MRS Bulletin, 43(9), 712-713.

[16] Seko, A., Toyoura, K., Muto, S., Mizoguchi, T., & Broderick, S. (2018). Progress in nanoinformatics and informational materials science. MRS Bulletin, 43(9), 690-695.

[17] Suh Ch, Rajagopalan A., Li X., Rajan K. Combinatorial Materials Design through Database Science // Symposium JJ – Combinatorial and Artificial Intelligence Methods in Materials Science II, Vol. 804 (2003).

[18] Rajagopalan A., Xiang Li, Krishna R. The application of Principal Component Analysis to materials science data // Applied Catalysis A: General, 254, №1 (2003).

[19] Ashby M., Cebon D. Materials selection in mechanical design. Journal de Physique IV Colloque, Vol. 701. - pp.C7-1-C7-9. (1993).

[20] Ward, L., Aykol, M., Blaiszik, B., Foster, I., Meredig, B., Saal, J., & Suram, S. (2018). Strategies for accelerating the adoption of materials informatics. MRS Bulletin, 43(9), 683-689.

[21] Chetwynd, D.G. (1987) Precision Engineering, 2, (1), 3.

Соуса М., Байшоланова К., Яр-Мухамедов Е.

**Берілген қасиеттері бар композиттік жабындарды компьютерлік модельдеу проблемасының қазіргі замандағы жай – күйі.**

**Түйіндеме:** Корсетілген мақалада берілген қасиеттері бар композиттік материалдардың дизайнын пішіндеу үшін компьютерлік модельдеу әдістерін қолдану бойынша әдеби шолу жүргізілді. Физика-механикалық қасиеттердің, эксперименттік зерттеу нәтижелері мен есептеу әдістердің кестелік деректерін пайдалану негізінде жаңа жабындарды құру тәсілдері талданады. Материалдардың компьютерлік дизайнын жасау әдістерінің классификациясы өткізілді, ол бойынша үш негізгі топтары анықталды: таңдалған мәндері үшін функционалдық қасиеттері бар материалдарды іріктеу процесі эксперименттік деректер базасына кіретің комбинаторлы іздестіруге негізделеді; компьютерлік дизайн физикалық материалтанудың теориялық негіздеріне және есептеу әдістеріне негізделген, сондай-ақ материалдарды модельдеу тәсілдері, есептеуіш ынталандыру интеграциясына, жүйелік инжинирингке, өндіріс және дизайнға негізделген. Мұндай ақпарат компьютерлік модельдеудің іргелі проблемалар тұрғысынан және практикалық пайдалану үшін ұсынымдарды әзірлеу позициялары өте маңызды.

**Түйін сөздер:** компьютерлік дизайн, композиттік жабындылар, есептеу әдістері, материалдардың қасиеттерін модельдеу, физикалық материалтану теориясы

УДК 517.956+4.536.24

**Y. Khairullin, G. Tulesheva, A. Shakulikova**
(Institute of Basic Education, Satpayev University, Almaty, Kazakhstan
E-mail: khairullin_42_42@mail.ru)

## ABOUT ONE BOUNDARY TASK OF THE HEAT AND MASS EXCHANGE

**Abstract.** The singular boundary problem warm and a mass transfer to which some boundary task heat and a mass transfer in drying processes comes down is considered [1,2,3]. The solution of the boundary value problem is sought in the form of the thermal potential of the double layer [4]. The lemma on finding the limit of the derivative of the unknown function in a neighborhood of lines is given. Using boundary conditions, the system of the integro-differential equations (SIDE) with various operators of heat conductivity is received. The characteristic part of SIDE is solved by the method of integral Fourier-Laplace transforms under the condition of solvability. The method of

regularizing SIDUs is reduced to the Volterra-Fredholm integral equation. The theorem on the solvability of the boundary value problem for a parabolic system of equations is given.

**Keywords:** heat and mass transfer, boundary value problem, conditions of correctness and incorrectness, regularization.

**Е.М.Хайруллин, Г.А.Тулешева, А.Т.Шакуликова**
(Институт базового образования, Satpayev University, Алматы, Республика Казахстан)

## ОБ ОДНОЙ ГРАНИЧНОЙ ЗАДАЧЕ ТЕПЛО- И МАССООБМЕНА

**Аннотация.** Рассматривается особая граничная задача тепло- и массообмена, к которой сводится некоторая граничная задача тепло- и массообмена в процессах сушки /1,2,3/. Решение краевой задачи ищется в виде теплового потенциала двойного слоя /4/. Приведена лемма о нахождении предела производной от искомой функции в окрестности прямых. Используя граничные условия, получена система интегро-дифференциальных уравнений (СИДУ) с различными операторами теплопроводности. Характеристическая часть СИДУ решена методом интегральных преобразований Фурье-Лапласа при выполнении условия разрешимости. Методом регуляризации СИДУ сведена к интегральному уравнению Вольтерра-Фредгольма. Приведена теорема о разрешимости граничной задачи для параболической системы уравнений.

**Ключевые слова:** тепло- и массообмен, краевая задача, условия корректности и некорректности, регуляризация.

1. Постановка задачи. Найти регулярное решение системы

$$\frac{\partial U_k(x,y,t)}{\partial t} = \lambda_k \Delta U_k(x,y,t), \quad k=\overline{1,3} \tag{1}$$

в области $Q_T \equiv \{(x,y,t): x \in R_+, y \in R, t \in ]0,T[\}$, удовлетворяющей начальным условиям

$$U_k(x,y,0) = 0, \quad k=\overline{1,3} \tag{2}$$

и граничным условиям

$$\begin{aligned} &\left(U_1(x,y,t) + a_1 U_3(x,y,t)\right)\Big|_{x=0} = \varphi_1(y,t), \\ &\left(U_2(x,y,t) + a_2 U_3(x,y,t)\right)\Big|_{x=0} = \varphi_2(y,t), \\ &\sum_{k=1}^{3}\left(b_k \frac{\partial U_k(x,y,t)}{\partial x} + b_{3+k} U_k(x,y,t)\right)\Big|_{x=0} = \varphi_3(y,t), \end{aligned} \tag{3}$$

где $\Delta$ – оператор Лапласа; $\lambda_k$ – положительные постоянные,

причем $0 \prec \lambda_1 \prec \lambda_2 \prec \lambda_3$; $a_1, a_2, b_k$ $(k=\overline{1,6})$ – заданные постоянные;

$\varphi_k(y,t)$ $(k=\overline{1,3})$ – заданные ограниченные непрерывные функции.

2. Интегральное представление решения краевой задачи (1) – (3).

Решение задачи (1) – (3) будем искать в следующем виде

$$U_k(x,y,t) = -\psi_k * G_x^{(k)}[x,y,t], \quad k=\overline{1,3}, \tag{4}$$

где $$G^{(k)}(x,y,t) = \frac{2\lambda_k \exp\left[-\dfrac{x^2+y^2}{4\lambda_k t}\right]}{\left[2\sqrt{\pi\lambda_k t}\right]^2}, \quad G_x^{(k)}(x,y,t) = \frac{\partial}{\partial x} G^{(k)}(x,y,t),$$

$$\psi_k * G_x^{(k)}[x,y,t] = \int_0^t d\tau \int_{-\infty}^{+\infty} \psi_k(\eta,\tau) G_x^{(k)}(x, y-\eta, t-\tau)\, d\eta,$$

$\psi_k(y,t)$, $k=\overline{1,3}$ - неизвестные функции.

3. Сведение задачи (1) – (3) к системе интегро-дифференциальных уравнений.

Функции $U_k(x,y,t)$, определенные равенством (4), удовлетворяют системе (1) и начальным условиям (2).

Выберем функции $\psi_k(y,t) \in C^{2,1}_{y,t}(Q_T \setminus x)$ так, чтобы функции $U_k(x,y,t)$, определяемые формулами (4), удовлетворяли граничным условиям (3). Для этого сформулируем следующую лемму.

Лемма. Если $\omega(y,t) \in C^{2,1}_{y,t}(Q_T \setminus x)$,

то $$\lim_{x\to 0} \psi_k * G^{(k)}_{xx}[x,y,t] = \frac{1}{\lambda_k} G^{(k)} * F_k[\omega][0,y,t],$$

где $$F_k[\omega] = \frac{\partial \omega}{\partial \tau} - \lambda_k \frac{\partial^2 \omega}{\partial \eta^2}.$$

Лемма доказывается интегрированием по частям замены $G^{(k)}_{xx}$ через $-\frac{1}{\lambda_k} G^{(k)}_{\tau} - G^{(k)}_{\eta\eta}$. Для определения функций $\psi_k(y,t)$ подставим (4) в граничные условия (3). При этом, используя лемму и свойства потенциала двойного слоя, получим систему интегро-дифференциальных уравнений:

$$\psi_1(y,t) + a_1\psi_3(y,t) = \varphi_1(y,t),$$
$$\psi_2(y,t) + a_2\psi_3(y,t) = \varphi_2(y,t), \tag{5}$$
$$\frac{b_1}{\lambda_1} F_1[\psi_1] * G^{(1)}[0,y,t] + \frac{b_2}{\lambda_2} F_2[\psi_2] * G^{(2)}[0,y,t] + \frac{b_2}{\lambda_3} F_3[\psi_3] * G^{(2)}[0,y,t] - b_4\psi_1(y,t) -$$
$$- b_3\psi_2(y,t) - b_3\psi_3(y,t) = -\varphi_3(y,t).$$

Исключая функции $\psi_2(y,t)$ и $\psi_3(y,t)$ из последней системы, получим

$$\frac{a_1 b_1}{\lambda_1} F_1[\psi_1] * G^{(1)}[0,y,t] + \frac{a_2 b_2}{\lambda_2} F_2[\psi_1] * G^{(2)}[0,y,t] - \frac{b_3}{\lambda_3} F_3[\psi_1] * G^{(3)}[0,y,t] -$$
$$-(a_1 b_4 + a_2 b_5 - b_6)\psi_1(y,t) = \Phi(y,t), \tag{6}$$

где $$\Phi(y,t) = -a_1\varphi_3(y,t) - \frac{a_1 b_2}{\lambda_2} F_2[\varphi_2 - \frac{a_2}{a_1}\varphi_1] * G^{(2)}[0,y,t] - \frac{b_3}{\lambda_3} F_3[\varphi_1] * G^{(3)}[0,y,t] +$$
$$+ b_5[a_1\varphi_2(y,t) - a_2\varphi_1(y,t)] + b_6\varphi_1(y,t). \tag{7}$$

Выделяя главную часть интегро-дифференциального уравнения, рассмотрим характеристическую часть

$$\frac{a_1 b_1}{\lambda_1} F_1[\psi_1] * G^{(1)}[0,y,t] + \frac{a_2 b_2}{\lambda_2} F_2[\psi_1] * G^{(2)}[0,y,t] - \frac{b_3}{\lambda_3} F_3[\psi_1] * G^{(3)}[0,y,t] = \Phi_1(y,t), \tag{8}$$

где $$\Phi_1(y,t) = \Phi(y,t) + (a_1 b_4 + a_2 b_5 - b_6)\psi_1(y,t), \tag{9}$$

причем $\Phi(y,t)$ определяется выражением (7).

4. Решение характеристического уравнения.

Рассмотрим характеристическое уравнение

$$F[\psi] = \sum_{k=1}^{3} \frac{A_k}{\lambda_k} F_k[\psi] * G^{(k)}[0,y,t] = \varphi(y,t), \tag{10}$$

где $$A_1 = a_1 b_1,\ A_2 = a_2 b_2,\ A_3 = -b_3. \tag{11}$$

Предполагая, что к функциям $\psi(y,t)$ и $\varphi(y,t)$ можно применить интегральные преобразования Фурье-Лапласа, применим их к обеим частям уравнения (10). Тогда

$$\sum_{k=1}^{3} \frac{A_k}{\lambda_k} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\infty} \left( \int_{-\infty}^{+\infty} F_k[\psi] * G^{(k)}[0,y,t] \exp[-isy]dy \right) \exp[-pt]dt = \overline{\widetilde{\varphi}}(s,p), \tag{12}$$

где $$\overline{\widetilde{\varphi}}(s,p) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\infty} \left( \int_{-\infty}^{+\infty} \varphi(y,t) \exp[-isy]dy \right) \exp[-pt]dt.$$

Учитывая значения интеграла

$$I_k = \int_{-\infty}^{+\infty} G^{(k)}(0, y, t-\tau)\exp[-isy]dy = \frac{\sqrt{\lambda_k}\exp[-\lambda_k(t-\tau)s^2]}{\sqrt{\pi(t-\tau)}},$$

равенства (12) перепишем как

$$\sum_{k=1}^{3}\frac{A_k}{\sqrt{\lambda_k}}\int_0^{\infty}\left\{\int_0^t\left(\frac{\partial\tilde{\psi}}{\partial\tau}-\lambda_k(-is)^2\tilde{\psi}(s,\tau)\right)\frac{\exp[-\lambda_k s^2(t-\tau)]}{\sqrt{\pi(t-\tau)}}d\tau\right\}\exp[-pt]dt = \overline{\overline{\varphi}}(s,p).$$

Переставляя интегралы по формуле Дирихле и производя замену $t-\tau = t_1$, будем иметь

$$\sum_{k=1}^{3}\frac{A_k}{\lambda_k}\int_0^{\infty}\left(\frac{\partial\tilde{\psi}(s,\tau)}{\partial\tau}-\lambda_k(-is)^2\tilde{\psi}(s,\tau)\right)e^{-p\tau}d\tau\int_0^{\infty}\frac{\exp[-(p+\lambda_k s^2)t_1]}{\sqrt{\pi t_1}}dt_1 = \overline{\overline{\varphi}}(s,p).$$

Производя замену $\sqrt{(p+\lambda_k s^2)t_1} = z$ и вычисляя интеграл по переменной $z$,

получим
$$\overline{\overline{\psi}}(s,p) = \frac{\overline{\overline{\varphi}}(s,p)}{\sum_{k=1}^{3}\frac{A_k}{\lambda_k}\sqrt{p+\lambda_k s^2}}. \quad (13)$$

Вводя обозначение
$$\sqrt{\frac{p}{\lambda_k}+s^2} = z_k, \quad (14)$$

перепишем (13):
$$\overline{\overline{\psi}}(s,p) = (p+\lambda_1 s^2)\overline{\overline{L}}(s,p)\overline{\overline{\varphi}}(s,p), \quad (15)$$

где
$$\overline{\overline{L}}(s,p) = \frac{\overline{\overline{L}}_0(s,p)}{\sqrt{p+\lambda_1 s^2}}, \quad (16)$$

причем
$$\overline{\overline{L}}_0(s,p) = \frac{1}{\sqrt{p+\lambda_1 s^2}\,\Delta(s,p)}, \quad (17)$$

в свою очередь
$$\Delta(s,p) = A_1 z_1 + A_2 z_2 + A_3 z_3.$$

Теперь для нахождения оригинала функции $\overline{\overline{L}}_0(s,p)$, нужно найти корни иррационального уравнения

$$\Delta(s,p) = A_1 z_1 + A_2 z_2 - b_3 z_3 = 0. \quad (18)$$

Теперь займемся рационализацией иррационального уравнения (18), умножив обе его части на выражение $A_1 z_1 + A_2 z_2 + b_3 z_3$, получим уравнение

$$A_1^2 z_1^2 + A_2^2 z_2^2 - b_3^2 z_3^2 + 2A_1 A_2 z_1 z_2 = 0,$$

которое умножая на $A_1^2 z_1^2 + A_2^2 z_2^2 - b_3^2 z_3^2 - 2A_1 A_2 z_1 z_2$ и учитывая обозначение (14), найдем квадратное уравнение

$$Ap^2 + 2Bs^2 p + Cs^4 = 0, \quad (19)$$

где $A = \delta^2 - 4\frac{A_2^2 b_3^2}{\lambda_2\lambda_3}$,

$$B = \gamma\delta - A_2^2 b_3^2\left(\frac{1}{\lambda_2}+\frac{1}{\lambda_3}\right) = \frac{A_1^2}{\lambda_1}\gamma - \frac{A_2^2}{\lambda_2}(\gamma + 2b_3^2) - \frac{b_3^2}{\lambda_3}(\gamma + 2A_2^2),$$

$$C = \gamma^2 - 4A_2^2 b_3^2,$$

причем $\gamma = A_1^2 - A_2^2 - b_3^2$ и $\delta = \frac{A_1^2}{\lambda_1} - \frac{A_2^2}{\lambda_2} - \frac{A_3^2}{\lambda_3}$.

Теперь используя результаты работы [3], можем показать, что корнем уравнения (19) будет $p=\left(\frac{\sqrt{D}-B}{A}\right)s^2$ при $D\succ 0$ и $p$ является решением уравнения (18), когда $AB\prec 0.$

Итак, если функция $\widetilde{\widetilde{L}}_0(s,p)$ имеет полюс $p=-qs^2,\ q=\frac{B-\sqrt{D}}{A}\succ 0$ и три точки разветвления $p_k=-\lambda_k s^2,\ k=\overline{1,3}$, то оригинал функции $\widetilde{\widetilde{L}}_0(s,p)$, определяемой выражением (17), находится по формуле обращения

$$\widetilde{\widetilde{L}}_0(s,t)=\frac{1}{\pi}\int_{\lambda_1}^{\lambda_3}W(z)\exp[-s^2tz]dz+B\exp[-qs^2t], \tag{20}$$

где $$W(z)=\begin{cases}W^{(1)}(z), \text{если } \lambda_1\le z\le\lambda_2;\\ W^{(2)}(z), \text{если } \lambda_2\le z\le\lambda_3,\end{cases}$$

причем $$W^{(1)}(z)=\frac{A_2\sqrt{\lambda_2-z}+A_3\sqrt{\lambda_3-z}}{\sqrt{|z-\lambda_1|}\left[\left(A_1\sqrt{z-\lambda_1}\right)^2+\left(A_2(\lambda_2-z)+A_3(\lambda_3-z)\right)^2\right]},$$

$$W^{(2)}(z)=\frac{A_3\sqrt{\lambda_3-z}}{\sqrt{|z-\lambda_1|}\left[\left(A_1\sqrt{z-\lambda_1}+A_2(z-\lambda_2)\right)^2+A_3^2(\lambda_3-z)^2\right]},$$

$$B=\frac{2\sqrt{|q-\lambda_1\|q-\lambda_2\|q-\lambda_3|}}{\sqrt{|q-\lambda_1|}\left(A_1\sqrt{|q-\lambda_2\|q-\lambda_3|}+A_2\sqrt{|q-\lambda_1\|q-\lambda_3|}+A_3\sqrt{|q-\lambda_1\|q-\lambda_2|}\right)}.$$

Теперь найдем оригинал функции $\widetilde{\widetilde{L}}(s,p),$ определяемой выражением (16).

Используя известное соотношение $\frac{1}{\sqrt{p+\lambda_1 s^2}}\overset{\bullet}{\underset{\bullet}{\rightarrow}}\frac{\exp[-\lambda_1 s^2t]}{\sqrt{\pi t}}$ и учитывая (20) с учетом формулы свертки двух изображений, найдем из (16):

$$\widetilde{L}(s,t)=\int_0^t\frac{\exp[-\lambda_1 s^2\tau]}{\sqrt{\pi\tau}}\widetilde{L}_0(s,t-\tau)d\tau.$$

Отсюда производя замену $\tau=tz_1$, имеем

$$\widetilde{L}(s,t)=\int_0^1\frac{\sqrt{t}}{\sqrt{\pi z_1}}\left[\frac{1}{\pi}\int_{\lambda_1}^{\lambda_2}W(z)\exp[-a(z,z_1)s^2t]dz+B\exp[-a(q,z_1)s^2t]\right]dz_1, \tag{21}$$

где $a(z,z_1)=\lambda_1 z+z_1(1-z).$

Применяя далее формулу свертки к (13) и используя (21), будем иметь:

$$\widetilde{\psi}(s,t)=\left(\frac{\partial}{\partial t}+\lambda_1 s^2\right)\int_0^t\widetilde{L}(s,t-\tau)\widetilde{\varphi}(s,\tau)d\tau,$$

где $\widetilde{L}(s,t)$ определяется выражением (21).

Дифференцируя по $t$ и применяя обратное преобразование Фурье при $q\succ 0$, имеем

$$\psi(y,t)=\frac{1}{2\pi}\int_0^t d\tau\int_{-\infty}^{+\infty}\varphi(\eta,\tau)\left\{\int_0^1\left[\frac{1}{2\sqrt{\pi(t-\tau)z_1}}\left(\frac{1}{\pi}\int_{\lambda_1}^{\lambda_3}W(z)\exp[-a(z,z_1)s^2(t-\tau)]dz+B\exp[-a(q,z_1)s^2(t-\tau)]\right)dz_1-\right.\right.$$

$$\left.\left.-\frac{\sqrt{t-\tau}}{\pi z_1}\left(\frac{1}{\pi}\int_{\lambda_1}^{\lambda_3}W(z)(a(z,z_1)-\lambda_1)s^2\exp[-a(z,z_1)s^2(t-\tau)]dz+B(a(q,z_1)-\lambda_1)s^2\exp[-a(q,z_1)s^2(t-\tau)]\right)\right]dz_1\right\}\cdot$$

$$\exp[i(y-\eta)s]ds. \tag{22}$$

Используя, теперь, значение интегралов

$$\int_{-\infty_1}^{+\infty} \exp[-a(z,z_1)s^2t+iys]ds = \frac{\sqrt{\pi}}{\sqrt{a(z,z_1)t}}\exp[-\frac{y^2}{4a(z,z_1)t}],$$

$$\int_{-\infty_1}^{+\infty} s^2\exp[-a(z,z_1)s^2t+iys]ds = \frac{\sqrt{\pi}\left(1-\frac{y^2}{2a(z,z_1)t}\right)}{2a(z,z_1)t\sqrt{a(z,z_1)t}}\exp[-\frac{y^2}{4a(z,z_1)t}],$$

перепишем (22) в следующем виде:

$$\psi(y,t) = L^{-1}(\varphi) = \int_0^t d\tau \int_{-\infty}^{+\infty} \varphi(\eta,\tau)L(y-\eta,t-\tau)d\eta = \varphi * L[0,y,t], \tag{23}$$

где

$$L(y,t) = \frac{1}{2\pi}\int_0^1 \frac{1}{2t\sqrt{z_1}}\left(\frac{1}{\pi}\int_{\lambda_1}^{\lambda_3} W(z))\left(1-\frac{(a(z,z_1)-\lambda_1}{a(z,z_1)}\right)\frac{\exp[-\frac{y^2}{4a(z,z_1)t}]}{\sqrt{a(z,z_1)}}dz + B\left(1-\frac{(a(q,z_1)-\lambda_1}{a(q,z_1)}\right)\frac{\exp[-\frac{y^2}{4a(q,z_1)t}]}{\sqrt{a(q,z_1)}}\right)dz_1.$$

Очевидно, что ядро $L(y,t)$, как ядро регулярно и имеет такую же особенность, как $G^{(k)}(0,y,t)$. Ядро $L(y,t)$ назовем резольвентой.

Таким образом, в результате имеем следующую теорему:

**Теорема.** Если $q = \frac{B-\sqrt{D}}{A} \succ 0,$ когда $AB \prec 0,$ то уравнение (10) разрешимо и функция $\psi(y,t) = L^{-1}(\varphi) = \int_0^t d\tau \int_{-\infty}^{+\infty} \varphi(\eta,\tau)L(y-\eta,t-\tau)d\eta = \varphi * L[0,y,t]$ удовлетворяет уравнению (10), если $\varphi(y,t) \in C_{y,t}^{2,1}(Q_T \setminus x).$

Рассмотрим, теперь, уравнение (6), предполагая, что характеристическая часть удовлетворяет условиям разрешимости. Пусть $L(y,t)$ - резольвента уравнения (6). Тогда, применяя к уравнению (6) обратный оператор $L^{-1}$, получим интегральное уравнение

$$\psi_1(y,t) = L^{-1} * \varphi_1(y,t) + L^{-1} * \Phi(y,t), \tag{24}$$

где функция $\Phi(y,t)$ определяется выражением (7), а ядро $L(y,t)$ удовлетворяет оценке

$$|L(y,t)| \le M\frac{\exp[-\delta^2\frac{y^2}{t}]}{t}, \quad (M,\delta \succ 0), \tag{25}$$

На основании оценки (25) уравнение (24) можно решить методом последовательных приближений.

Таким образом, решая интегральное уравнение (24) методом последовательных приближений находим функцию $\psi_1(y,t),$ а затем, подставляя найденное выражение для $\psi_1(y,t)$ в первое и второе уравнения системы (5), можно найти функции $\psi_2(y,t)$ и $\psi_3(y,t).$

ЛИТЕРАТУРА

[1] Лыков А.В. О системах дифференциальных уравнений тепло- и массопереноса в капиллярно-пористых телах // Инж.физ.журнал. –1974. –Т.27. –№1. –С. 18-25.

[2] 2 Гамаюнов Н.И. Решение m-уравнений переноса. Математические и физические вопросы тепло- и массообмена // – В сборнике трудов. – Минск, 1973. –С. 73-86.

[3] 3 Ауелбеков О.А. Исследование на некорректность одной задачи тепло- и массообмена // Вестник КазНУ. (Серия математика, механика, информатика). – 2008. –№3. –С. 12-14.

[4] 4 Хайруллин Е.М., Әмір Е.М. Двухмерная особая граничная задача тепло- и массообмена. // Труды Сатпаевских чтений: Инновационные решения традиционных проблем: инженерия и технологии. – Алматы, 2018. –С. 1089-1092.

Хайруллин Е.М., Тулешева Г.А., Шакуликова А.Т.

**Жылу және масса алмасудың бір шеттік есебі.**

**Түйіндеме.** Жұмыста параболалық теңдеулер жүйесіне шеттік есебі қарастырылған. Бұл шеттік есепке [1,2,3] жұмыстардағы жылу және масса алмасудың процестерін қорғатудың кейбір есептері келтіріледі. Жылу потенциалдары арқылы шеттік есеп интегралдық-дифференциалдық теңдеулер жүйесіне (ИДТЖ) келтірілген. ИДТЖ-нің характеристикалық бөлігінің шешімі Фурье және Лаплас түрлендірулері арқылы табылған. Қисынды және қисынды емес шеттік есептің шарты табылған. ИДТЖ-сі регулярлау әдісімен Вольтерра-Фредгольм интегралдық теңдеуіне келтірілген. Параболалық теңдеулер жүйесі үшін қойылған шеттік есептің шешімі бар болуы жөнінде теорема келтірілген.

**Түйін сөздер:** жылу және масса алмасу, шеттік есеп, қисынды және қисынды емес шарттар, регулярлау.

Khairullin Y., Tulesheva G., Shakulukova A.

**About one boundary task of the heat and mass exchange**

**Summary.** The singular boundary problem warm and a mass transfer to which some boundary task heat and a mass transfer in drying processes comes down is considered [1,2,3]. The solution of the boundary value problem is sought in the form of the thermal potential of the double layer [4]. The lemma on finding the limit of the derivative of the unknown function in a neighborhood of lines is given. Using boundary conditions, the system of the integro-differential equations (SIDE) with various operators of heat conductivity is received. The characteristic part of SIDE is solved by the method of integral Fourier-Laplace transforms under the condition of solvability. The method of regularizing SIDUs is reduced to the Volterra-Fredholm integral equation. The theorem on the solvability of the boundary value problem for a parabolic system of equations is given.

**Keywords:** heat and mass transfer, boundary value problem, conditions of correctness and incorrectness, regularization.

УДК 622.276.72

**G.A Baymakhanov., D.D. Kabyl**
(Kazakh National University named after Al-Farabi, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: diko-33@mail.ru)

**IMPLEMENTATION OF A QUALITY MANAGEMENT SYSTEM BASED ON HACCP PRINCIPLES**

**Abstract.** In this article, the principles of system methods of results assessment of the quality management system are discussed. It is considered up-to-date that HACCP guarantees to ensure that consumers are safe having cooking products. In addition, the use of HACCP can be a powerful argument for confirming compliance with regulatory and legislative requirements. An algorithm for creating a HACCP system is presented, on the basis of which the necessary measures for quality and safety management have been developed. Conducting an assessment of the company allows to identify reserves for its further development.

**Keywords:** food products, good quality, safety, systems, HACCP.

**Г.А. Баймаханов, Д.Д. Кабыл**
(Казахский Национальный Университет имени Аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан.
E-mail: diko-33@mail.ru)

**ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ ХАССП**

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются принципы системы методики оценки результативности системы менеджмента качества на предприятии. Актуальность заключается в том, что система ХАССП гарантированно обеспечивает потребителям безопасность употребления пищевых продуктов. Кроме того, применение ХАССП может быть весомым аргументом для подтверждения выполнения нормативных и законодательных требований. Приведен алгоритм создания системы ХАССП, на основании которого были разработаны необходимые мероприятия по управлению качеством и безопасностью. Проведение оценки деятельности предприятия позволяет выявить резервы для дальнейшего развития предприятия.

**Ключевые слова:** пищевые продукты, качество, безопасность, система качества, ХАССП.

В настоящее время многие потребители стали более компетентными в выборе продуктов питания. При этом большинство сегодняшних покупателей не склонны доверять красивым словам и рекламным картинкам. Ведь рекламные акции лишь привлекают внимание покупателей, но не могут

гарантировать качество и безопасность продукта. То есть сейчас именно безопасность продукции и ее качество становятся главными критериями в конкурентной борьбе. Однако мало заявить, что ты выпускаешь качественную и безопасную продукцию, надо еще это и подтвердить. Для этого и предусмотрена система безопасности продукции, основанная на принципах ХАССП [1]. ХАССП (англ. HACCP – Hazard Analysis and Critical Control Points, анализ рисков и критические точки контроля) - это система управления безопасностью пищевых продуктов, которая обеспечивает контроль на абсолютно всех этапах пищевой цепочки, в любой точке производственного процесса, а также хранения и реализации продукции, где существует вероятность возникновения опасной ситуации.

Система ХАССП главным образом используется компаниями-производителями пищевой продукции. В развитых странах каждое предприятие-изготовитель разрабатывает собственную систему ХАССП, в которой учитываются все технологические особенности производства. Разработанная система может подвергаться изменениям, перерабатываться с целью соответствия каким-либо изменениям в процессах технологий производства [2]. Важным и безусловным достоинством системы ХАССП является её свойство не выявлять, а именно предвидеть и предупреждать ошибки при помощи поэтапного контроля на протяжении всей цепочки производства пищевых продуктов. Это гарантированно обеспечивает потребителям безопасность употребления пищевых продуктов, что является первоочередной и главной задачей в работе всей пищевой отрасли. Кроме этого, применение ХАССП может быть отличным аргументом для подтверждения выполнения нормативных и законодательных требований. На сегодняшний день сертификация предприятия на соответствие ХАССП – дело добровольное. Однако вступил в силу Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции», в одной из статей которого говорится, что при осуществлении процессов производства продукции изготовитель должен разработать, внедрить и поддерживать процедуры, основанные на принципах ХАССП. В связи с этим актуальным является формирование системы качества на основе принципов ХАССП. Современный потребитель хочет быть уверенным в полной безопасности пищевых продуктов, предъявляя к качеству продуктов высокие требования. ХАССП и ИСО 22000 содержат в себе необходимый комплекс мер, направленных на обеспечение безопасности на каждом этапе производственного процесса. Ссылка на сертификат должна внушать покупателю чувство уверенности в данном изготовителе. Данная система специально разработана для пищевой промышленности и основана на следующих принципах: 1. Проведение анализа опасных факторов – путем процесса оценки значимости рисков и их уровня опасности на всех этапах жизненного цикла продукции; 2. Определение критических контрольных точек; 3. Задание критических пределов для каждой ККТ – определение критерия, который показывает, что процесс находится под контролем; 4. Разработка системы мониторинга, позволяющая обеспечить контроль критических контрольных точек на основе планируемых мер или наблюдений; 5. Определение корректирующих действий, которые следует предпринять в случае, когда результаты мониторинга указывают на отсутствие управления в конкретной критической контроль-ной точке; 6. Разработка процедуры верификации для подтверждения результативности работы системы ХАССП; 7. Разработка документации в отношении всех процедур и записей, соответствующих принципам ХАССП и их применению [3].

Применение принципов ХАССП состоит из следующих задач: 1) создать рабочую группу ХАССП; 2) описать продукт; 3) определить область использования; 4) построить схему технологического процесса; 5) подтвердить схемы технологического процесса на объекте; 6) перечислить все потенциально опасные фак-торы, провести анализ опасного фактора, рассмотреть возможность контрольных мер; 7) определить критическую контрольную точку; 8) выявить спецификацию критических пределов для каждой ККТ; 9) создание системы мониторинга для каждой ККТ; 10) установить меры для устранения недостатков; 11) установить процедуры проверки (верификации); 12) создать и вести учет (документации).

Наличие системы ХАССП дает предприятию целый ряд преимуществ: повышается конкурентоспособность самого предприятия и производимой им продукции; растет доверие потребителей к продукции предприятия; открывается возможность выхода на новые рынки, расширение уже существующих рынков сбыта; снижается число рекламаций за счет обеспечения стабильного качества продукции; создается репутация производителя качественного и безопасного продукта питания.

Система качества ХАССП включает в себя 11 разделов: введение и область распространения системы; политика руководства предприятия в области качества и безопасности выпускаемой продукции; приказ о создании рабочей группы по разработке системы ХАССП; информация о продукции; информация о производстве; виды опасностей; планово-предупреждающие действия; критические контрольные точки; рабочие листы ХАССП; внутренние проверки системы ХАССП; ведение документации ХАССП.

Для внедрения и разработки системы ХАССП на предприятии необходимо сформировать рабочую группу из сотрудников с различной специализацией, обладающих должными знаниями о конкретной продукции, опытом работы и методикой разработки эффективного плана по внедрению системы ХАССП на предприятии. В составе рабочей группы ХАССП должны быть координатор и технический секретарь, а так же при необходимости, консультанты соответствующей области компетентности. На рисунке 1 приведены 7 принципов системы ХАССП.

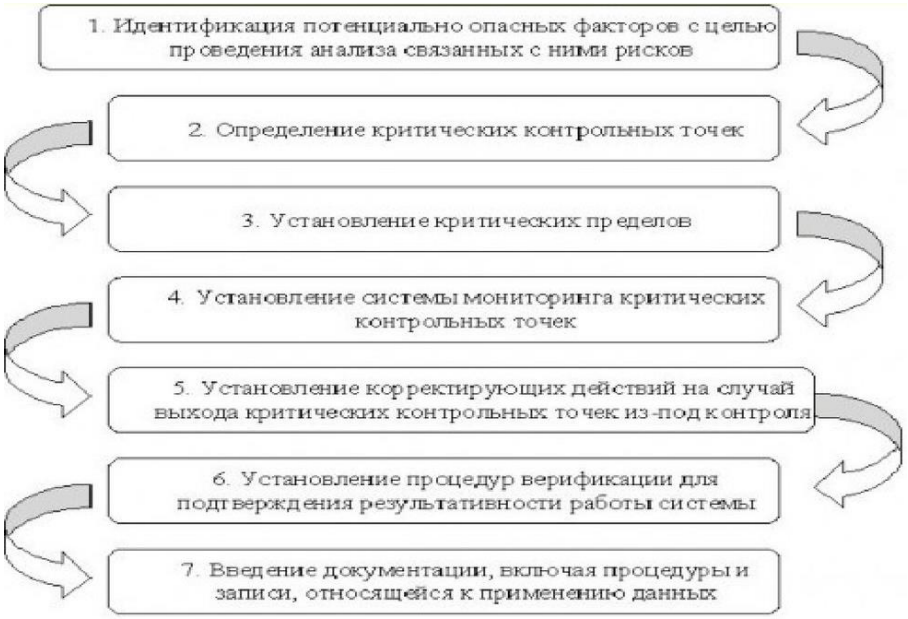



**Рис.1.** 7 принципов системы ХАССП

На предприятии имеются разработанные положение политики, где руководство берёт на себя ответственность за достижение поставленной цели и безусловную реализацию политики в области качества (которая определяет стратегию, приоритетные цели и обязательства перед потребителями и обществом в целом). Координатор выполняет следующие функции: формирует состав рабочей группы; координирует работу группы; распределяет работу и обязанности; обеспечивает охват всей области разработки; представляет группу в руководстве организации.

В обязанности технического секретаря входит: организация заседаний группы; регистрация членов группы на заседаниях; ведение протоколов решений, принятых рабочей группой. Основными задачами рабочей группы, отвечающей за внедрение системы ХАССП, на производстве являются: определение микробиологических, физических, химических и других факторов, возникающих при производстве продуктов питания на всех стадиях технологических процессов; определение вероятности появления опасных факторов в технологическом процессе в зависимости от степени их опасности (вирулентности); определение критических точек технологических процессов, лежащих в области недопустимого риска; установление критических пределов для каждого опасного фактора, в интервале которых опасные факторы подлежат контролю, ликвидации или снижению; разработка необходимых предупреждающих (мониторинговых) мероприятий; установление системы контроля за опасными факторами посредством имеющихся средств, позволяющих удостовериться об эффективном контроле за критическими точками; разработка корректирующих мероприятий по устранению или уменьшению опасных факторов; установление процедур проверки эффективности функционирования системы ХАССП; установление документирующей системы регистрации полученных данных; обеспечение,

доведение рабочих листов системы ХАССП на производственные участки, назначение лиц, ответственных за выполнение мероприятий, разработанных в рабочих листах.

Согласно данным Центра деловой информации, казахстанских производителей пищевой продукции призывают к активному внедрению стандарта НАССР (ХАССП). На сегодняшний день сертифицированы по стандартам, построенным по принципам НАССР (ХАССП) лишь у 10 % пищевиков РК, тогда как в Беларуси, например, 75% перерабатывающих предприятий уже перешли на новые стандарты. Около 30% продукции не соответствует техническим регламентам. Ни один казахстанский производитель уже не сможет экспортировать свою продукцию в другие страны до тех пор, пока он не внедрит ХАССП. Без этого казахстанскому товару нечего делать в других странах. Бизнес должен бороться за потребителя, конкурировать между собой в предоставлении безопасной продукции. Среди первых компаний Казахстана, внедривших НАССР (ХАССП) при производстве пищевых продуктов можно назвать группу компаний «Агрофирма TNK». Уже с 2009 года ТОО «АйБат» и ТОО «Урожай» сертифицированы и работают по системе менеджмента безопасности пищевых продуктов ISO:22000.

ISO:22000 гармонизирует требования к системам менеджмента (таким как ИСО 9001) с принципами НАССР (ХАССП). В своем составе стандарт объединяет ключевые элементы НАССР (ХАССП), системное управление, контроль опасностей продуктов питания, взаимодействие с поставщиками, потребителями, надзорными органами, непрерывное улучшение и совершенствование процессов. ISO:22000 является стандартом, который включает в себя все принципы НАССР (ХАССП) и сам задает структуру системы безопасности продуктов питания [4].

Национальный стандарт Республики Казахстан СТ РК ИСО 22000-2006 «Система менеджмента безопасности пищевых продуктов. Требования ко всем организациям в цепи производства и потребления пищевых продуктов» утвержден и введен в действие приказом № 324 от 28 июля 2006 г. Комитета по техническому регулированию и метрологии Министерства индустрии и торговли Республики Казахстан. В соответствии с приказом, национальный стандарт СТ РК ИСО 22000-2006 идентичен международному стандарту ISO 22000:2005. Стандарты ISO серии 22000, описывающие модель системы менеджмента безопасности пищевой продукции, разработаны для того, чтобы помочь организациям - участникам продуктовой цепи вне зависимости от их размера, удовлетворять требования и ожидания клиентов и иных заинтересованных сторон. Стандарт ISO 22000 содержит основные положения, а также требования к системе менеджмента безопасности пищевой продукции в тех случаях, когда организация в продуктовой цепи нуждается в демонстрации своей способности управлять опасностями, относящимися к безопасности пищевых продуктов, для обеспечения безопасности пищевых продуктов в момент их употребления. Требования стандарта ISO 22000 гармонизированы с требованиями других стандартов, например, стандарта в области системы менеджмента качества ISO 9001, и таким образом могут быть внедрены в интегрированную систему менеджмента.

В соответствии с ТР ТС 021/2011, казахстанские производители поставлены перед фактом обязательного внедрения системы безопасности пищевой продукции на основе принципов НАССР, сертификация системы необязательна, т.е. происходит на добровольной основе. Независимое подтверждение соответствия системы менеджмента требованиям ISO 22000 может быть получено от третьей стороны - органа по сертификации. Организации, которые стремятся к признанию их системы менеджмента безопасности пищевой продукции, могут использовать данный стандарт для сертификации. Сертификацию систем менеджмента безопасности пищевой продукции проводят аккредитованные органы по подтверждению соответствия, в соответствии с их областью аккредитации.

В основе стандарта лежат восемь основных принципов системы менеджмента качества, при этом полностью повторяется и структура стандарта ISO 9001, которые дополнены основными принципами системы НАССР и элементами таких систем как GMP (надлежащая производственная практика), GHP (надлежащая гигиеническая практика), GLP (надлежащая лабораторная практика) и др. То есть становится ясным, что сфера использования ДСТУ 4161 намного уже, чем ISO 22000. Сравнительный анализ требований двух стандартов показывает, что модель системы менеджмента безопасности пищевой продукции в соответствии с требованиями ISO 22000 включает еще три ключевых элемента: взаимодействие с заинтересованными сторонами, системный менеджмент; программы - предпосылки (программы создания необходимых условий для производства пищевой продукции), включающие процедуры по санитарной обработке помещений и оборудования, по гигиене персонала, по вопросам складирования и т.д. В странах СНГ в большинстве случаев эти

мероприятия осуществлялись и осуществляются без внедрения систем менеджмента (СМ) только на основе санитарных правил и норм, разработанных для всех отраслей промышленности и для большинства видов опасностей.

ХАССП требует от всей компании преданности идее – от руководства и до простых рабочих. Скорее всего, эта проблема - самая трудная из всех, возникающих при внедрении ХАССП. Относительно легко написать программу ХАССП и внедрить ее на предприятии по производству пищевых продуктов, но значительно труднее изменить общую культуру компании и сделать обеспечение безопасности пищевых продуктов общей целью всех ее сотрудников. Если эта цель будет достигнута, успех программы ХАССП будет гарантирован. Таким образом, внедренная система ХАССП поможет отладить технологические и производственные процессы, повысить производительность, обеспечить высокий уровень качества продукции. Что в конечном счете скажется на конкурентоспособности и репутации бизнеса.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Донченко, Л.В. Безопасность пищевой продукции: учеб. пособие / Л.В. Донченко, В.Д. Надыкта. – М.: Пищепромиздат, 2001. – 528 с.

[2] Мейес, Т. Эффективное внедрение. ХАССП: учимся на опыте других / Т. Мейес, С. Мертимор. – СПб.: Профессия, 2005. – 288 с.

[3] Потороко, И.Ю. Безопасность продуктов питания как фактор безопасности потребителя / И.Ю. Потороко, И.В. Калинина // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». – 2007. – № 10. – С. 77–81.

[4] Кантере, В.М. Системы менеджмента безопасности пищевой продукции на основе международного стандарта ИСО 22000 / В.М. Кантере, В.А. Матисон, Ю.С. Сазонов. – М., 2006. – 454 с.

[5] Шушарина, Т.Е. Управление опасностями в системе менеджмента безопасности пищевых продуктов / Т.Е. Шушарина и др. // Стандарты и качество. – 2010. – № 4. –С. 60–63.

Баймаханов Г.А., Кабыл Д.Д.

**Хассп принциптерінің негізінде сапа басқару жүйесін енгізу**

**Түйіндеме.** Бұл мақалада кәсіпорынның сапа менеджменті жүйесінің тиімділігін бағалау жүйесінің принциптері қарастырылады. ХАССП жүйесі тұтынушыларға азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз етудің кепілдігі болып табылады. Сонымен қатар, ХАССП-ны пайдалану нормативтік-құқықтық және заңнамалық талаптарға сәйкестікті растау үшін күшті дәлел болуы мүмкін. ХАССП жүйесін құру алгоритмі ұсынылды, оның негізінде сапа және қауіпсіздік менеджменті бойынша қажетті шаралар әзірленді. Компанияның бағалауы кәсіпорынның одан әрі дамуы үшін резервтерді анықтауға мүмкіндік береді.

**Кілттік сөздер:** тамақ өнімдері, сапа, қауіпсіздік, сапа жүйесі, ХАССП.

УДК 519.21

**[1]N. Mekebay, [2]S. Tapeyeva, [2]N. Akanbay**
([1]Satpayev University, Almaty, Kazakhstan.
[2]Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
E-mail: miekiebai_79@mail.ru)

**ABOUT ASYMPTOTIC BEHAVIOR OF THE SOLUTION OF THE PROBLEM OF THE KOSHI OF ONE PARABOLIC EQUATION WITH RANDOM COEFFICIENTS AND RANDOM RIGHT PART**

**Abstract**. The work is devoted to the study of the limit attitude of the solution of one parabolic equation with random coefficients and a random right-hand side of the «white noise» type. The results were obtained on the limit distributions of the solution of the equation in question. The cases of some specific random processes are considered as an application.

**Keywords:** Random parabolic equation, Cauchy problem, Wiener process, «white noise», conditional expectation, asymptotic normality.

**[1]Н.А. Мекебай, [2]С.К. Тапеева, [2]Н. Аканбай**
([1]Satpaev University, Алматы, Республика Казахстан
[2]Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан)

# ОБ АСИМПТОТИЧЕСКОМ ПОВЕДЕНИИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КОШИ ОДНОГО ПАРАБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ СО СЛУЧАЙНЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ И СЛУЧАЙНОЙ ПРАВОЙ ЧАСТЬЮ

**Аннотация.** Работа посвящена изучению предельного поведения решения одного параболического уравнения со случайными коэффициентами и случайной правой частью типа «белого шума». В частности получены результаты о предельных распределениях решения рассматриваемого уравнения. В качестве приложения рассмотрены случаи некоторых конкретных случайных процессов.

**Ключевые слова:** Случайное параболическое уравнение, задача Коши, винеровский процесс, «белый шум», условное математическое ожидание, асимптотическая нормальность.

**Введение**

Известно, что общий подход к описанию действительности математическими средствами состоит в построении некоторых моделей изучаемых явлений и получении выводов в рамках этих моделей. Вместе с тем в современной науке общепризнано, что именно стохастические модели более адекватно (чем детерминированные модели) описывают возникающих и требующих изучения явлений микро- и макромира, поэтому построение и исследование соответствующих изучаемым явлениям стохастических моделей и рассмотрение в рамках этих моделей конкретных теоретических и прикладных задач являются актуальными задачами.

Актуальность изучения случайных уравнений в частных производных, в частности рассматриваемых в данной работе задач состоит в том, что эти исследования относятся к изложенному выше стохастическому подходу описания и изучения математических моделей случайных явлений и могут найти практические применения в современных теоретических и практических запросов физики, гидромеханики и теории неупорядоченных структур.

**Методы исследования**

Используемыми методами являются современные методы теории вероятностей, математического и стохастического анализа, теории уравнений в частных производных, теории случайных процессов. Новыми подходами здесь, по сравнению с ранее известными работами, является использование методов связей диффузионных процессов и их связей с уравнениями в частных производных.

**Основная часть**

Рассмотрим задачу Коши для случайного параболического уравнения

$$\frac{\partial u(t,\,x)}{\partial t} = \frac{1}{2}\frac{\partial^2 u(t,\,x)}{\partial x^2} + C(t)u(t,\,x) + f(x)\dot{W}_t, \qquad (1)$$

$$u(0,\,x) = u_0(x),$$

где $t \geq 0,\ x \in R',\ C(t) = C(t,\,\omega)$ - случайный процесс, $\dot{W}_t = \dot{W}_t(\omega)$ - процесс «*белого шума*», для которого $\int_{t_1}^{t_2} \dot{W}_t dt = W_{t_2} - W_{t_1}$ при $t_1 < t_2$ ($W_t, t \geq 0,$ - винеровский процесс), $f(x), u_0(x)$ - неслучайные функции.

Основной целью предлагаемой работы является изучение предельного поведения распределения решения $u(t,\,x)$ задачи (1) при $t \to \infty$. Отметим, что в случае $C \equiv 0$ аналогичная задача изучена в [1] и часть результатов данной работы ранее анонсированы в работе [2].

**Теорема 1.** Пусть $u(t,\,x)$ решения уравнения (1) и ограниченная функция $u_0(x) \in C^{(2)}(R')$, $f(x)$ - непрерывная ограниченная функция, процессы $C(t)$ и $W_t$ - независимы.

Тогда для единственного растущего не быстрее чем экспонента решения задачи (1) имеет место представление

$$u(t,\,x)=\tilde{M}_x\left\{\exp\left\{\int_0^t C(s)ds\right\}\left[u_0(\tilde{W}_t)+\int_0^t f(\tilde{W}_{t-s})dW_s\right]\right\}, \tag{2}$$

где $\tilde{M}_x$ означает операцию взятия условного математического ожидания по траекториям не зависящего от $C(t)$ и $W_t$ и выходящего в начальный момент $t=0$ из точки $x$ винеровского процесса $\tilde{W}_t$.

*Доказательство.* Обозначим через $V(t,\,x)$ решение уравнения (1) при $C=u_0=0$, $F(t,\,x)=f(x)\dot{W}_t$. Обобщая известные результаты из [3] можно показать [3], что для этого решения $V(t,\,x)$ имеет место представление

$$V(t,\,x)=M_x\int_0^t F(t-s,\,W_s)\,ds, \tag{3}$$

причем здесь условное математическое ожидание $M_x$, в отличие от (2), относится уже к винеровскому процессу $W_t$.

Тогда, как легковидеть, функция

$$u_1(t,\,x)=e^{\int_0^t C(s)ds}V_1(t,\,x)$$

является решением уравнения (1) при $u_0(x)=0$. С другой стороны решение уравнения (1) при $C=F=0$ можно будет записывать в виде (см. [3])

$$V_2(t,\,x)=\tilde{M}_x\,u_0(\tilde{W}_t).$$

Следовательно, для решения уравнения (1) при $F=0$ имеет место представление

$$u_2(t,\,x)=e^{\int_0^t C(s)ds}V_2(t,\,x).$$

Для доказательства (2) теперь достаточно заметить, что формулу (3) можно переписывать следующим образом:

$$V_1(t,\,x)=M_x\int_0^t f(W_{t-s})dW_s\,. \tag{3¹}$$

Далее заметим, что воспользовавшись независимостью процессов $C(t),\,W_t,\,\tilde{W}_t$ формулу (2) можно будет представить в виде

$$u(t,\,x)=e^{\int_0^t C(s)ds}\left[\int_{-\infty}^{+\infty}f(y)\,p(t-s,\,x,\,y)dy\,dW_s+\int_{-\infty}^{+\infty}u_0(y)\,p(t,\,x,\,y)dy\right], \tag{4}$$

где

$$p(t,x,y)=\frac{1}{\sqrt{2\pi t}}e^{-\frac{(y-x)^2}{2t}}$$

переходная плотность процесса $\tilde{W}_t$ (фундаментальное решение уравнения теплопроводности).

Обозначим стоящую в правой части (4) в квадратных скобках выражение через $V(t,\,x)$.

**Теорема 2.** Пусть функции $u_0(x)$ и $f(x)$ удовлетворяют условиям теоремы 1 и $|f(x)-\delta(x)|\to 0$ при $|x|\to\infty$, где $\delta(x)=\delta_1$ при $x>0$ и $\delta(x)=\delta_2$ при $x<0$ для некоторых постоянных $\delta_1,\ \delta_2$, причем $\delta_1+\delta_2\neq 0$.

Тогда распределение случайной функции $\frac{V(t,\ x)}{\sqrt{t}}$, где $V(t,\ x)$ решение задачи Коши уравнения (1) при $C=0$, при $t\to\infty$ сходится в среднеквадратичном смысле к нормальному распределению с параметрами $(0,\ \frac{(\delta_1+\delta_2)^2}{4})$, т.е. случайная функция $\frac{V(t,\ x)}{\sqrt{t}}$ *асимптотически нормальна* с параметрами $(0,\ \frac{(\delta_1+\delta_2)^2}{4})$.

*Доказательство.* Представим функцию $V(t,\ x)$ в виде суммы двух функций: $V(t,\ x)=V_1(t,\ x)+V_2(t,\ x)$, где $V_1(t,\ x)$ - решение уравнения (1) при $C=F=0$, а $V_2(t,\ x)$ - решение (1) при $C=u_0=0$. Из условия ограниченности $u_0(x)$ легко получить, что $t^{-\frac{1}{2}}V_1(t,\ x)\to 0$ при $t\to\infty$. Введем теперь параметр $\mathrm{T}>0$ и запишем $\mathrm{T}^{-\frac{1}{2}}V_2(t\,\mathrm{T},\ x)$ в виде

$$\mathrm{T}^{-\frac{1}{2}}V_2(t\,\mathrm{T},\ x)=\int_0^t\int_{-\infty}^{\infty}p((t-s)\mathrm{T},\ x,\ y)\ \ f(y)dy\,dW_{\mathrm{T}}(s),\tag{5}$$

где $W_{\mathrm{T}}(s)=\mathrm{T}^{-\frac{1}{2}}W_{s\mathrm{T}}$ - новый винеровский процесс. Так как

$$\pi^{-\frac{1}{2}}\int_{-\infty}^{+\infty}e^{-z^2}\delta(z)dz=\frac{\delta_1+\delta_2}{2},$$

то имеем

$$M\left[\mathrm{T}^{-\frac{1}{2}}V_2(t\,\mathrm{T},\ x)-\frac{\delta_1+\delta_2}{2}W_{\mathrm{T}}(t)\right]^2=$$

$$=M\left[\int_0^t\int_{-\infty}^{\infty}p((t-s)\mathrm{T},\ x,\ y)\ \ f(y)dy\,dW_{\mathrm{T}}(s)-\int_0^t\frac{\delta_1+\delta_2}{2}W_t(s)\right]^2=$$

$$=M\left[\int_0^t\left(\int_{-\infty}^{\infty}p((t-s)\mathrm{T},\ x,\ y)\ \ f(y)dy-\frac{\delta_1+\delta_2}{2}dW_{\mathrm{T}}(s)\right)\right]^2=$$

$$=\int_0^t\left[\frac{1}{\sqrt{x}}\int_{-\infty}^{\infty}e^{-z^2}\left[f\left(x+\sqrt{2(t-s)}*\sqrt{\mathrm{T}}\,Z\right)-\delta(z)\right]dz\ \ f(y)dy\right]^2ds\to 0$$

при $\mathrm{T}\to\infty$. Следовательно, при $t\to\infty$ функция $t^{-\frac{1}{2}}V(t,\ x)$ в среднеквадратическом смысле (а значит и по вероятности, и в слабом смысле (по распределению)) сходится к нормальной случайной величине с параметрами $\left(0,\left(\frac{\delta_1+\delta_2}{2}\right)^2\right)$, потому что $\frac{\delta_1+\delta}{2\sqrt{t}}W_{\mathrm{T}}(t)\sim N\left(0,\left(\frac{\delta_1+\delta_2}{2}\right)^2\right)$.

*Теорема доказана.*

**Теорема 3.** Пусть $C(t)$ - неслучайная функция такая, что $\lim_{t\to\infty} t^{-1}\int_0^t C(s)ds = \overline{C} - const$, а $f(x), u_0(x)$ удовлетворяют условиям теоремы 1.

Тогда $\left(\frac{2}{\delta_1+\delta_2}\right)\frac{e^{-\overline{C}t}u(t,\,x)}{\sqrt{t}}$, где $u(t,\,x)$ - решение задачи Коши уравнения (1), асимптотически нормальна с параметрами (0,1):

$$\left(\frac{2}{\delta_1+\delta_2}\right)\frac{e^{-\overline{C}t}u(t,\,x)}{\sqrt{t}} \overset{ac.}{\sim} N(0,1).$$

*Доказательство* сразу следует из результатов теоремы 2 и того, что при умножении гауссовой случайной функции на неслучайную функцию опять же получается гауссова случайная функция.

*Теорема доказана.*

**Теорема 4.** Пусть $\overline{C}(t) = MC(t)$ - математическое ожидание (среднее значение) процесса $C(t)$ и пусть ковариационная функция этого процесса $r(t,\,s) = M\left(C(t)-\overline{C}(t)\right)\left(C(s)-\overline{C}(s)\right)$ непрерывна при $t,\,s \geq 0$ и

$$\frac{1}{t^2}\int_0^t\int_0^t r(s_1,\,s_2)ds_1ds_2 \to 0 \quad (t\to\infty). \tag{6}$$

Тогда для решения $u(t,\,x)$ задачи Коши (1) случайная функция

$$\frac{2}{\delta_1+\delta_2}\cdot\frac{e^{-\int_0^t \overline{C}(s)ds}}{\sqrt{t}}u(t,\,x)$$

при $t\to\infty$ асимптотически нормальна с параметрами (0,1).

*Доказательство.* В предположениях теоремы интеграл $\int_0^t C(s)ds$ существует в среднеквадратическом смысле. Кроме того, по условию (6)

$$M\left|\frac{1}{t}\int_0^t\left(C(s)-\overline{C}(s)\right)ds\right|^2 = \frac{1}{t^2}\int_0^t\int_0^t r(s_1,\,s_2)ds_1ds_2 \to 0 \quad (t\to\infty).$$

Следовательно, в среднеквадратическом смысле

$$\lim_{t\to\infty}\left(\frac{1}{t}\int_0^t C(s)ds - \frac{1}{t}\int_0^t \overline{C}(s)ds\right) = 0.$$

*Теорема доказана.*

**Замечание 1.** Утверждение теоремы 4 остается в силе, если в условиях этой теоремы условие (6) заменить на условие

$$|r(t,\,s)| < K\frac{t^\alpha + s^\beta}{1+(t-s)^\beta}, \tag{7}$$

где $K,\,\alpha,\,\beta$ - некоторые константы, $K>0,\,0\leq 2\alpha<\beta<1$.

Справедливость замечания 1 является следствием того факта, что из условия (7) вытекает условие (6) (см. [4]).

**Замечание 2.** Если в теореме 4 дополнительно требовать стационарность процесса $C(t)$, то $MC(t) = C$ - постоянна, и известно, что $\frac{1}{t}\int_0^t C(s)ds$ при $t\to\infty$ с вероятностью 1 сходится к

инвариантной случайной величине $Z(0)-Z(0-0)$ процесса $C(t)$. Если к тому же $C(t)$ эргодический процесс, то этот предел равен $MC(t)=C-const$. Таким образом, в рассматриваемых случаях задача о нахождении асимптотического распределения $u(t,\ x)$ сводится к изучению асимптотического поведения решения уравнения (1), когда коэффициент С является обычной случайной величины.

Например, если в (1) коэффициент С является независящей от $W_t$ случайной величиной с плотностью распределения $f_c(x)$, то плотность распределения случайной функции $\tilde{u}(t,\ x)=\frac{\delta_1+\delta_2}{2}\frac{u(t,\ x)}{\sqrt{t}}$, где $u(t,\ x)$ решение задачи (1), при $t\to\infty$ можно найти по формуле

$$f_{\tilde{u}}(y)=\int_0^t \frac{1}{tx^2}\, f_c\left(\frac{1}{t}\ln x\right)\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\,\lambda^{-\frac{y^2}{2x^2}}dx.$$

В частности, если С является показательной случайной величиной с параметром $\lambda>0$, то

$$f_{\tilde{u}}(y)=\int_1^\infty \frac{1}{t\sqrt{2\pi}}\,x^{-\frac{\lambda}{t}-2}\,e^{-\frac{y^2}{2x^2}}dx.$$

**Заключение**

В данной работе, на примере свойств решений задачи Коши для одного случайного параболического уравнения специального вида, возмущенного процессом типа «белого шума», показано, что асимптотическое поведение решения ведет себя как гауссовский случайный процесс. По ваидимому это свойство решения характеризует свойств решений почти всех случайных параболических случайных уравнений указанного вида. В качестве приложений были найдены виды предельных распределении для некоторых частных случаев (см. Замечание 2).

ЛИТЕРАТУРА

[1] Н.Т. Дивнич. О предельном поведении решения задачи Коши для уравнения теплопроводности, возмущающегося процессом типа «белого шума»// Укр.мат.журн., 1977, 29, 5. стр. 646-650.

[2] N.Akanbay., Z.Suleymenova., S.Tapeeva. On asymptotic normality of solutions of the Cauchy problem of a parabolic equation with random right side. - **ICAAM 2016.** Third International Conference on Analysis and Applied Mathematics. Institute of Mathematics and Mathematical Modeling. Almaty, Kazakhstan. The Abstract Book, p. 201.

[3] А.Д. Вентцель. Курс теории случайных процессов. – М.: Наука, 1996.

[4] Г. Крамер, М. Лидбеттер. Стационарные случайные процессы. – М.: Мир, 1969.

Мекебай Н.А., Тапеева С.К., Аканбай Н.

**Кездейсоқ оң жақты кездейсоқ коэффициенттерінің белгілі параболалық теңдеудің Коши есебінің шешімінің асимптотаталық жуықтауы**

**Түйіндеме**. Жұмыс кездейсоқ оң жақты кездейсоқ коэффициенттерінің белгілі параболалық теңдеуінің және оң жақ бөлігімен «ақ шу» түріндегі кездейсоқ шешімінің шектік мінездемесіне арналады. Атап айтқанда, осы теңдеудің шешімін шектік бөлімінде қорытынды алынды. Белгілі бір кездейсоқ процестердің жағдайлары қарастырылады.

**Түйін сөздер**: Кездейсоқ параболалық теңдеу, Коши есебі, Винер процессі, «ақ шу», шартты математикалық күтім, асимптоталық қалыптылығы.

УДК 621.9.047.7-621.385.833

**[1]M.S. Batalova, [2]B.Y. Alpysbayeva, [2]M.F. Kadir, [1,2]M.T. Yskak**
([1]al-Farabi Kazakh National University, [2]Laboratory engineering profile of al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Republic of Kazakhstan E-mail: balausa.alpysbayeva@kaznu.kz)

## STUDY OF THE STRUCTURAL FEATURES OF POROUS ALUMINA BY MEANS OF VISIBLE MICROSCOPY

**Abstract.** The process of the formation of porous alumina membranes based on it consisted of several stages. Initial aluminum foil (99.99% purity) with thickness of 50 μm was previously cleaned by acetone, boiled in ethanol and dried in oven at 105°C. After that the foil was annealed in the muffle furnace at t = 500°C for 3 hours in air. Electropolishing of the foil was carried out in aquasolution $H_3PO_4$:$CrO_3$:$H_2O$ (3.3:0.7:1) at temperature 70°C and current 100 mA/cm$^2$ for 5 min. The process of film formation and morphology of porous alumina membranes were obtained nanostructured layers were investigated by visible microscope Leica DM 6000 M (Leica) and scanning electron microscope Quanta 3D 200i (FEI Company).

**Key words:** porous alumina, thickness, visible microscope, nanostructure.

**[1]М.С. Баталова, [2]Б.Е. Алпысбаева, [2]М.Ф. Кәдір, [1,2]М.Т. Ысқақ**
([1]Казахский национальный университет имени аль-Фараби, [2]Лаборатория инженерного профиля КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан E-mail: balausa.alpysbayeva@kaznu.kz)

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОРИСТОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ С ПОМОЩЬЮ ОПТИЧЕСКОЙ МИКРОСКОПИИ

**Аннотация.** Процесс формирования мембран нанопористого оксида алюминия состоит из несколько этапов. Исходную алюминиевую фольгу (чистота 99,99%) толщиной 50 мкм предварительно очищали ацетоном, кипятили в этаноле и сушили в печи при 105 °С. После этого фольгу отжигали в муфельной печи при температуре t = 500 °С в течение 3 часов на воздухе. Электрополирование фольги проводилось в водном растворе $H_3PO_4$: $CrO_3$: $H_2O$ (3,3: 0,7: 1) при температуре 70 °С и токе 100 мА/см$^2$ в течение 5 мин. Процесс формирования пленки и морфология нанопористых мембран были исследованы оптическим микроскопом Leica DM 6000 M (Leica) и сканирующим электронным микроскопом Quanta 3D 200i (компания FEI).

**Ключевые слова:** нанопористый оксида алюминия, толщина, оптический микроскоп, наноструктура.

### Введение

Нанопористые материалы на основе оксида алюминия обладает выдающейся химические, оптические и механические свойства, такие как химическая стойкость, термостойкость, твердость, биосовместимость и большую удельную площадь поверхности [1]. Эти свойства делают ПОА подложках отличную платформу для разработки передовых, умный, простой и рентабельный аналитические приборы. Кроме того, способность организовать ее размер пор, геометрия, поверхность химия делают ПОА даже более универсальным наноматериалом [2-5]. Ее оптическая активность и способность изменять свою структуру и химический состав, привели к его обширной применения в качестве субстрата [6]. Поэтому создания нанопористых материалов на основе оксида алюминия является актуальной задачей.

### Эксперимент

Пористые пленки оксида алюминия были получены в настоящей работе электрохимическим методом анодирования в растворах $(COOH)_2$ и $H_3PO_4$ при концентрации 0.4 М.

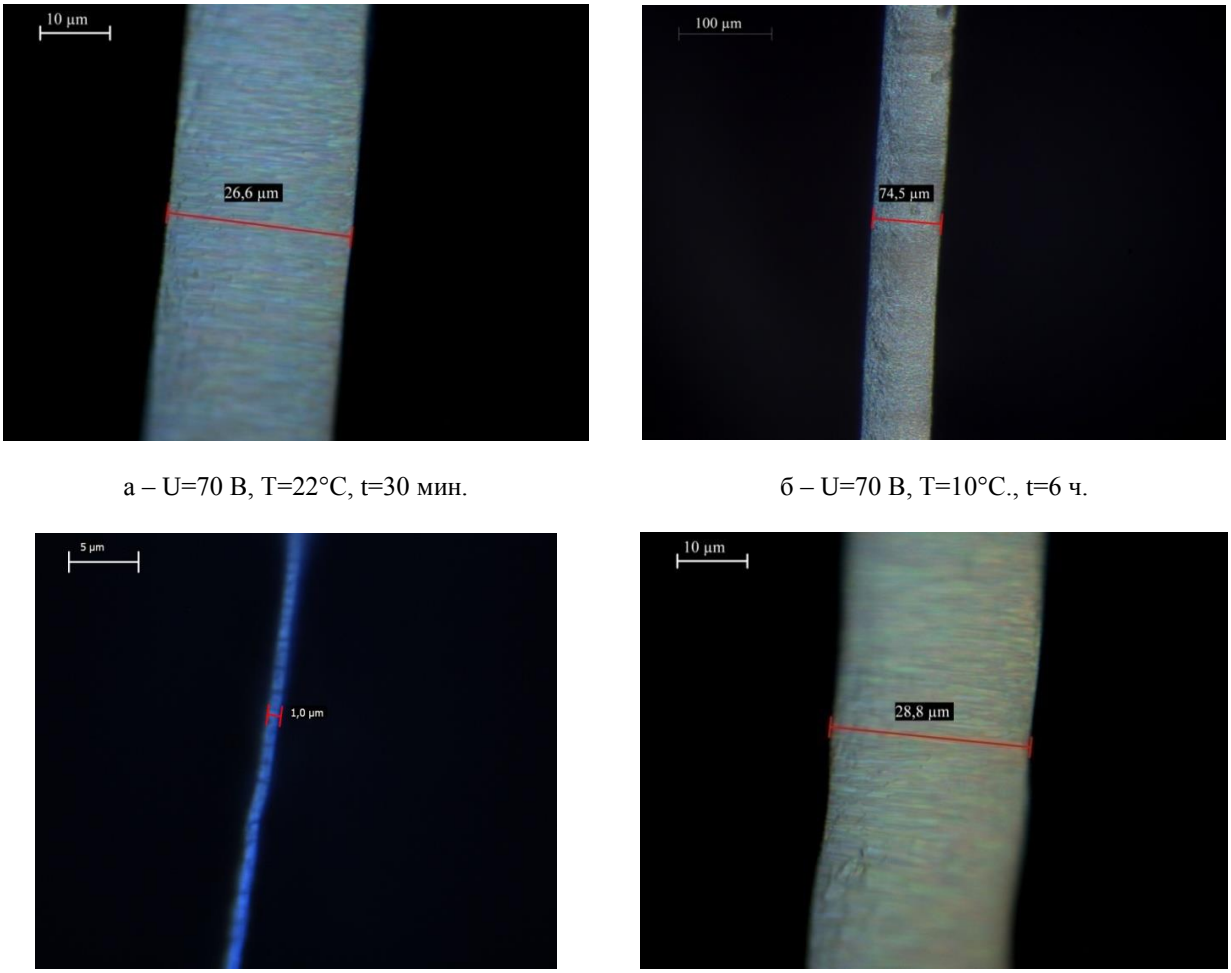
Для получения пленки ПОА применялась электрохимическая ячейка из фторопласта. В качестве подложек для анодирования были взяты две фольги алюминия, одна чистотой 99.99% и толщиной 50 мкм, вторая - толщиной 300 мкм, несертифицированная. Пленки ПОА на этих двух образцах алюминия были получены при одинаковых условиях анодирования: U=70В, T=9-10°C,t=80 мин. Для увеличения размеров зерен алюминиевая фольга предварительно отжигалась на воздухе при температуре T=500°C в течении 2-3 часов, так как, на структуру пористой пленки влияют границы зерен исходного алюминия.

Толщина ПОА пленок оценивалась с помощью сканирующей электронной микроскопии (SEM) Quanta3D200i FEI, а также оптической микроскопии. Заметим, что оптическая микроскопия оказалась весьма полезной как простой и экспресс-анализ толщины ПОА.

Были представлены расчетные и экспериментальные данные зависимость диаметра пор и расстояния между центрами пор от напряжения анодирования.

**Результаты и обсуждение**

Мониторинг толщин пористой пленки после каждого процесса анодирования был нужен для контроля параметров анодирования и получения пленок ПОА с необходимыми для дальнейшего исследования толщинами (рисунок 1).




а – U=70 В, T=22°C, t=30 мин.

б – U=70 В, T=10°C., t=6 ч.

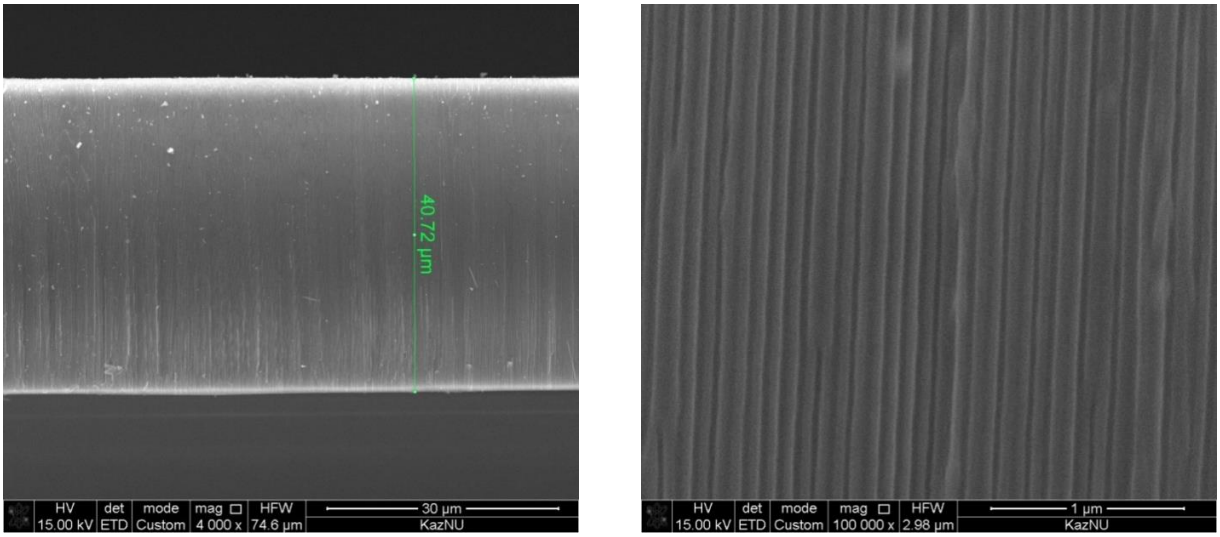
в – U=30 В, T=11°C, t= 7 ч. 30 мин.

г – U=80 В, T=22°C, t=15 мин.

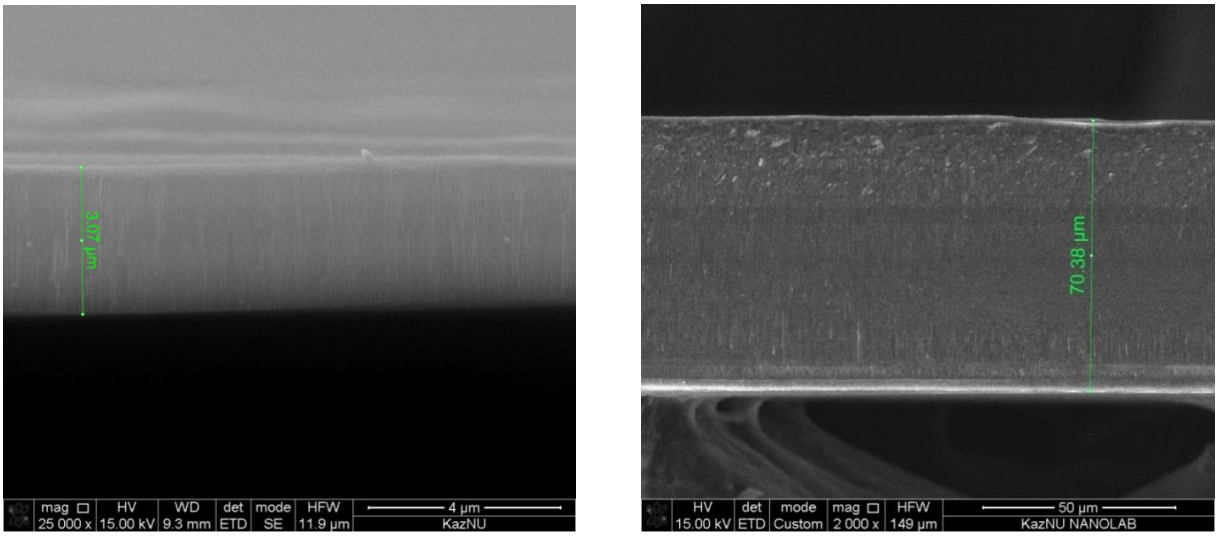
**Рис. 1.** Оптические микрофотографии пленок ПОА на сколе, полученных при различных условиях процесса анодирования

Толщина ПОА пленок оценивалась с помощью сканирующей электронной микроскопии, а также оптической микроскопии. Заметим, что оптическая микроскопия оказалась весьма полезной как простой и экспресс-анализ толщины ПОА. На рисунках 1 и 2 представлены оптические микрофотографии и СЭМ изображения на сколе образцов ПОА.

Согласно данным СЭМ изображений (Рисунок 2,б,в), толщина пленки зависит от приложенного напряжения при одинаковом времени анодирования и температуры применяемого электролита. От приложенного напряжения также зависят размеры пор и расстояние между центрами данных пор.




а – U=40 В, T=20 °C, t=5 ч.




б – U=30 В, T=20 °C, t= 6 мин.

в – U=80 В, T=22 °C, t= 30 мин.

**Рис. 2.** СЭМ изображение пленок ПОА на сколе, полученных при различных условиях процесса анодирования

**Влияние чистоты и микроструктуры исходного алюминия на структуру ПОА**

Процесс формирования и структура получаемых пленок пористого оксида алюминия зависит в первую очередь от поверхности исходного материала, то есть алюминиевой фольги. На структуру пористой пленки также влияют границы зерен исходного алюминия. Для увеличения размеров зерен алюминиевая фольга предварительно отжигалась на воздухе при температуре T=500°C в течении 2-3 часов. Микрокристаллическую структуру исходного материала можно ясно наблюдать после формирования пористой пленки (рисунок 3). Это связано с тем, что в пределах каждого монокристаллического зерна алюминия рост пористой структуры происходит одинаково, а в разных зернах параметры ПОА (диаметр пор и расстояние между порами) весьма незначительно отличаются. Однако этих отличий достаточно для визуализации микрокристаллической структуры исходного материала.

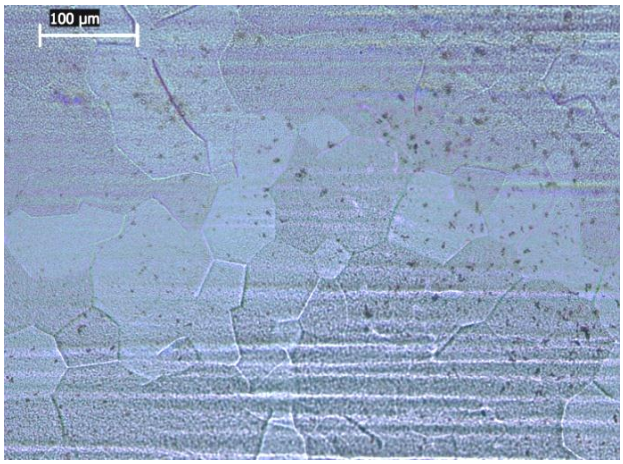
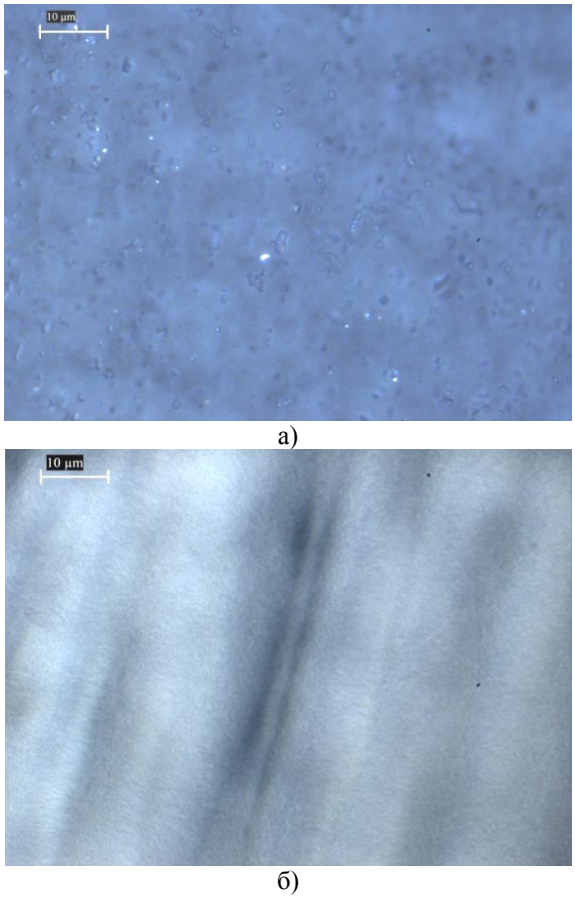



**Рис. 3.** Оптическая микрофотография границы зерен пленок ПОА

Нами исследовано влияние чистоты алюминия на свойства ПОА. Очевидно, что химическая чистота алюминиевой фольги влияет на качество получаемых пленок ПОА. Если в составе алюминия имеют место какие либо примеси, то рост пор будет неравномерным. Структурные и поверхностные дефекты, границы зерен влияют на структуру и процесс роста ПОА.

Были взяты две фольги алюминия, одна чистотой 99.99% и толщиной 50 мкм, вторая - толщиной 300 мкм, несертифицированная. Пленки ПОА на этих двух образцах алюминия были получены при одинаковых условиях анодирования: U=70В, T=9-10°C,t=80 мин. Результаты показаны на оптических изображениях (рисунок 4).




а)

б)

а – 300 мкм; б – 50 мкм

**Рис. 4.** Оптические микрофотографии пленок ПОА, полученных на основе разных по химической частоте и толщине алюминиевых подложек

Как видно из рисунка 4, химическая чистота исходного алюминия значительно влияет на качество получаемых пористых пленок. На оптической микрофотографии ПОА, полученной на основе менее чистой алюминиевой пластины, присутствуют многочисленные включения и пленка неоднородна. Вторая ПОА пленка более однородна, поверхность и объем пленки не содержит загрязнений и посторонних образований.

На рисунках 5, 6 представлены оптические микрофотографии скола пленок ПОА, которые были получены при следующих условиях процесса анодирования: U=70В, T=22°C, t=90 мин. (рисунок 5 ) и U=70 В, T=22°C, t=60 мин. (рисунок 6).

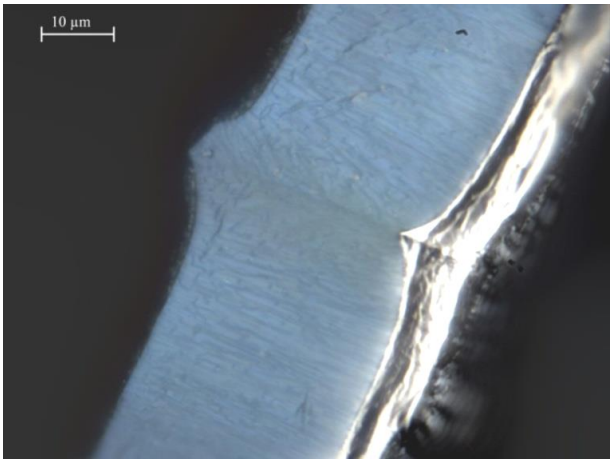



**Рис. 5.** Оптическая микрофотография пленки ПОА на сколе
(U=70 В, T=22°C,t=90 мин.)

Результаты оптической микроскопии (рисунки 5, 6) показывают, что пленки ПОА на складках алюминиевой фольги повторяют форму исходной поверхности алюминия. Можно наблюдать перпендикулярные к плоскости образца линии, которые разделяют пористую структуру на две части в месте, где поры, растущие по разные стороны от вершины выступа, сходятся.

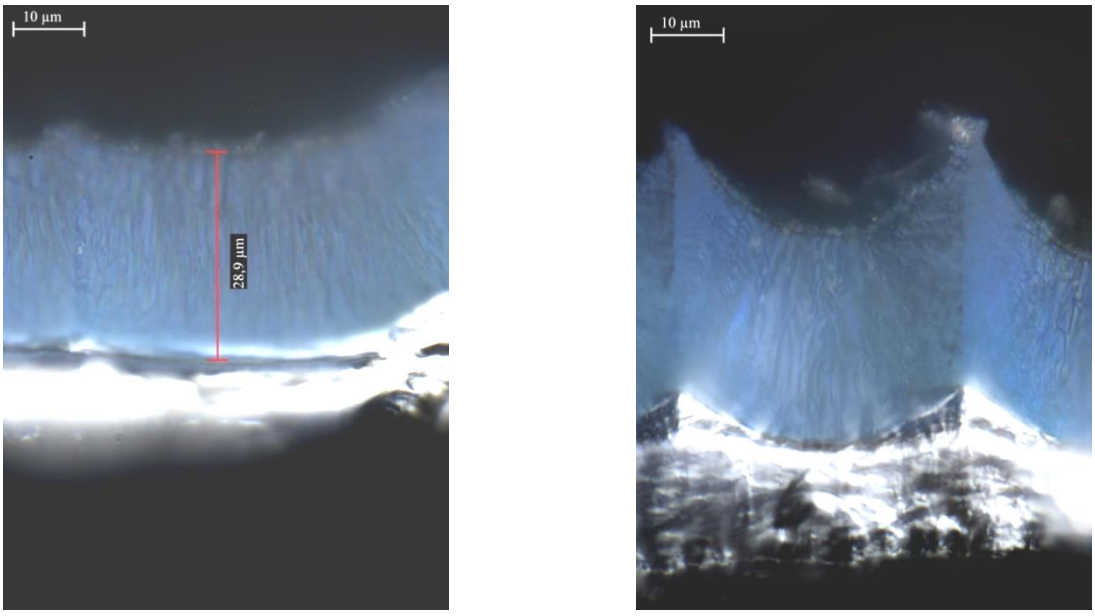



**Рис. 6.** Оптическая микрофотография пленки ПОА на сколе
(U=70 В, T=22°C, t=60 мин.)

Размер диаметра пор можно аппроксимировать с помощью полученного экспериментально соотношения [7]:

$$D_p = \lambda_p U \quad (1)$$

Где $D_p$ – диаметр пор (нм);
U – напряжение (В);
$\lambda_p$ – коэффициент пропорциональности, 1,29 нм·В$^{-1}$.

Расстояние между центрами пор также вычисляется с помощью полученной экспериментально формулы [7]:

$$D_c = \lambda_c U \quad (2)$$

где $D_c$ – расстояние между центрами пор (нм);
U – напряжение (В);
$\lambda_c$ – коэффициент пропорциональности, 2,5 нм·В$^{-1}$.

В таблицах 1, 2 для сравнения представлены расчетные (по формулам (1,2)) и экспериментальные данные.

Как было отмечены выше, температура электролита влияет на скорость роста пористой структуры. Повышая температуру применяемого электролита, можно увеличить скорость роста ПОА. На рисунке 7 представлен экспериментально полученный в настоящей работе график зависимости толщины ПОА от температуры применяемого электролита.

Таблица 1 – **Зависимость диаметра пор ПОА от напряжения анодирования**

| Напряжение, В | Диаметр пор $D_p = \lambda_p U$ (расчетные данные) | Диаметр пор (экспериментальные данные) |
|---|---|---|
| 10 | 12.9 | 10.0 |
| 20 | 25.8 | 20.0 |
| 30 | 38.7 | 35.6 |
| 40 | 51.6 | 39.1 |
| 50 | 64.5 | 42.0 |
| 60 | 77.4 | 46.1 |
| 70 | 90.3 | 91.5 |
| 80 | 103.2 | 101.5 |
| 100 | 129.1 | 127.8 |

Таблица 2 – **Зависимость расстояния между центрами пор ПОА от напряжения анодирования**

| Напряжение, В | Расстояние между центрами пор $D_c = \lambda_c U$ (расчетные данные) | Расстояние между центрами пор (экспериментальные данные) |
|---|---|---|
| 10 | 25 | 60.0 |
| 20 | 50 | 70.5 |
| 30 | 75 | 87.6 |
| 40 | 100 | 89.2 |
| 50 | 125 | 133.7 |
| 60 | 150 | 172.0 |
| 70 | 175 | 175.4 |
| 80 | 200 | 194.1 |
| 100 | 250 | 178.4 |

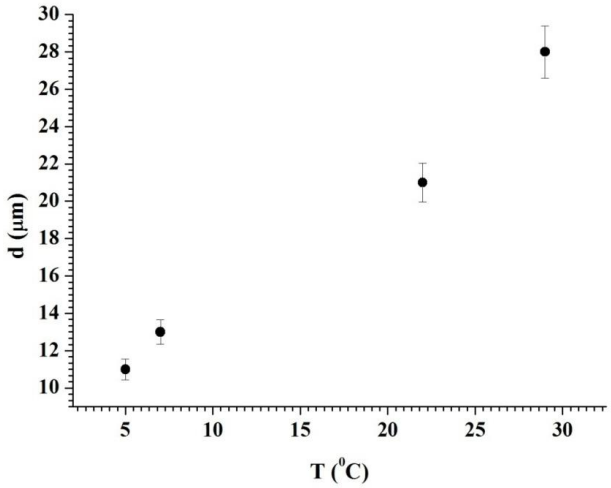
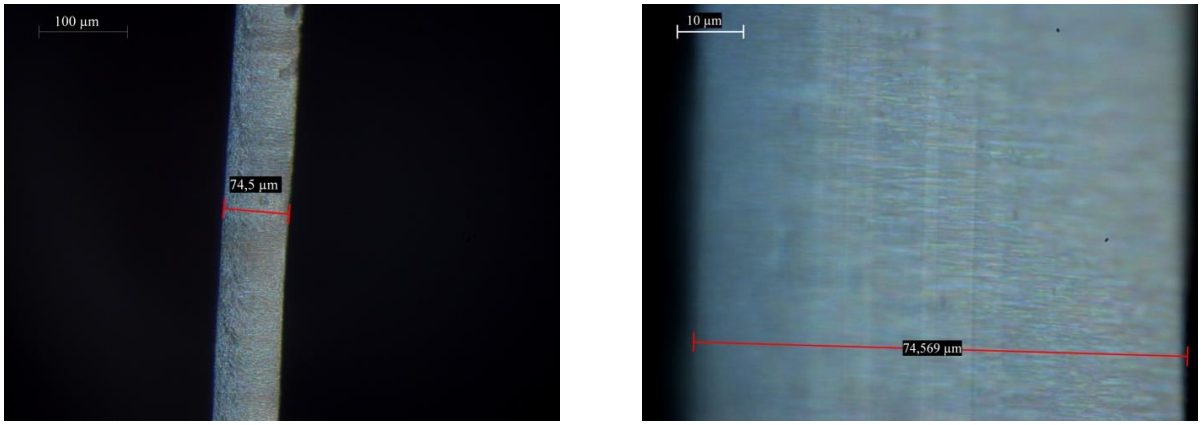



**Рис. 7.** График зависимости толщины ПОА от температуры электролита при напряжении травления U=70В и времени травления t=60 мин.

Кроме того, в ходе проведения исследований было выявлено, что получаемых в результате процесса анодирования пористый оксид алюминия увеличивается в объеме. Так при полном анодировании алюминиевой фольги толщиной 50 микрон толщина получаемого пористого оксида алюминия составила более 70 мкм. Процесс анодирования проводился длительностью в 3, 6 и 9 часов при напряжении U=70В и температуре электролита 26°С. Результаты исследований показали, что во всех случаях толщина получаемого пористого оксида алюминия составляла 74,5-75 мкм (рисунок 8).




а) б)

а – при t=6 час.; б – при t=9 час.

**Рис. 8.** Оптическая микрофотография пористого оксида алюминия на сколе (U=70 В, T=26°C)

**Заключение**

В данной работы были получены пленки нанопористого оксида алюминия и их структурные особенности были исследованы с помощью оптической и сканирующей электронной микроскопии. Оптический микроскоп модели Leica DM 6000 M имеет разрешение 170 нм, что позволяет исследовать на микро- и нанометровом уровне. Оптический микроскоп дает возможность мониторить толщину полученных пленок и корректировать параметры процесса анодирования. Так были отработаны параметры получения пористой пленки. Как выяснилось толщина пористой пленки на основе оксида алюминия зависит от напряжения, подаваемого при анодировании и температуры применяемого электролита.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Gyurcsányi R.E. Chemically-modified nanopores for sensing. *TrAC Trends Anal. Chem.* **2008**, *27*, 627–639.

[2] Santos A.; Kumeria T.; Losic D. Nanoporous anodic aluminum oxide for chemical sensing and biosensors. *TrAC Trends Anal. Chem.* **2013**, *44*, 25–38.

[3] Ingham C.J.; ter Maat J.; de Vos W.M. Where bio meets nano: The many uses for nanoporous aluminum oxide in biotechnology. *Biotechnol. Adv.* **2012**, *30*, 1089–1099.

[4] Velleman, L.; Triani, G.; Evans, P.J.; Shapter, J.G.; Losic, D. Structural and chemical modification of porous alumina membranes. *Microporous Mesoporous Mater.* **2009**, *126*, 87–94.

[5] Losic D.; Simovic S. Self-ordered nanopore and nanotube platforms for drug delivery applications. *Exp. Opin. Drug Deliv.* **2009**, *6*, 1363–1381.

[6] Md Jani A.M.; Losic D.; Voelcker N.H. Nanoporous anodic aluminium oxide: Advances in surface engineering and emerging applications. *Prog. Mater. Sci.* **2013**, *58*, 636–704.

[7] Dewald J.F. A Theory of the Kinetics of Formation of Anode Films at High Fields// Journal of the Electrochemical Society. –1955. –Vol.102, №1. –P. 1-6.

Баталова М.С., Алпысбаева Б.Е., Кәдір М.Ф., Ысқақ М.Т.

**Нанокеуекті алюминий оксидінің құрылымдық ерекшеліктерін оптикалық микроскоптың көмегімен зерттеу**

**Түйіндеме.** Нанакеуекті алюминий оксиді мембраналарын қалыптастыру процесі бірнеше сатылардан тұрады. Қалыңдығы 50 микрон бастапқы алюминий фольгасы (тазалығы 99,99%) алдын ала ацетонмен тазартылып, этанолда қайнатылып және пеште 105°С температурада кептірілді. Содан кейін фольга ауада t = 500 °С температурада 3 сағат бойы муфельді пеште күйдірілді. Фольганы электрлі жылтырату $H_3PO_4$: $CrO_3$: $H_2O$ (3,3: 0,7: 1) сулы ертіндісінде 70°С тепмературада және 100 мА/см$^2$ токта 5 минут бойы жүргізілді. Қабықшалардың қалыптасу процесі және нанокеуекті мембраналардың морфологиясы Leica DM 6000 M (Leica) оптикалық микроскоптың және Quanta 3D 200i (компания FEI) сканирлеуші электронды микроскоптың көмегімен зерттелді.

**Түйін сөздер:** нанокеуекті алюминий оксиді, қалыңдық, оптикалық микроскоп, нанокұрылым.

УДК 27.31.17, 27.31.21

**S.Y. Aitzhanov, D.T. Zhanuzakova**

(Al-Farabi Kazakh National University Aitzhanov.Serik81@gmail.com, Dinara.Zhan07@gmail.com**)**

**INVERSE MODELING BLOW UP FOR A PARABOLIC EQUATION**

**Abstract.** The theory of inverse problems is an actively developing area of the modern theory of differential equations. A special place in the theory of nonlinear equations takes a range of research unlimited (blow up) solutions, or, as they are called otherwise, modes with exacerbation (physical term). Nonlinear evolutionary problems that admit unlimited solutions are globally (in time) intractable: solutions increase indefinitely over a finite period. This article considers an inverse problem with an integral redefinition condition for an equation of parabolic type and obtains sufficient conditions for the destruction of its solution in a finite time in a bounded domain with a homogeneous Dirichlet condition.

**Key words**. Inverse problems, blowing-up solutions, Integral overdetermination condition

**С.Е. Айтжанов, Д.Т. Жанузакова**

(Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Aitzhanov.Serik81@gmail.com, Dinara.Zhan07@gmail.com)

**РАЗРУШЕНИЕ РЕШЕНИЙ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ ПАРАБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ**

**Аннотация.** Теория обратных задач представляет собой активно развивающееся направление современной теории дифференциальных уравнении. Особое место в теории нелинейных уравнений занимает круг исследований неограниченных (разрушение) решений, или, как их по-другому называют, режимов с обострением (физический термин). Нелинейные эволюционные задачи, допускающие неограниченные решения, являются глобально (по времени) неразрешимыми: решения неограниченно возрастают в течение конечного промежутка времени. В данной статье рассмотрена обратная задача с интегральным условием

переопределением для уравнения параболического типа и получены достаточные условия разрушения его решения за конечное время в ограниченной области с однородным условием Дирихле.

**Ключевые слова**. Обратные задачи, разрушение решений, интегральное условие переопределения

Рассмотрим обратную задачу для уравнения теплопроводности с двойной нелинейностью

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(u + a_0 \mid u \mid^{p-2} u\right) - \Delta u + a(x,t,u,\nabla u) = \mid u \mid^{q} u + f(t)\omega(x),\ x \in \Omega,\ t > 0, \tag{1}$$

$$u(x,0) = u_0(x), \tag{2}$$

$$u\big|_{\partial\Omega\times(0,\infty)} = 0, \tag{3}$$

$$\int_\Omega u \cdot \omega\, dx = \varphi(t),\ t > 0. \tag{4}$$

Здесь $\Omega \subset R^n,\ n \geq 1$ ограниченная область, граница $\partial\Omega$ достаточно гладкая, $p$ и $q$ положительные константы, которые $q > p,\ p > 2$. $\varphi(t)$ дважды дифференцируемые функция что $0 < N_0 < \varphi(t) < N_1$ и $0 < N_0 < \varphi'(t) < N_2$ для действительных констант $N_0$, $N_1$ и $N_2$. Функции $\omega(x)$, $a(x,t,u,\nabla u)$, $u_0(x)$ удовлетворяет следующим условиям:

$$\int_\Omega \omega^2(x)dx = 1,\ \omega \in H^2(\Omega) \bigcap H_0^1(\Omega) \bigcap L_{q+2}(\Omega),\ p \geq 2,\ q > p. \tag{A1}$$

$$\int_\Omega u_0 \cdot \omega dx = \varphi(0),\ u_0 \in H_0^1(\Omega) \bigcap L_p(\Omega) \bigcap L_{q+2}(\Omega),\ p \geq 2,\ q > p. \tag{A2}$$

и для $a_1 > 0,\ a_2 > 0$ постоянным выполняется

$$\mid a(x,t,u,\nabla u) \mid \leq a_1 \mid \nabla u \mid + a_2 \mid u \mid. \tag{A3}$$

Проблеме существования обобщенных решений для параболических уравнений с двойной нелинейностью были посвящены работы [1-5] и др. Отметим работу П.А. Равьярт [2] который впервые доказал существование обобщенного решения начально-краевой задачи для параболических уравнений с двойной нелинейностью. Задача определения источника для линейных и нелинейных уравнений с финальным и интегральным переопределением рассматривались различными методами рядом автором [5-10].

В этой работе мы используем следующие обозначения: $\|u\| = \|u\|_{L_2(\Omega)}$, $\|u\|_{p,\Omega} = \|u\|_{L_p(\Omega)}$, где $L_2(\Omega)$ и $L_p(\Omega)$ пространства Лебега, скалярное произведение $(u,v) = \int_\Omega u \cdot v dx$.

Неравенство Юнга

$$ab \leq \beta a^{q_1} + C(\beta,q_1)b^{q_1'},\ \ \frac{1}{q_1} + \frac{1}{q_1'} = 1,\ \ \beta > 0,\ \ C(\beta,q_1) = \frac{1}{q_1'(\beta q_1)^{\frac{q_1'}{q_1}}}$$

Применим известную лемму [10] В.Калантарова - О.А. Ладыженской, которая имеет важное значение при получении наших результатов.

**Теорема.** Пусть выполняется условия A1-A3, а также

$$-\gamma_2\alpha^{-1}\left(\frac{\sigma}{2p} + C_3\right) < \int_\Omega \mid u_0 \mid^2 dx + \frac{2a_0(p-1)}{p}\int_\Omega \mid u_0 \mid^p dx \tag{A4}$$

где $C_8 \geq -\frac{\sigma}{2p} - \frac{D_3}{a_3} + \frac{2D_0}{a_3(p+q+4)} + \frac{p-1}{2a_3 p}\sigma$, $C_8 > 0$, $\sigma = \int_\Omega \mid u_0 \mid^2 dx + \frac{2a_0(p-1)}{p}\int_\Omega \mid u_0 \mid^p dx$,

$\alpha = \frac{(p-1)(q+4)-p}{2p^2} > 0,$

$$D_0 = N_1N_2 + C_1\int_\Omega |\,\omega\,|^p\,dx + \left(\frac{2(a_1N_1)^2}{p+q} + \frac{2(a_2N_1)^2}{\lambda(q-p+4)}\right)\|\omega\|^2 +$$

$$+ \frac{2N_1^2}{\lambda(q-p+4)}\|\Delta\omega\|^2 + C_2\int_\Omega |\,\omega\,|^{q+2}\,dx,$$

$$C_1 = \frac{N_2^p(p-1)^{p-1}}{p^p\left[\left(\frac{a_0\lambda(p-1)(q-p+4)}{2p} + \frac{a_0(p-1)}{p}\left(\frac{4a_1^2}{p+q} + 2a_2\right)\right)\right]^{p-1}},$$

$$C_2 = \frac{N_1^{q+2}2^{q+1}(q+2)^{2q+1}}{(q-p)^{q+1}},\ C_3 = \frac{(q+1)^{q+1}N_1^{q+3}}{(q+2)^{q+2}},$$

$$C_4 = \frac{\left(a_0(p-1)\right)^{\frac{p}{2}}N_1^p}{2^p\varepsilon_2^{\frac{p}{2}}p\left(\frac{a_0(p-1)}{2p}\cdot\left(\frac{3a_2^2}{2\varepsilon_1}+1\right)\cdot\frac{p}{p-2}\right)^{\frac{p-2}{2}}},\quad C_5 = \frac{N_3^p}{p\left(\frac{a_0}{2}\left(\frac{3a_2^2}{2\varepsilon_1}+1\right)\right)^{p-1}}$$

$$D_1 = \frac{N_1N_2}{\lambda p} + \frac{C_4+C_5}{\lambda p}\|\omega\|_{p,\Omega}^p + \frac{N_1^2}{\lambda p}\|\Delta\omega\|^2 + \frac{1}{\lambda p}\left(\frac{2(a_1N_1)^2}{1+\lambda(p-2)} + \frac{2(a_2N_1)^2}{1+2\lambda^2(p-2)}\right)\|\omega\|^2 + \frac{C_3}{\lambda p}\|\omega\|_{q+2,\Omega}^{q+2},$$

$$C_6 = \frac{N_2^p}{p^p\left[a_0\left(\lambda + \frac{2(a_1^2+a_2)}{p}\right)\right]^{p-1}},\ C_7 = \frac{N_1^{q+2}(q+1)^{q+1}}{(q+2)^{q+2}},$$

$$D_2 = \frac{N_1N_2}{\lambda p} + \frac{(a_1N_1)^2}{(\lambda p)^2}\|\omega\|^2 + \frac{(a_2N_1)^2}{\lambda p}\|\omega\|^2 + \frac{C_6}{\lambda p}\int_\Omega |\,\omega\,|^p\,dx + \frac{N_1^2}{(\lambda p)^2}\|\Delta\omega\|^2 + \frac{C_7}{\lambda p}\int_\Omega |\,\omega\,|^{q+2}\,dx,$$

$$D_3 = J(0) - D_1 - \left(\frac{1}{2} + \frac{3a_1^2}{8\varepsilon_1}\right)\left(\int_\Omega |\,u_0\,|^2\,dx + \frac{2a_0(p-1)}{p}\int_\Omega |\,u_0\,|^p\,dx + 2D_2\right),$$

$$J(0) \equiv \frac{1}{q+2}\int_\Omega |\,u_0\,|^{q+2}\,dx - \frac{\lambda}{2}\int_\Omega |\,u_0\,|^2\,dx - \frac{a_0\lambda(p-1)}{p}\int_\Omega |\,u_0\,|^p\,dx - \frac{1}{2}\int_\Omega |\,\nabla u_0\,|^2\,dx,$$

$$a_3 = \frac{1}{2} + \frac{3a_2^2}{4\varepsilon_1} + 2(a_1^2+a_2)\left(\frac{1}{2} + \frac{3a_1^2}{8\varepsilon_1}\right),\ \varepsilon_1 = \frac{1}{p},\ \frac{\lambda(q-p+2)}{q+2} - 4\left(\frac{1}{2} + \frac{3a_1^2}{8\varepsilon_1}\right) - 1 \ge 0.$$

Тогда для конечного времени $t_1$ решение нормы стремится к бесконечности

$$\int_0^t\int_\Omega e^{-\lambda(p-1)\tau}\,|\,u\,|^2\,dxd\tau + \frac{2a_0(p-1)}{p}\int_0^t\int_\Omega e^{-\lambda p\tau}\,|\,u\,|^p\,dxd\tau + \frac{\sigma}{2p} + C_8 \to +\infty \text{ при } t \to t_1.$$

**Доказательство.** Сделаем замену $u = v\cdot e^{\lambda t}$, тогда обратная задача (1)-(4) сводится к виду

$$e^{-\lambda(p-2)t}\frac{\partial v}{\partial t} + a_0\frac{\partial}{\partial t}(|\,v\,|^{p-2}\,v) + \lambda e^{-\lambda(p-2)t}v + a_0\lambda(p-1)\,|\,v\,|^{p-2}\,v - e^{-\lambda(p-2)t}\Delta v +$$

$$+ e^{-\lambda(p-1)t}a(x,t,e^{\lambda t}v, e^{\lambda t}\nabla v) = e^{\lambda(q-p+2)t}\,|\,v\,|^q\,v + e^{-\lambda(p-1)t}f(t)\omega(x),\ \ x\in\Omega,\ \ 0<t<T, \tag{5}$$

$$v(x,0) = u_0(x), \tag{6}$$

$$v\big|_{\partial\Omega\times(0,T)} = 0, \tag{7}$$

$$\int_\Omega v\cdot\omega dx=\varphi(t)e^{-\lambda t},\ 0<t<T. \tag{8}$$

Сначала умножим уравнение (5) на $\omega(x)$ и проинтегрируем по области $\Omega$, получим

$$\begin{aligned} f(t)&=\varphi'(t)+a_0e^{\lambda(p-1)t}\int_\Omega\frac{\partial}{\partial t}(|v|^{p-2}\ v)\cdot\omega dx+a_0\lambda(p-1)e^{\lambda(p-1)t}\int_\Omega|v|^{p-2}\ v\cdot\omega dx-\\ &-e^{\lambda t}\int_\Omega v\cdot\Delta\omega dx+\int_\Omega a(...)\cdot\omega dx-e^{\lambda(q+1)t}\int_\Omega|v|^q\ v\cdot\omega dx. \end{aligned} \tag{9}$$

Умножим уравнение (5) на $v$ и $\frac{\partial v}{\partial t}$ и проинтегрируем по области $\Omega$, далее используя (9) получим следующее:

$$\begin{aligned} &\frac12\frac{d}{dt}\left(e^{-\lambda(p-2)t}\int_\Omega|v|^2\ dx+\frac{2a_0(p-1)}{p}\int_\Omega|v|^pdx-2a_0e^{\lambda(p-1)t}\varphi(t)\int_\Omega|v|^{p-2}\ v\cdot\omega dx\right)+\\ &+\frac{\lambda p}{2}e^{-\lambda(p-2)t}\int_\Omega|v|^2\ dx+a_0\lambda(p-1)\int_\Omega|v|^pdx+e^{-\lambda(p-2)t}\int_\Omega|\nabla v|^2\ dx+e^{-\lambda(p-1)t}\int_\Omega a(...)\cdot vdx=\\ &=e^{\lambda(q-p+2)t}\int_\Omega|v|^{q+2}\ dx+e^{-\lambda pt}\varphi(t)\varphi'(t)+e^{-\lambda t}\varphi_2(t)\int_\Omega|v|^{p-2}\ v\cdot\omega dx-\\ &-e^{-\lambda(p-1)t}\varphi(t)\int_\Omega v\cdot\Delta\omega dx+e^{-\lambda pt}\varphi(t)\int_\Omega a(...)\cdot\omega dx-e^{\lambda(q-p+1)t}\varphi(t)\int_\Omega|v|^q\ v\cdot\omega dx \end{aligned} \tag{10}$$

где $\varphi_2(t)=a_0(\lambda p\varphi(t)-\varphi'(t)).$

$$\begin{aligned} &e^{-\lambda(p-2)t}\int_\Omega\left|\frac{\partial v}{\partial t}\right|^2dx+a_0(p-1)\int_\Omega|v|^{p-2}\left|\frac{\partial v}{\partial t}\right|^2dx+\frac{\lambda}{2}\frac{d}{dt}\left(e^{-\lambda(p-2)t}\int_\Omega|v|^2\ dx\right)+\\ &+\frac{\lambda^2(p-2)}{2}e^{-\lambda(p-2)t}\int_\Omega|v|^2\ dx+\frac{a_0\lambda(p-1)}{p}\frac{d}{dt}\int_\Omega|v|^pdx+\frac12\frac{d}{dt}\left(e^{-\lambda(p-2)t}\int_\Omega|\nabla v|^2\ dx\right)+\\ &+\frac{\lambda(p-2)}{2}e^{-\lambda(p-2)t}\int_\Omega|\nabla v|^2\ dx+e^{-\lambda(p-1)t}\int_\Omega a(...)\cdot\frac{\partial v}{\partial t}dx=\\ &=\frac{1}{q+2}\cdot\frac{d}{dt}\left(e^{\lambda(q-p+2)t}\int_\Omega|v|^{q+2}\ dx\right)-\frac{\lambda(q-p+2)}{q+2}e^{\lambda(q-p+2)t}\int_\Omega|v|^{q+2}\ dx+e^{-\lambda pt}\varphi_1(t)\varphi'(t)+\\ &+a_0e^{-\lambda t}\varphi_1(t)\int_\Omega\frac{\partial v}{\partial t}(|v|^{p-2}\ v)\cdot\omega dx+a_0\lambda(p-1)e^{-\lambda t}\varphi_1(t)\int_\Omega|v|^{p-2}\ v\cdot\omega dx-\\ &-e^{-\lambda(p-1)t}\varphi_1(t)\int_\Omega v\cdot\Delta\omega dx+e^{-\lambda pt}\varphi_1(t)\int_\Omega a(...)\cdot\omega dx-e^{\lambda(q-p+1)t}\varphi_1(t)\int_\Omega|v|^q\ v\cdot\omega dx. \end{aligned} \tag{11}$$

где $\varphi_1(t)=\varphi'(t)-\lambda\varphi(t)$

Введем обозначения:

$$\begin{aligned} &G(t,v)\equiv e^{\lambda(q-p+2)t}\int_\Omega|v|^{q+2}\ dx,\ \ Lv\equiv e^{-\lambda(p-2)t}\int_\Omega|\nabla v|^2\ dx+\frac{\lambda p}{2}e^{-\lambda(p-2)t}\int_\Omega|v|^2\ dx+a_0\lambda(p-1)\int_\Omega|v|^p\ dx,\\ &J(t)\equiv\frac{1}{q+2}G(t,v)-\frac{\lambda}{2}e^{-\lambda(p-2)t}\int_\Omega|v|^2\ dx-\frac{a_0\lambda(p-1)}{p}\int_\Omega|v|^p\ dx-\frac12e^{-\lambda(p-2)t}\int_\Omega|\nabla v|^2\ dx\\ &\Psi_1(t)\equiv e^{-\lambda(p-2)t}\int_\Omega|v|^2\ dx+\frac{2a_0(p-1)}{p}\int_\Omega|v|^p\ dx-2a_0e^{-\lambda t}\varphi(t)\int_\Omega|v|^{p-2}\ v\cdot\omega dx. \end{aligned} \tag{12}$$

Запишем тождества (10) и (11) используя эти обозначения

$$\frac{1}{2}\frac{d\Psi_1(t)}{dt}=\left(2+\frac{p+q}{2}\right)J(t)+\frac{q-p}{2(q+2)}G(t,v)+\frac{\lambda(q-p+4)}{4}e^{-\lambda(p-2)t}\int_\Omega|v|^2\,dx+$$
$$+\frac{a_0\lambda(p-1)(q-p+4)}{2p}\int_\Omega|v|^p\,dx+\frac{p+q}{4}e^{-\lambda(p-2)t}\int_\Omega|\nabla v|^2\,dx-$$
$$-e^{-\lambda(p-1)t}\int_\Omega a(x,t,e^{\lambda t}v,e^{\lambda t}\nabla v)\cdot v\,dx+e^{-\lambda pt}\varphi(t)\varphi'(t)+e^{-\lambda t}\varphi_3(t)\int_\Omega|v|^{p-2}\,v\cdot\omega dx+ \quad (13)$$
$$+a_0\left(\frac{2a_1^2N_1^2}{p+q}+a_2N_1\right)e^{-\lambda t}\varphi(t)\int_\Omega|v|^{p-2}\,v\cdot\omega dx-$$
$$-e^{-\lambda(p-1)t}\varphi(t)\int_\Omega v\cdot\Delta\omega dx+e^{-\lambda pt}\varphi(t)\int_\Omega a(...)\cdot\omega dx-e^{\lambda(q-p+1)t}\varphi(t)\int_\Omega|v|^q\,v\cdot\omega dx,$$

где $\varphi_3(t)=a_0\left(\lambda p-\frac{2a_1^2N_1^2}{p+q}-a_2N_1\right)\varphi(t)-a_0\varphi'(t).$

$$\frac{dJ(t,v)}{dt}=\frac{\lambda(q-p+2)}{q+2}G(t,v)+e^{-\lambda(p-2)t}\int_\Omega\left|\frac{\partial v}{\partial t}\right|^2dx+a_0(p-1)\int_\Omega|v|^{p-2}\left|\frac{\partial v}{\partial t}\right|^2dx+$$
$$+\frac{\lambda^2(p-2)}{2}e^{-\lambda(p-2)t}\int_\Omega|v|^2\,dx+\frac{\lambda(p-2)}{2}e^{-\lambda(p-2)t}\int_\Omega|\nabla v|^2\,dx+$$
$$+a_0\left(\frac{3a_2^2}{2\varepsilon_1}+1\right)e^{-\lambda t}\varphi(t)\int_\Omega|v|^{p-2}\,v\cdot\omega dx+e^{-\lambda(p-1)t}\int_\Omega a(...)\cdot\frac{\partial v}{\partial t}dx- \quad (14)$$
$$-e^{-\lambda pt}\varphi_1(t)\varphi'(t)-a_0e^{-\lambda t}\varphi_1(t)\int_\Omega\frac{\partial v}{\partial t}(|v|^{p-2}\,v)\cdot\omega dx-e^{-\lambda t}\varphi_4(t)\int_\Omega|v|^{p-2}\,v\cdot\omega dx+$$
$$+e^{-\lambda(p-1)t}\varphi_1(t)\int_\Omega v\cdot\Delta\omega dx-e^{-\lambda pt}\varphi_1(t)\int_\Omega a(...)\cdot\omega dx+e^{\lambda(q-p+1)t}\varphi_1(t)\int_\Omega|v|^q\,v\cdot\omega dx.$$

где $\varphi_4(t)=a_0\left(\frac{3a_2^2}{2\varepsilon_1}+1\right)\varphi(t)+a_0\lambda(p-1)(\varphi'(t)-\lambda\varphi(t)).$

Оценим правую часть тождества (13):

$$\frac{1}{2}\frac{d\Psi_1(t)}{dt}\ge\left(2+\frac{p+q}{2}\right)J(t)-\left(\frac{2a_1^2N_1^2}{p+q}+a_2N_1\right)\Psi_1(t)-D_0(t), \quad (15)$$

Теперь оценим правую часть (14):

$$\frac{dJ(t,v)}{dt}\ge\left(\frac{\lambda(q-p+2)}{q+2}-1\right)G(t,v)+(1-\varepsilon_1)e^{-\lambda(p-2)t}\int_\Omega\left|\frac{\partial v}{\partial t}\right|^2dx+$$
$$+a_0(p-1)(1-\varepsilon_2)\int_\Omega|v|^{p-2}\left|\frac{\partial v}{\partial t}\right|^2dx-\left(\frac{1}{2}+\frac{3a_1^2}{8\varepsilon_1}\right)e^{-\lambda(p-2)t}\int_\Omega|\nabla v|^2\,dx-$$
$$-\left(\frac{1}{2}+\frac{3a_2^2}{4\varepsilon_1}\right)e^{-\lambda(p-2)t}\int_\Omega|v|^2\,dx+a_0\left(\frac{3a_2^2}{2\varepsilon_1}+1\right)e^{-\lambda t}\varphi(t)\int_\Omega|v|^{p-2}\,v\cdot\omega dx- \quad (16)$$
$$-\frac{a_0(p-1)}{p}\left(\frac{3a_2^2}{2\varepsilon_1}+1\right)\int_\Omega|v|^p\,dx-N_1N_2e^{-\lambda pt}-$$
$$-C_4e^{-\lambda pt}\int_\Omega|\omega|^p\,dx-C_5e^{-\lambda pt}\int_\Omega|\omega|^p\,dx-N_1^2e^{-\lambda pt}\|\Delta\omega\|^2-$$
$$-\left(\frac{2(a_1N_1)^2}{1+\lambda(p-2)}+\frac{2(a_2N_1)^2}{1+2\lambda^2(p-2)}\right)e^{-\lambda pt}\|\omega\|^2-C_3e^{-\lambda pt}\int_\Omega|\omega|^{q+2}\,dx,$$

Проинтегрируем по времени полученное неравенство (16) от 0 до $t$ и учитывая выражение $1-e^{-2\lambda(p-1)t}$ не превосходит 1, получим

$$J(t) \geq J(0) + (1-\varepsilon_1)\int_0^t\int_\Omega e^{-\lambda(p-2)\tau}\left|v_\tau\right|^2 dxd\tau + a_0(p-1)(1-\varepsilon_2)\int_0^t\int_\Omega |v|^{p-2}\left|v_\tau\right|^2 dxd\tau + \\ + \left(\frac{\lambda(q-p+2)}{q+2}-1\right)\int_0^t G(\tau,v)d\tau - -\left(\frac{1}{2}+\frac{3a_1^2}{8\varepsilon_1}\right)\int_0^t\int_\Omega e^{-\lambda(p-2)\tau}\,|\nabla v|^2\,dxd\tau - \frac{1}{2}\left(1+\frac{3a_2^2}{2\varepsilon_1}\right)\int_0^t\Psi_1(\tau)d\tau - D_1, \tag{17}$$

Запишем тождество (9) используя обозначения в следующем виде:

$$\frac{1}{2}\frac{d\Psi_1(t)}{dt} + Lv = G(t,v) - e^{-\lambda(p-1)t}\int_\Omega a(...)\cdot v dx + e^{-\lambda pt}\varphi(t)\varphi'(t) + e^{-\lambda t}\varphi_2(t)\int_\Omega |v|^{p-2}\,v\cdot\omega dx - \\ - e^{-\lambda(p-1)t}\varphi(t)\int_\Omega v\cdot\Delta\omega dx + e^{-\lambda pt}\varphi(t)\int_\Omega a(...)\cdot\omega dx - e^{\lambda(q-p+1)t}\varphi(t)\int_\Omega |v|^q\,v\cdot\omega dx \tag{18}$$

Оценим правую часть (18). Применяя в тождество оценки, получим:

$$\frac{1}{2}\frac{d\Psi_1(t)}{dt} + e^{-\lambda(p-2)t}\int_\Omega |\nabla v|^2\,dx + \frac{\lambda p}{2}e^{-\lambda(p-2)t}\int_\Omega |v|^2\,dx + a_0\lambda(p-1)\int_\Omega |v|^p\,dx \leq \\ \leq G(t,v) + \frac{1}{4}e^{-\lambda(p-2)t}\int_\Omega |\nabla v|^2\,dx + \left(a_1^2+a_2\right)e^{-\lambda(p-2)t}\int_\Omega |v|^2\,dx + N_1N_2e^{-\lambda pt} + \\ + \frac{1}{4}e^{-\lambda(p-2)t}\int_\Omega |\nabla v|^2\,dx + (a_1N_1)^2e^{-\lambda pt}\|\omega\|^2 + \frac{\lambda p}{4}e^{-\lambda(p-2)t}\int_\Omega |v|^2\,dx + \\ + \frac{(a_2N_1)^2}{\lambda p}e^{-\lambda pt}\|\omega\|^2 + \left(a_0\lambda(p-1) + \frac{2a_0(p-1)(a_1^2+a_2)}{p}\right)\int_\Omega |v|^p\,dx + \\ + C_6e^{-\lambda pt}\int_\Omega |\omega|^p\,dx + \frac{\lambda p}{4}e^{-\lambda(p-2)t}\int_\Omega |v|^2\,dx + \frac{N_1^2}{\lambda p}e^{-\lambda pt}\|\Delta\omega\|^2 + G(t,v) + C_7e^{-\lambda pt}\int_\Omega |\omega|^{q+2}\,dx.$$

Усилим последнее неравенство, после проинтегрируем по времени от 0 до $t$, далее умножив на 2 получим следующую оценку

$$\int_0^t\int_\Omega e^{-\lambda(p-2)\tau}\,|\nabla v|^2\,dxd\tau \leq \Psi_1(0) + 4\int_0^t G(\tau,v)d\tau + \\ + 2(a_1^2+a_2)\left(\int_0^t\int_\Omega e^{-\lambda(p-2)\tau}\,|v|^2\,dxd\tau + \frac{2a_0(p-1)}{p}\int_0^t\int_\Omega |v|^p\,dxd\tau\right) + 2D_2, \tag{19}$$

Если выполняется неравенство

$$\frac{\lambda(q-p+2)}{q+2} - 4\left(\frac{1}{2}+\frac{3a_1^2}{8\varepsilon_1}\right) - 1 \geq 0, \tag{20}$$

тогда можем усилить оценку

$$J(t) \geq (1-\varepsilon_1)\int_0^t\int_\Omega e^{-\lambda(p-2)\tau}\left|v_\tau\right|^2 dxd\tau + a_0(p-1)(1-\varepsilon_2)\int_0^t\int_\Omega |v|^{p-2}\left|v_\tau\right|^2 dxd\tau + \\ - a_3\left(\int_0^t\int_\Omega e^{-\lambda(p-2)\tau}\,|v|^2\,dxd\tau + \frac{2a_0(p-1)}{p}\int_0^t\int_\Omega |v|^p\,dxd\tau\right) + D_3, \tag{21}$$

Если в неравенстве положить $\varepsilon_1 = \varepsilon_2$, находим

$$\frac{1}{2}\frac{d\Psi_1(t)}{dt} \ge (1-\varepsilon_1)\left(2+\frac{p+q}{2}\right)\int_0^t\int_\Omega e^{-\lambda(p-2)\tau}\left|v_\tau\right|^2 dxd\tau +$$
$$+a_0(p-1)(1-\varepsilon_1)\left(2+\frac{p+q}{2}\right)\int_0^t\int_\Omega |v|^{p-2}\left|v_\tau\right|^2 dxd\tau +$$
$$-a_3\left(2+\frac{p+q}{2}\right)\left(\int_0^t\int_\Omega e^{-\lambda(p-2)\tau}|v|^2\,dxd\tau+\frac{2a_0(p-1)}{p}\int_0^t\int_\Omega |v|^p\,dxd\tau\right)- \quad (22)$$
$$-\left(\frac{2a_1^2N_1^2}{p+q-2}+a_2N_1\right)\Psi_1(t)+\left(2+\frac{p+q}{2}\right)D_3-D_0(t).$$

Обозначим через: $\Psi_2(t)=\int_0^t\int_\Omega e^{-\lambda(p-2)\tau}|v|^2\,dxd\tau+\frac{2a_0(p-1)}{p}\int_0^t\int_\Omega |v|^p\,dxd\tau+\frac{\sigma}{2p}+C_8,$

$$\Psi_2'(t)=\int_\Omega e^{-\lambda(p-2)t}|v|^2\,dx+\frac{2a_0(p-1)}{p}\int_\Omega |v|^p\,dx,$$
$$\Psi_2''(t)=\frac{d}{dt}\left(\int_\Omega e^{-\lambda(p-2)t}|v|^2\,dx+\frac{2a_0(p-1)}{p}\int_\Omega |v|^p\,dx\right), \quad (23)$$
$$J_2(t)=\int_0^t\int_\Omega e^{-\lambda(p-2)\tau}|v_\tau|^2\,dxd\tau+a_0(p-1)\int_0^t\int_\Omega |v|^{p-2}|v_\tau|^2\,dxd\tau+\sigma,$$

где $C_8>0,\quad \sigma=\int_\Omega |u_0|^2\,dx+\frac{2a_0(p-1)}{p}\int_\Omega |u_0|^p\,dx$. Неравенство запишем через $\Psi_2(t)$

$$\Psi_2''(t)\ge 2(1-\varepsilon_1)\left(2+\frac{p+q}{2}\right)\int_0^t\int_\Omega e^{-\lambda(p-2)\tau}\left|v_\tau\right|^2 dxd\tau +$$
$$+2a_0(p-1)(1-\varepsilon_1)\left(2+\frac{p+q}{2}\right)\int_0^t\int_\Omega |v|^{p-2}\left|v_\tau\right|^2 dxd\tau -$$
$$-2a_3\left(2+\frac{p+q}{2}\right)\Psi_2(t)-\left(\frac{4a_1^2N_1^2}{p+q}+2a_2N_1\right)\Psi_2'(t)+ \quad (24)$$
$$+2a_3\left(2+\frac{p+q}{2}\right)\left(\frac{\sigma}{2p}+C_8\right)+2\left(2+\frac{p+q}{2}\right)D_3-2D_0(t).$$

Теперь оценим выражение $[\Psi_2'(t)]^2$ применим неравенство Коши-Буняковского, получим $[\Psi_2'(t)]^2=2p\Psi_2(t)J_2(t).$ Если поставить $\varepsilon_1=\frac{1}{p}$ в соотношение (24) запишется виде

$$\Psi_2''(t)\Psi_2(t)-\frac{p-1}{p^2}\left(2+\frac{p+q}{2}\right)[\Psi_2'(t)]^2\ge -2a_3\left(2+\frac{p+q}{2}\right)\Psi_2^2(t)-$$
$$-\left(\frac{4a_1^2N_1^2}{p+q}+2a_2N_1\right)\Psi_2'(t)\Psi_2(t)-\left(-2a_3\left(2+\frac{p+q}{2}\right)\left(\frac{\sigma}{2p}+C_8\right)-\right. \quad (25)$$
$$\left.-2\left(2+\frac{p+q}{2}\right)D_3+2D_0+\frac{p-1}{p}\left(2+\frac{p+q}{2}\right)\sigma\right)\Psi_2(t).$$

Запишем выражение $\frac{p-1}{p^2}\left(2+\frac{p+q}{2}\right)$ в следуюшем виде

$$1+\alpha=\frac{p-1}{p^2}\left(2+\frac{p+q}{2}\right)=1+\frac{(p-1)(q+4)-p}{2p^2}.$$

Нужно подобрать $C_8>0$ таким образом

$$.C_8\geq-\frac{\sigma}{2p}-\frac{D_3}{a_3}+\frac{2D_0}{a_3(p+q+4)}+\frac{p-1}{2a_3p}\sigma,$$

тогда неравенство (25) сводится к виду

$$\Psi_2''(t)\Psi_2(t)-(1+\alpha)[\Psi_2'(t)]^2\geq-2\widetilde{C}_1\Psi_2'(t)\Psi_2(t)-2\widetilde{C}_2\Psi_2^2(t).$$

Из условии леммы $\Psi_2'(0)+\gamma_2\alpha^{-1}\Psi_2(0)>0$

$$-\gamma_2\alpha^{-1}\Psi_2(0)<\Psi_2'(0),$$

$$-\gamma_2\alpha^{-1}\Psi_2(0)=-\gamma_2\alpha^{-1}\left(\frac{\sigma}{2p}+C_8\right)<\int_\Omega|u_0|^2\,dx+\frac{2a_0(p-1)}{p}\int_\Omega|u_0|^p\,dx=\Psi_2'(0).$$

$$-\gamma_2\alpha^{-1}\left(\frac{\sigma}{2p}+C_8\right)<\int_\Omega|u_0|^2\,dx+\frac{2a_0(p-1)}{p}\int_\Omega|u_0|^p\,dx.$$

Тем самым доказали нашу теорему.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Ж.-Л. Лионс, Некоторые методы решения нелинейных краевых задач, Мир, М., 1972; пер. с фр.: J.-L. Lions, Quelques m´ethodes de r´esolution des probl`emes aux limites non lin´eaires, Dunod, de Gruyter, Paris, 1969.

[2] P.A. Raviart, “Sur la r´esolution de certaines ´equations paraboliques non lin´eaires”, J. Functional Analysis, 5:2 (1970), 299–328.

[3] А.В. Иванов, “Квазилинейные параболические уравнения, допускающие двойное вырождение”, Алгебра и анализ, 4:6 (1992), 114–130; англ. пер.: A.V. Ivanov, “Quasilinear parabolic equations admitting double degeneracy”, St. Petersburg Math. J., 4:6 (1993), 1153–1168.

[4] Г.И. Лаптев, “Слабые решения квазилинейных параболических уравнений вто- рого порядка с двойной нелинейностью”, Матем. сб., 188:9 (1997), 83–112;

[5] Корпусов М.О. О разрушении решений класса параболических уравнений с двойной нелинейностью // Математический сборник. -2013. -Т.204, №3. -С.19-42; [6] H.A. Levine, S.R. Park, J. Serrin, “Global existence and nonexistence theorems for quasilinear evolution equations of formally parabolic type”, J. Differential Equations, 142:1 (1998), 212–229.

[7] A. Samarskii, V. Galaktionov, S. Kurdyumov, and A. Mikhailov, ``Blow-up in quasilinear parabolic equations," De Gruyter, Berlin, 1995.

[8] A.B. Al’shin, M.O. Korpusov, A.G. Sveshnikov, Blow-up in nonlinear Sobolev type equations, De Gruyter Ser. Nonlinear Anal. Appl., 15, de Gruyter, Berlin, 2011.

[9] Abylkayrov U. U., Aitzhanov S. E., Zhapsarbayeva L. K. Solvability of the inverse problem for a heat convection system with integral condition of overdetermination // Applied Mathemati-cal Sciences. –2015. –Vol. 9, № 49. –P. 2403-2421.

[10] В. К. Калантаров, О. А. Ладыженская, “О возникновении коллапсов для квазилинейных уравнений параболического и гиперболического типов”, Краевые задачи математической физики и смежные вопросы теории функций. 10, Зап. научн. сем. ЛОМИ, 69, Изд-во «Наука», Ленинград. отд., Л., 1977, 77–102; J. Soviet Math., 10:1 (1978), 53–70.

Айтжанов С.Е., Жанузакова Д.Т.

**Параболалық теңдеуі үшін қойылған кері есептің шешімінің қирауы.**

**Түйіндеме..** Кері есептер теориясы - қазіргі заманғы дифференциалдық теңдеулер теориясының белсенді түрде дамып келе жатқан аймағы. Сызықты емес теңдеулер теориясында шектеусіз (қирауы) шешімдерді зерттеу ауқымы немесе, басқаша айтқанда, күшейту режимдері (физикалық термин) ерекше орын алады. Шектсіз шешімдері бар сызықты емес эволюциялық есептер глобальді (уақыт бойынша) шешілмейтін болады: шешімдер ақырлы уақыт аралығында шексіз артады. Бұл мақалада параболалық теңдеуі үшін қойылған артығымен анықталған интегралдық шартымен бірге берілген кері есеп қарастырылған және біртекті Дирихле шартымен бірге шектелген аймақта ақырлы уақыттағы шешімнің қирауының жеткілікті шарттары алынған

**Түйінді сөздер**. Кері есептер, шешімнің қирауы, артығымен анықталған интегралдық шарт.

УДК 621.31

**[1]V.A. Shakhnin, [2]T.I. Glushchenko, [3]T.V. Bedych**
([1]Vladimir State University named after Alexander Grigorievich and Nikolai Grigorievich Stoletovs, Vladimir, Russia
[2]Kostanay State University named after A. Baitursynov, Kostanay, Kazakhstan
[3]Kostanay Engineering and Economic University named after Myrzhakypa Dulatova, Kostanay, Kazakhstan. tatyana104@inbox.ru)

## MATHEMATICAL MODEL OF HYBRID ELECTRIC POWER STATION

**Abstract.** This article is devoted to the assessment of renewable energy resources for autonomous power supply to rural consumers in the conditions of Northern Kazakhstan; and to forecast the generated capacity. The use of renewable energy sources allows consumers to provide their own energy sources that meet the quality standards. Thereby increase the energy security of the region; reduce the amount of pollutant releases into the atmosphere and create small energy enterprises.

**Key words:** renewable energy sources, solar radiation, wind energy, average wind speed, autonomous power supply.

**[1]В.А. Шахнин, [2]Т.И. Глущенко, [3]Т.В. Бедыч**
([1]Александра Григорьевич және Николая Григорьевич Столетов атындағы Владимир мемлекеттік университеті, Владимир, Ресей
[2]А.Байтурсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университеті, Қостанай, Қазақстан Республикасы
[3]Мыржакып Дулатов атындағы Қостанай инженерлік-экономикалық университеті, Қостанай, Қазақстан Республикасы)

## ГИБРИДТІ ЭЛЕКТР СТАНЦИЯСЫНЫҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛІ

**Түйіндеме.** Бұл мақала Солтүстік Қазақстан жағдайында ауылдық жерлердегі тұтынушыларды автономды электрмен жабдықтау үшін жаңартылатын энергия ресурстарын бағалауға және генерацияланатын қуатты болжауға арналған. Қостанай облысы Екібастұз МАЭС өндіретін энергияны тұтынады және өз энергия көздері жоқ. Облыстың географиялық орналасуы күн және жел энергиясын түрлендіру арқылы энергияны алуға мүмкіндік береді. Осы екі энергия көздерін бірлесіп пайдалану оңтайлы болып табылады. Жаңартылатын энергия көздерін қолдану тұтынушыларды сапа стандарттарына сәйкес келетін өз энергия көздерімен қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Сонымен, өңірдің энергетикалық қауіпсіздігін арттыру, атмосфераға зиянды шығарындылардың санын азайту, шағын энергетика кәсіпорындарын құру.

**Түйінді сөздер**: жаңартылатын энергия көздері, күн радиациясы, жел энергиясы, желдің орташа жылдамдығы, автономды электрмен жабдықтау.

### 1 КІРІСПЕ

Қазақстанның энергетикалық саласы қоршаған ортаның, оның ішінде парникті газдармен едәуір ластануын тудыра отырып, негізінен көмір түрінде бастапқы энергия ресурстарының едәуір мөлшерін тұтынады. Қазақстанның өндіруші қуаттарының сексен сегіз пайызын өнеркәсіп орталықтары мен қалалардың жанында орналасқан көмір жылу электр станциялары құрайды. Газдарды тазалау жүйесі ескірген жағдайда бұл кәсіпорындар атмосфераның едәуір ластануын жасайды.

Қазақстан жаңартылатын энергия көздерінің үлкен әлеуетіне ие. Бір-бірінен алыстығына байланысты жаңартылатын энергия көздері базасында автономды энергия жүйелерін қолдану айқын болады.

Солтүстік Қазақстанның бірегей ерекшелігі электр энергиясының және басқа да отын ресурстарының көптеген тұтынушыларының аумақтық бөлінуімен сипатталатын дамыған ауыл шаруашылығы өндірісі болып табылады.

Ауылдық жер өзінің тән ерекшеліктеріне ие:

- елді мекендердің электр энергиясын бөлу және өндіру пункттерінен қашықтығы;
-ауыл шаруашылығы аз өндірістік қуатты қажет етеді;
- ауылдық жерлердің бір-бірінен алыс қашықтықта орналасуы.

Бір ауыл шаруашылығының қажетті қуатын электрмен жабдықтау үшін жүздеген километр әуе немесе кабель желілері, бірнеше жоғарылататын және төмендететін қосалқы станциялар қажет.

Нәтижесінде - жоғары өтімділік мерзімімен электр беру желілерін салуға үлкен ақша шығындары, әуе немесе кабель желілеріндегі электр энергиясының үлкен шығыны. Әртүрлі физикалық табиғат көздерінен автономды электр станцияларын қолдану тиімді және үнемді [5].

2 ӘДІСТЕРІ

Жаңартылатын энергия көздерін қолдану қажеттілігі айқын, бірақ бұл көздерді кеңінен пайдалануға кедергі келтіретін бірқатар проблемалар бар. Тәулік, жыл ішіндегі энергия ағынының тұрақсыздығы. Осыған байланысты бір-бірін өзара толықтыратын бірнеше энергия көздерін бір жүйеге біріктіру қажеттігі туындайды. Жаңартылатын энергия ресурстары және өндірілетін қуатты болжау мүмкіндігі туралы сенімді ақпараттың болмауы.

Мақаланың мақсаты тек жаңартылатын энергия көздерінде жұмыс істейтін автономды энергия қондырғыларын құру мүмкіндігін талдау. Күн және жел энергиясы ең әмбебап және барлық жерде қолжетімді. Қазақстан Күн және жел энергиясының едәуір ресурстарына ие. Күн энергиясының ресурстарын бағалау тұрғысынан алғанда, ең объективті болып жер бетінде күн радиациясының келуі туралы мәліметтер, кеңістікте бағытталған оңтайлы (яғни күн сәулесінің максималды жиналуын қамтамасыз ететін). Күн коллекторлары мен фототүсіргіштер әдетте қозғалыссыз (Күнді бақылау жүйесінсіз), қабылдау бетін оңтүстікке бағдарлай отырып орнатылады. Бұл ретте жергілікті жердің кеңдігіне және қондырғыны пайдалану кезеңіне байланысты жыл бойы пайдалану кезінде шамамен ені, ал маусымдық (жылдың жылы кезеңі) – ені-10–15°тең қабылдағыштың көкжиекке еңісінің оңтайлы бұрышы бар. Бұл ретте әрбір географиялық нүкте қабылдағыштың көкжиекке еңісінің өзінің оңтайлы бұрышына сәйкес келетінін атап өткен жөн. Қазақстан Күн энергиясының үлкен ресурстарына ие.

Жел энергиясы бірқатар артықшылықтарға ие, атап айтқанда экологиялық және Орталық энергожүйеден тәуелсіз. Орташа жылдамдықты анықтау үшін уақыттың он үш жылдық кезеңін бақылау қолданылды.

Барлық таңдалған метеостанциялар үшін Жылдың суық кезеңінде жел деңгейінің жоғарылауының жалпы заңдылықтары және жаз мезгілінде төмендеуі байқалады.

3 НӘТИЖЕЛЕРІ

Автономды электр стансасында фотоэлектрлік түрлендіргіштер мен жел генераторларын пайдалану көзделіп отыр. Есептеу кезінде ұзақ кезеңдегі күн белсенділігі туралы статистикалық деректер талданды. Алынған мәліметтер негізінде жер бетінің шаршы метріне күн ағынының орташаланған қуаттары анықталды.

Күн сәулесі ағынының тығыздығын Ih тәулігінде синусоидалы заң бойынша қабылдауға болады.]:

$$I_h = I_{hmax} \sin(\pi \cdot t^{/} / T_c) = I_{hmax} \cdot \sin \lambda, \quad (1)$$

мұндағы $I_{hmax}$ – күн радиациясы тығыздығының ең жоғары мәні, күн қарастырылатын тәулікте (жергілікті жарты күн);

$\pi$ – радианды сан;

$t^{/}$ – күн шығысынан кейінгі уақыт, ол тәулігіне күн радиациясының өзгеруінің қабылданған моделін ескере отырып анықталады ($0 < t^{/} < T_c$);

$T_c$ – жарық күнінің ұзақтығы.

50 төртінші кеңдікке сәйкес келетін аталған аймақ үшін орташа жағдайда күн радиациясы тығыздығының мәні 1-кестеде келтірілген.

1-кесте - **Көлденең бетке күн сәулесі ағынының тығыздығы кВт * сағ / м$^2$**

| Ай | Күн сәулесі ағынының тығыздығы | |
|---|---|---|
| | мДж/м² | кВт/м² |
| Қаңтар | 84 | 23,268 |
| Ақпан | 155 | 42,935 |
| Наурыз | 360 | 99,72 |
| Сәуір | 473 | 131,021 |
| Мамыр | 595 | 164,815 |
| Маусым | 658 | 182,266 |
| Шілде | 620 | 171,74 |

| | | |
|---|---|---|
| Тамыз | 553 | 153,181 |
| Қыркүйек | 306 | 84,762 |
| Қазан | 176 | 48,752 |
| Қараша | 88 | 24,376 |
| Желтоқсан | 50 | 13,85 |

Жел энергиясына қатысты, Қазақстан аумағының 50% - ы желдің орташа жылдық жылдамдығы 4-5 м/с, ал бірқатар аудандар жел жылдамдығы 6 м/с және одан жоғары, бұл жел энергетикасын пайдалану үшін өте жақсы перспективаларды алдын ала анықтайды. Сарапшылардың бағалауы бойынша, Қазақстан, жел энергетикасын дамыту үшін ең қолайлы жағдайлармен әлем елдерінің бірі [5].

Жел энергетикалық қондырғылар электр энергиясына тек жел ағынының кинетикалық энергиясының бөлігін ғана түрлендіреді. Электр энергиясын пайдалану коэффициентінің сандық мәнінен, сондай-ақ берілістің пайдалы әсер ету коэффициенттерінен және электр энергиясы генераторынан тұрады. Кедергі күшінің немесе көтеру күшінің әсерінен ауа ағыны жел дөңгелегінің қозғалуына әкеледі. Бұл күштердің пайдалы әрекеті жел шоғырының орналасу геометриясына және қалақтардың пішініне байланысты.

Ойылатын аудан бірлігімен дамытылатын қуат, кВт / м$^2$:

$$P_{вк.уд} = 0{,}615 \cdot 10^{-3} \cdot v^3 \cdot \xi \qquad (2)$$

Мұндағы,

$\xi$ -жел энергиясын пайдалану коэффициенті;

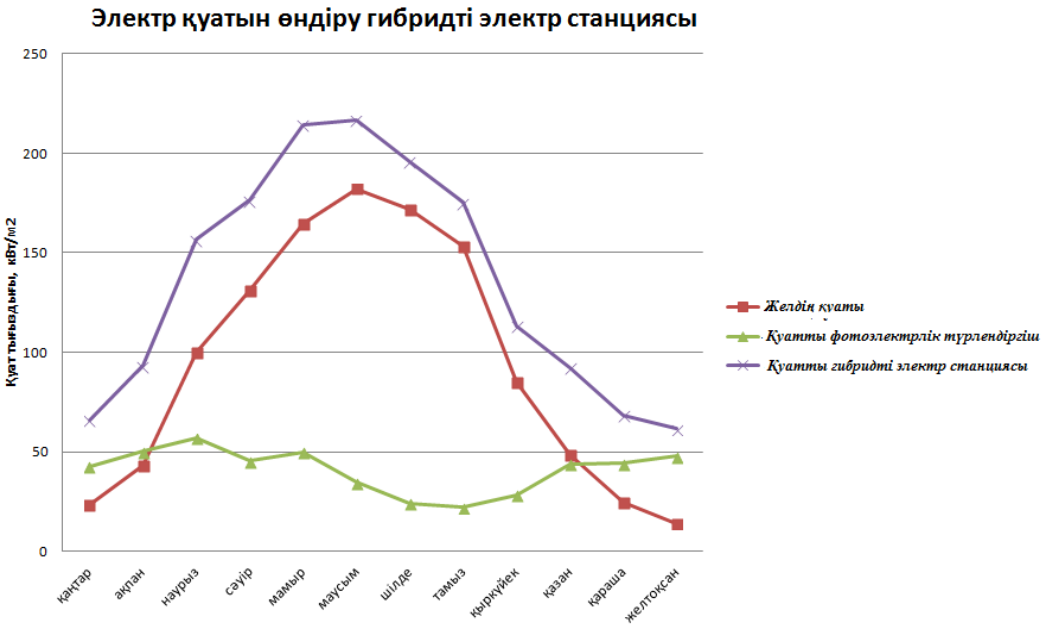
v-ауа ағынының жылдамдығы.

Осылайша, жел дөңгелегімен дамытылатын қуат жел шоғырының, жел жылдамдығының және жел энергиясын пайдалану коэффициентінің шамасымен анықталады. 2-кесте.

2-кесте - **Дөңгелекті дамытатын қуаты 1 м$^2$**

| Ай | Желдің жылдамдығы, м/с | Ауа тығыздығы, кг/м$^3$ | Жел энергиясын пайдалану коэффициенті | , Қуаты кВт/м$^2$ |
|---|---|---|---|---|
| қаңтар | 4,3 | 1,481 | 0,59 | 42,73 |
| ақпан | 4,6 | 1,422 | 0,59 | 50,22 |
| наурыз | 4,9 | 1,332 | 0,59 | 56,86 |
| сәуір | 4,6 | 1,283 | 0,59 | 45,31 |
| мамыр | 4,8 | 1,238 | 0,59 | 49,68 |
| маусым | 4,3 | 1,196 | 0,59 | 34,50 |
| шілде | 3,9 | 1,115 | 0,59 | 24,00 |
| тамыз | 3,7 | 1,196 | 0,59 | 21,98 |
| қыркүйек | 4 | 1,225 | 0,59 | 28,45 |
| қазан | 4,6 | 1,238 | 0,59 | 43,72 |
| қараша | 4,5 | 1,332 | 0,59 | 44,04 |
| желтоқсан | 4,5 | 1,442 | 0,59 | 47,68 |

Бір шаршы метрге жел агрегатымен және күн фотоэлектрлік панельмен генерацияланатын жиынтық қуат 1-суретте көрсетілген.




**1-сурет.** Гибридті электр станциясының қуаты

Алынған есептік деректер энергия жүйесінің математикалық моделін құруға мүмкіндік береді, ол жаңартылатын энергия көздерінде энергия жүйесінің өндірілетін қуатын болжауға мүмкіндік береді.

Математикалық модель жел, күн және ауа температурасының параметрлерінен қуат мәнін болжауға мүмкіндік береді.

Математикалық үлгіні есептеу үшін келесі есептеу үшін үш маңызды фактор қабылданды: ($X_1$ - Күн радиациясы; $X_2$- - жел жылдамдығы; $X_3$-ауа температурасы).

Оңтайландыру өлшемімен (Y) орташа өндірілетін жел Энергетикалық қондырғының және фотоэлектрлік станцияның қуаты.

Математикалық модельді есептеу, алынған модельді барабарлыққа тексеру, қателікті тексеру нәтижесінде барлық регрессия коэффициенттері $B_0$, $b_1$, $b_{11}$,$b_{22}$,$b_{33}$ мәнді болып табылатыны және регрессия теңдеуі түрге ие екені дәлелденді.:

Алынған есептік деректер энергия жүйесінің математикалық моделін құруға мүмкіндік береді, ол жаңартылатын энергия көздерінде энергия жүйесінің өндірілетін қуатын болжауға мүмкіндік береді.

Математикалық модель жел, күн және ауа температурасының параметрлерінен қуат мәнін болжауға мүмкіндік береді.

Математикалық модельді есептеу үшін одан әрі есептеу үшін үш маңызды фактор қабылданды : ($X_1$- солнечная радиация; $X_2$- скорость ветра; $X_3$-температура воздуха).

Оңтайландыру өлшемімен (Y) орташа өндірілетін жел Энергетикалық қондырғының және фотоэлектрлік станцияның қуаты.

Математикалық модельді есептеу, алынған модельді барабарлыққа тексеру, қателікті тексеру нәтижесінде регрессияның барлық коэффициенттері маңызды болып табылатыны дәлелденді $b_0$,$b_1$,$b_{11}$,$b_{22}$ ,$b_{33}$ және регрессия теңдеуі түрге ие болады:

$$Y = 4{,}35 + 0{,}068x_1 + 0{,}5x_{11}^2 + 0{,}49x_{22}^2 + 0{,}51x_{33}^2. \quad (3)$$

Алынған модель бойынша жауап беті салынған және оңтайландыру параметрлері анықталды. Мақсатты функцияның жауап беру бетін құру үшін регрессия теңдеуі каноникалық түрге ауыстырылады, осылайша оны тәуелсіз айнымалы бойынша саралайды және Жеке туындылар нөлге теңестіреді. Бұл шешім каноникалық түрде регрессия теңдеуін алуға әкеледі. [7] .

Каноникалық түрдегі регрессия теңдеуі

$$Y = 4{,}35 + 0{,}429x_1^2 + 0{,}54x_{22}^2 - 0{,}55x_{33}^2. \quad (4)$$

4 ТАЛҚЫЛАУ

Мақала авторлары Солтүстік Қазақстан үшін жаңартылатын энергия ресурстарына баға беруге тырысты. Жасалған есептеулерді ескере отырып, осы өңір үшін жаңартылатын энергия көздері базасында автономды энергия жүйелерін қолдану нақты деп айтуға болады. Генерацияланатын қуатты тұрақтандыру үшін биомассаның энергиясы сияқты басқа энергия көздерін қолдануға болады.

Жел және күн энергиясы параметрлерінен автономды энергия жүйесінің қуатын анықтау үшін әзірленген математикалық модель генерацияланатын қуатты болжауға мүмкіндік береді.

ӘДЕБИЕТ

[1] Khou, YU; Vidu, Ruksandra; Stroyev, Piter, Metody nakopleniya solnechnoy energii // Issledovaniya v oblasti promyshlennoy i inzhenernoy khimii. 50, N 15, 2017, str. 8954-8964

[2] Vozobnovlyayemyye istochniki energii 2016. Global'nyy otchet o sostoyanii. Set' po politike v oblasti vozobnovlyayemykh istochnikov energii v XXI veke. www.ren21.net.

[3] Ampelli, C.; Dzhenoveze, S.; Passalacqua, R.; Perathoner, S.; Senti G., Ispol'zovaniye solnechnogo fotoelektrokhimicheskogo reaktora dlya ustoychivogo proizvodstva energii // TEORETICHESKIYe OSNOVY KHIMICHESKOY TEKHNIKI. 46, N 6, 2014, s. 651-657

[4] Elektroenergetika glazami molodezhi: nauchnyye trudy IV Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya, vyp.2, Novocherkassk, 14-18 oktyabrya 2015 g. / Ministerstvo obrazovaniya i nauki Rossiyskoy Federatsii, Yuzhno-Rossiyskoye gosudarstvo Politekhnicheskiy universitet (NPI) im. M.I. Platy. - Novocherkassk: Lik, 2016. - 462 s.

[5] Sysoyev V.K.; Pichkhadze, K. M .; Fel'dman L. YA.; Arapov Ye.A.; Luzyanin A.S. Razrabotka kontseptsii kosmicheskoy solnechnoy elektrostantsii // SOLNECHNYYe SISTEMNYYe ISSLEDOVANIYA Vyp. 46, N 7, 2012, s. 548-554,

[6] Tleuov A.KH. Netraditsionnyye istochniki energii: Uchebnoye posobiye. - Astana: Foliant, 2016. - 248 s.

[7] Benyukh O.A. Metody eksperimental'nogo issledovaniya, Uchebnoye posobiye. - Kostanay, 2014

[8] Khao Chzhun, Chzhi Min' Li, Tong Vu, Min Chzhi YU, Ran Sheng Tang, Proizvoditel'nost' solnechnoy sistemy sushki, upravlyayemoy gibridnoy energosistemoy // Issledovaniya perspektivnykh materialov, 10.4028 / www.scientific.net / AMR.455 -456,139

[9] X.Q. Zhai, X.L. Van KH.T. Pey, YU. Yan, R.Z. Van, Eksperimental'noye issledovaniye i optimizatsiya sistemy nazemnogo teplovogo nasosa pri razlichnykh zadannykh temperaturakh vnutri pomeshcheniy // Mezhdunarodnyy zhurnal teplomassoperenosa, http://dx.doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2012.05.005

[10] Stychinskiy Z. A., Voropay N. I .. Vozobnovlyayemyye istochniki energii: teoreticheskiye osnovy, tekhnologii, tekhnicheskiye kharakteristiki, ekonomika. Otto-fon-Gerike-Universitet Magdeburga, Magdeburg 2015, 223 s.

[11] L. M. Chetoshnikova, Netraditsionnyye vozobnovlyayemyye istochniki energii. Uchebnoye posobiye - Chelyabinskiy YUUrGU, Izdatel'skiy tsentr 2017, 69 s.

[12] S. P. Kundas, S. S. Poznyak, L. V. Shenets, VOZOBNOVLYAYEMYYe ISTOCHNIKI ENERGII, Minsk, 2009, 315 s.

[13] Uskov Anton Evgenevich, SOLAR PHOTO-ELECTRIC STATIONS AS A BASIC ENERGY SOURCE // Scientific journal KubGAU, №104 (10), 2014

[14] Renewable energy statistics, July 2016 // Eurostat Statistics Explained. Available at: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-xplained/index.php/Renewable_en... (accessed: 8 June 2017).

[15] Yang, Ziqi; Wu, Yuanqing; Zhang, Zisheng; Recent advances in co-thermochemical conversions of biomass with fossil fuels focusing on the synergistic effects// RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS Book: 103 p.: 384-398 Published: APR 2019

Шахнин В.А., Глущенко Т.И., Бедыч Т.В.

**Математическая модель гибридной электростанции**

**Резюме.** Данная статья посвящена оценке ресурсов возобновляемой энергии для автономного электроснабжения потребителей сельской местности в условиях Северного Казахстана и прогнозированию генерируемой мощности. Географическое расположение области позволяет получать энергию путем преобразования солнечной и ветровой энергии. Совместное использование этих двух источников энергии является оптимальным. Применение возобновляемых источников энергии позволяет обеспечить потребителей собственными источниками энергии, соответствующих стандартам качества. Тем самым повысить энергетическую безопасность региона, сократить количество вредных выбросов в атмосферу, создать предприятия малой энергетики.

**Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии, солнечная радиация, энергия ветра, средняя скорость ветра, автономное электроснабжение.

**R. Manatbayev, D. Berdibekov**
(Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
E-mail: rustemmanatbayev@gmail.com, dimuccitau001@gmail.com)

## ROTARY MOMENT DETERMINATION OF THE STRAIGHT BLADES WIND POWER UNIT

**Abstract.** In this article, studies were conducted on a two-bladed wind turbine Darya with straight working wings. As a result of determining the rotational moment of the two-bladed turbine to Darya, it turned out that the rotational moment developed by the lifting force is an order of magnitude higher than the resistance force of the air medium to the motion of the blades.

**Keywords:** wind turbine Darya, wind turbine, straight-bladed wind turbine, wind energy.

**Р.К. Манатбаев, Д.Н. Бердибеков**
(Казахский национальный университет имени аль-Фараби Алматы, Республика Казахстан
Email: rustemmanatbayev@gmail.com, dimuccitau001@gmail.com )

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРАЩАТЕЛЬНОГО МОМЕНТА ПРЯМОЛОПАСТНОГО ВЕТРОАГРЕГАТА

**Аннотация.** В данной статье были проведены исследования двухлопастной ветротурбины Дарье с прямыми рабочими крыльями. В результате определения вращательного момента двухлопастной турбины Дарье выяснилось что, развиваемый подъемной силой вращательный момент на порядок выше силы сопротивления воздушной среды движению лопастей.

**Ключевые слова**: ветротурбина Дарье, ВЭУ, прямолопастной ветроагрегат, энергия ветра.

### Введение

В настоящее время энергия ветра является одной из основных возобновляемых источников энергии и продолжает оставаться рынком будущего с привлекательными темпами роста. По сравнению с традиционными источниками энергии, энергия ветра имеет ряд преимуществ. В отличие от ископаемых видов топлива, которые выделяют вредные газы и ядерную энергию, генерирует радиоактивные отходы, энергия ветра является экологически чистым источником энергии. Как неисчерпаемый и свободный источник энергии, он доступен и обилен в большинстве регионов Земли. Кроме того, более широкое использование энергии ветра поможет снизить потребности в ископаемом топливе, которое может закончиться в этом столетии в соответствии с их нынешними потребностями.

Работа ветрогенератора мощностью 1 МВт за 20 лет позволяет сэкономить примерно 29 тыс. тонн угля или 92 тыс. баррелей нефти, сокращает ежегодные выбросы в атмосферу 1800 тонн CO2, 9 тонн SO2, 4 тонн оксидов азота .

В данной статье мы определим вращательный момент прямолопастного ветроагрегата. Предметом исследования будет двухлопастная ветротурбина Дарье с прямыми рабочимим крыльями.

### 1. Исследование вращательного момента прямолопастного ветроагрегата .

Для определения вращательного момента двухлопастной турбины Дарье найдем момент силы, развиваемый двухлопастной турбиной Дарье, выполненной в виде тропоскино, которое у нас заменено параболой. С этой целью определим вначале составляющие вектора скорости атаки в точке *M* на искривленном элементе крыла бесконечно малой длины $dS$. Система координат расположена так, что направление скорости ветра $\vec{U}$ совпадает с направлением координаты *y,* а вертикальная ось вращения ветротурбины – с осью z. Направление вращение ветротурбины с некоторой угловой скоростью $\vec{\omega}$ выберем так, что, если смотреть на турбину со стороны положительного направления оси z, вращение будет против часовой стрелки. Рассмотрим мгновенное положение лопастей развернутых относительно оси *x* на угол $\theta$ (см. рис. 1). Для облегчения анализа (см. рис. 2) выберем три взаимно перпендикулярные прямые. Две из них являются касательными к поверхности лопасти в точке *M.* Это $AA'$ - касательная к линии параболы, определяет искривленность лопасти, то есть угол $\gamma$

между прямой $AA'$ и вертикалью $NN'$, и $BB'$ - касательная в точке *M* к окружности, описываемой радиусом $r$ при вращении турбины. И, наконец, третья прямая $CC'$ представляет собой нормаль к поверхности лопасти, направленную в точку *M*. [1]

Вектор скорости атаки $\vec{V}$ представляет собой результирующую от сложения двух векторов. Один из них есть нормальная к поверхности лопасти составляющая вектора скорости ветра $\vec{U}$ и равна $\vec{U}\sin\theta\cos\gamma$ (см. рис. 3), вторая – направлена по касательной $BB'$ и представляет собой сумму: линейная скорость вращения $(\vec{r}\times\vec{\omega})$ точки *M* плюс составляющая скорости ветра, спроектированная на направление $BB'(\vec{U}\cos\theta)$. Так как линия $BB'$, по которой действует суммарная скорость $\vec{r}\times\vec{\omega}+\vec{U}\cos\theta$, и $CC'$, по которой действует нормальная составляющая скорости ветра $\vec{U}\sin\theta\cos\gamma$, взаимно перпендикулярны, то их равнодействующая равна [2]

$$\left|\vec{V}\right| = \sqrt{U^2\sin^2\theta\cos^2\gamma + (r\omega + U\cos\theta)^2} \tag{1}$$

и дает значение скорости атаки воздушного потока в точке *M*. Соответственно угол атаки определится выражением

$$tg\alpha = \frac{U\sin\theta\cos\gamma}{r\omega + U\cos\theta}. \tag{2}$$

Аналогично тому как были получены формулы (32) из (1) и (2) нетрудно установить связь между углом атаки и углом поворота лопасти:

$$\begin{aligned} \vec{V}\cos\alpha &= \vec{U}(\chi + \cos\theta) \\ \vec{V}\sin\alpha &= \vec{U}\sin\theta\cos\gamma. \end{aligned} \tag{3}$$

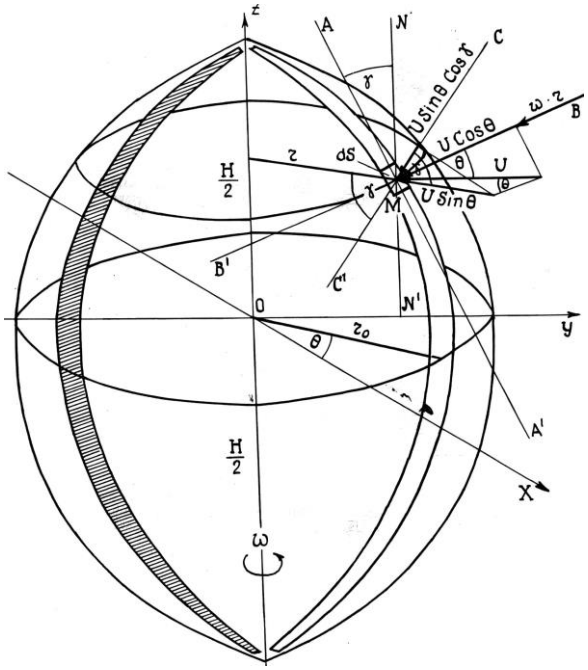



**Рис. 1** Схема взаимодействия лопасти тропоскино с ветровым потоком.

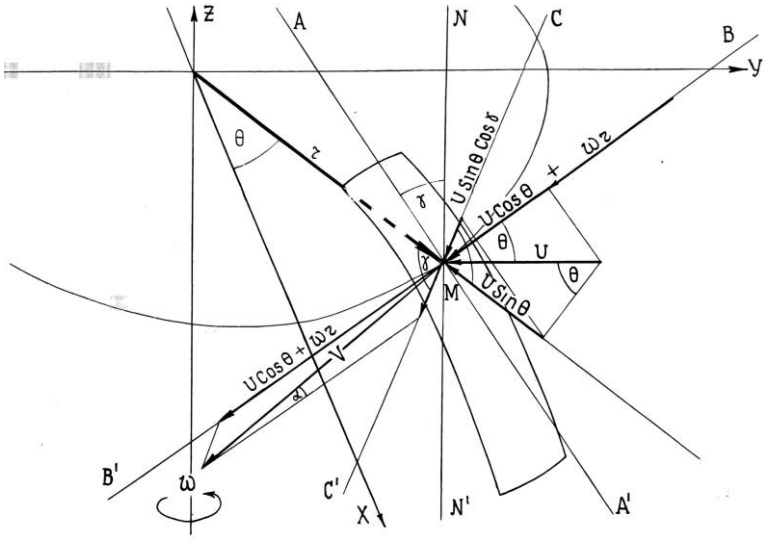



**Рис.2.** Элемент лопасти тропоскино для определения скорости и угла атаки.

Момент, создаваемый тангенциальной составляющей подъемной силы $\vec{R}_l$, равен $M = rR_\tau = r\left|\vec{R}_l\right|\sin\alpha.$ Подъемная сила $\vec{R}_l$ направлена перпендикулярно вектору скорости атаки и связана с последним посредством коэффициента подъемной силы (см.33). Противодействующей силой является сопротивление воздуха движению лопасти $\left|\vec{R}_D\right|$ (см. 35). Результирующий момент сил выражается формулой (36). [3]

Отсюда момент, создаваемый элементом $dS$ крыла, записывается следующим образом:

$$dM_l = r\rho\frac{V^2}{2}в\left[C_y\sin\alpha - C_x\cos\alpha\right]dS, \tag{4}$$

Для профиля NASA–0021 $C_y$ и $C_x$ описываются зависимостями (38) и (39). Подставляя их в (4), получим

$$M_l = \rho\frac{V^2}{2}вr\left[\sqrt{2}\pi\sin^2\alpha - (0{,}014+\sin^2\alpha)\cos\alpha\right]dS\,. \tag{5}$$

Решение (5) разобьем на 2 отдельные задачи

$$dM_l = dM_{l1} + dM_{l2},$$

где

$$dM_{l1} = \sqrt{2}вr\pi\frac{\rho V^2}{2}\sin^2\alpha dS, \tag{6}$$

$$dM_{l2} = -вr\frac{\rho V^2}{2}(0{,}014+\sin^2\alpha)\cos\alpha dS. \tag{7}$$

**1.1. Момент вращения за счет подъемной силы**

Первая задача (6) решается достаточно просто. Обращаясь к (3), получим

$$dM_{l1} = \sqrt{2}\pi вr(z)\frac{\rho U^2}{2}\sin^2\theta\cos\gamma dz, \tag{8}$$

т. к. $\dfrac{dz}{dS} = \cos\gamma.$

Используя формулу , получим следующее:

$$dM_{l1} = \sqrt{2}\pi в\frac{r_m\left(1-\bar{z}^2\right)H}{2}\rho\frac{U^2}{2}\sin^2\theta\cos\gamma d\bar{z}, \tag{9}$$

где $\bar{z} = \frac{z}{H/2}$.

Зависимость $\cos\gamma$ от координаты $z$ найти нетрудно. С этой целью запишем уравнение для касательной в любой точке параболы:

$$tg\gamma = \frac{dx}{dz} = -3\frac{z}{H} = \frac{\sqrt{1-\cos^2\gamma}}{\cos\gamma}, \tag{10}$$

или

$$\frac{1}{\cos\gamma} = \sqrt{1+9\left(\frac{z}{H}\right)^2} = \sqrt{1+\frac{9}{4}\bar{z}^2}. \tag{11}$$

Подставляя (11) в (9), получим

$$dM_{l1} = \frac{\sqrt{2}}{2}\pi H r_m в \rho \frac{U^2}{2}\sin^2\theta \frac{1-\bar{z}^2}{\sqrt{1+\frac{9}{4}\bar{z}^2}}d\bar{z} \tag{12}$$

и, интегрируя последнее выражение по $\bar{z}$, получим величину вращательного момента лопасти

$$M_{l1} = \frac{\sqrt{2}}{4}\pi H r_m в \rho U^2 \sin^2\theta \int_{-1}^{1} \frac{1-\bar{z}^2}{\sqrt{1+\frac{9}{4}\bar{z}^2}}d\bar{z} \ . \tag{13}$$

Табличный интеграл

$$\int_{-1}^{1} \frac{1-\bar{z}^2}{\sqrt{1+\frac{9}{4}\bar{z}^2}}d\bar{z} \approx 1{,}37 \ .$$

Таким образом, для двухлопастной турбины будем иметь:

$$2M_{l1} = 0{,}685\sqrt{2}\pi в r_m H \rho U^2 \sin^2\theta. \tag{14}$$

Среднее значение вращательного момента при одном обороте турбины получим, проинтегрировав $2M_{l1}$ от нуля до $2\pi$ и поделив на $2\pi$:

$$M_{l1} = \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} M_{l1}d\theta = 0{,}685\sqrt{2}в r_m H \rho U^2 \int_0^{2\pi}\sin^2\theta d\theta$$

или

$$M_{l1} = 1{,}37\sqrt{2}\pi в r_m H \rho \frac{U^2}{2}. \tag{15}$$

**1.2. Сопротивление воздуха вращению лопастей**

Обратимся теперь к второй задаче (7). Если вынести из скобки $\sin^2\theta$ и принять во внимание (1) и (3), то выражение (7) примет вид:

$$dM_{l2} = -в r(z)\frac{\rho U^2}{2}\left(1+0{,}014\frac{\sin^2\theta\cos^2\gamma+(\chi+\cos\theta)^2}{\sin^2\theta\cos^2\gamma}\right)\times$$
$$\times\frac{\sin^2\theta\cos^2\gamma(\chi+\cos\theta)dS}{\sqrt{\sin^2\theta\cos^2\gamma+(\chi+\cos\theta)^2}}. \tag{6}$$

Прежде, чем перейти к дальнейшей процедуре решения (16), получим некоторые дополнительные соотношения и связи. Прежде всего заметим, что в случае тропоскино степень быстроходности турбины $\chi$ изменяется по высоте[4]

$$\chi(z) = \frac{\omega r(z)}{U} \tag{17}$$

и это вносит серьезные трудности в решение задачи (6). Они могут быть преодолены, если принять во внимание то, что основной вклад в сопротивление воздушной среды движению лопасти вносит

центральная часть тропоскино. Причем она занимает около 85% длины лопасти. В самом деле, из параболы следует

$$\bar{z} = \frac{z}{H/2} = \sqrt{1-\bar{r}}\,, \tag{18}$$

где $\bar{r} = \dfrac{r(z)}{r_m}$.

Отсюда можно оценить $\bar{z}$, например, при сокращении $\bar{r}$ в 3 раза

$$\bar{z} = \sqrt{0,7} \approx 0,85. \tag{19}$$

Принимая во внимание (17), зависимость (18) можно выразить через величину быстроходности элементов турбины $\chi(z)$

$$\bar{z} = \sqrt{1-\bar{\chi}}\,, \tag{20}$$

где $\bar{\chi} = \dfrac{\chi(z)}{\chi_m}, \quad \chi_m = \dfrac{\omega r_m}{U}$.

То обстоятельство, что основной вклад в работу турбины вносит центральная часть лопастей (85%) позволяет смягчить нелинейность соотношения (16). С этой целью раскроем скобки и вынесем из-под корня величину $\chi + \cos\theta$. [5] Тогда получим

$$dM_{l2} = -вr(z)\frac{\rho U^2}{2}\left[\frac{1}{\sqrt{1+\left(\dfrac{\sin\theta\cos\gamma}{\chi+\cos\theta}\right)^2}} + 0,014\left(\frac{\chi+\cos\theta}{\sin\theta\cos\gamma}\right)^2 \times \right.$$

$$\left. \times \sqrt{1+\left(\frac{\sin\theta\cos\gamma}{\chi+\cos\theta}\right)^2}\right]\sin^2\theta\cos^2\gamma\, dS$$

Оценка величины $\beta = \left(\dfrac{\sin\theta\cos\gamma}{\chi+\cos\theta}\right)^2$ показывает, что применительно к центральной части тропоскино, занимающей 85 % длины лопастей, можно считать, что $\beta << 1.$ В самом деле, принимая во внимание (17) и (11), представим величину $\beta$ в следующим виде

$$\beta = \left[\frac{\sin\theta}{\left(1+\dfrac{9}{4}\bar{z}\right)\left(\cos\theta+\chi_m\bar{\chi}\right)}\right]^2.$$

В силу принятого допущения $\bar{z} = 0,85$ при $\bar{\chi} = \dfrac{r}{r_m} = 0,3$ с учетом того, что рабочий режим ветротурбины требует $\chi_m \geq 3,$ найдем

$$\beta = \left[\frac{\sin\theta}{\left(1+0,85\dfrac{9}{4}\right)\left(\cos\theta+3\cdot 0,3\right)}\right]^2.$$

Откуда следует, что даже при максимальном значении $sin\theta=1$, $cos\theta = 0$, $\beta \approx 0,1$ Это позволяет разложить $\frac{1}{\sqrt{1-\beta}}$ и $\sqrt{1-\beta}$ в ряды и ограничиться первыми двумя членами этих рядов

$$dM_{l2} = -вr(z)\frac{\rho U^2}{2}\left[1-\frac{1}{2}\left(\frac{\sin\theta\cos\gamma}{\chi_m\bar{\chi}+\cos\theta}\right)^2+0,014\left(\frac{\chi_m\bar{\chi}+\cos\theta}{\sin\theta\cos\gamma}\right)^2-0,007\right]\times$$

$$\times\sin^2\theta\cos^2\gamma dS = -вr(z)\frac{\rho U^2}{2}\times$$

$$\times\left[1,007\sin^2\theta\cos^2\gamma-\frac{1}{2}\frac{(\sin\theta\cos\gamma)^4}{(\chi_m\bar{\chi}+\cos\theta)^2}+0,014(\chi_m\bar{\chi}+\cos\theta)^2\right]dS.$$

Очевидно, вторым членом в квадратных скобках, по сравнению с двумя другими, можно пренебречь.[6] В результате решение распадается опять на 2 задачи

$$dM_{l2} = dM'_{l2}+dM''_{l2}, \tag{21}$$

где
$$dM'_{l2} = -1,007вr(z)\frac{\rho U^2}{2}\sin^2\theta\cos\gamma dz, \tag{22}$$

т. к. $\frac{dz}{dS}=\cos\gamma$, и

$$dM''_{l2} = -0,014вr(z)\frac{\rho U^2}{2}\left(\cos\theta+\chi_m\bar{\chi}\right)^2 dS. \tag{23}$$

Решение первой задачи (22) сводиться к уже известному решению (14) задачи (8) и имеет вид

$$2M'_{l2} = -0,577r_mвH\frac{\rho U^2}{2}(1-\cos 2\theta). \tag{24}$$

Задача (23) также легко поддается решению. Для этого на основании параболы и (20) запишем

$$\bar{z}=\frac{2z}{H}=\sqrt{1-\bar{r}}=\sqrt{1-\bar{\chi}}. \tag{25}$$

Тогда (23) приводится к виду

$$dM''_{l2} = -0,014вr_m\bar{r}\rho\frac{U^2}{2}(\cos\theta+\chi_m\bar{r})^2\frac{dz}{\cos\gamma}$$

или

$$dM''_{l2} = -0,014\frac{вH}{4}r_m\rho U^2(1-\bar{z}^2)\left[\cos\theta+\chi_m(1-\bar{z}^2)\right]^2\sqrt{1+\tfrac{9}{4}\bar{z}^2}d\bar{z} \tag{26}$$

Раскроем квадратные скобки во второй степени

$$dM''_{l2} = -0,007вr_mH\rho\frac{U^2}{2}\left[(\cos\theta+\chi_m)^2(1-\bar{z}^2)-2\chi_m\times\right.$$
$$\left.\times(\cos\theta+\chi_m)\bar{z}^2(1-\bar{z}^2)+\chi_m^2\bar{z}^4(1-\bar{z}^2)\right]\sqrt{1+\frac{9}{4}\bar{z}^2}d\bar{z} \tag{27}$$

Для интегрирования приведем (27) к виду

$$dM''_{l2} = A_0(A_1+A_2y^2+A_3y^4+A_4y^6)\sqrt{1+y^2}dy,$$

где $$y=\frac{3}{2}\overline{z},\quad A_0=-\frac{0,007}{3}вr_mH\rho U^2,\quad A_1=(\cos\theta+\chi_m)^2,$$

$$A_2=-\frac{4}{9}(\cos^2\theta+4\chi_m\cos\theta+3\chi_m^2),$$

$$A_3=\frac{16}{81}(2\chi_m\cos\theta+3\chi_m^2),\quad A_4=-\frac{64}{729}\chi_m^2.$$

Интегрирование приводит к табличным интегралам

$$I_1=2\int_0^{3/2\sqrt{0,7}}\sqrt{1+y^2}\,dy=3,12;$$

$$I_2=2\int_0^{3/2\sqrt{0,7}}y^2\sqrt{1+y^2}\,dy=1,43;$$

$$I_3=2\int_0^{3/2\sqrt{0,7}}y^4\sqrt{1+y^2}\,dy=2,36;$$

$$I_4=2\int_0^{3/2\sqrt{0,7}}y^6\sqrt{1+y^2}\,dy=3,34.$$

Пределы интегрирования ограничены значениями $\overline{z}=-\sqrt{0,7}$ и $\overline{z}=\sqrt{0,7}$ (см. 19). В результате для двухлопастной турбины имеем

$$2M_{l2}^{''}=-\frac{0,014}{3}r_mвH\rho U^2\left[3,12(\chi_m+\cos\theta)^2-1,43\frac{4}{9}(\cos^2\theta+4\chi_m\cos\theta+3\chi_m^2)+\right.$$

$$\left.+2,37\frac{16}{81}(2\chi_m\cos\theta+3\chi_m^2)-3,34\frac{64}{729}\chi_m^2\right]$$

Раскроем простые скобки и соберем подобные члены. Тогда получим

$$2M_{l2}^{''}=-\frac{0,014}{3}r_mвH\rho U^2\left(2,48\cos^2\theta+4,64\chi_m\cos\theta+2,32\chi_m^2\right).$$

Объединим с решением (24)

$$2M_{l2}=2(M_{l2}^{'}+M_{l2}^{''})=-\frac{0,014}{3}r_mвH\rho U^2\times$$

$$\times\left[0,577\frac{3}{0,014}(1-\cos2\theta)+2,48\cos^2\theta+4,63\chi_m\cos\theta+2,32\chi_m^2\right] \qquad (27)$$

Полученная зависимость выражает противодействующий момент сопротивления воздуха вращению турбины.[7] Общий вращательный момент турбины состоит из алгебраической суммы положительного (14) и отрицательного (27) моментов сил

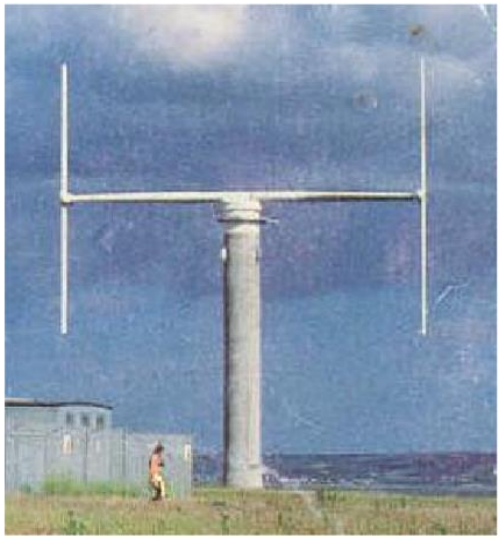
$$2M_l=2(M_{l1}+M_{l2})=\frac{0,014}{3}r_mвH\rho U^2\left\{\left[\left(\frac{0,685\sqrt{2}\pi}{2}-0,577\right)\times\right.\right.$$

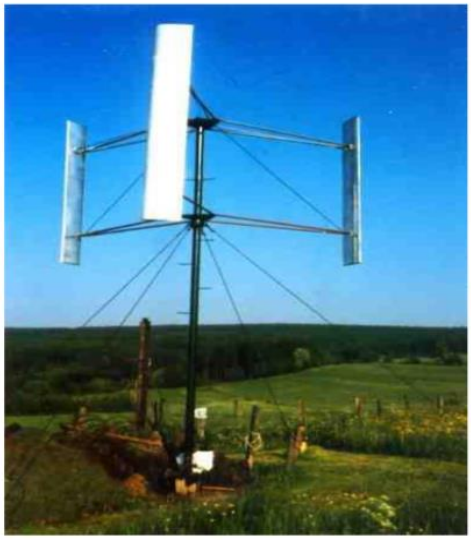
$$\left.\left.\times\frac{3}{0,014}(1-\cos2\theta)\right]-1,24(1+\cos2\theta)-4,63\chi_m\cos\theta-2,32\chi_m^2\right\} \qquad (28)$$

Среднее значение действующего на турбину вращательного момента найдем, проинтегрировав (28) от нуля до $2\pi$ и поделив на $2\pi$:

$$M_{турб}=\frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi}M_l d\theta=\frac{0,028}{3}r_mвH\rho\frac{U^2}{2}(177-2,72\chi_m^2). \qquad (29)$$

### 1.3. Вращательный момент ветротурбины





а) двухлопастная ветротурбина Дарье

б) трехлопастная ветротурбина Дарье

Активация V
активирс

**Рис.3.** – ветроагрегаты с турбинами Дарье на прямых крыльях

Действующие ветроагрегаты с турбинами Дарье на прямых крыльях показаны на рисунке 3. На первом из них турбина двухлопастная, на втором – трехлопастная.

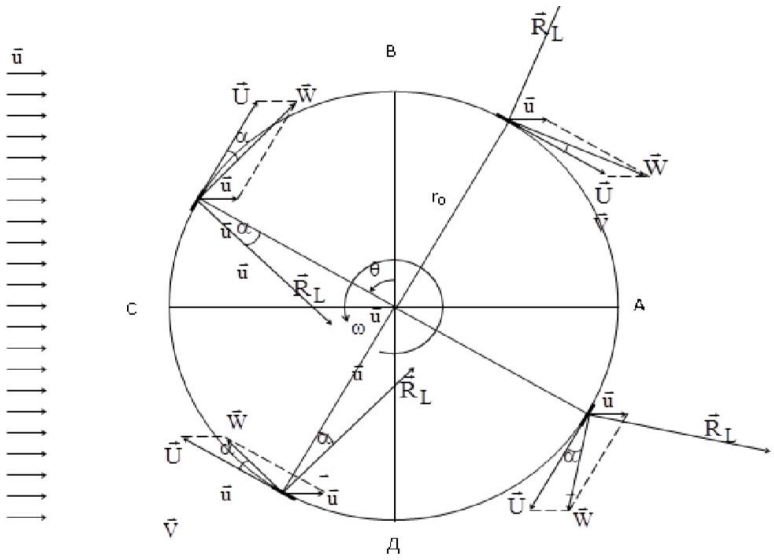



**Рис.4.** Схема вращающейся против часовой стрелки одной из рабочих лопастей ветротурбины [8]

На рисунке 4 показана в плане схема вращающейся против часовой стрелки одной из рабочих лопастей ветротурбины с некоторой угловой скоростью «$\vec{\omega}$». Каждое из показанных на рисунке 6 положений соответствует повороту лопасти на различные углы «Θ». Подъемная сила появляется в том случае, если на вращающуюся турбину натекает ветровой поток с некоторой скоростью «$\vec{U}$». В самом деле, при вращении турбины воздушная среда набегает на лопасть со скоростью, равной линейной скорости вращения последней $(\vec{W} = \vec{r} \times \vec{\omega})$. Построив векторный параллелограмм из скоростей $\vec{W}$ и $\vec{U}$, нетрудно найти результирующий вектор $\vec{V}$ - скорость атаки и угол атаки «$\alpha$».

Из теоремы косинусов следует

$$V^2 = U^2 + W^2 - 2UW\cos(\pi - \theta) = \mathrm{U}^2 + W^2 + 2UW\cos\theta.$$

Откуда получим

$$\left|\vec{V}\right| = \left|\vec{U}\right|\sqrt{1+\chi^2+2\chi\cos\theta} = \left|\vec{U}\right|\sqrt{\sin^2\theta + (\chi+\cos\theta)^2}, \tag{30}$$

где $\chi = \dfrac{|\vec{\mathrm{W}}|}{|\vec{\mathrm{U}}|}$ – коэффициент быстроходности турбины.

Для определения угла атаки воспользуемся теоремой тангенсов

$$\frac{|\vec{\mathrm{U}}|+|\vec{\mathrm{W}}|}{|\vec{\mathrm{U}}|-|\vec{\mathrm{W}}|} = \frac{tg\dfrac{\theta}{2}}{tg(\alpha - \dfrac{\theta}{2})}.$$

Вводя $\chi$ и применяя формулу тангенса для разности углов, найдем, что

$$\mathrm{tg}\,\alpha = \frac{2tg\dfrac{\theta}{2}}{\chi\left[1+tg^2(\dfrac{\theta}{2})\right]+1-tg^2(\dfrac{\theta}{2})}$$ или, принимая во внимание, что

$$\sin x = \frac{2tg\dfrac{x}{2}}{1+tg^2(\dfrac{x}{2})}, \quad \cos x = \frac{1-tg^2(\dfrac{x}{2})}{1+tg^2(\dfrac{x}{2})},$$

Получим

$$\mathrm{tg}\,\alpha = \frac{\sin\theta}{\chi+\cos\theta}. \tag{31}$$

Из формул (30) и (31) вытекают очень важные связи

$$\begin{aligned} \vec{V}\sin\alpha &= \vec{U}\sin\theta \\ \vec{V}\cos\alpha &= \vec{U}(\chi+\cos\theta) \end{aligned} \tag{32}$$

Для этого в (30) вынесем из под корня $\sin^2\theta$ и приняв во внимание (31), получим

$$|\vec{\mathrm{V}}| = |\vec{\mathrm{U}}|\sin\theta\sqrt{1+\frac{1}{tg^2\alpha}}.$$

Отсюда легко следуют равенства (32).

Формулы (30), (32) позволяют прийти к следующим заключениям:

а) так как подъемная сила $\vec{R}_l$ всегда направлена по нормали к скорости атаки $\vec{V}$, то лишь в положениях «А» и «С» (см.рисунок 6) подъемная сила отсутствует ввиду того, что $\sin\theta = 0$ и $tg\alpha = 0$, при всех остальных углах $\theta$ на лопасть действует «тянущая» сила, равная $\vec{R}_\tau = \vec{R}_l\sin\alpha$;

б) наибольшее значение $\vec{R}_\tau$ имеет место при прохождении лопастями точек «В» и «D»;

в) пара лопастей, симметрично расположенных относительно оси вращения, приводят к возникновению пары сил $(+\vec{R}_l)$ и $(-\vec{R}_D)$, создающих вращательный момент, который при перемещении лопасти от точки «А» к точке «В» возрастает и от «В» к «С» убывает (соответственно на противоположной стороне у лопасти от точки «С» к точке «D» момент силы растет и затем к точке «А» уменьшается).[9]

Как уже указывалось выше, подъемная сила крылового профиля $\vec{R}_l$ направлена перпендикулярно вектору скорости атаки $\vec{\mathrm{V}}$ и величина ее определяется формулой

$$\left|\vec{R}_l\right| = C_y(\alpha)\,\mathrm{L}\,\text{в}\,\frac{\rho V^2}{2}, \tag{33}$$

где L – длина лопасти симметричного профиля с хордой, равной в, $C_y(\alpha)$-коэффициент подъемной силы.

Вращательный момент создается тангенциальной составляющей подъемной силы, спроектированной на линию хорды профиля или, что то же самое, на касательную к окружности движения лопасти:

$$\vec{R}_\tau = \vec{R}_l \sin\alpha. \tag{34}$$

Часть этой силы компенсирует силу сопротивления воздуха движению лопасти, которая записывается в виде следующей зависимости

$$\left|\vec{R}_D\right| = C_x(\alpha)\,\mathrm{L}\,\text{в}\,\frac{\rho V^2}{2}\cos\alpha, \tag{35}$$

где $C_x(\alpha)$-коэффициент сопротивления крылового профиля. Таким образом общий момент, действующий на лопасть, равен

$$M_l = r_0\left(\left|\vec{R}_\tau\right| - \left|\vec{R}_D\right|\right) \tag{36}$$

или

$$M_l = r_0\,\mathrm{L}\,\text{в}\left[C_y(\alpha)\sin\alpha - \mathrm{C}_x(\alpha)\cos\alpha\right]\frac{\rho V^2}{2}. \tag{37}$$

Ввиду того, что в данных исследованиях использовались симметричные крыловые профили NASA 0021, коэффициенты $\mathrm{C}_x(\alpha)$ и $C_y(\alpha)$ были взяты из альбома.[10] Эти данные в интервале $0 \le \alpha \le 20^0$ хорошо описываются зависимостями

$$\mathrm{C}_y(\alpha) = \sqrt{2}\pi\sin\alpha \tag{38}$$

$$C_x(\alpha) = 0.014 + \sin^2\alpha \tag{39}$$

Подставляя последние выражения в (37), получим

$$M_l = r_0 L\,\text{в}\left[\sqrt{2}\pi\sin^2\alpha - (0.014 + \sin^2\alpha)\cos\alpha\right]\frac{\rho V^2}{2} \tag{40}$$

Вынесем $\sin^2\alpha$ из квадратной скобки, приняв во внимание (30) и (32), и перепишем следующим образом

$$M_l = r_0 L\,\text{в}\,\frac{\rho U^2}{2}\sin^2\theta\left\{\sqrt{2\pi} - \left[1 + 0.014\,\frac{\sin^2\theta + (\chi + \cos\theta)^2}{\sin^2\theta}\right]\frac{\chi + \cos\theta}{\sqrt{\sin^2\theta + (\chi + \cos\theta)^2}}\right\}$$

Нетрудно видеть, что общий момент, развиваемый лопастью, состоит из суммы положительного момента

$$M_{l1} = \sqrt{2}\pi\,\frac{\rho U^2}{2}\,r_0 L\,\text{в}\sin^2\theta \tag{41}$$

и отрицательного

$$M_{l2} = r_0 L\,\text{в}\,\frac{\rho U^2}{2}\left[1 + 0.014\,\frac{\sin^2\theta + (\chi + \cos\theta)^2}{\sin^2\theta}\right]\frac{\chi + \cos\theta}{\sqrt{\sin^2\theta + (\chi + \cos\theta)^2}}. \tag{42}$$

Раскроем квадратные скобки в последнем выражении и после простых преобразований приведем к удобному для дальнейшего анализа виду

$$M_l = r_0 L \text{в} \frac{\rho U^2}{2} \sin^2\theta \left[ \sqrt{2\pi} - \frac{1}{\sqrt{1+(\frac{\sin\theta}{\chi+\cos\theta})^2}} - 0.014(\frac{\chi+\cos\theta}{\sin\theta})^2 \sqrt{1+(\frac{\sin\theta}{\chi+\cos\theta})^2} \right].$$

Предпочтительные значения коэффициента использования энергии ветра $(\xi)$ турбины Дарье находятся в интервале $3 \le \chi \le 5.5.$ Исходя из этого, следует принять, что при номинальной работе ветроагрегата Дарье величина $(\frac{\sin\theta}{\chi+\cos\theta})^2$ □ 1. Последнее обстоятельство позволяет разложить члены с подкоренными выражениями в ряд по малому параметру и ограничиться его первыми двумя членами:

$$M_l = r_0 L \text{в} \frac{\rho U^2}{2} \sin^2\theta \left[ \sqrt{2\pi} - 1 + \frac{1}{2}(\frac{\sin\theta}{\chi+\cos\theta})^2 - 0.014(\frac{\chi+\cos\theta}{\sin\theta})^2 - 0.007 \right].$$

Таким образом, в случае двухлопастной турбины Дарье с прямыми рабочими крыльями момент, создаваемый парой сил, выразится равенством

$$2M_l = r_0 L в \rho U^2 \left[ (\sqrt{2\pi} - 1.007)\sin^2\theta + \frac{\sin^2\theta}{2}(\frac{\sin\theta}{\chi+\cos\theta})^2 - 0.014(\chi+\cos\theta)^2 \right].$$

Проведя оценку, следует заключить, что второй член в квадратных скобках составляет долю процентов от других двух членов, и им можно пренебречь. В результате, момент пары сил в зависимости от угла поворота турбины $(\theta)$ будет иметь для $\chi \ge 3$ вид

$$2M_l = r_0 L \text{в} \frac{\rho U^2}{2} \left[ 3.42\sin^2\theta - 0.014(\chi+\cos\theta)^2 \right]. \quad (43)$$

Полный вращательный момент двухлопастной ветротурбины Дарье за один оборот найдем, проинтегрировав зависимость (43) от 0 до $2\pi$

$$M_{турб} = \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} M_l d\theta = \frac{r_0 L}{\pi} в \frac{\rho U^2}{2} \left[ 3.42\int_0^{2\pi} \sin^2\theta d\theta - 0.014\chi^2 \int_0^{2\pi} d\theta - 0.028\chi \int_0^{2\pi} \cos\theta d\theta - 0.014 \int_0^{2\pi} \cos^2\theta d\theta \right]$$

Итак, в окончательной форме получим [11]

$$M_{турб} = r_0 L \text{в} \frac{\rho U^2}{2}(3.406 - 0.028\chi^2). \quad (44)$$

Отсюда видно, что развиваемый подъемной силой вращательный момент на порядок выше силы сопротивления воздушной среды движению лопастей.

**Заключение**

В данной статье приведены результаты определения вращательного момента прямолопастного ветроагрегата. В результате определения вращательного момента двухлопастной турбины Дарье выяснилось что, развиваемый подъемной силой вращательный момент на порядок выше силы сопротивления воздушной среды движению лопастей. Вращательный момент увеличивается с увеличением силы ветра, в то время как скорость вращения остается неизменной. В итоге генерируется дополнительная механическая мощность. Однако это также означает, что генератор может производить больше электроэнергии. Доказано, что нет генерации энергии без вращения, следовательно, нет мощности без угловой скорости и вращательного момента. Вращательный момент. Таким образом создаваемый лопастями ротора, всегда должен быть очень высоким для создания достаточной электрической мощности.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Statistical Review of World Energy June 2014.xlsx // BP: Energy economics) http://www.bp.com/statisticalreview.

[2] Каргиев В.М., Мартиросов С.Н., Муругов В.П., Пинов А.Б., Харитонов В.П. Ветроэнергетика. – М.: ОНИКС, 2001. – 105 с.

[3] Харитонов В.П. Состояние и развитие ветроэнергетики // Механизация электрификация сел. хоз-ва. – 1991. – №4. – С. 13-21.

[4] Ермоленко Б. В., Ермоленко Г. В., М. А. Рыженков. Ветроэнергетика окружающая среда//Энергия: экономика, техника, экология. – 2011. –№8. – С.15–19.

[5] Thayer RL, Hansen H. Wind on the land: renewable energy and pastoral scenery vie for dominance in the siting of wind energy developments // Landscape Architecture – 1988; –78: – p. 90–99.

[6] Дубровина И.В., Гилюс А.Ю. Об использовании ветроэнергетических агрегатов и аккумуляторов теплоты в системах теплоснабжения // Энергетик. –1990. - № 11. – С. 17-20.

[7] Турян К. Дж., Стриклэнд Дж., Х., Бэрг Д.Э. Мощность ветроэлектрических агрегатов с вертикальной осью вращения // Аэрокосмическая техника. 1988. № 8. - С. 85-93.

[8] Безруких П.П., Стребков Д.С. Возобновляемая энергия: стратегия, ресурсы, технологии. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2005. – 125 с.

[9] Smith S. W., The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing, San Diego, CA: California Technical Publishing, – 2006.

[10] Климов Ю.И. Перспективы развития ветроэнергетики // Атом. Техника за рубежом. – 1991. - №3. – С. 11-13.

[11] Кошкин Н.Л. Состояние и перспективы развития ветроэнергетики в стране // Теплоэнергетика. – 1992.- №4. – С. 30-31.

Манатбаев Р.К., Бердибеков Д.Н.

**Түйіндеме**: Мақалада тік жұмыс қанатты екі қалақшалы Дарье жел трубинасына зерттеу жүргізілген. Екі қалақшалы Дарье жел трубинасының айналу моментін анықтау нәтижесінде, көтеру күшімен артатын айналу моменті, әуе кеңістігінде қалақшалардың қозғалысына кедергі күштен айтарлықтай жоғары екені анықталды.

**Түйінді сөздер**: Дарье жел трубинасы, тік қалақшалы жел агрегаты, жел энергиясы.

UDC 519.24; 53; 57.017

**[1]V.I. Volchikhin, [2]A.I. Ivanov, [3]B.B. Akhmetov, [4]Zh.K. Alimseitova**

([1] Penza State University, Penza, Russia
[2] Penza Scientific Research Electrotechnical Institute, Penza, Russia
[3] Yessenov University, Aktau, Kazakhstan
[4]Almaty University of Energy and Communications, Almaty, Kazakhstan
E-mail: ivan@pniei.penza.ru, berik.akhmetov@yu.edu.kz, zhuldyz_al@mail.ru)

## MATHEMATICAL A CHI-SQUARE PEARSON'S MOLECULE WITH THREE ORBITALS, THE PROSPECT OF ITS USE FOR CHECKING STATISTICAL HYPOTHESES ON SMALL SELECTIONS

**Abstract.** The purpose of work is strengthening of power of a Chi-square criterion on small selections. Relevance is caused by the facts that given to biometrics and others aren't enough some other practical applications for the classical statistical analysis. It is offered to use means of simulation modeling and to numerically receive frequency curve of values a Chi-square criterion for small selections. In case of synchronization of intervals of the histogram with mathematical expectation of selection a range of statuses the Chi-square becomes the discrete. At calculations it is possible to support effect of quantum superposition of the analyzed data, using ordinary computers. Unlike the continual and quantum Schrödinger equations, the continual and quantum Pearson equations were much more convenient for realization program methods of continual and quantum superposition. The assumption is made that it is possible to create the amplifier the Chi-square criterion allowing increasing its power several times. The number of the intermediate data of such continual and quantum calculator for selection of 16 examples is counted.

**Key words:** quantum superposition, Chi-square Pearson's criterion, discrete range of states, statistical analysis of small selections.

**Classical statistics of continuous distributions of Pearson's Chi-square.** The Chi-square criterion has been offered by Karl Pearson in 1900 and in essence is the base of modern mathematical statistics [1, 2]. The Chi-square criterion is the property, major for practice, simplicity of his calculation:

$$\chi^2 = N \cdot \sum_{i=1}^{k} \frac{\left(\frac{b_i}{N} - P_i\right)^2}{P_i} \quad (1),$$

where N – amount of test selection, k – number of intervals of the histogram, $P_i$ - the theoretical probability of falling into i-th interval of the histogram, $b_i$ - the frequency of appearance of data in the i-th interval of the histogram.

Popularity of a Chi-square criterion is caused by the fact that for big selections Karl Pearson found the analytical description of the distribution law of values of this criterion:

$$p(\chi^2) = \frac{1}{2^{\frac{m}{2}}\Gamma\left\{\frac{m}{2}\right\}} \cdot x^{\left(\frac{m}{2}-1\right)} \cdot \exp\left\{\frac{-x}{2}\right\} \quad (2),$$

where *m* is the number of degrees of freedom, $\Gamma\{\cdot\}$ - gamma function.

As we know number of experiences - N, we have an opportunity, to choose number of intervals of the histogram – k = by round (N/5) and, respectively, to define number of degrees of freedom – m=k-3. As a result, having used a ratio (2), we can find confidential probabilities of adoption of this or that statistical decision [1, 2].

**Problem of small selections of statistical data.** The main problem with the Chi-square criterion is that Pearson found the asymptotic solution (2), applicable for large samples. Usually applying the asymptotic decision (2), ones try to use the selections having from 200 to 400 experiences. In this case it is possible to estimate rather reliably probabilities of errors of the first and second sort $P_1 \approx P_2 \approx P_{EE} \approx 0.01$.

It is obvious that in real life there are many situations, when to get hundreds of experiences technically and/or organizationally are impossible. Such situations regularly arise in economics, medicine, biometrics, biology, chemistry.... Most sharply the situation develops in biometrics [3, 4] for which the probability of errors of the first sort (erroneous denial of access "Its") makes $P_1 \approx 0.05$ at admissible probability of errors of the second sort (incorrect pass "Alien") $P_2 \approx 0.00001$

The strictest requirements on quality control of biometrics are imposed in Russia, after each training of the neural network converter biometrics code, it is necessary to hold its automated testing [5]. This task becomes difficult if you focus on the power of the Chi-square criterion. When testing Converter, the user will have to enter about 100 examples of a biometric image "Own", which greatly reduces the ergonomic appeal of neural network converters. For testing of probability of errors of second kind it is required to store the basis of images "Alien" containing up to one million examples. Last the biometry code leads to essential growth of requirements to memory size of the entrusted transformer processor.

These problems aren't new. Their active discussion is conducted since 1901 on pages of the mathematic and statistical journal "Biometrika" which editor was Karl Pearson from 1906 to 1936. In many respects, forces of this authoritative scientific journal have succeeded to create about one hundred not parametrical statistical criteria [6, 7] which power surpasses by two-three times the power of a Chi-square criterion.

Nevertheless, results of all of statistical criteria known today aren't comparably worse than results of the person expert. Some people are capable to calculate reliably at the subconscious level right actions in gambling, having data on the cards and cards which have left a game. Such people are so few, however they are existed. The casino tries to neutralize such players, entering a number of organizational and technical actions. For example, the security service of casino will organize a compromise of too "happy" players, limiting further their access to a gambling table through "face control".

We will try to show in this article that "happy" players overcome huge computing difficulties, organizing quantum calculations at the subconscious level. Natural and artificial neural networks [8] were very convenient for support of effects of quantum superposition.

**Mathematical molecule of Pearson's Chi-square.** Classic quantum computation [9] and quantum computing neural networks of the subconscious of the player cards [8] have much in common. In this regard, by analogy with the planetary model of the hydrogen molecule, we introduce the mathematical molecule of interest. Both of these structures are illustrated by Figure 1.

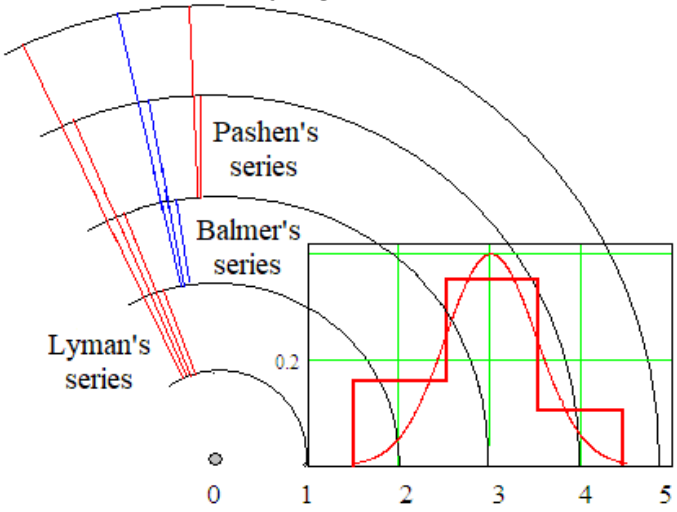



**Figure 1** - Planetary model of the hydrogen molecule, is based on the hypothesis of the normal distribution of the values of the continuum state of the electron, quantization of data for 3 orbits (3 columns in the histogram of Pearson's mathematical molecules)

In planetary model of atom of hydrogen the electron radiates light photon, jumping from one orbit on another. As a result the range (absorption, radiations) hydrogen contains lines (a series of lines). In the left part of the Figure 1 are shown the corresponding names of series of lines of a range of hydrogen.

The mathematical molecule of Pearson shouldn't correspond to physical reality precisely. It corresponds to some approach of physical processes according to which the speed of electrons of a molecule has normal distribution of values, the number of orbits is equal to six and corresponds to the histogram of distribution of speeds of electrons with six intervals. In total mathematical molecule has number of electrons equal to number of experiences in the test selection subjected to the statistical analysis.

It is obvious that such mathematical molecules there must be many. We will be interested only in mathematical molecules of Pearson corresponding to small test selections for which the limit analytical description (2) very badly works.

Synthesizing a mathematical molecule, we have replaced electrons with number of experiences and function of spatial and wave quantization of the Schrödinger equation with simpler function of spatial quantization of data, classical creation of histograms. At the same time the equations corresponding to these two designs of molecules have to keep semblance.

**Discrete character of a range of states of Pearson's Chi-square molecules for small selections.** It is necessary to mark that in case of large volumes of selection a Chi-square criterion has many statuses and its range can be really considered as the continuous. However situation changes when the volume of selections disastrously falls [9, 10, 11]. One of the reasons for which it wasn't possible to watch the discrete character of a range earlier, consists in absence of synchronization between columns of the histogram and sample characteristics. Usually there realize rating of the experimental data and find an interval between the maximum and minimum value in test selection. Further, ones calculate interval width for the normalized histogram. In our case we will calculate width of three columns of the histogram on the following formula:

$$\Delta = \frac{6 \cdot \sigma(x)}{3} \qquad (3).$$

We will realize synchronization of data through a binding of the minimum value of selection to the right boundary of an extreme right interval of the histogram. That is, we will set boundaries of intervals of the histogram as follows:

$$\{\min(x),\ \min(x)+\Delta,\ \min(x)+2\Delta\} \quad (4).$$

Then Pearson's molecule with 9 electrons having the normal distribution law will have a discrete range with 64 possible discrete conditions displayed in the upper part of the Figure 2.

Apparently from the lower part of the figure 2, a range of conditions of the Chi-square molecule has only 13 conditions if the continuum of internal states has the uniform distribution law of values.

Seven most powerful spectral components of a Chi-square molecule with a uniform internal range are noted by figures of values a Chi-square in the lower part of the Figure 2, they appear with probability 0.965 (probability of an error of the first sort P1=0.045). The same spectral components a Chi-square molecule for the normal law of distributions of internal state appear with probability 0.329 (probability of an error of the second sort P2=0.671).

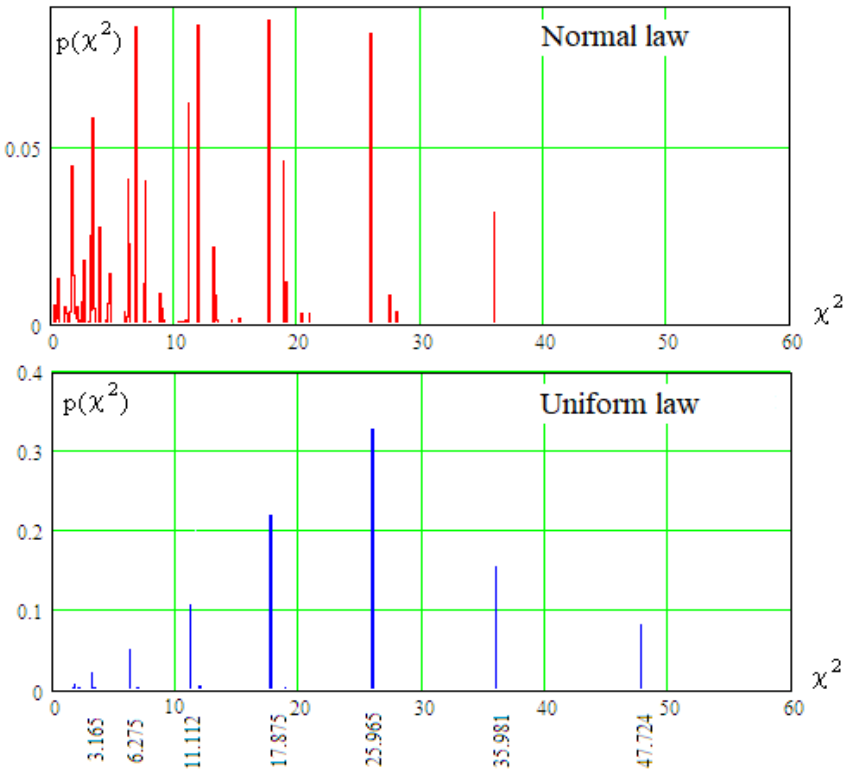



**Figure 2** - Ranges of conditions a molecule chi-square with the normal and uniform distribution laws of a continuum of 9 conditions on 3 levels

Obviously, increasing the number of experiments in the analyzed sample allows complicating the range of conditions Chi-square molecules and simultaneously reduces the likelihood of errors of statistical hypothesis testing. In Figure 3 the spectra of the Chi-square molecules with 16 electrons randomly placed in 3 orbitals.

Increase gives numbers of examples in selection to 16 examples to the insignificant growth of power of the spectral states noted in the lower part of the Figure 3. At the same time the probability of emergence of 13 states makes 0.991 (probabilities of errors of the first sort P1=0.009).

If to consider emergence of one of these 13 conditions detection of the uniform law, then emergence of any other condition for the normal law will arise with probability 0.321 (probability of an error of the second sort P2=0.679).

The decisive rule considered above is primitive; however it allows finding assessment of equiprobable mistakes as a first approximation. They are comparable:

$$\frac{0.045+0.671}{2}=0.358>0.344=\frac{0.009+0{,}679}{2} \quad (5).$$

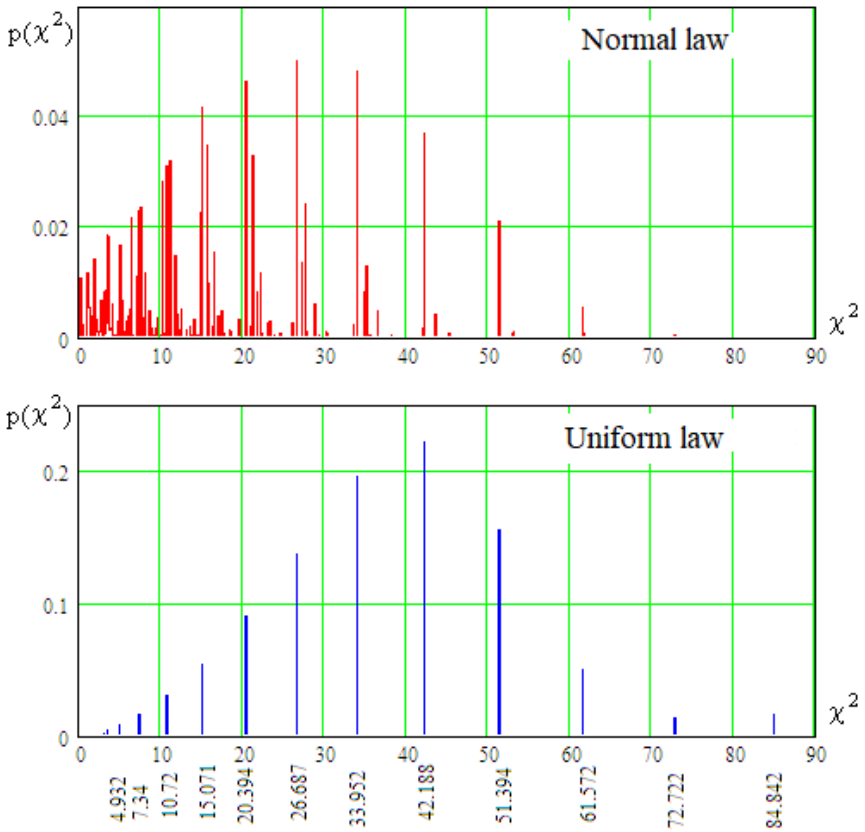



**Figure 3** - Ranges of conditions a molecule Chi-square with the normal and uniform distribution laws of a continuum of 16 conditions on 3 levels

As a first approximation we received confirmation of the known fact about a low performance a Chi-square criterion for single acyclic computing procedures long ago. Almost double increase in small test selection from 9 to 16 experiences leads to decrease in an equiprobable mistake $P_1 \approx P_2 \approx P_{EE}$ approximately for 5%. To make a mistake acceptable it is necessary to increase the amount of test selection repeatedly. In this respect acyclic quantum computers have opportunities comparable to the acyclic machines considering a range a Chi-square criterion as continuous [13, 14].

**Cyclic continual quantum computers for creation of ranges on small selections.** If one asks a person to compare the spectra in the upper and lower parts of Figure 3, he will never messed up. That is, the probability of error is almost zero. The same applies to the spectra of Figure 2, for a person expert these spectral images are completely different. That is, we can pre-train the two neural networks to recognize two different images, using the data of 200,000 experiments [4]. Further, when a smaller number of experiments we can perform the output of the first and second neural networks and to solve, how we analyze the distribution close to normal or uniform.

In this case we proceed from the size of the test sample in 16 examples. In this case, the full test samples, you can get quite a lot of private sub-samples of smaller size for 9 experiments $C_{16}^{9} = 11440$. If we use the other subsample, we get:

$$C_{16}^{9} + C_{16}^{8} + C_{16}^{7} + C_{16}^{6} + C_{16}^{5} + C_{16}^{4} + C_{16}^{3} + C_{16}^{2} + C_{16}^{1} = 26\,332 \quad (6).$$

If all 26 332 would be independent, then the probability of error would be negligible, however, the independence of data obtained from one sample are not possible. However, using 26 332 experiences, we can build the spectra of the output states, similar to the spectra shown in Figures 2 and 3 and train on these images an artificial neural network [4]. Strong correlations in source data do not hinder, but help recognition [8].

**The quantum superposition in the analysis of the spectrum of the Chi-square molecules.** Consider the most powerful spectral components of Figure 2, the same value of Chi-square test for normal and uniform distribution. Data spectral components for a sample of 9 experiments are given in table 1. In Table 2 the data of spectral components for a sample of 16 experiments.

Table 1 - **The parameters of the spectral components for the Chi-square molecule with 3 orbital and 9 electrons (experiments)**

| $\chi^2$ | 3.165 | 6.275 | 11.112 | 17.875 | 25.965 | 35.981 | 47.724 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| The number of electrons in orbit | $\begin{pmatrix}3\\6\\0\end{pmatrix}$ | $\begin{pmatrix}4\\5\\0\end{pmatrix}$ | $\begin{pmatrix}5\\4\\0\end{pmatrix}$ | $\begin{pmatrix}6\\3\\0\end{pmatrix}$ | $\begin{pmatrix}7\\2\\0\end{pmatrix}$ | $\begin{pmatrix}8\\1\\0\end{pmatrix}$ | $\begin{pmatrix}9\\0\\0\end{pmatrix}$ |
| P | Normal distribution | | | | | | |
| | 0.026 | 0.042 | 0.067 | 0.085 | 0.080 | 0.03 | 0.0001 |
| P | Uniform distribution | | | | | | |
| | 0.020 | 0.050 | 0.114 | 0.210 | 0.328 | 0.158 | 0.087 |

Table 2 - **The parameters of the spectral components for the Chi-square molecule with 3 orbitals and 16 electrons (experiments)**

| $\chi^2$ | 15.071 | 20.392 | 26.687 | 33.952 | 42.188 | 51.394 | 61.572 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| The number of electrons in orbit | $\begin{pmatrix}8\\8\\0\end{pmatrix}$ | $\begin{pmatrix}9\\7\\0\end{pmatrix}$ | $\begin{pmatrix}10\\6\\0\end{pmatrix}$ | $\begin{pmatrix}11\\5\\0\end{pmatrix}$ | $\begin{pmatrix}12\\4\\0\end{pmatrix}$ | $\begin{pmatrix}13\\3\\0\end{pmatrix}$ | $\begin{pmatrix}14\\2\\0\end{pmatrix}$ |
| P | Normal distribution | | | | | | |
| | 0.044 | 0.042 | 0.05 | 0.046 | 0.026 | 0.034 | 0.0004 |
| P | Uniform distribution | | | | | | |
| | 0.043 | 0.092 | 0.143 | 0.213 | 0.216 | 0.168 | 0.047 |

It should be noted that the formation of histograms of the distribution of data inside Chi-square molecules is one of the variants of realization of the procedures of quantization [15]. In this regard, can be used methods of statistical description of neural network converters biometrics code [4, 8].

To formalize feasible translation decimal description of histograms in the binary form:

$$\begin{pmatrix}8\\8\\0\end{pmatrix} \equiv \begin{pmatrix}1000\\1000\\00\end{pmatrix};\quad \begin{pmatrix}9\\7\\0\end{pmatrix} \equiv \begin{pmatrix}1001\\0111\\00\end{pmatrix};\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots;\ \begin{pmatrix}14\\2\\0\end{pmatrix} \equiv \begin{pmatrix}1110\\0010\\00\end{pmatrix} \quad (7).$$

After this transformation we can use Dirac brackets and write them using the quantum superposition of molecules Pearson with a uniform continuum of internal states:

$$|\Psi\rangle = \sqrt{0.216}\cdot|1100\ 0100\ 00\rangle + \sqrt{0.213}\cdot|1011\ 0101\ 00\rangle + \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (8),$$

where the order of superposition in the members record (8) is determined by the capacity of the considered spectral components.

The number of spectral components in the superposition (8) depends on the number of experiments (the number of electrons in three orbitals) and the form of the distribution of values. Graphs of the number of components of the quantum superposition are shown in Figure 4.

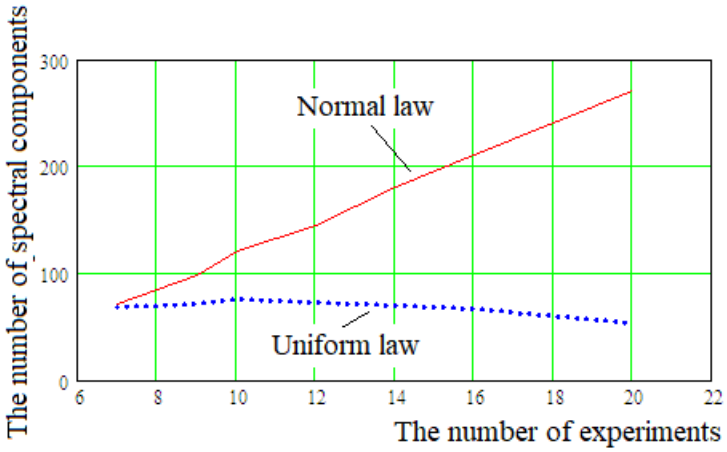



**Figure 4** - Almost linear growth of number of spectral components for the normal distribution law of values

The figure shows that the number of the spectral components of the normal law of value distribution increases linearly with the increase in the number of experiments. For a uniform distribution law, the number of components of the quantum superposition remains approximately the same when increasing the number of experiments.

The power of spectral components for uniform law is mainly concentrated in the first 13 elements of a quantum superposition (Figure 5). To describe the Chi-square molecules with the normal continuous-in 9 experiments, the quantum superposition must consider about 50 components. At 16 experiences it is necessary to consider about the 95th component of quantum superposition for a Chi-square molecule with a normal continuum of internal states.

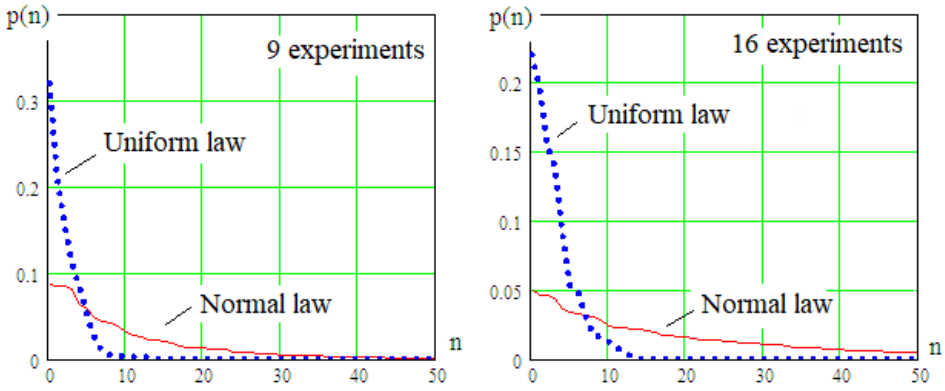



**Figure 5** - Distribution of power of coefficients of quantum superposition for different number of experiences (number of electrons a Chi-square molecule)

The most important element of the description of quantum superposition is the definition of pairwise correlation coefficients and the coefficients of correlation of higher order between the states of bits of codes. To find the values of these parameters is possible, if we use the probabilities of occurrence for each of the detected code conditions:

$$\begin{cases} P(\text{"1100 0100 00"}) = 0.216 \\ P(\text{"1011 0101 00"}) = 0.213 \\ P(\text{"1101 0011 00"}) = 0.168 \\ \text{::::::::::} \ \text{::::::::::} \ \text{::::::::::} \ \text{::::::::::} \end{cases} \quad (9).$$

Having probabilities of emergence of states "0" and "1" in each of 10 categories of a code we can calculate probabilities of P("0"), P("1") for each of categories. Also we can calculate correlation communications between any categories. The full correlation matrix of relationships between the digits is some equivalent quantum entangled data of the problem being solved. In turn, any correlation matrix can be symmetrizable [16, 17], which is equivalent to the symmetrization of the quantum superposition (8) or Pearson's Chi-squared molecules.

It should be emphasized that the quantum superposition and quantum entanglement are two ways of formalizing quantum computational tasks. The correct ratio of these multidimensional parameters is very important to ensure when training artificial neural networks that later will solve multi-dimensional task.

There are two ways of correct assignment ratio of quantum superposition and quantum coherence. The first path is the full formalization of the real problem and bringing it to formal representations of the form (8) and (9). The second way is to reject the full formalization of the problem. In this case, we need real examples of the partial images and a robust algorithm for the training of two neural networks, sharing two images of two different spectra. Multidimensional images of the spectra already contain the necessary amount of correct information.

**Conclusion.** The discrete range of statuses of a Chi-square molecule does this mathematical construction perspective for creation of the quantum calculators oriented on operation with small test selections. Presumably use of the perspective quantum amplifier of power a Chi-square of criterion will allow to lower requirements to test selection from 2000 examples to 20 examples when saving the same probabilities of errors of the first and second kinds.

Another important point of discussed topics is that of a three-level Pearson molecule is an analog of the physically existing molecules of hydrogen. That is, the Pearson equations (1) and (2) and the Schrödinger equation are topological analogues. However, the continuum quantum Pearson's Chi-squared equation is much easier to implement a quantum computer than the Schrödinger equation. To simulate the Schrodinger equation with 9 and 16 electrons much more complicated than to model Pearson Chi-square equations.

The fact that Schrodinger's equation was able to build more convenient to implement a mathematical counterpart in the form of Pearson equations is an important step in the design of advanced quantum computers.

REFERENCES

[1] Abezgauz G.G., Tron' A.P., Kopenkin Yu.N., Korovina I.A. Spravochnik po veroyatnostnym raschyotam. - M.: Voyenizdat, 1970, p.536.

[2] P 50.1.037-2002 Rekomendatsii po standartizatsii. Prikladnaya statistika. Pravila proverki soglasiya opytnogo raspredeleniya s teoreticheskim. Chast' I. Kriterii tipa $\chi 2$. Gosstandart Rossii. – Moskva, 2001, p.140.

[3] Boll Rud, a.o. Rukovodstvo po biometrii. / Boll Rud, Konnel Jonatan Kh., Pankanti Sharat, Ratkha Nalini K., Senior Endryu U. // Moskva: Tekhnosfera, 2007. – p.368.

[4] Yazov Yu.K. i dr. Neyrosetevaya zashita personal'nykh biometricheskikh dannykh. // Yu.K.Yazov (editor and author), co-authors: V.I.Volchikhin, A.I.Ivanov, V.A.Funtikov, I.G.Nazarov // M.: Radiotekhnika, 2012. P.157 IBSN 978-5-88070-044-8.

[5] GOST R 52633.0-2006 "Zashita informatsii. Tekhika zashity informatsii. Trebovaniya k sredstvam vysokonadezhnoy biometricheskoy autentifikatsii".

[6] Kobzar' A.I. Prikladnaya matematicheskaya statistika. Dlya injenerov I nauchnykh rabotnikov. - M.: PHIZMATLIT, 2006, p.816

[7] R 50.1.037-2002 Prikladnaya statistika. Pravila proverki soglasiya opytnogo raspredeleniya s teoreticheskim. Chast' II. Neparametricheskiye kriterii. Gosstandart Rossii. - Moskva – 2002, p.123.

[8] Ivanov A.I. Mnogomernaya neyrosetevaya obrabotka biometricheskikh dannykh s programmnym vosproizvedeniyem effektov kvantovoy superpozitsii. - Penza: Izdatel'stvo AO "PNIEI", – 2016, p.133 Free access http://пниэи.рф/activity/science/BOOK16.pdf

[9] Nil'son M., Chang I. Kvantoviye vychisleniya i kvantovaya informatsiya. - M.: Mir. 2006. P.821

[10] Akhmetov B.B., Ivanov A.I., Serikova N.I., Funtikova Yu.V. Diskretniy kharakter zakona raspredeleniya khi-kvadrat kriteriya dlya malykh tekstovykh vyborok // Vestnik Natsional'noy akademii nauk Resupliki Kazakhstan – Almaty, 2015. № 1. P. 17-25.

[11] Ivanov A.I. Kvantoviye komp'yutery: proshloe, nastoyashee, budushee. // "Zashita informatsii. INSAID" № 2 2015. P. 29-32.

[12] Kulagin V., Ivanov A., Gazin A., Akhmetov B. Tsiklicheskoye kontinual'no – kvatoviye vychisleniya: usileniye mosh'nosti khi-kvadrat kriteriya na malykh vyborkakh. // Analitika №5, 2016 (30), p. 22-29.

[13] Akhmetov B.B., Ivanov A.I. Otsenka kachestva maloy vyborki biometricheskikh dannykh s ispol'zovaniyem bolee ekonomichnoy formy khi-kvadrat kriteriya. // Nadezhnost'. №2 (57) – 2016. P. 43-48, DOI: 10.21683/1729-2640-2016-16-2-43-48.

[14] Ivanov A.I., Gazin A.I., Vyatchanin S.E., Perfilov K.A. Sravneniye mosh'nosti khi-kvadrat kriteriya i kriteriya Kramera-fon Mezisa dlya malykh tekstovykh vyborok biometricheskikh dannykh. //"Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh sistem" №2, 2016 p. 67-73.

[15] Volchikhin V.I. Perspektivy ispol'zovaniya iskusstvennykh neyronnykh setey s mnogourovnevymi kvantovatel'yami v tekhnologii biometriko-neyrosetevoy autentifikatsii. / V.I.Volchikhin, A.I.Ivanov, V.A.Funtikov, E.A.Malygina // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Tekhnicheskiye nauki. 2013, №4(28) P. 88 – 99.

[16] Akhmetov B.B., Ivanov A.I. Mnogomerniye statistiki sush'estvenno zavisimykh biometricheskikh dannykh, porozhdaemiye neyrosetevymi emulyatorami kvadratichnykh form: Monografiya. -Kazakhstan – Almaty: LEM Publishing House, 2016. p.86.

[17] Volchikhin V.I., Akhmetov B.B., Ivanov A.I. Bystriy algoritm simmetrizatsii korrelyatsionnykh svyazey biometricheskikh dannykh vysokoy razmernosti. //Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Tekhnicheskiye nauki. – Penza: PGU, No.1, 2016 p. 3-7.

Волчихин В.И., Иванов А.И., Ахметов Б.Б., Алимсеитова Ж.К.

**Математическая хи-квадрат молекула пирсона с тремя орбиталями, перспектива ее использования для проверки статистических гипотез на малых выборках**

**Аннотация:** Целью работы является усиление мощности хи-квадрат критерия на малых выборках. Актуальность обусловлена тем, что данных биометрии и других ряда других практических приложений для классического статистического анализа недостаточно. Предложено воспользоваться средствами имитационного моделирования и численно получать плотность распределения значений хи-квадрат критерия для малых выборок. При синхронизации интервалов гистограммы с математическим ожиданием выборки спектр состояний хи-квадрат становится дискретным. При вычислениях удается поддерживать эффект квантовой суперпозиции анализируемых данных, применяя обычные компьютеры. В отличие от континуально-квантовых уравнений Шредингера, континуально-квантовые уравнения Пирсона, оказались гораздо более удобными для реализации программными методами континуально-квантовой суперпозиции. Сделано предположение, что возможно создать усилитель хи-квадрат критерия, позволяющий увеличить его мощность в несколько раз. Дан подсчет числа промежуточных данных такого континуально-квантового вычислителя для выборки из 16 примеров.

**Ключевые слова:** квантовая суперпозиция, хи-квадрат критерий Пирсона, дискретный спектр состояний, статистический анализ малых выборок.

Волчихин В.И., Иванов А.И., Ахметов Б.Б., Алимсеитова Ж.К.

**Үш орбиталді пирсонның математикалық хи-квадрат молекуласы, оны шағын іріктемелерде статистикалық болжамдарды тексеру үшін қолдану болашағы**

Жұмыстың мақсаты шағын іріктемелерде хи-квадрат критерийдің күшін нығайту. Өзектілігі биометрияның және басқа да практикалық қосымшалардың деректері классикалық статистикалық талдау үшін жеткіліксіздікпен шартталады. Шағын іріктемелер үшін имитациялық модельдеу құралдарын қолдана отырып хи-квадрат критерий мәндерінің таралу тығыздығын сан ретінде алу ұсынылған. Гистограмманың интервалдарын іріктеменің математикалық күтуімен синхронизациялау кезінде хи-квадрат күйлерінің спектірі дискретті болады. Есептеулер кезінде талданатын деректердің кванттық суперпозиция эффектін кәдімгі компьютерлерді қолданып қолдауға мүмкіндік пайда болады. Континуалды-кванттық суперпозиция ны бағдарламалық әдістермен жүзеге асыру үшін Шредингердің континуалды-кванттық теңдеулеріне қарағанда Пирсонның континуалды-кванттық теңдеулері әлдеқайда ыңғайлы болып шықты. Хи-квадрат критерийдің күшін бірнеше ретке жоғарлататын күшейткішті жасауға болатыны туралы болжам жасалған. 16 мысалдан тұратын іріктеме үшін сондай континуалды-кванттық есептеуіштің аралық деректер санын есептеу берілген.

**Кілттік сөздер.** кванттық суперпозиция, Пирсонның хи-квадрат критерийі, күйлердің дискреттік спектрі, шағын іріктемелердің статистикалық талдауы.

УДК 681.3

**[1]Y.P. Yatsenko, [1]N.V. Hritonenko, [3]A.S. Boranbaev, [4]S.N.Boranbaev**
([1]Houston Baptist University, Houston, USA
[2]Prairie View A&M University, Prairie View, USA
[3]Nazarbayev University, Nur-Sultan, Kazakhstan
[4]L.N. Gumilev Eurasian National University, Astana, Kazakhstan
**E-mail:** yyatsenko@hbu.edu**,** nahritonenko@pvamu.edu**,**
aboranbayev@nu.edu.kz, sboranba@yandex.kz)

## STUDY OF THE LINKS BETWEEN THE MODELS OF ASSET SUBSTITUTION UNDER ARBITRARY TECHNOLOGICAL CHANGES AND UNCERTAIN COST

**Abstract:** The article is devoted to the study of the relationship between the models of asset replacement with arbitrary technological changes and uncertain value. Changes in technology affect the cost of operation and the cost of replacement in different ways, resulting in different periods of successive asset replacement cycles. At the same time, based on the available information about the future dynamics of costs, it is necessary to optimize the chain of successive asset replacements. A new multi-cycle algorithm converging to the infinite horizon solution is proposed for making such substitutive decisions. The important qualitative properties of the obtained optimal strategies to replace the uneven life cycle are investigated, practical recommendations are given.

**Key words:** capital asset; optimization; method; algorithm; technological development; costs; replacement; update.

**[1]Ю.П. Яценко, [2]Н.В. Хритоненко, [3]А.С. Боранбаев, [4]С.Н. Боранбаев**
([1]Houston Baptist University, Houston, USA
[2]Prairie View A&M University, Prairie View, USA
[3]Nazarbayev University, Nur-Sultan, Kazakhstan
[4]Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Республика Казахстан
**E-mail:** yyatsenko@hbu.edu**,** nahritonenko@pvamu.edu**,**
aboranbayev@nu.edu.kz, sboranba@yandex.kz)

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ МОДЕЛЯМИ ЗАМЕНЫ АКТИВОВ ПРИ ПРОИЗВОЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЯХ И НЕОПРЕДЕЛЕННОЙ СТОИМОСТИ

**Аннотация:** Статья посвящена исследование связей между моделями замены активов при произвольных технологических изменениях и неопределенной стоимости. Изменения в технологиях влияют на стоимость эксплуатации и стоимость замены различными способами, что приводит к разным срокам последовательных циклов замены актива. При этом, на основании имеющейся информации о будущей динамике затрат, необходимо оптимизировать цепочку последовательных замен активов. Для принятия таких замещающих решений предложен новый многоцикловый алгоритм, сходящийся к решению бесконечного горизонта. Исследованы важные качественные свойства полученных оптимальных стратегий замены неравномерного жизненного цикла, даны практические рекомендации.

**Ключевые слова:** капитальный актив, оптимизация, метод, алгоритм, технологическое развитие, затраты, замена, обновление.

### 1. Введение.

(Данная работа выполнена по гранту МОН РК, ИРН: AP05131784)

Модели замены активов делятся в основном на две категории: последовательные и параллельные модели замены [1-3]. Научные и технологические инновации приводят к появлению новых, более продуктивных типов активов [4]. В этих условиях, чтобы успешно конкурировать, фирма должна продавать старые активы и покупать новые. Таким образом, фирма должна предпринять цепочку замещающих решений. Тенденция такова, что для данной функциональности новые активы дешевле, поэтому стоимость покупки и ликвидационная стоимость активов снижаются во времени, в то время как расходы на эксплуатацию и обслуживание старых активов возрастают из-

за их ухудшения [5]. Также, новые активы более эффективны и более экологичны. Их рациональная замена помогает уменьшить негативные последствия на экологию и снизить выбросы двуокиси углерода. Таким образом, оптимальная замена активов являются ключевым внешним фактором [6].

В настоящее время большинство хорошо разработанных теоретических моделей и методов замены не имеют особого отношения к общей практике управления, что обычно связано с серьезной нехваткой данных, временными и бюджетными ограничениями и другими общими проблемами управления. В результате большинство работ в этой области рекомендуют, в качестве основного практического инструмента для расчета оптимального времени замены, относительно простой метод одного актива (машины). Основным недостатком этого метода является то, что он не рассматривает технологические инновации и оправдан только в случае постоянных затрат на активы [7]. Известно, что этот метод не рассматривает технологический прогресс и, таким образом, создает неоптимальные результаты при улучшении технологии. Также, современное технологическое развитие влияет на рыночные цены на новые активы, а также на их операционные расходы. Таким образом, решение, полученное в результате этого первоначального метода, может быть неэффективным при улучшении технологии [8]. Действительно, если цена и/или операционные расходы уменьшаются для новых активов, то расчеты времени замены для текущего актива должны быть переоценены, чтобы отразить это снижение. Таким образом, изменения в стоимости нового актива, а также операционных и эксплуатационных расходов, вызванных техническим прогрессом, должны быть включены в расчеты оптимального срока службы актива.

**2. Моделирование замены активов при улучшении технологии.** Рассмотрим предприятие, в которой используется один актив (машина, единица оборудования), который необходимо периодически заменять новыми активами. Для ясности мы предполагаем, что текущий актив приобретается в момент времени $t = 0$ и будет заменен в конце его жизненного цикла $L_1$. Обозначим время ввода первого актива как $\tau_0 = 0$ и время его замены новым активом как $\tau_1$. Очевидно, что $\tau_1 = L_1$. Мы опишем политику последовательной замены единственного актива посредством (бесконечной или конечной) последовательности времен замены $\{\tau_k,\ k=1,2,\ldots\}$, когда $k$-й актив заменяется на $(k+1)$-й актив. Альтернативно, эта политика может быть описана последовательностью эндогенных времен жизни $\{L_k,\ k=1,2,\ldots\}$ последовательно замененных активов:

$$L_k = \tau_k - \tau_{k-1}, \qquad k=1,2,\ldots \tag{1}$$

Затем время замены $\tau_k$ выражается через время жизни актива как

$$\tau_k = \tau_{k-1} + L_k = \sum_{j=1}^{k} L_j\ , \quad k=1,2,\ldots \tag{2}$$

Пусть $C(t,u)$ - стоимость эксплуатации и обслуживания в момент времени $u$, $u \geq t$, актива, установленного в момент времени $t$, и $R(t)$ - стоимость замены (стоимость покупки и установки нового актива-преемника) в момент времени $t$. Динамика затрат $C$ и $R$ в момент времени $t$ отражает развивающуюся технологическую среду и существенно влияет на стратегию рационального замещения. Текущая стоимость общей стоимости замены $k$ -го актива

$$PV_{[\tau_k,\tau_{k+1}]} = \int_{\tau_k}^{\tau_{k+1}} e^{-ru} C(\tau_k, u)du + e^{-r\tau_{k+1}} R(\tau_{k+1})\,, \quad k=1,2,\ldots, \tag{3}$$

где $r > 0$ - отраслевая ставка дисконтирования.

Для определения рациональной стратегии замены активов использовались несколько подходов. Идеальной теоретической основой является оптимизация бесконечного горизонта.

*Оптимизация бесконечного горизонта.*

Замена бесконечного горизонта определяет оптимальную последовательность времен замены $\tau_k$, $k=1,2,\ldots$, что минимизирует текущую стоимость общей стоимости замены:

$$PV_{[0,\infty)} = \sum_{k=0}^{\infty}\left[\int_{\tau_k}^{\tau_{k+1}} e^{-ru} C(\tau_k, u)du + e^{-r\tau_{k+1}} R(\tau_{k+1})\right] \tag{4}$$

Следуя общим гипотезам о технологических изменениях, выберем стоимость замены $R(t)$ и стоимость обслуживания $C(t,u)$:

$$R(t) = R_0 e^{-g_R t}, \qquad C(t,u) = f(u-t)e^{-g_C t}, \qquad 0 \leq t \leq u < \infty, \tag{5}$$

где $g_R$ и $g_C$ - коэффициенты снижения эксплуатационных и замещающих затрат, а $f(u-t)$ описывает износ актива с его возрастом $u-t$. Тогда текущее значение (4) становится

$$PV_{[0,\infty)} = \sum_{k=0}^{\infty}\left[\int_{\tau_k}^{\tau_{k+1}} e^{-ru}e^{-g_C\tau_k} f(u-\tau_k)du + e^{-r\tau_{k+1}}R_0e^{-g_R\tau_{k+1}}\right] \quad (6)$$

Мы можем переписать приведенное значение (6) как

$$PV_{[0,\infty)} = \sum_{k=0}^{\infty}\left[\int_{\tau_k}^{\tau_{k+1}} e^{-(r+g_C)u}e^{g_C(u-\tau_k)} f(u-\tau_k)du + e^{-(r+g_C)\tau_{k+1}}R_0e^{(g_C-g_R)\tau_{k+1}}\right] \quad (7)$$

или

$$PV_{[0,\infty)} = \sum_{k=0}^{\infty}\left[\int_{\tau_k}^{\tau_{k+1}} e^{-\tilde{r}u}\tilde{f}(u-\tau_k)du + e^{-\tilde{r}\tau_{k+1}}R_0e^{-g\tau_{k+1}}\right] \quad (8)$$

где

$$\tilde{f}(a) = e^{g_C a} f(a), \qquad g = g_R - g_C, \quad \tilde{r} = r + g_C. \quad (9)$$

Очевидной целью управления является минимизация текущей стоимости (6). Сравнение (8) и (7) показывает, что минимизация приведенного значения (6) эквивалентна той же самой задаче для (8) с измененной учетной ставкой $\tilde{r}$, с уменьшением скорости замены затрат и зависящим от возраста затрат $\tilde{f}(a)$, но без технологических изменений в эксплуатационных расходах. Динамику замещения легче анализировать с технологическими изменениями только в стоимости замены *R*. Формулы (8) - (9) помогают определить ключевые соотношения между параметрами $g_R$, $g_C$, и r, которые определяют качественную динамику рациональной политики замены. Далее рассмотрим задачу оптимизации бесконечного горизонта

$$\min_{\tau_1,\tau_2,\tau_3,\ldots} PV_{[0,\infty)} \quad (10)$$

относительно неизвестных переменных $\{\tau_k,\ k=1,2,\ldots\}$. Технология улучшения предполагает, что новые активы более эффективны, т.е. $g_R>0$ и $g_C>0$. Задача оптимизации (10) хорошо определена при более широких предположениях

$$g_C + r > 0, \qquad g_R + r > 0, \quad (11)$$

что означает, что обе затраты могут увеличиваться, но не быстрее, чем коэффициент дисконтирования *r*. По теоретическим соображениям мы также предполагаем, что зависящий от возраста профиль затрат $\tilde{f}(a)$ неограниченно возрастает при a→∞:

$$\tilde{f}'(a) > 0, \qquad \lim_{a\to\infty}\tilde{f}(a) = \infty. \quad (12)$$

Аналогично можно показать, что задача оптимизации (10) имеет внутреннее решение $\tau_1<\tau_2<\tau_3<\ldots$ . В зависимости от заданных параметров задачи $g_C$, $g_R$, $r$, $\tilde{f}(a)$, это решение может иметь бесконечное или конечное число циклов замены.

*Многоцикличный алгоритм замены*. Эквивалентная годовая стоимость общей стоимости $PV_{[0,T]}$ за конечный интервал [0, *T*], $T<\infty$, равна

$$AC_{[0,T]} = RF(T)PV_{[0,T]}, \quad (13)$$

где годовой коэффициент возврата капитала $RF(T)$ преобразует текущую стоимость за определенный промежуток времени [0,*T*] в последовательность эквивалентных годовых затрат. Фактор возврата капитала

$$RF(T) = \frac{\tilde{r}}{1-e^{-\tilde{r}T}} \quad (14)$$

Легко видеть, что $RF(T)\to\tilde{r}$ и $RF'(T)\to 0$ при $T\to\infty$.

На практике будущая стоимость сверх бесконечного горизонта неизвестна. По этой причине мы сокращаем текущее значение (8) по [0, ∞) до конечного интервала [0, $\tau_N$] для некоторого N> 1:

$$PV_{[0,\tau_N]} = \sum_{k=0}^{N-1}\left[\int_{\tau_k}^{\tau_{k+1}} e^{-\tilde{r}u}\tilde{f}(u-\tau_k)du + e^{-\tilde{r}\tau_{k+1}}R_0e^{-g\tau_{k+1}}\right], \quad (15)$$

и вводим следующую новую модель для рациональной замены активов: Многоцикличный алгоритм находит оптимальную политику замены ($L_1^N$, $L_2^N$,…, $L_N^N$), который

минимизирует эквивалентную годовую стоимость $EAC_{[0,\tau_N]}$ в течение будущего интервала $[0,\tau_N]$, $\tau_N = L_1^N + L_2^N + \ldots + L_N^N$, для $N \geq 1$ будущие циклы замены

$$\min_{L_1,L_2,\ldots,L_N} AC(L_1,L_2,\ldots,L_N) = \min \frac{\tilde{r}}{1-e^{-\tilde{r}(L_1+L_2+\ldots+L_N)}} PV_{[0,\tau_N]}(L_1,L_2,\ldots,L_N). \quad (16)$$

Однотактная версия (16) при $N=1$ и $g_R = g_C$ известна как модифицированный алгоритм экономической жизни. Он определяет время жизни $L1$, которое минимизирует эквивалентную стоимость первой замены актива:

$$L_1 = \arg\min_{L>0} AC(L). \quad (17)$$

Этот алгоритм улучшения технологического обновления предложен для случая $g_R>0$, $g_C>0$.

Минимизация дисконтированной стоимости замещения (15) по данному горизонту планирования [0, $T$] фиксированной длины $T$ обычно используется на практике в качестве замены фиксированного горизонта. Напротив, многоцикличный алгоритм (16) - (17) не фиксирует длину горизонта и использует переменный конечный горизонт. По сравнению с оптимизацией с переменным конечным горизонтом и бесконечным горизонтом политики замещения фиксированного горизонта менее рентабельны и оправданы только тогда, когда конец эксплуатации активов известен.

**3. Исследование модели**

Сравним многоциклический алгоритм (16) с оптимизацией бесконечного горизонта (10) и определим условия, когда алгоритм (16) применим и эффективен. Справедлива следующая лемма.

**Лемма 1.** Для любой политики замены ($L_1$, $L_2$,…, $L_N$,…) и любого фиксированного N>1,

$$PV_{[0,\infty)} = PV_{[0,\tau_N]} + PV_{[\tau_N,\infty)}, \quad (18)$$

где

$$PV_{[\tau_N,\infty)} = \sum_{k=N}^{\infty} e^{-\tilde{r}\tau_k}\left[\int_0^{L_{k+1}} e^{-\tilde{r}a}\tilde{f}(a)da + e^{-\tilde{r}L_{k+1}}R_0 e^{-g\tau_{k+1}}\right]. \quad (19)$$

При $\tau_N \to \infty$, $\lim_{\tau_N\to\infty} PV_{[\tau_N,\infty)} = K\cdot e^{-\tilde{r}\tau_N}$, где константа K> 0 не зависит от $\tau_N$.

Пусть $\{\tilde{L}_1,\tilde{L}_2,\ldots,\tilde{L}_N,\tilde{L}_{N+1},\ldots\}$ будет решением задачи оптимизации бесконечного горизонта (10) и $\{L_1^N, L_2^N,\ldots, L_N^N\}$ будет решением задачи оптимизации N-цикла (16).

Начиная с $RF(T)\to\tilde{r}$ при $T\to\infty$, утверждения двух задач (10) и (16) становятся похожими при больших T, и мы можем ожидать, что их решения сходятся при $T\to\infty$. Частичный ответ на это предположение дает следующая теорема.

**Теорема 1.** Оптимальные значения целевых функций (10) и (16) связаны следующей асимптотической формулой:

$$\lim_{\tau_N\to\infty} AC_{[0,\tau_N]}(L_1^N, L_2^N,\ldots, L_N^N) = \tilde{r}PV_{[0,\infty)}(\tilde{L}_1,\tilde{L}_2,\ldots,\tilde{L}_N,\tilde{L}_{N+1},\ldots). \quad (20)$$

Согласно Теореме 1, политика замены $(L_1^N, L_2^N,\ldots, L_N^N)$ при $\tau_N$ >>1 обеспечивает приближенное оптимальное значение для задачи оптимизации бесконечного горизонта (10) и, наоборот, $(\tilde{L}_1,\tilde{L}_2,\ldots,\tilde{L}_N)$ при больших N обеспечивает приближенное оптимальное значение для задачи многоциклической оптимизации (16 ). Можно ожидать, что оптимальные решения тоже сходятся: $L_k^N \xrightarrow{\tau_N\to\infty} \tilde{L}_k$, $k$ = 1, ..., $N$, но этот факт гораздо сложнее доказать. С практической точки зрения получение оптимальных годовых затрат является более важным, чем тот факт, что его можно достичь при разных значениях переменных управления.

Сделаем анализ соответствующих качественных свойств политики рациональной замены.

Как и раньше, пусть $\{\tilde{L}_1,\tilde{L}_2,\tilde{L}_3,\ldots\}$ будет решением задачи оптимизации бесконечного горизонта (10). Он должен удовлетворять условиям оптимальности $\partial PV_{[0,\infty)}/\partial\tau_i = 0$ при i = 1,2, ....

Эти условия можно записать в виде

$$\tilde{f}(L_i) - \tilde{f}(0) - \int_0^{L_{i+1}} e^{-\tilde{r}a}\tilde{f}'(a)da = R_0(\tilde{r}+g)e^{-g\tau_i}, \quad i=1,2,\ldots. \quad (21)$$

В следующей теореме раскрывается структура политики замены переменной жизни.

**Теорема 2.** Пусть выполнены (11) и (12). При $g_C = g_R$, решение задачи оптимизации бесконечного горизонта (10) является политикой равной жизни $\tilde{L}_1 = \tilde{L}_2 = ... = \tilde{L}$, где $\tilde{L} > 0$ - единственное решение нелинейного уравнения

$$\tilde{f}(\tilde{L}) - \tilde{f}(0) - \int_0^{\tilde{L}} e^{-\tilde{r}a} \tilde{f}'(a)da = R_0(\tilde{r} + g). \quad (22)$$

При $g_C \neq g_R$, решение задачи оптимизации (10) состоит из неравных сроков службы $\tilde{L}$ $i$ со следующими свойствами:

(а) Если $g_C < g_R$, тогда $\tilde{L}_{i+1} < \tilde{L}_i$ для всех $i$ = 1,2 ...;

(b)(б) Если $g_C > g_R$, тогда существует конечное число $M$ циклов замены $\{\tilde{L}_i, i = 1..., M\}$ с бесконечным последним сроком службы актива $\tilde{L}_{M+1} = \infty$. Последовательные времена жизни (сроки службы) возрастают: $\tilde{L}_{i+1} > \tilde{L}_i$ для всех i = 1, ..., $M$. Замены останавливаются на $M$ тогда, когда $\tau_M = \sum_{j=1}^{M} \tilde{L}_j$ достаточно велико для того, чтобы неравенство $\max_{0<t<\tau_M} \left(\tilde{f}'(t)e^{gt}\right) < -g(\tilde{r} + g)R_0 e^{-g\tau_M}$ сохранялось. Кроме того, если $\max_{0<t<\infty} \left(\tilde{f}'(t)e^{gt}\right) < -g(\tilde{r} + g)R_0$, тогда M = 0 и $\tilde{L}_1 = \infty$.

Теорема 2 показывает, что отношение между коэффициентами (скоростями) снижения $g_C, g_R$ операционной стоимости и стоимости замены является основным фактором, определяющим динамические свойства переменных времен жизни (сроков службы) актива в политике замены $\{\tilde{L}_1, \tilde{L}_2, \tilde{L}_3, ...\}$ бесконечного горизонта. А именно, времена жизни последовательных замен становятся более длинными (короткими), если эксплуатационные расходы снижаются быстрее (медленнее), чем затраты на замену.

Асимптотическое поведение оптимального решения замены бесконечного горизонта качественно различна в случаях $g_C > g_R$ и $g_C < g_R$. Если операционные затраты экспоненциально снижаются во времени быстрее, чем затраты на замену, то замены прекращаются в определенный конечный момент замены, и последний М-й актив имеет бесконечный срок службы $\tilde{L}_M = \infty$. В то же время такие теоретические асимптотические различия становятся несоответствующими в замене актива на конечном горизонте, проанализированном в следующем разделе.

**4. Заключение**

В работах по математической экономике стареющий актив заменяется, когда с годами его эксплуатационные расходы возрастают и становятся более существенными, чем стоимость замены нового актива. Увеличение интенсивности технологических изменений добавляет новые факторы реальности к этой традиционной структуре, например: сокращение сроков службы многих современных активов, таких как информационно-коммуникационная техника, медицинское оборудование, сотовые телефоны, компьютерная техника и др.; увеличение и неравномерность технологических изменений в эксплуатационной стоимости и стоимости замены (цена на новые машины); лучшая возможность прогнозирования затрат (стоимости) в будущем. Эти факторы приводят к тому, что многоцикличные алгоритмы замены актива становятся важной задачей теории замены и имеют большие возможности для практического применения.

В настоящей работе предложен и теоретически обоснован новый многоцикличный алгоритм замены, который использует технологические данные над переменным горизонтом. Исследование сфокусирована на развивающейся технологии и оптимальной замене с неравными сроками службы активов. Основным преимуществом многоцикличной замены является то, что он устраняет предположение о бесконечном горизонте и связанных с ним асимптотических задачах, принимая во внимание неравные сроки службы. В работе установлены качественные свойства оптимальной многоцикличной политики замены, которая является аналогичной идеальной (но нереалистичной) замене бесконечного горизонта. В частности, последовательные циклы замены становятся длиннее (короче), когда эксплуатационные расходы снижаются быстрее (медленнее), чем стоимость замены. Только в том случае, если обе затраты увеличиваются пропорционально, мы получаем политику замены равной жизни. Аналитическое расширение многоцикличного алгоритма для параллельной замены может привести к новым идеям о том, как уменьшить вычислительную сложность параллельной замены.

**Подтверждение**. Данная работа выполнена по гранту МОН РК, ИРН: AP05131784.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Yatsenko, Y., Hritonenko, N. (2010). Discrete-continuous analysis of optimal equipment replacement, *International Transactions in Operational Research*, 17, 577-593.

[2] Dobbs, I. (2004). Replacement investment: optimal economic life under uncertainty. *Journal of Business Finance & Accounting*, 31, 729–57.

[3] Hritonenko N., Yatsenko Y., Boranbayev S. Environment ally sustainable industrial modernization and resource consumption: Is the Hotelling's rule too steep? Applied Mathematical Modelling. -2015, Vol.39, -P.4365–4377.

[4] А.С. Боранбаев, С.Н.Боранбаев, А.М. Нурушева. Оптимальная замена активов при моделировании экономического и технологического обновления. Вестник КазНИТУ, №5 (129), 2018, с.324-330.

[5] Боранбаев С.Н., Боранбаев А.С., Яценко Ю.П., Хритоненко Н.В. Модификации моделей и методов замены активов при усовершенствовании технологии, ограниченной доступности и неопределенности данных. Известия Международного казахско-турецкого университета имени Х.А.Ясави. Серия математика, физика, информатика. №1(4), том 2, - Туркестан, - 2018. - с.35-38.

[6] Боранбаев С.Н., Боранбаев А.С., Сейткулов Е.Н., Таштай Б.А., Тулебаев Е.Б. Модели и методы оптимальной замены оборудования при усовершенствовании технологии. Известия Международного казахско-турецкого университета имени Х.А.Ясави. Серия математика, физика, информатика. №1(4), том I, - Туркестан, - 2018. - с.24-27.

[7] Боранбаев С.Н., Хритоненко Н.В., Яценко Ю.П. Моделирование рациональной замены оборудования для экономического и технологического обновления. Труды V международной научно-практической конференции «Интеллектуальные информационные и коммуникационные технологии – средство осуществления третьей индустриальной революции в свете стратегии «Казахстан-2050». -Астана, 2018, с.216-219.

[8] Боранбаев С.Н., Боранбаев А.С., Сейткулов Е.Н., Нурушева А.М., Ерсаханов К.Б. Моделирование экономического и технологического обновления. Труды V международной научно-практической конференции «Интеллектуальные информационные и коммуникационные технологии – средство осуществления третьей индустриальной революции в свете стратегии «Казахстан-2050». -Астана, 2018, с.219-222.

Яценко Ю.П., Хритоненко Н.В., Боранбаев А.С., Боранбаев С.Н.

**Еркін технологиялық өзгерістер мен белгісіз құн кезінде активтерді ауыстыру үлгілері арасындағы байланыстарды зерттеу**

**Түйіндеме.** Мақала еркін технологиялық өзгерістер мен белгісіз құн кезінде активтерді ауыстыру модельдерінің арасындағы байланыстарды зерттеуге арналған. Технологиялардағы өзгерістер пайдалану құнына және әр түрлі тәсілдермен ауыстыру құнына әсер етеді, бұл активті ауыстырудың дәйекті циклдерінің әр түрлі мерзімдеріне әкеледі. Бұл ретте, шығындардың болашақ серпіні туралы қолда бар ақпараттың негізінде активтердің тізбекті ауысуының тізбегін оңтайландыру қажет. Мұндай алмастырушы шешімдерді қабылдау үшін шексіз көкжиекті шешуге ұқсас Жаңа көп циклдық алгоритм ұсынылды. Әркелкі өмірлік циклді алмастырудың алынған оңтайлы стратегияларының маңызды сапалық қасиеттері зерттелді, практикалық ұсыныстар берілді.

**Кілт сөздер:** күрделі актив, оңтайландыру, әдіс, алгоритм, технологиялық даму, шығындар, ауыстыру, жаңарту.

УДК 621.38; 004.9

**Y. Amirgaliyev, M. Kunelbayev, B. Amirgaliyev, A. Kozbakova,**
**O. Auelbekov, N. Kataev, S. Daulbayev**
(Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK, Kazakhstan
e-mail: murat7508@yandex.kz, ainur79@mail.ru)

**DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODELING AND RESEARCH OF MODULAR AUTOMATED BIOENERGY INSTALLATION**

**Abstract.** The paper presents a simulation of the process of anaerobic digestion of biogas production from organic waste. An idea of the relevant parameters of the model is obtained by performing a sensitivity analysis followed by an evaluation of selected candidates using a sequential quadratic programming algorithm. Calibration and validation of the model are based on experimental data obtained from a pilot-scale installation, showing that the proposed model is able to correctly predict the dynamics of methane production based on several key measurements.

**Keywords:** anaerobic digestion, biogas production, kinetic coefficients, stoichiometric coefficients.

**Е.Н. Амиргалиев, М.М. Кунелбаев, Б.Е. Амиргалиев, А.Х. Козбакова,**
**О.А. Ауелбеков, Н.С. Катаев, С.М. Даулбаев**
(Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, Казахстан, Алматы
e-mail: murat7508@yandex.kz, ainur79@mail.ru)

# РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ МОДУЛЬНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

**Аннотация.** В работе представлено моделирование процесса анаэробного сбраживания биогаза производство из органических отходов. Представление о соответствующих параметрах модели получается путем выполнения анализ чувствительности с последующей оценкой отобранных кандидатов с использованием последовательной квадратичной алгоритм программирования. Калибровка и валидация модели основаны на экспериментальных данных полученных от опытно-масштабной установки, показывающей, что предложенная модель способна правильно прогнозировать динамику производства метана на основе нескольких ключевых измерений.

**Ключевые слова:** анаэробная сбраживания, производство биогаза, кинетические коэффициенты, стехиометрические коэффициенты.

**Введение.** Способ получения биогаза из анаэробного сбраживания органических веществ приобретает все больший интерес, поскольку считается, как замена для природного газа, оно помогает уменьшить зависимость на ископаемом топливе и способствует уменьшению парникового эффекта газовый выброс. Биогаз рассматривается как смесь газов метана (60-70%), углекислого газа (30-40%) и содержит меньшие количества сероводорода и аммиака [1]. Хотя, биогаз как источник энергии для приготовления пищи, отопления и электропитания поколение [2]. В работе [3] разработали осуществимые методы использования биогаза в будущем включающий:

- производство электроэнергии на ТЭЦ или топливных элементах,
- мультигенерация тепла, пара, электричества и охлаждения,
- впрыск в газовые сети,
- транспортное топливо,
- производство химических веществ.

Хорошо известно, что биогаз производится анаэробным сбраживанием, свой биологический производственный процесс очень перспективен, относительная простота эксплуатации, низкая стоимость. Четыре биологических стадии участвуют в анаэробном сбраживании, а именно гидролиз, ацидогенез, ацетогенез и метаногенез. Это сложный процесс, включающий различные группы бактерий и микрофлора. По сути, основные группы микроорганизмов (образуют кислоту и образуя метан) очень разные термины физиологии, питательных потребностей, кинетики роста и чувствительность к условиям окружающей среды [4]. Несколько математических моделей анаэробного сбраживания были предложены в литературе. Однако ADM1 модель стала самой используемой исследованиями и промышленным применением [5]. Модель ADM1 описывает биологический процесс с различными физико-химическими и биологические реакциями, реализуемые как дифференциальных и набор алгебраических уравнений, для определения 32 динамических переменных в состоянии концентраций [6]. Структура модель ADM1 включает в себя большое количество кинетики и стехиометрических параметров. Другая модель, используемая для исследования очистки воды анаэробным сбраживанием модель AMOCO, предложенная [7]. Модель AMOCO служила для исследований стабильности [8,9] и исследования существование решений систем дифференциальных уравнений [10]. Важность изучения моделирование этих биопроцессов, чтобы получить представление о динамики системы, оптимизация цикла и для проектирования управления, так же для регулирования и увеличения потока метана.

В настоящей работе представлена простая математическая модель с уменьшенным набором переменных состояния и параметров. Наш кинетическая модель включает две биологические реакции (ацидогенез и метаногенез) с двумя группами микроорганизмов.

**1 Материалы и методы**

Используемые в этом исследовании данные, были получены из анаэробного реактора с расположенный в Институте Информационных и Вычислительных Технологии МОН РК. Схематическое представление изображено в рис. 1.

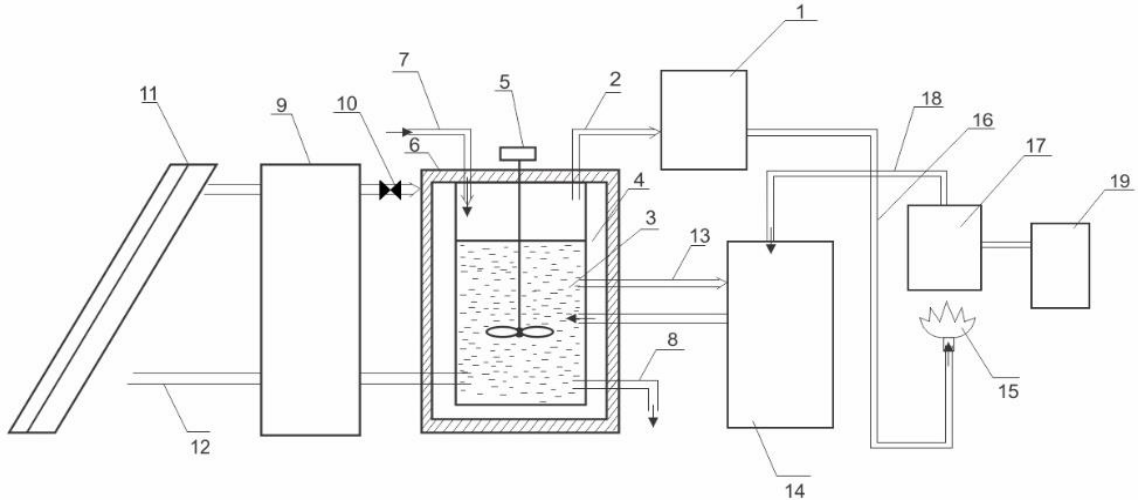



**Рис. 1.** Принципиальная схема модульной биоэнергетической установки

Установка содержит газгольдер 1, трубопровод отвода биогаза 2, метантенк 3 с водяной рубашкой 4, мешалкой 5 и теплоизоляцией 6, загрузочным 7 и выгрузочным 8 патрубками, бак-аккумулятор 9 и вентиль 10 горячей воды, плоский гелиоколлектор 11, трубопроводы воды 12 и 13, электроводонагреватель 14, биогазовую горелку 15 и трубопровод подачи биогаза 16, осевой реактивно-центробежный тепловой двигатель 17 и систему электрического соединения 18, двухроторный генератор на постоянных магнитах 19.

Работа биоэнергетической установки согласно технологической схеме, представленной на рисунке 1, осуществляется следующим образом.

Исходная биомасса в виде органических отходов животноводства через загрузочный патрубок 7 загружается в метантенк 3 с водяной рубашкой 4, мешалкой 5 и теплоизоляцией 6.

Необходимый температурный режим процесса анаэробного метанового сбраживания биомассы в метантенке 3 обеспечивается посредством преобразованной в тепловую энергию в плоском гелиоколлекторе 11 энергии солнечного излучения: нагреваемая в плоском гелиоколлекторе 11 и накапливаемая в баке-аккумуляторе 9 вода через вентиль 10 горячей воды и трубопровод воды 12 поступает в водяную рубашку 4 метантенка 3.

В процессе анаэробной бактериальной деструкции органических веществ биомассы в метантенке 3 выделяется биогаз, который через трубопровод отвода биогаза 2 поступает и накапливается в газгольдере 1.

Далее осуществляется утилизация получаемого биогаза: часть получаемого биогаза используется путем непосредственного сжигания в бытовых отопительных газовых приборах; часть его идет по мере необходимости, в периоды отсутствия поступления солнечного излучения, по трубопроводу для подачи биогаза 16 для сжигания в биогазовой горелке 15, расположенной со стороны днища осевого реактивно-центробежного теплового двигателя 17. В осевом реактивно-центробежном тепловом двигателе 18 в виде термомеханического генератора тепловая энергия сжигаемого в биогазовой горелке биогаза преобразовывается в электрическую энергию с помощью двухроторного генератора на постоянных магнитах 19. Полученная таким образом электрическая энергия через электроводонагреватель 14 и трубопроводы воды 13 подается для обогрева сбраживаемой в метантенке биомассы до необходимой температуры и поддерживая ее в штатном режиме. Далее процесс выработки и использования биогаза и электроэнергии продолжается, как указано выше.

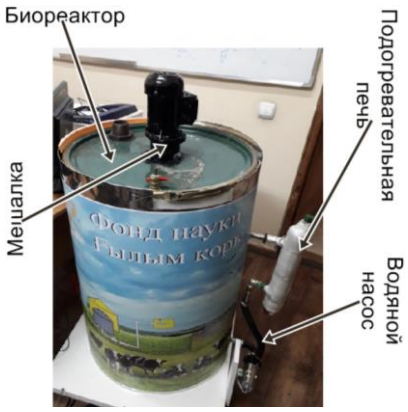



**Рис. 2.** Модель гелиоколлектора с термосиффоном

**2 Математическая модель**

Рассмотрим упрощенную модель анаэробного процесса, где органический субстрат (S1, в gCOD/L) разлагается в VFAs (S2, в ммольVFA /L), ацидогенными бактериями (X1, в gCOD/L); затем VFA разлагаются в метане (CH4, в L / d) метаногенными микроорганизмами (X2, в gCOD / L).

Кинетическая модель следует двум биологическим реакциям (уравнения (1) и (2).

$$k_1 S_1 \xrightarrow{r_1} X_1 + k_2 S_2 \text{ (Ацидогенез)} \quad 1)$$

$$k_3 S_2 \xrightarrow{r_2} X_2 + k_4 CH_4 \text{ (Ацидогенез)} \quad 2)$$

где, $k_1$ ($gCODS_1$ / $gCODX_1$), $gCODS_1/gCODX_1$), $k_2$ (mmoleVFA/$gCODX_1$), $k_3$ (mmoleVFA/$gCODX_2$) and $k_4$ (mmole$CH_4$ /$gCODX_2$).

Выражения $r_1$($r_1$= $\mu X_1$) и $r_2$ ($r_2$ = $\mu X_2$) представляют темпы роста бактерий, связанные с двумя биопроцессы. Термины $\mu_1$ и $\mu_2$ ($d^{-1}$) представляют собой конкретные скорость роста ацидогенеза и метаногенеза соответственно. Система дифференциальных уравнений, полученная по массе общий баланс непрерывного процесса:

$$\frac{dX_1}{dt} X_1(\mu_1 - D) \text{ (Кислотообразующих биомассы)}$$

Математическое моделирование производства биогаза из органических отходов.

Производства биогаза из органических отходов состоит из:

– $\frac{dX_2}{dt} X_2(\mu_2 - D)$ (Метаногенной биомассы)

– $\frac{dS_1}{dt} D_2(S_1^{in} - S_1) - k_1\mu_1 X_1$ (Органический субстрат)

– $\frac{dS_2}{dt} D_2(S_2^{in} - S_2) - k_2\mu_1 X_1 - k_3\mu_2 X_2$ (Жирная кислота);

где D (D=Q|V; в $d^{-1}$) рассчитывается коэффициент разрежения, от отношения между расходом потока входного сигнала (Q) и эффективным объем реактора (V). $S_1^{in}$и $S_2^{in}$являются входными органического субстрата концентрациb и концентрация входного сигнала VFA, соответственно.

Представлена модель кинетики ацидогенных бактерий на монокинетики (3) и метаногенных микроорганизмов. Кинетика была расчитана по кинетике Халдана (4). Последнее используется для подчеркивания накопление ЛЖК, что это состояние заторможенности для метаболические реакции.

$$\mu_1 = \mu_{1max} \frac{S_1}{K_{S_1} + S_1} \text{ (Кинетика ацидогенных бактерий)} \quad 3)$$

$$\mu_2 = \mu_{2max} \frac{S_1}{K_{S_2} + S_2 + S_2^2/K_I} \text{ (Кинетика метаногенных бактерий)} \quad 4)$$

где $\mu_{1max}$ max-максимальная скорость роста бактерий и $K_{S_2}$ и $K_I$ это константы полунасыщения, связанные с органическим $S_2$.

Хорошо известно, что метан является низко растворимым продуктом, это означает, что весь метан находится производится в биогазе с разложением органического вещества.

$$q_M = k_4 \mu_2 X_2 \quad 5)$$

4 Определение стехиометрических и кинетических коэффициентов

Оценка стехиометрических коэффициентов псевдо стехиометрической матрицы выполнена по методу предложено [10]. Из уравнения (1) и (2) связанное с псевдо-стехиометрическая матрица k и вектор состояния $c_a$ существует

$$k = \begin{pmatrix} -k_1 & 0 \\ 1 & 0 \\ k_2 & -k_3 \\ 0 & 1 \\ 0 & k_4 \end{pmatrix}; \qquad k = \begin{pmatrix} S_1 \\ X_1 \\ S_2 \\ X_2 \\ P \end{pmatrix}.$$

Поскольку $X_1$ и $X_2$ не измеряются, мы сосредоточимся на состоянии $c_m$, связанный с подматрицей K:

$$K = \begin{pmatrix} -k_1 & 0 \\ k_2 & -k_3 \\ 0 & k_4 \end{pmatrix}; \quad c_m = \begin{pmatrix} S_1 \\ S_2 \\ P \end{pmatrix}; c_u = \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix}.$$

от которой

$$\tilde{K} = \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ \frac{k_2}{k_1} & -\frac{k_3}{k_4} \\ 0 & 1 \end{pmatrix}; \quad \lambda = \begin{pmatrix} \frac{k_2}{k_1} \\ 1 \\ \frac{k_3}{k_4} \end{pmatrix}.$$

Таким образом, $u_1,\ u_2\ and\ u_3$ связаны с следующим соотношением:

$$u_2(t) = -\left(\frac{k_3}{k_4}\right) \quad u_3(t) = -\left(\frac{k_2}{k_1}\right) \quad u_1(t) \qquad 7)$$

Стехиометрические коэффициенты определены путем решения задача оптимизации подгонки с использованием алгоритма, основанного на последовательное квадратичное программирование [11].

Используя данные, близкие к стационарному состоянию, проблема оптимизации действительно может быть записанным как: Минимизируем

$$f(y(t)), k, t$$

С ограничениями $(k_i \geq 0)$, где f-целевая функция чтобы свести к минимуму (ошибка минимизируется между экспериментальными данные и прогноз модели), $y(t)$ обозначает состояние вектора и $k_i$-стехиометрические коэффициенты. Ограничения на ки были включены, чтобы избежать отрицательных значений. Таблице 1.

Для стехиометрических коэффициентов, многочисленные оптимизации сделано рандомизируя начальные значения C, которое позволяет обеспечение наилучшего минимума функции. Наконец, кинетические параметры оценивались с использованием нелинейного наименьшего метода квадратов между моделируемыми значениями и измерениями ((функция lsqnonlin Матлаб).

Таблица 1 - **Стехиометрические коэффициенты и кинетические параметры**

| Коэффициент | Значение | CV | Единица измерения |
|---|---|---|---|
| $k_1$ | 6,48 | 0.15 | $g_{COD}S_1/ g_{COD}X_1$ |
| $k_2$ | 11,45 | 0.08 | $mmole_{VFA}/ g_{COD}X_1$ |
| $k_3$ | 69,51 | 0.01 | $mmole_{VFA}/ g_{COD}X_2$ |
| $k_4$ | 122,8 | 0.008 | $mmole_{CH4}/ g_{COD}X_2$ |
| $\mu_{1_{max}}$ | 1.92 | 0.50 | $d^{-1}$ |
| $K_{S_1}$ | 4.97 | 0.19 | $g_{COD}S_1/L$ |
| $\mu_{2_{max}}$ | 2.02 | 0.46 | d-1 |
| $K_{S_2}$ | 40.8 | 0.02 | $mmole_{VFA}/L$ |
| $K$ | 1152 | 0.001 | $mmole_{VFA}/L$ |

CV-коэффициент вариации, рассчитанный на основе представленных результатов с помощью функции lsqnonlin.

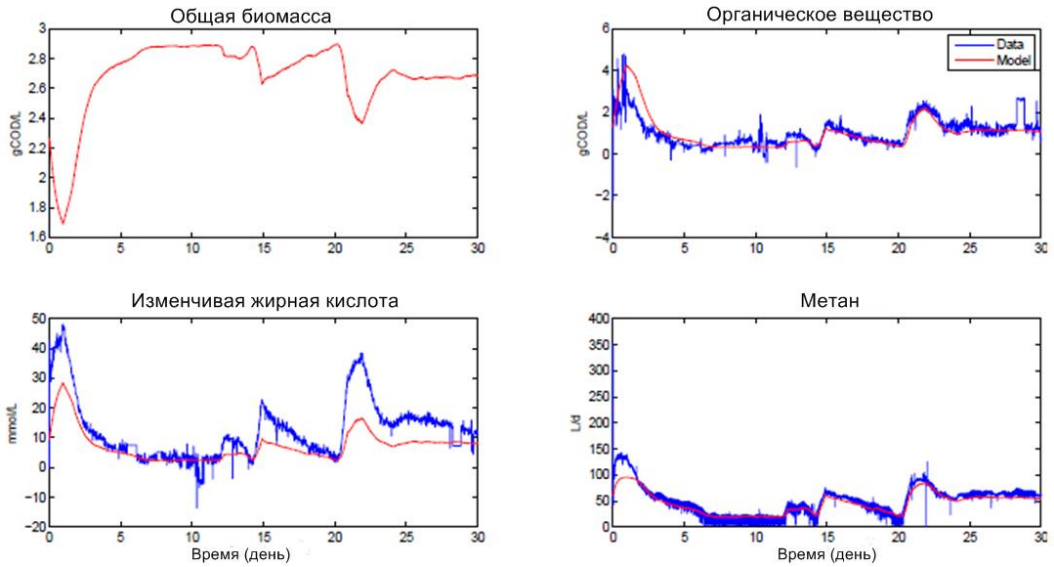



**Рис. 3.** Стехиометрические коэффициенты и кинетические параметры

Экспериментальные данные (серая линия) и модель (красная линия) (см. онлайн-версию для цветов) несколько значений. Это можно объяснить нелинейностью и структурная идентифицируемость модели. Тем не менее, это трудность может быть преодолена, если все переменные состояния измеренный (все параметры можно идентифицировать) или воспользоваться каскадной структуры модели. В этой работе мы следовали второй подход, путем первой оценки стехиометрических коэффициенты и второй набор кинетических параметров.

Экспериментальные данные были разделены на два набора: первый набор был использован для тарировки и второй набор для утверждение. В ходе моделирования получены кинетические параметры, которые показывают, что скорость метаногенного роста ограничена, т. е. ацидогенная скорость роста быстрая и метаногенная медленный.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе проделана методология построения простого представления модель анаэробного сбраживания. Был проведен анализ, представляющий собой ценный инструмент для определения наиболее важных параметров, которые необходимо определить. Кроме того, анализ чувствительности показал, что параметры связанное с метаногенной реакцией имеет сильное влияние в производстве биогаза через анаэробное сбраживание, это может быть за счет того, что микроорганизмы легче раздражены с присутствием ингибирующих соединений. Предлагаемая модель способна прогнозировать поведение производство метана из нескольких ключевых анаэробных мер процесс сбраживания.

Работа выполнена при поддержке АО «Фонд науки» гранта на коммерциализацию результатов научной и (или) научно-технической деятельности по проекту №361 от 11.12.2018 «Производство и реализация биогаза, биоудобрений на базе разработки и построения модульного автоматизированного биогазового комплекса с цифровыми технологиями управления и функционирования», выполняемой в Институте информационных и Вычислительных Технологий КН МОН РК, по контракту №318 от 30.03.2018.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Tomas, M.; Vladimir, Z.; Juliane, M. Detailed modeling of solar flat-plate collectors with design tool kolektor 2.2, building simulation. In Eleventh International IBPSA Conference, Glasgow, Scotland; IBPSA: Loughborough, UK, 2009; 2289–2296.

[2] Duffie, J.A.; Beckman, W.A. Solar Engineering of Thermal Processes, 2nd ed.; John Wiley & Sons, Inc.: New York, 1980; 23, 73–74, 95–101.

[3] Koyuncu, T. Performance of various design of solar air heaters for crop drying applications. Renewable Energy 2006, 31, 1073–1088.

[4] Kicsiny, R. Improved multiple linear regression based models for solar collectors. Renewable Energy 2016, 91, 224–232.

[5] Gao, W.; Lin, W.; Liu, T.; Xia, C. Analytical and experimental studies on the thermal performance of cross-corrugated and flat plate solar air heaters. Applied Energy 2007, 84(4), 425–441.

[6] Alvarez, A.; Cebaza, O.; Muñiz, M.C.; Varela, L.M. Experimental and numerical investigation of a flat-plate solar collector. Energy 2010, 35, 3707–3716.

[7] Buzás, J.; Farkas, I.; Biró, A.; Németh, R. Modelling and simulation of a solar thermal system. Mathematics and Computers in Simulation 1998, 48, 33–46.

[8] Chow, T.T.; He, W.; Ji, J. Hybrid photovoltaicthermosyphon water heating system for residential application. Solar Energy 2006, 80, 298–306.

[9] Ji, J.; He, H.; Chow, T.; Pei, G.; He, W.; Liu, K. Distributed dynamic modeling and experimental study of PV evaporator in a PV/T solar-assisted heat pump. International Journal of Heat and Mass Transfer 2009, 52, 1365–1373.

[10] Tiwari, A.; Sodha, M.S. Parametric study of various configurations of hybrid PV/thermal air collectors: Experimental validation of theoritical model. Solar Energy Materials and Solar Cells 2007, 91, 17–28.

[11] Talbot, P.; Lhote, M.; Heilporn, C.; Schubert, A.; Willaert, F.-X.; Haut, B. Ventilated tunnel solar dryers for small-scale farmers communities: Theoretical and practical aspects. Drying Technology 2016, 34, 1162–1174.

[12] Weiss, W.; Bergmann, I.; Faninger, G. Solar Heat Worldwide: Markets and Contribution to the Energy Supply 2009 (Edition 2011); Institute for Sustainable Technologies: Gleisdorf, Austria, May 2011.

[13] Roulleau, T.; Lloyd, C.R. International policy issues regarding solar water heating, with a focus on New Zealand. Energy Policy 2008, 36,1843–1857. Energies 2012, 5 3277.

[14] Karagiorgas, M.; Botzios, A.; Tsoutsos, T. Industrial solar thermal applications in Greece economic evaluation, quality requirements and case studies. Renew. Sustain. Energy Rev. 2001, 5, 157–173.

[15] Chang, K.C.; Lee, T.S.; Chung, K.M. Solar water heaters in Taiwan. Renew. Energy 2006, 31, 1299–1308.

[16] Li, Z.S.; Zhang, G.Q.; Li, D.M.; Zhou, J.; Li, L.J.; Li, L.X. Application and development of solar energy in building industry and its prospects in China. Energy Policy 2007, 35, 4121–4127.

[17] Chang, K.C.; Lee, T.S.; Lin, W.M.; Chung, K.M. Outlook for solar water heaters in Taiwan. Energy Policy 2008, 36, 66–72.

[18] Chang, K.C.; Lin, W.M.; Ross, G.; Chung, K.M. Dissemination of solar water heaters in South Africa. J. Energy South. Afr. 2011, 22, 2–7.

[19] Zago, M.; Casalegno, A.; Marchesi, R.; Rinaldi, F. Efficiency analysis of independent and centralized heating systems for residential buildings in Northern Italy. Energies 2011, 4, 2115–2131.

[20] Duffie, J.A.; Beckman, W.A. Solar Engineering of Thermal Processes; John Wiley Sons: Hoboken, NJ, USA, 1980; Chapter 12, pp. 487–497.

[21] Prapas, D.E.; Veliannis, I.; Evangelopoulos, A.; Sotiropoulos, B.A. Large DHW solar systems with distributed storage tanks. Sol. Energy 1995, 35, 175–184.

[22] Chang, K.C.; Lin, W.M.; Lee, T.S.; Chung, K.M. Local market of solar water heaters in Taiwan: Review and perspectives. Renew. Sustain. Energy Rev. 2009, 13, 2605–2612.

[23] Lin, W.M.; Chang, K.C.; Liu, Y.M.; Chung, K.M. Field surveys of non-residential solar water heating systems in Taiwan. Energies 2012, 5, 258–269.

[24] Garg, H.P. Design and performance of a large-size solar water heater. Sol. Energy 1973, 14, 303–312.

[25] Jiao B., Qiu L.M., Zhang X.B., Zhang Y. Investigation on the effect of filling ratio on the steady-state heat transfer performance of a vertical two-phase closed thermosyphon // Appl.Therm. Eng. 2008. V. 28. P. 1417–1426.

[26] Harley C., Faghri A. A complete transient two-dimensional analysis of two-phase closed thermosyphons including the falling condensate film // ASME. J. Heat Transfer. 1994. V. 116. P. 418–426.

[27] Dormand, J. R. and P. J. Prince, "A family of embedded Runge-Kutta formulae," J. Comp. Appl. Math., Vol. 6, 1980, pp. 19–26.

Амиргалиев Е.Н., Кунелбаев М.М., Амиргалиев Б.Е., Козбакова А.Х.,
Ауелбеков О.А., Катаев Н.С., Даулбаев С.М.

**Модульдік автоматтандырылған биоэнергетикалық қондырғыны зерттеу және математикалық моделін жасау**

**Түйіндеме.** Жұмыста органикалық қалдықтардан өндірілген биогазды анаэробты ашыту процесін моделдеу көрсетілген. Моделдің сәйкес параметрлері туралы ұсыныстары программалаудың тізбектелген квадраттық алгоритмін қолдану арқылы іріктелген үміткерлерді кезекті бағалай отырып сезімталдықты талдауды жүзеге асыру жолымен алынады. Калибрлеу және тексеру моделдері ұсынылып отырған модель бірнеше кілттік өзгертулер негізіндегі метанды өндірудің динамикасын дұрыс болжай алуға қабілетті екендігін көрсетуші тәжірибелі-масштаты қондырғыдан алынған деректерге негізделген.

**Кілттік сөздер:** анаэробты ашыту, биогазды өндіру, кинетикалық коэффициенттер, стехиометрикалық коэффициенттер.

# • ХИМИКО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 539.23:621.793

**[1]A.T. Tulegenova, [1]D.V. Ismailov, [1]Zh.K. Kalkozova, [1,2]L.V. Gritsenko , [1]Kh.A. Abdullin**
([1]National Nanotechnology Laboratory of open type, al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
[2]Kazakh National Research Technical University after K.I. Satpaev, Almaty, Kazakhstan
E-mail: kh.a.abdullin@mail.ru)

## VARYING THE PROPERTIES OF NANOROD ARRAYS AND THIN FILMS OF ZnO DEPENDING ON THE SYNTHESIS MODE AND HEAT TREATMENT

**Abstract.** Nanorod arrays and thin films of ZnO are grown by hydrothermal method. The morphology, electrical properties, and photoluminescence spectra of the synthesized ZnO samples were investigated depending on the synthesis conditions and subsequent heat treatments. Thermal annealing of the samples was carried out in the temperature range from 200 to 500°C. The heat treatment was carried out in vacuum as well as in air and in a hydrogen plasma. A strong change in the properties of the samples depending on the conditions of the treatments was found, which allows modifying the sample properties.

**Key words:** hydrothermal synthesis, ZnO thin films, ZnO nanorod arrays

**[1]А.Т. Тулегенова, [1]Д.В. Исмаилов, [1]Ж.К. Калкозова, [1, 2]Л.В.Гриценко, [1]Х.А. Абдуллин**
([1]Национальная нанотехнологическая лаборатория открытого типа, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан
[2]Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, Алматы, Республика Казахстан, E-mail: kh.a.abdullin@mail.ru)

## ВАРЬИРОВАНИЕ СВОЙСТВ МАССИВОВ НАНОСТЕРЖНЕЙ И ТОНКИХ ПЛЕНОК ZnO В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕЖИМОВ СИНТЕЗА И ТЕРМООБРАБОТОК

**Аннотация.** Гидротермальным методом выращены массивы наностержней и тонкие пленки оксида цинка ZnO. Исследованы морфология, электрические свойства и спектры фотолюминесценции синтезированных образцов ZnO в зависимости от режимов синтеза и последующих термообработок. Термический отжиг образцов проводился в диапазоне температур от 200 до $500^0$C, термообработка проводилась в вакууме, на воздухе и в водородной плазме. Обнаружено сильное изменение свойств образцов в зависимости от условий обработок, что позволяет проводить направленное изменение свойств образцов.

**Ключевые слова:** гидротермальный синтез, тонки пленки ZnO, массивы наностержней ZnO

### Введение

Массивы наностержней и тонкие пленки оксида цинка ZnO благодаря своим уникальным свойствам являются перспективными структурами для применения в различных областях, таких, как прозрачная электроника, солнечные элементы и приборы оптоэлектроники, сенсоры и генераторы [1-4]. Массивы наностержней и тонкие пленки ZnO могут быть синтезированы различными методами, включая парожидкостную (VLS) эпитаксию, химическую осаждение из паровой фазы (CVD), импульсное лазерное осаждение (PLD), а также гидротермальным методом [5-7]. В отличие от других методов, гидротермальный синтез является низкотемпературным процессом, не требующим дорогостоящее оборудование, и легко масштабируется [8-14]. В последнее время многочисленные усилия были предприняты для контроля размеров и формы наностержней ZnO и их свойств при синтезе. Поэтому разработка технологических способов получения заданных свойств массивов наностержней и тонких пленок оксида цинка является актуальной. В настоящей работе гидротермальным методом выращены массивы наностержней и тонкие пленки оксида цинка ZnO, исследованы свойства синтезированных образцов ZnO в зависимости от режимов синтеза и последующих термообработок.

**Эксперимент**

Слои оксида цинка осаждались гидротермальным методом на подложки, в качестве которых были использованы стеклянные слайды и полированные пластины кремния. Предварительно подложки тщательно очищались и обезжиривались, что также весьма важно для создания гидрофильной поверхности. В противном случае качество затравочного слоя ZnO будет низким.

Затравочный слой ZnO получался путём нанесения раствора золя ацетата цинка $Zn(CH_3COO)_2$ в этаноле на поверхность подложек, закреплённых на горизонтальном столике, с последующим вращением столика со скоростью ~2000 об./мин в течение 5 минут. После этого подложки сушились в шкафу при температуре 130°С в течение 20 минут с последующим отжигом при температуре 450°С в течение 30 минут в муфельной печи. В результате формировался равномерный затравочный слой ZnO на поверхностях подложек.

Рабочий раствор для гидротермального синтеза приготавливался путем растворения равных молярных количеств нитрата цинка $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ и уротропина $C_6H_{12}N_4$ (или гексаметилентетрамин ГМТА) в деионизованной (18.2 МОм) воде. Гидротермальный синтез проводился при температурах 90-95°С на магнитной мешалке с подогревом, в стеклянном стакане, помещенном в водяную баню. Продолжительность синтеза варьировалась от 1 часа до 2 часов. По окончанию синтеза образцы промывались дистиллированной водой в ультразвуковой ванне в течение 10 минут для очистки поверхности от налипших частиц.

Вакуумный отжиг проводился в трубчатой печи с вакуумными фланцами типа KF25. В кварцевую трубку помещаются образцы, затем реактор герметично закрывается. Откачка производилась до давления 0.05 торр с помощью масляного форвакуумного насоса. После достижения необходимых давления и температуры кварцевая трубка с образцами перемещается в горячую зонутрубчатой печи. После отжига трубка с образцами передвигалась за пределы горячей зоны, образцы вынимались после охлаждения до комнатной температуры.

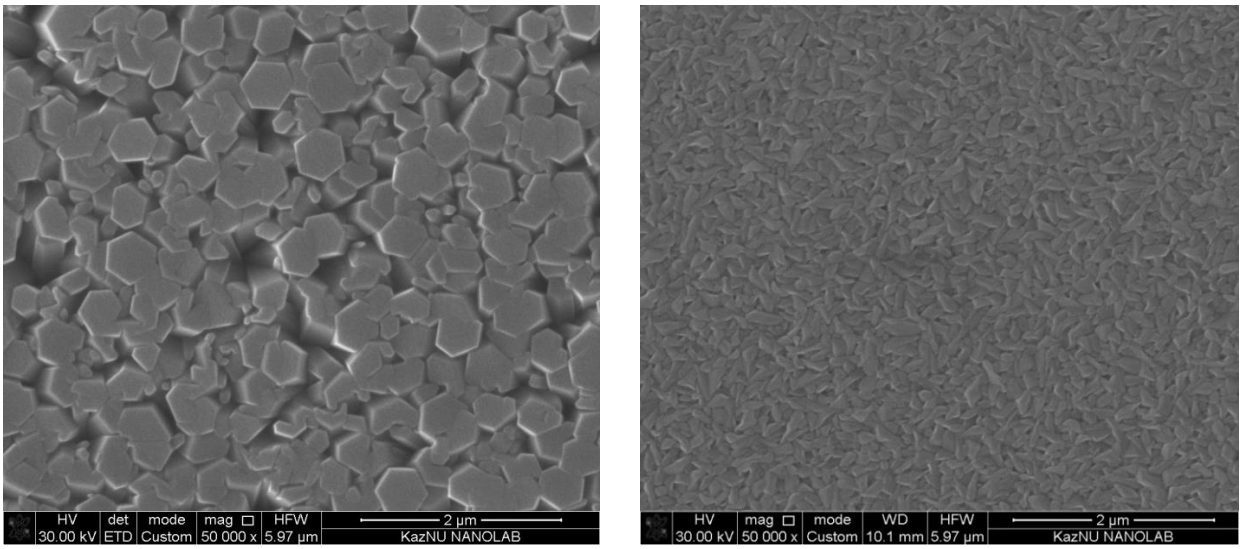
Обработка образцов в радиочастотной (27 MHz) плазме в атмосфере водорода (Н-обработка) проводилась в кварцевом трубчатом реакторе диаметром 30 мм, с электродами емкостного типа при давлении газа ~60 Pa и мощности ВЧ-генератора ~20 W. Специального нагрева образцов не применялось. Варьировались условия плазменной обработки, для этого образец помещался либо в область плотной плазмы между емкостными электродами для непосредственного воздействия плазмы, либо в область за пределами пространства между емкостными электродами для воздействия удаленной плазмой. Длительность обработки варьировалась от 1 до 20 минут.

Морфологию поверхности изучали с помощью сканирующего электронного микроскопа (SEM) Quanta3D200i FEI. Фазовый анализ (XRD – X-ray diffraction) осуществлялся на дифрактометре MiniFlex Rigaku. Рентгенограммы порошков сняты в излучении CuKα.

**Результаты и обсуждение**

При концентрации рабочего раствора 200 мМ и выше за время синтеза 1 час образуются сплошные плотные пленки ZnO. При легировании во время гидротермального синтеза морфология образца существенно изменяется. На рисунке 1 показана типичная морфология нелегированной и легированной алюминием пленки ZnO.

Исходные образцы ZnO, нелегированные и легированные в процессе синтеза, сразу после синтеза имели удельное сопротивление около $10^4$-$10^5$ Ом*см. Обнаружено, что отжиг в вакууме в диапазоне 300-500°С приводит к падению сопротивления в $10^6$ раз, улучшает подвижность носителей на порядок и вызывает рост концентрации носителей. Оптимальной температурой отжига для получения пленок ZnO с низким электросопротивлением 0.01 Ом·см является 400-550°С. В целом легированные образцы имели значительно более высокие электрические параметры, чем нелегированные. Что более важно, хранение нелегированных образцов в нормальных условиях приводит к постепенной деградации электрических параметров образцов в течение времени от нескольких недель до нескольких месяцев. Это является доказательством того, что рост концентрации и подвижности в нелегированных образцах при отжиге вызван изменением стехиометрии в образцах, когда растет количество собственных дефектов - вакансий цинка и/или междоузельных атомов цинка, проявляющих донорные свойства [15]. При хранении в нормальных условиях концентрация собственных дефектов приходит в равновесное состояние, что приводит к росту электросопротивления.




a b

**Рис. 1.** SEM снимок поверхности ZnO, выращенного в растворе 0.3 М в течение 1 часа при температуре 95°С, a- нелегированный, b- легирован алюминием

Кроме того, отжиг в вакууме эквивалентен отжигу в восстановительной атмосфере [16], поэтому поверхностный отрицательный заряд, сформированный кислородными специями, значительно понижается, толщина обедненной области падает. Поскольку толщина обедненной области сравнима с толщиной пленок и диаметром наностержней, сопротивление тонких пленок и наностержней также падает. При выдержке в нормальных условиях восстановление поверхностного заряда приводит к росту электросопротивления.

Другая ситуация наблюдается в легированных образцах. Хранение образцов (по крайней мере в течение 1 года) не вызывает деградацию электрических параметров образцов после отжига в вакууме. Можно сделать вывод, что во время гидротермального синтеза атомы донорных примесей не входят в решетку ZnO в позиции замещения цинка, где они могут выступать в роли мелких доноров, а находятся в неактивных позициях, в которых они не могут проявить свои донорные свойства, например, при расположении в области межзеренного пространства. Отжиг приводит к активации электрической активности донорных примесей (алюминия, бора), то есть после отжига донорные примеси становятся в позиции замещения атомов цинка.

Еще одним важным эффектом контроля над свойствами образцов является плазменная обработка в атмосфере водорода. Как обнаружено в наших исследованиях, Н-обработка в водородной плазме приводит к падению электрического сопротивления образцов. Например, исходные концентрация и сопротивление образцов $6x10^{15}$ $см^{-3}$ и $10^4$ Ом*см соответственно изменялись до $8x10^{18}$ $см^{-3}$ и 0.8 Ом*см после обработки в водородной плазме.

Столь же существенные изменения наблюдались в спектрах фотолюминесценции (ФЛ) образцов. Интенсивность межзонной ФЛ значительно растет после обработки в водородной плазме, а примесная полоса ФЛ пассивируется при Н-обработке. Хранение образцов в нормальных условиях приводит к постепенной деградации эффекта плазменной обработки.

Пленки ZnO, полученные гидротермальным методом, имели высокое оптическое совершенство, и коэффициент пропускания света достигал более 90% в видимой области спектра 400-700 нм. В спектрах пропускания и поглощения наблюдаются интерференционные колебания, что говорит о высокой однородности пленок.

Возможности контроля над морфологией структур оксида цинка, синтезируемых гидротермальным методом, открываются при легировании ростового раствора. На рисунке 2 показана морфология массива наностержней при росте из раствора нитрату цинка и нитрата меди $Cu(NO_3)_2$ с концентрацией 10 мМ по нитрату цинка. В обычных условиях (без нитрата меди) синтез приводит к формированию наностержней диаметром ~40 нм. При добавлении в раствор всего 1 мМ нитрата меди получены наностержни с поперечными размерами более 120 нм и длиной 1500 нм (рис. 2).

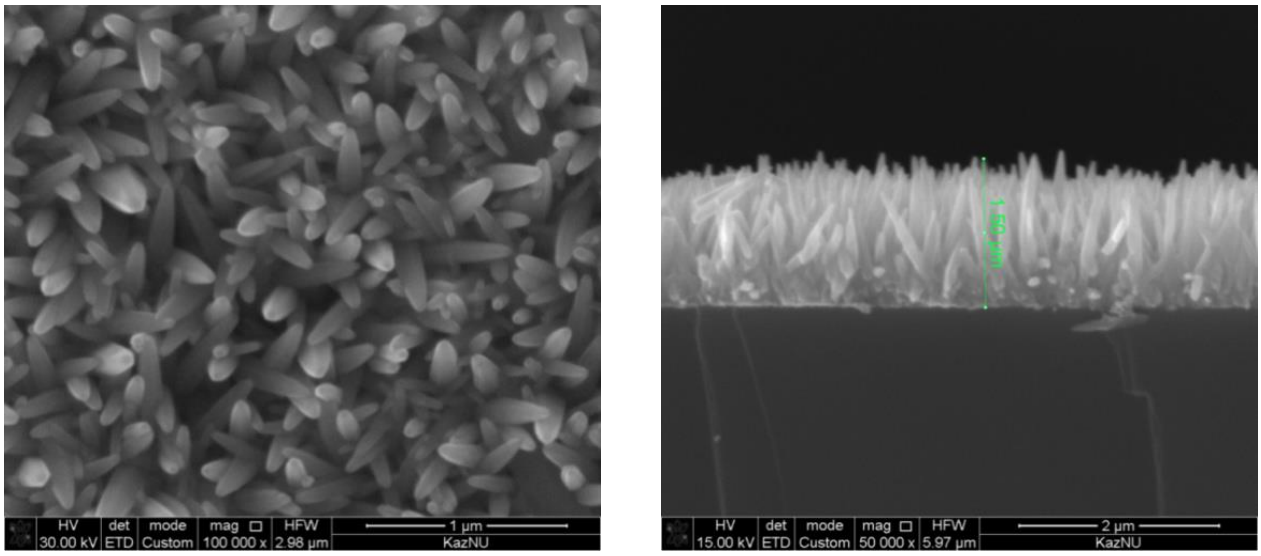



**Рис. 2.** Массивы наностержней, полученных из раствора 10 мМ при добавлении в раствор 1 мМ нитрата меди, время синтеза 1 час, температура 95°С

Из раствора 50 мМ, из которого за 1 час синтеза получаются массивы наностержней со средним диаметром 60 нм и длиной 1000 нм, при добавлении 1 мМ нитрата меди получены стержни (рис. 3) с диаметром в пределах 150-175нм, длина стержней 2.54 мкм. Как видно из рис. 3, стержни смыкаются, образуя пленку толщиной более 2 мкм.

Обнаружено, что сильное влияние на морфологию синтезируемых слоев оказывает также добавление нитрата натрия. Скорость роста из раствора 50 мМ при добавлении 3 атомных % нитрата натрия значительно повышается (рис. 4). При температуре синтеза 95°С, продолжительностью 1 час, выращена пленка толщиной около 2 мкм, только верхняя часть стержней не сомкнулась в сплошную пленку. Диаметр верхней части стержней около 300 нм, их длина 2.35 мкм. Таким образом, добавление в раствор нитрата натрия в количестве 3 атомных %. значительно увеличивает скорость синтеза.

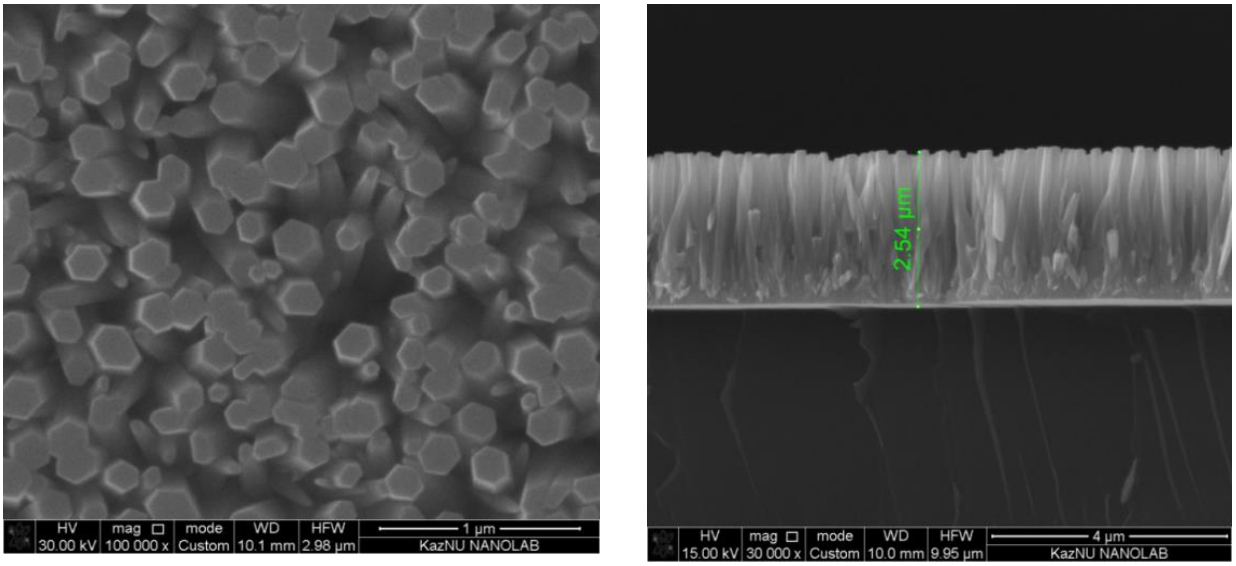



**Рис. 3.** SEM снимок слоя ZnO, полученного при синтезе из раствора 50 мМ при добавлении 1 мМ нитрата меди, длительность 1 час.

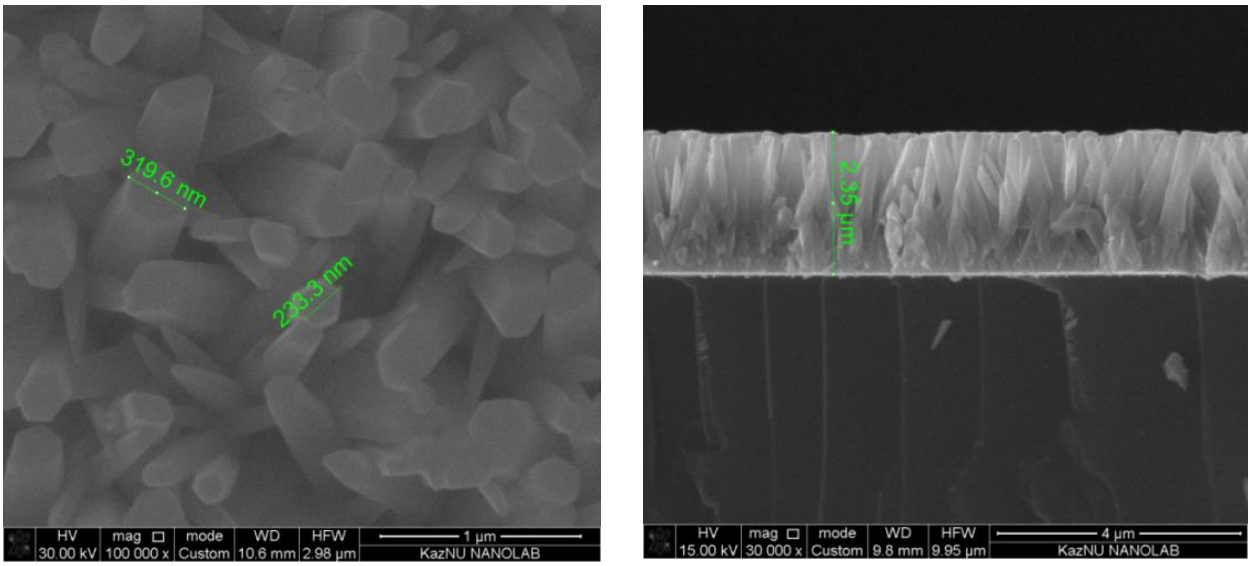



**Рис. 4**.SEM снимок слоя ZnO, полученного при синтезе из раствора 50 мМ при добавлении 3 ат.%. нитрата натрия, длительность синтеза 1 час.

Еще одним весьма эффективным методом управления морфологией синтезируемых гидротермальным методом структур оксида цинка явилось добавление в ростовый раствор поверхностно-активных веществ (ПАВ). В качестве ПАВ использован додецилсульфат натрия. Первоначально его применение было обусловлено необходимостью повысить уровень легирования и концентрацию носителей при легировании слоев ZnO мелкими донорами бора и алюминия из раствора во время роста. Дело в том, что добавление в ростовый раствор солей бора и алюминия не обязательно приводит к их введению в синтезируемые пленки ZnO. Растворимость бора и алюминия в ZnO при температурах синтеза весьма мала, и примеси в водной фазе оттесняются растущей фазой на границе твердое-жидкое. Возможность ввести достаточно высокую концентрацию атомов бора и алюминия заключается в захвате этих атомов на поверхность, на дефекты роста и межзеренные границы. При последующей термической активации при достаточно высоких температурах произойдет диффузия этих захваченных атомов и внедрение в узлы в подрешетке цинка, где эти атомы приобретают свойства мелких доноров. Поэтому применение ПАВ могло увеличить число адсорбированных примесных атомов на развитой поверхности структур ZnO.

Раствор с высокой концентрацией 300 мМ обычно нами использовался для получения пленок ZnO. Однако оказалось, что даже небольшие количества ПАВ, добавленные в ростовый раствор 300 мМ, значительно меняют морфологию синтезируемых структур. На рис. 5 показана морфология пленки, выращенной из раствора с концентрацией по нитрату цинка 0.3 М, в течение 1 часа при 95$^{o}$C, с добавлением 1 вес. % ПАВ. Из рисунка видно, что морфология поверхности состоит из пирамид вместо шестигранников.

Заметим, что получение нанотекстур ZnO в форме треугольных пирамид актуально для применения в солнечных элементах, поскольку коэффициент использования света в таких структурах выше за счет перепоглощения света, отраженного от наклонных плоскостей пирамид.

Морфология поверхности пленок, составленная из пирамид вместо шестигранников весьма необычна для пленок, полученных гидротермальным синтезом, так как пленки получаются путем разрастания вширь и смыкания шестигранных стержней. Стержни, в свою очередь, растут вдоль направления преимущественного роста (002) оксида цинка. Изменение морфологии полученных пленок по сравнению с пленками, получаемыми в обычном гидротермальном синтезе свидетельствует, что небольшие добавки ПАВ приводят к смене направления преимущественного роста.

Поэтому были проведены рентгеноструктурные (XRD) измерения этих образцов, результаты приведены на рис. 6. Видно, что в отличие от обычного случая с преобладанием рефлекса (002), который всегда наблюдается в образцах, выращенных гидротермальным методом, в данном случае преобладает рефлекс (101), а рефлекс (002) почти отсутствует.

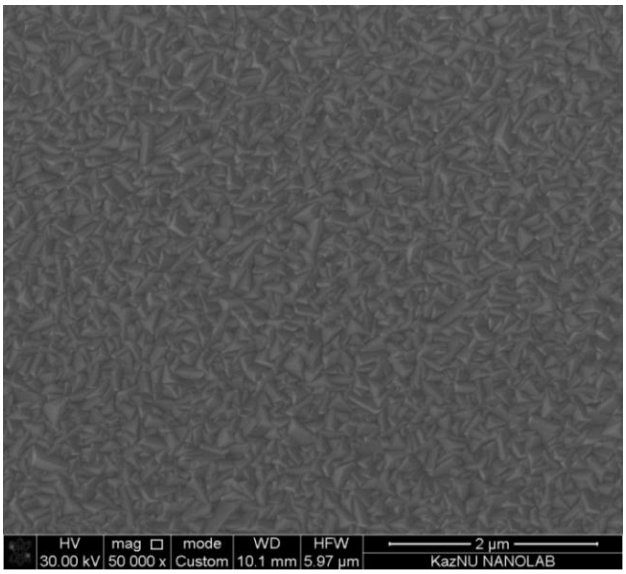



**Рис. 5**. SEM снимок пленки ZnO толщиной 540 нм, полученной при синтезе из раствора 300 мМ при добавлении 1 вес.%. ПАВ, длительность синтеза 1 час

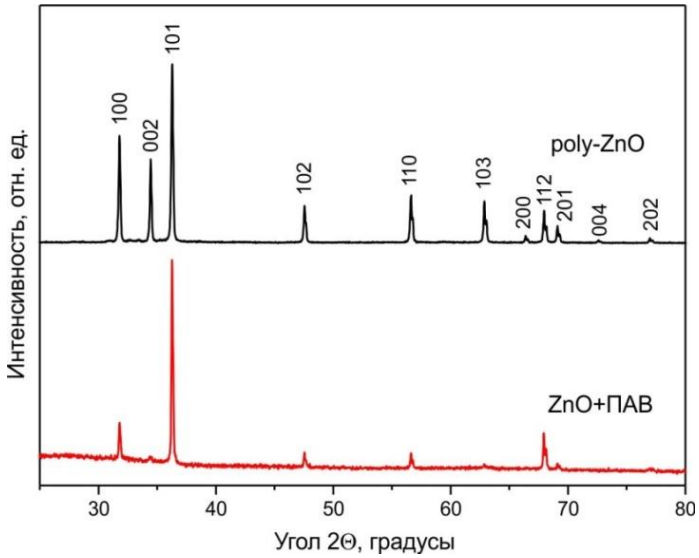



**Рис. 6**. XRD результаты для образца ZnO, полученного при синтезе из раствора 300 мМ при добавлении 1 вес.%. ПАВ, для сравнения показан также образец поликристаллического порошкового ZnO

Добавление ПАВ (додецилсульфат натрия) в ростовый раствор вызывает сильное изменение не только морфологии пленок, но и наностержней. Как показано выше, из раствора 15 мМ за время 1 час формируются стержни диаметром в среднем 60 нм и длиной 900 нм. Добавление ПАВ кардинально изменяет механизм роста наностержней ZnO, вместо массива наностержней формируется пленка с размерами отдельных шестигранников около 200 нм.

Полученные пленки ZnO на стеклянных подложках, выращенные в растворе с концентрацией 300 мМ, с добавлением 1 весовой %. ПАВ, имеют высокую прозрачность и однородность. В спектрах пропускания этих пленок видна интерференционная картина, что говорит о высокой однородности пленок, и средний коэффициент пропускания в видимой области достигает ~90 %.

**Заключение**

Таким образом, разработаны методы управляемого изменения морфологии и свойств пленок и массивов наностержней ZnO во время синтеза путем изменения состава ростового раствора при добавлении легирующих веществ и ПАВ, а также в течение последующих термообработок, определены электрические, оптические, фотолюминесцентные характеристики полученных образцов.

Работа выполнена по гранту AP05130100 Министерства образования и науки Республики Казахстан.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Huang J.-S., & Lin C.-F. Controlled Growth of Zinc Oxide Nanorod Array in Aqueous Solution by Zinc Oxide Sol-Gel Thin Film in Relation to Growth Rate and Optical Property // 8th IEEE Conference on Nanotechnology. -2008. doi:10.1109/nano.2008.47

[2] Du L.-X., Jiao Y., Niu S.-Y., Miao H., Yao H.-B., Wang K.-G., Fan H.-B. Control of morphologies and properties of zinc oxide nanorod arrays by slightly adjusting their seed layers // Nanomaterials and Nanotechnology. – 2016. –Vol.6. –P.1-8. doi:10.1177/1847980416663674

[3] Tian H., Fan H., Ma J., Liu Z., Ma L., Lei S., Long C. Pt-decorated zinc oxide nanorod arrays with graphitic carbon nitride nanosheets for highly efficient dual-functional gas sensing // Journal of Hazardous Materials. –2018. – Vol.341. –P. 102–111. doi:10.1016/j.jhazmat.2017.07.056

[4] Li H., Zhang X., Zhu Y., Li R., Chen H., Gao P., Li Q. Hydrothermal deposition of a zinc oxide nanorod array on a carbon nanotube film as a piezoelectric generator // RSC Adv. –2014. –Vol. 4, Issue 82. –P. 43772–43777. doi:10.1039/c4ra09014d

[5] Huang M.H., Wu Y., Feick H., Tran N., Weber E. and Yang P. Catalytic Growth of Zinc Oxide Nanowires by Vapor Transport // Advanced Materials. –2001. –Vol.13. –P.113-116.

[6] Wang G.Z., Wang Y., Yau M.Y., To C.Y., Deng C.J. and Ng D.H. L. Synthesis of ZnO hexagonal columnar pins by chemical vapor deposition // Materials Letters. –2005. –Vol.59. –P.3870-3875.

[7] Bae C.H., Park S.M., Ahn S.E., Oh D.J., Kim G.T. and Ha J.S. Sol-gel synthesis of sub-50 nm ZnO nanowires on pulse laser deposited ZnO thin films // Applied Surface Science. –2006. –Vol.253. –P.1758-1761.

[8] Schlur L., Calado J.R., Spitzer D. Synthesis of zinc oxide nanorods or nanotubes on one side of a microcantilever // R. Soc. open sci. –2018. –Vol.5. –P. 180510. http://dx.doi.org/10.1098/rsos.180510

[9] Xiaoliang Wang, Mashkoor Ahmad, Hongyu Sun. Three-Dimensional ZnO Hierarchical Nanostructures // Solution Phase Synthesis and Applications Materials. –2017. –Vol.10. –P.1304. doi:10.3390/ma10111304

[10] Ryabko A.A., Maximov A.I., Moshnikov V.A., Nalimova S.S. Synthesis of optosensitive structures based on zinc oxide // Journal of Physics: Conference Series. -2018. –Vol. 993. –P.012024.

[11] Schlur L., Carton A., Lévêque P., Guillon D. and Pourroy G. Optimization of a New ZnO Nanorods Hydrothermal Synthesis Method for Solid State Dye Sensitized Solar Cells Applications // The Journal of Physical Chemistry C. –2013. –Vol.117(6). –P. 2993–3001. doi:10.1021/jp305787r

[12] Garcia S.P., & Semancik S. Controlling the Morphology of Zinc Oxide Nanorods Crystallized from Aqueous Solutions: The Effect of Crystal Growth Modifiers on Aspect Ratio // Chemistry of Materials. –2007. – Vol.19(16). –P.4016–4022. doi:10.1021/cm061977r

[13] Errico V., Arrabito G., Fornetti E., Fuoco C., Testa S., Saggio G., Rufini S., Gannata S., Desideri A., Falcomi Ch. And Gargioli, C. High-Density ZnO Nanowires as a Reversible Myogenic–Differentiation Switch // ACS Applied Materials & Interfaces. –2018. –Vol.10(16). –P.14097–14107. doi:10.1021/acsami.7b19758

[14] Wei Y., Du H., Kong J., Tran V.-T., Kai Koh J., Zhao C., & He C. Fast light-induced reversible wettability of a zinc oxide nanorod array coated with a thin gold layer // Nanotechnology. –2017. –Vol.28(44). –P. 445404. doi:10.1088/1361-6528/aa85bc

[15] Janotti A., Van De Walle Ch.G., Fundamentals of Zinc Oxide as a semiconductor // Reports on Progress in Physics. – 2009. –No.72. – P. 1-29.

[16] Chithira P R, Teny Theresa John. The influence of vacuum and annealing on the visible luminescence in ZnO nanoparticles // Journal of Luminescence. –2017. –Vol. 185. –P. 212–218.

Тулегенова,А.Т. Исмаилов Д.В., Калкозова Ж.К., Гриценко Л.В., Абдуллин Х.А.

**Термоөңдеу мен синтездеу режиміне байланысты zno жұқа пленкалары мен наностержендер массивінің қасиеттерін түрлендіру**

**Түйіндеме.** Гидротермалды әдіспен ZnO мырыш оксидінің жұқа пленкалары мен наностержендер массиві өсірілді. Синтездеу режимдеріне және одан кейінгі термоөңдеуге байланысты синтезделген ZnO үлгілерінің фотолюминесценция спектрлері, электрлік қасиеті және морфологиясы зерттелді. Үлгілерді термиялық жасыту 200 ден $500^0$C температура аралығында жүргізілді, термоөңдеу вакуумде, ауада және сутекті плазмада жүргізілді. Өңдеу шарттарына байланысты үлгілердің қасиеттері қатты өзгеретіндігі анықталды, бұл үлгілердің қасиеттерін өзгертуге мүмкін болатындығын білдіреді.

**Түйін сөздер:** гидротермалды синтез, ZnO жұқа пленкалары, ZnO наностержендер массиві

УДК 661.155.5.

**M.B. Kambatyrov, U.B. Nazarbek, S.P. Nazarbekova, P.A.Abdurazova**
(M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan,
maksat-kambatyrov@mail.ru)

## RESULTS OF THE RESEARCH OF THE POSSIBILITY OF EXTRACTING HUMATES FROM COAL WASTE LIGNITE OF THE LENGER DEPOSIT FOR THE PURPOSE OF APPLICATION AS FEED ADDITIVES

**Abstract.** This article explores the possibility of extracting humates from coal mining waste of brown coal from the Lenger field with the addition of KOH to produce potassium humate. The most important problem is the use of natural resources using environmentally-friendly, resource-saving technologies. The Lenger brown coal deposit is located in the southern region of Kazakhstan. Brown coal, a type of coal, a fossil of the lowest degree of metamorphism, representing a transitional form from peat to coal. Humates are part of humic substances. The practical use of humates in agriculture, in particular in livestock and poultry, fully confirmed their antibacterial and antiviral protective properties. In addition, potassium humate increases the efficiency of feed products without taking into account the feed consumption rate.

**Key words:** coal, brown coal, humates, potassium humate, feed additives, animal husbandry, agriculture.

**М.Б. Камбатыров, У.Б. Назарбек, С.П. Назарбекова, П.А.Абдуразова**
(Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауезова,
Шымкент, Казахстан, maksat-kambatyrov@mail.ru)

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ГУМАТОВ ИЗ ОТХОДОВ УГЛЕДОБЫЧИ БУРЫХ УГЛЕЙ ЛЕНГЕРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ С ЦЕЛЬЮ ПРИМЕНЕНИЯ В КАЧЕСТВЕ КОРМОВЫХ ДОБАВОК

**Аннотация.** В данной статье исследованы возможности извлечения гумата из отходов угледобычи бурых углей Ленгерского месторождения с добавлением КОН для получения гумата калия. Важнейшей задачей химической технологии является рациональное использование природных ресурсов с использованием экологически безотходных, ресурсосберегающих технологий. В южном регионе Казахстана расположено Ленгерское месторождение бурого угля. Бурый уголь, разновидность углей ископаемых низшей степени метаморфизма, представляющая собой переходную форму от торфа к каменному углю. Гуматы – часть гуминовых веществ, которые представляют собой соли гуминовых кислот. Практическое применение гуматов в сельском хозяйстве, в частности в животноводстве и птицеводстве, полностью подтвердило их антибактериальные и противовирусные защитные свойства. Кроме того, гумат калия улучшает эффективность кормовых продуктов за счет нормализации микрофлоры кишечника животных: рост живого веса у них происходит без увеличения нормы расхода кормов.

**Ключевые слова:** уголь**,** бурый уголь, гуматы, гумат калия, кормовые добавки, животноводство, сельскохозяйство.

Бурый уголь, разновидность углей ископаемых низшей степени метаморфизма, представляющая собой переходную форму от торфа к каменному углю. По внешним признакам отличается от торфа большей уплотнённостью и меньшим содержанием различимых растительных остатков, от каменных углей – главным образом окраской бурых тонов. Диагностируется также по реакциям с едкой щёлочью и разбавленной азотной кислотой, окрашивая растворы соответственно в тёмно-бурый и ярко-жёлтый (до красно-бурого) цвета. На воздухе буреет и растрескивается; характерны высокая гигроскопичность и влажность. Плотность 1200–1500 кг/м$^3$. Различают землистые рыхлые бурые угли, плотные матовые и блестящие. По составу исходного вещества большинство бурых углей относится к гумитам, в которых сапропелевые и гумусово-сапропелевые разности встречаются в виде прослоев. Из микрокомпонентов углей в большинстве бурых углей (80–98%) преобладают представители витринита группы, в некоторых разностях – фюзинит или липтинит [1].

Элементный состав горючей массы бурых углей: С 65–76%, Н 4–6,5%, иногда более, O+N 18–30%; теплота сгорания 23,9–32,0 МДж/кг; содержание гуминовых кислот 2–63%, летучих веществ 40–65%, первичной смолы 5–20% и более. По степени метаморфизма бурых углей разделяют на 3 класса (01, 02, 03); за основу такого разделения принят показатель отражения витринита (соответственно менее 0,30%,

0,30–39%, 0,40–0,49%). С повышением степени метаморфизма в бурых углях повышаются содержание углерода, удельная теплота сгорания, снижается содержание кислорода, гуминовых кислот и смол [2].

Важнейшей задачей химической технологии является рациональное использование природных ресурсов с использованием экологически безотходных, ресурсосберегающих технологий.

В южном регионе Казахстана расположено Ленгерское месторождение бурого угля. По данным запас балансовой части его составляет 33956 тыс.т., а забалансовой - 3244 тыс. т. [3].

В результате добычи данного вида углеводородного сырья образовались отходы в количестве более 6 млн.т. [4].

Установлено, что основными компонентами отходов бурых углей Ленгерского месторождения являются минеральные и органические вещества. Минеральная часть представлена составными компонентами кремнистых, алюминатных и кальцевых соединений. Органическая часть отходов бурых углей представлена функциональными группами органических веществ в том числе и гуминовых соединений, в комплексе с металлоорганическими веществами. Углеводородная часть отходов бурых углей представляет собой смесь высокомолекулярных соединений непостоянного состава, из ароматических и гетероциклических структур невысокой степени конденсированности, соединенных мостиками $–CH_2$-, -O-, -S- с функциональными группами алифатических и гидроароматических фрагментов [5].

Гуматы — часть гуминовых веществ, которые представляют собой соли гуминовых кислот. Гуматы обладают общими для всех ГВ свойствами: полидисперсностью, нерегулярностью строения и полифункциональностью. Эти свойства проявляются за счет сочетания в молекулярной структуре ароматического ядра и гидрофильной периферии, состоящей в основном из алифатических, олигосахаридных и олигопептидных фрагментов. Гуматами также называют многочисленную группу препаратов, изготовленных из легкорастворимых солей гуминовых кислот. Эти препараты находят применение в растениеводстве, животноводстве, медицине, строительстве, бурении, экологии, рекультивации и восстановлении земель [6].

Целью данного исследования является возможность извлечения гумата из отходов угледобычи бурых углей Ленгерского месторождения с добавлением КОН для получения гумата калия.

На основе проведенных исследований разработана технологическая схема получения гумата калия, которая приведена в соответствии с рисунком 1.

Отходы угледобычи Ленгерского месторождения загружают в шаровую мельницу (1), где тщательно измельчают и направляют в грохот (2), где получается отход угледобычи со средними размерами 100 мкм ≤ ≥ 1 мм. Измельченный отход угледобычи, затем направляют в сборник (3) оттуда пневмонасосом (4) направляют в расходомер (5). В реактор (7), снабженный мешалкой с электроприводом и паровой рубашкой из сборника (3), загружают ОБУ, затем туда подают заданный расход 1%-ного водного раствора гидроксида калия из позиции (6). Процесс выщелачивания сырья проводят в реакторе (7) при непрерывном перемешивании при температуре 80°С в течение 2 (двух) часов. Здесь, в результате выщелачивания ОБУ, образуется гумат калия. Продукционная гуминовая кислота собирается в сборнике (8).

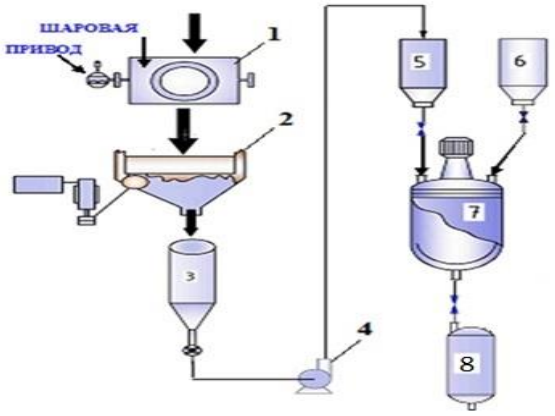



**Рис. 1.** Технологическая схема получения гумата калия
1– шаровая мельница; 2 – грохот; 3 – сборник; 4 – пневмонасос; 5 – расходомер отходов угледобычи; 6 – расходомер 1% КОН; 7 – реактор для получения гумата калия; 8 – сборник гумата калия.

По разработанной технологической схеме гумат получается в виде жидкофазной коллоидной смеси, которая состоит из гумата калия и растворенных в ней минеральных составляющих отходов угледобычи – соединений калия, натрия, железа, серы и др.

Для определения качественного состава органической части, полученный продукт подвергался ИК-спектральному анализу на приборе Specord-75 JR в диапазоне 4000-450 $см^{-1}$. При этом перед каждым ИК-спектральным анализом из состава полученной гумата калия была удалена свободная часть воды упариванием с получением жидкой фазы - pH 0,883. Результаты данных исследований приведены в соответствии с рисунком 2.

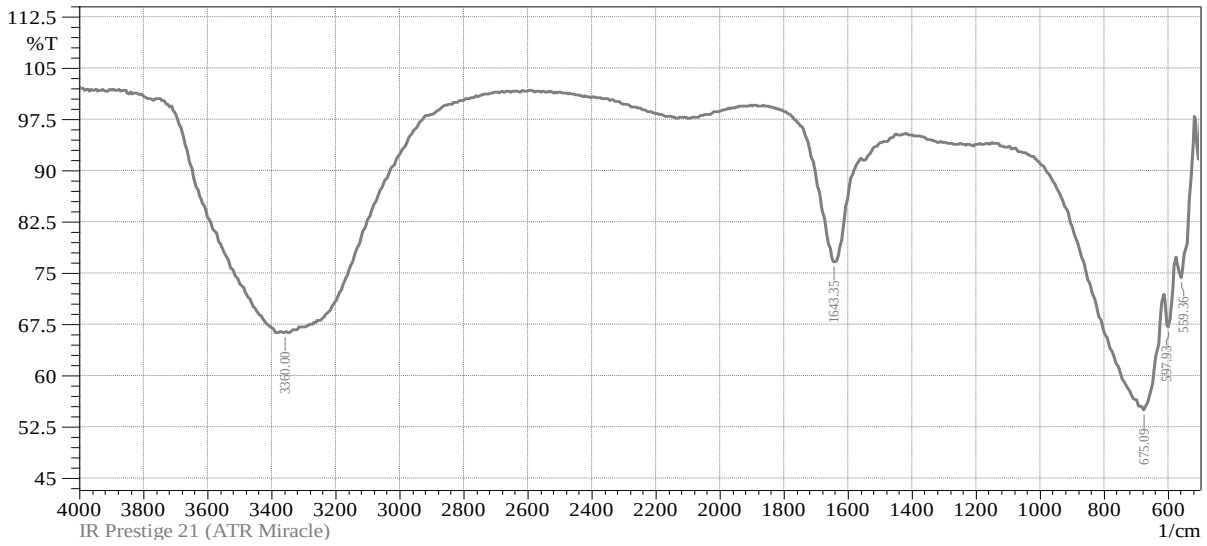



**Рис. 2.** ИК-спектры поглощения полученного гумата калия

Как видно из данных в соответствии с рисунком 1.2, здесь имеются следующие ИК-спектры поглощения:

ИК-спекторы рис. 1.2 характеризуются двумя интенсивными полосами поглощения в области 600 $см^{-1}$. Первая область поглощения определет примесные деформационные колебания, характерные валентным группам силикатов и алюминатов. Так полосы поглощения в области 551-601 $см^{-1}$ группе Si-O-Al.

Не интенсивные полосы поглощения в области 1639 $см^{-1}$ отвечают деформационным колебаниям группы – С-Н с включением метильных, метиленовых и метиновых соединений. Широкая полоса поглощения в области 3363-3400 $см^{-1}$ свидетельствует о наличии гидроксильной группы соединений, с межмолекулярной водородной связью О-Н, а также ОН группы, с включениями полиассоциатов гуматов калия.

Как отмечено выше, в составе выделенного гумата калия, помимо органических соединений, содержатся также и минеральные вещества. Поэлементный и минералогический составы анализировались на электронном микроскопе JEOl в спекторе увеличения 40 раз. Результаты исследований приведены в таблице 1 и в соответствии с рисунком 3.

Таблица 1 - **Элементный и весовой состав гумата калия**

| Элемент | Весовой % |
|---|---|
| C | 12.59 |
| O | 37.90 |
| Na | 0.40 |
| Al | 0.60 |
| Si | 2.17 |
| S | 0.10 |
| K | 46.24 |

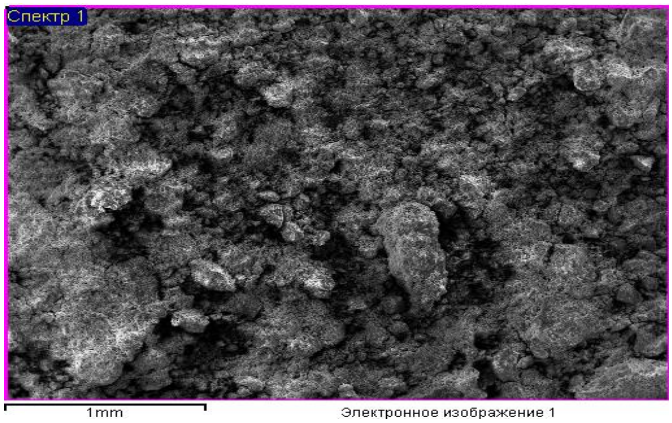



**Рис. 3.** Микроструктура гумата калия, при увеличении в 40 раз

Микроструктура и поэлементный состав гумата калия имеют четкую основу минералов в виде островных объемных структур до 85% общей массы. На поверхности минералов гумата калия наблюдаются некоторые включения кварца и алюмосиликата.

Практическое применение гуматов в сельском хозяйстве, в частности в животноводстве и птицеводстве, полностью подтвердило их антибактериальные и противовирусные защитные свойства. Это подтверждается протоколом испытания проведенным в РГП «Национальный центр экспертизы», показанным в таблице 2.

Таблица 2 – **Результаты измерении гумата калия на радиоактивность**

| № п/п | Наименование образца | Наименование показателей | Единица измерения | Удельная эффективная активность радионуклидов | Допустимое содержание |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Гумат калия | Цезий-137 | Бк/кг,л | <1,8 | 180,0 |
| | | Стронций-90 | Бк/кг,л | <0,56 | 100,0 |

где уровень радионуклидов в сто раз меньше допустимой нормы. Согласно литературным данным гуминовые вещества (гумат калия) улучшают эффективность кормовых продуктов за счет нормализации микрофлоры кишечника животных: рост живого веса у них происходит без увеличения нормы расхода кормов. Гуматы обладают адсорбирующим действием: они связывают токсичные вещества, находящиеся в желудочно-кишечном тракте и способствуют их скорейшему выведению, повышая при этом защитные способности организма.

Гуматы оказывают иммуностимулирующее действие, усиливая у животных процесс фагоцитоза (поглощение и изолирование вредоносных клеток или микроорганизмов). Ещё одна удивительная способность гуматов: они повышают выносливость и адаптационные возможности организма в условиях физических и эмоциональных перегрузок, помогая справиться с последствиями стрессовых ситуаций [7]. Суммируя все преимущества гуминовых препаратов, можно с уверенность утверждать, что их применение поможет значительно повысить продуктивность животноводческого стада и птичьего поголовья, а также улучшить качественные характеристики получаемой мясо-молочной продукции, яиц, шерсти и других товаров сельского хозяйства на их основе.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Жемчужников Ю. А., Гинзбург А. И. Основы петрологии углей. Москва: Издательство академии наук ССР, 1960, 185 с.

[2] Ерёмин И. В., Броновец Т. М. Марочный состав углей и их рациональное использование: Справочник. Москва: Издательство «Недра», 1994, 254 с.

[3] Мырзахметова Б.Б. Разработка технологии производства комплексного органо-минерального удобрения на основе гуматов местного происхождения: дис. ... докт. филос. PhD: 6D072000/ ЮКГУ им. М. Ауэзова. –Шымкент, 2012. – 152 с.

[4] Алтыбаев Ж.М. Научные и технологические основы получения Ni-Co содержащих агломератов в производстве фосфора: дис. ... докт. филос. PhD: 6D072000/ ЮКГУ им. М. Ауэзова. – Шымкент, 2013. – 115 с.

[5] Альметкина Л.А., Федорченко В.И., Гончаренко Н.А. / Исследование бурых углей Тюльганского месторождения в качестве источника химического сырья // Вестник ОГУ. – 2004. – № 4. – С. 111-113.

[6] Ваксман С.А. Гумус. Происхождение, химический состав и значение его в природе.- М.: СЕЛЬХОЗГИЗ, 1937. - 470 с.

[7] Применение гуматов в животноводстве. Доступно на: https://agrostory.com/info-centre/zivotnovodstvo/primenenie-gumatov-v-zhivotnovodstve/ (от 29 апреля 2019г.).

Камбатыров М.Б., Назарбек У.Б., Назарбекова С.П., Абдуразова П.А.

**Жемдік қоспаларды қолдану мақсатында Ленгір кен орнының қоңыр көмірінің қалдықтарын өндіріп гуматтарды алу мүмкіндігін зерттеу наәтижелері**

**Түйіндеме:** Бұл мақалада ленгер кенінен көмірді көмір қалдықтарынан калий гуматасын алу үшін КОН қосу арқылы гуматты алу мүмкіндіктері зерттелді. Химиялық технологияның ең маңызды міндеті табиғи ресурстарды ұтымды пайдалану - экологиялық таза, ресурс үнемдейтін технологияларды қолдану. Ленгер қоңыр көмір қоры Қазақстанның оңтүстік аймағында орналасқан. Қоңыр көмір, метаморфизмнің ең төмен дәрежесі бар қазба көмірі - шымтезектен көмірге дейінгі өтпелі нысаны. Гумат - гуминді қышқылдардың тұздары болып табылатын гуминді заттардың бір бөлігі болып табылады. Ауыл шаруашылығында, әсіресе мал мен құсқа жұмыртқаларды практикалық қолдану олардың бактерияға қарсы және вирусқа қарсы қорғау қасиеттерін толық растады. Бұдан басқа, калий гуматы жануарлардың ішек микрофлорасын қалыпқа келтіргеннен кейін азық-түлік өнімдерінің тиімділігін арттырады: жем-шөп тұтыну жылдамдығын арттырмастан олардың тірі салмағын арттырады.

**Түйін сөздер:** көмір, қоңыр көмір, гумат, калий гуматы, жепшөп қоспалар, мал шаруашылығы, ауыл шаруашылығы.

УДК 541.136/.136.88

**A. Rakhimova, A. Galeyeva**
(Kazakh National University named after al-Farabi, Almaty, Kazakhstan)

**MICROVAVE SYNTHESIS OF LITHIUM IRON PHOSPHATE FOR THE LITHIUM-ION STORAGE BATTERIES**

**Abstract**: Today, LiFePO4 is a commercially available product, and there are various methods of synthesis, however, these methods are complex in hardware design, often time-consuming to perform, and it is not easy to regulate the morphology of the resulting samples. One of the promising methods is microwave synthesis. The paper presents the microwave method of synthesis and the combination of methods associated with microwave exposure, with the help of which LiFePO4 was obtained. The effect of water on the microwave synthesis of LiFePO4 was determined and its use as an alternative to the carbon absorber was revealed.

**Key words:** microwave synthesis, lithium iron phosphate, lithium-ion battery, solid-phase synthesis, cathode material

**А.К. Рахимова, А.К. Галеева**
(Казахский Национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Республика Казахстан
E-mail: ainura_302015@mail.ru)

**МИКРОВОЛНОВОЙ СИНТЕЗ ЖЕЛЕЗОФОСФАТА ЛИТИЯ ДЛЯ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ**

**Аннотация:** На сегодняшний день $LiFePO_4$ является коммерчески выпускаемым продуктом, и существуют различные методы синтеза, однако эти методы сложны в аппаратурном оформлении, зачастую длительны в выполнении и непросто регулировать морфологию полученных при этом образцов. Одним из перспективных методов является микроволновой синтез. В работе представлен микроволновой метод синтеза и комбинация методов, связанных с микроволновым воздействием, с помощью которых был получен $LiFePO_4$. Определено влияние воды на микроволновой синтез $LiFePO_4$ и выявлено его использование как альтернатива углеродному абсорберу.

**Ключевые слова:** микроволновой синтез, литий железо фосфат, литий ионный аккумулятор, катодный материал

**Введение**

$LiFePO_4$ - не содержащий Co материал для катода литий-ионных аккумуляторов согласно Шукле и др., потенциал разряда этого материала составляет , 3.4 В. Емкость накопления энергии составляет около 150-160 мАч / г. Он не токсичен, имеет малую мощность и намного безопаснее по сравнению в $LiCoO_2$ [1].

Микроволовой синтез способен обеспечить быстрый и равномерный нагрев компонентов за счет процесса саморазогрева, основанного на прямом поглощении микроволового излучения. Микроволновой синтез позволяет синтезировать $LiFePO_4$ за более короткое время с меньшим потреблением энергии относительно температурных методов синтеза [2]. Лимитирующим фактором в данном синтезе является выбор прекурсоров, способных поглощать СВЧ излучение.

Higuchi и др. [3] первыми синтезировали $LiFePO_4$ методом микроволнового воздействия. Смесь, приготовленную твердофазным методом смешивания, нагревали в микроволновой печи в инертной атмосфере. Начиная с исходных компонентов смеси таких как: карбонат лития и фосфат аммония, и варьируя источник, содержавший железо (ацетат железа, лактат железа (II)), и время микроволнового облучения, они доказали, что компонент, содержащий железо, является микроволновым абсорбером, который и инициируетет процесс синтеза.

В последующем было доказано, что активированный уголь действует как хороший микроволновой абсорбер, обеспечивающий быстрое разогревание, в то же время являясь генератором восстановительной среды, частично окисляясь до $CO_2$. При этом появляется возможность синтеза без использования инертной атмосферы.

Недавние исследования показали, что использование метода микроволнового воздействия как метода синтеза $LiFePO_4$ при использовании следующих прекурсоров $Li_3PO_4$, $Fe_3(PO4)_2 \cdot 8H_2O$ и углерода, может являться перспективным малозатратным промышленным способом его получения. Синтезируемый материал имеет высокое значение рабочей емкости (95 % от теоретической) с отличной циклируемостью.

*Микроволновой синтез в сочетании с твердофазным методом*

При микроволновой обработке микроволновые абсорберы добавляют для обеспечения эффективного выделения тепла. Углерод является наиболее широко используемым микроволновым абсорбером из-за его низкой стоимости, быстрого нагрева и способности образовывать защитную восстановительную атмосферу. В результате, когда углерод используется в качестве поглотителя СВЧ, формирование $LiFePO_4$ может быть непосредственно осуществлено на воздухе, это значительно снижает затраты на производство. Кроме углерода также используются другие абсорберы такие как, органические добавки сахароза [4], глюкоза [5], лимонная кислота [6] и др.

*Сочетание микроволнового синтеза с гидротермальным методом*

Требование условия однородности в микроволновом синтезе имеет фундаментальное значение для обеспечения хорошей электрохимической активности конечного материала. Использование адекватной гидросистемы, облегчает синтез с полианионными соединениями при хорошо контролируемой морфологии мелких частиц кристалла; регулируемой такими факторами, как температура, pH, концентрация и кинетические параметры (скорость перемешивания) [7].

*Сочетание микроволнового синтеза с золь-гель методом*

$LiFePO_4$ можно получить гибридным методом, основанным на сочетании микроволнового синтеза и золь-гель метода.

В работе [8] в качестве прекурсоров использовали ацетат лития, сульфат железа, фосфорную кислоту и лимонную кислоту в молярном соотношении 1:1:1:1. Смесь растворяли в деионизированной воде и полиэтиленгликоле. Значение pH поддерживали на уровне 8,5-9,5 с помощью аммиачной воды, затем раствор выпаривали на водяной бане при температуре 70-80°C до появления геля. Полученный порошок-гель измельчали и затем прессовали в пресс-форме таблетки при 4 МПа. Время и мощность обработки в микроволновой печи варьировались: 1) 8, 10 и 13 минут при 600Вт; 2) 12, 15, 18, 21 минут при 400 Вт. В работе выявлена тенденция уменьшения зарядно-разрядной емкости синтезированного материала при увеличении времени СВЧ обработки от 12 до 21 при 400 Вт и увеличении емкости с увеличением времени при 600 Вт.

**Экспериментальная часть**

*Получение $LiFePO_4$ микроволновым методом из фосфатных прекурсоров*

Исходную смесь для синтеза литированного фосфата железа готовилась смешиванием эквимолярных количеств безводного фосфата лития (собственного приготовления), восьмиводного

фосфата железа (II) (собственного приготовления). Используемые прекурсоры были проверены с помощью РФА, результаты которого показали их высокую чистоту. Смесь прекурсоров с добавлением ацетиленовой сажи в количестве 5 % перемешивалась в планетарной мельнице в течение часа. Во избежание окисления перемешивание проводилось в атмосфере аргона. Реакция получения $LiFePO_4$ микроволновым методом из фосфатных прекурсоров протекает очень легко, и с малым количеством побочных продуктов, в частности, выделяется только вода.

$$Li_3PO_4 + Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O + C \rightarrow LiFePO_4/C + 8H_2O \quad (1)$$

Целью данной работы является синтез $LiFePO_4$ микроволновым способом из фосфатных прекурсоров, а также изучение влияния температуры и микроволнового абсорбера на качество полученного материала.

*Методики приготовления прекурсоров*

Ввиду отсутствия прекурсоров или их недостаточной чистоты возникала необходимость их непосредственного синтеза из имеющихся в наличии реактивов.

*Методика приготовления $Li_3PO_4$*

Реактивы брались в соотношении на 1г $LiOH \cdot H_2O$ 0,66мл $H_3PO_4$. На каждый 1г $LiOH \cdot H_2O$ бралось минимум 50 мл воды для растворения. После приготовления в отдельных стаканах, растворы сливались, и из смеси выпадал белый аморфный осадок $Li_3PO_4 \cdot 12H_2O$. Этот осадок фильтровался под вакуумом на воронке Шотта, затем промывался дистиллированной водой до нейтральной реакции и помещался в вакуумный сушильный шкаф, где при температуре 180-200°С сушился в течение 2-3 часов. Кристаллизационная вода за это время полностью удалялась, и оставался безводный фосфат лития. Конечный продукт перемалывался в ступке пестиком. Хранился в склянке, без доступа влаги.

*Методика приготовления $Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$*

Синтез фосфата железа (II) осложнен тем, что во влажном состоянии он крайне легко окисляется кислородом воздуха до трехвалентного состояния. Ввиду того, что этот фосфат получается, в основном, только в результате реакции осаждения, возник ряд проблем, который был нами успешно решен. А именно: окисление кислородом воздуха – проведение синтеза в инертной среде (перчаточном боксе с атмосферой азота); соосаждение ионов натрия – старение осадка.

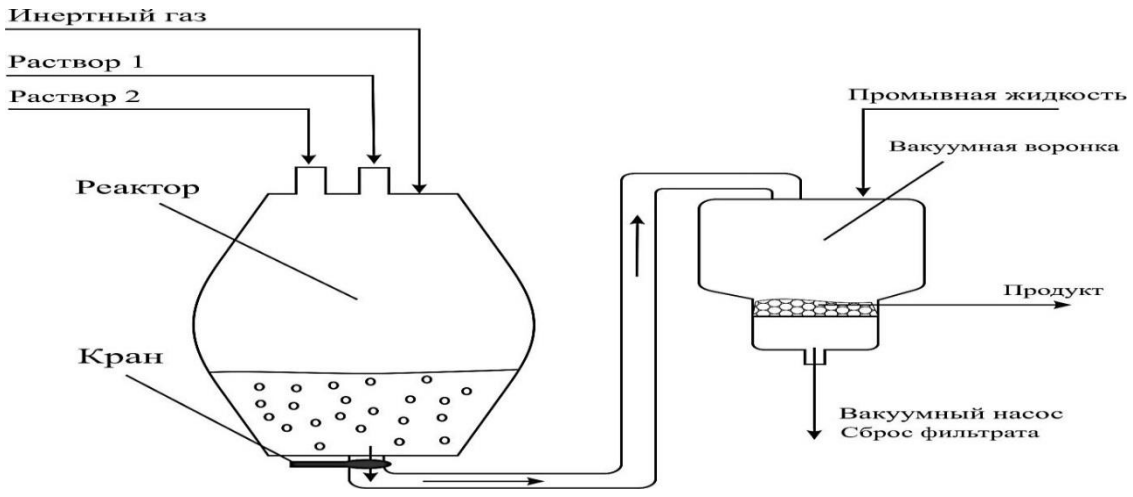



**Рис.1.** Установка для синтеза фосфата железа II

Для синтеза готовился раствор, содержащий 10 весовых частей динатрий фосфата двенадцативодного и 150 частей дистиллированной воды (раствор 1). Также бралась навеска 8 весовых частей сульфата железа (II) семиводного, которая растворялась в 33 весовых частях воды, в раствор добавлялась серная кислота в количестве 10 мл и 0,5г железа восстановленного водородом (раствор 2). Растворы оставлялись на сутки для полного восстановления железа до двухвалентного состояния. Наличие трехвалентного железа проверялось по пробе с роданидом аммония. Синтез проводился в приведенной ниже установке (Рисунок 1), разработанной в результате строительства нескольких экспериментальных стендов и решения большого количества инженерных задач, в первую очередь изоляции от внешней атмосферы и свободного транспорта реагентов внутри системы.

Полученные растворы поступали в реактор, куда также непрерывно поступал азот, где они перемешивались в течение часа. После этого конечный раствор с осадком оставлялся на сутки для

самоочистки. После отстаивания образовывался раствор с осадком бледного серо-голубого оттенка. Полученная суспензия поступала в воронку для вакуумного фильтрования, там же она продувалась азотом, поступающим в реактор. После отделения первичного фильтрата осадок промывался дистиллированной водой порциями равными внутреннему объему воронки 5-6 раз. Затем для отделения остаточной влаги, осадок промывался двумя объемами этилового спирта. Влажный осадок не должен контактировать с кислородом воздуха, поскольку он очень быстро окисляется, поэтому продувка системы азотом не прекращалась в течение всего времени синтеза. Полученный осадок в закрытой воронке помещался в сушильный шкаф, затем открывались краны системы, а из шкафа откачивался весь воздух. Сушка проводилась в течение суток в вакуумном сушильном шкафу при температуре 70°С. После этого осадок высыхал полностью, становился рассыпчатым и более стабильным к кислороду воздуха. Цвет его также менялся, темнел. Кристаллы $Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$ лучше всего хранить в плотно закрывающемся сосуде, желательно в инертной атмосфере, то есть сосуд можно продуть инертным газом ($N_2$, Ar).

При таких пропорциях выход продукта составляет около 96%

*Микроволновой синтез литий железо фосфата*

Из гомогенизированной смеси прекурсоров при давлении 60 Бар прессовались таблетки массой 1 грамм. Для проведения синтеза таблетка помещалась в алундовый тигель. Тигель закрывался тефлоновой крышкой с отверстием в центре. Тигель помещался в микроволновую печь, в зону реакции осуществлялся подвод инертного газа. В процессе микроволнового синтеза при помощи пирометра измерялась температура таблетки через отверстие в микроволновой печи и крышке тигля.

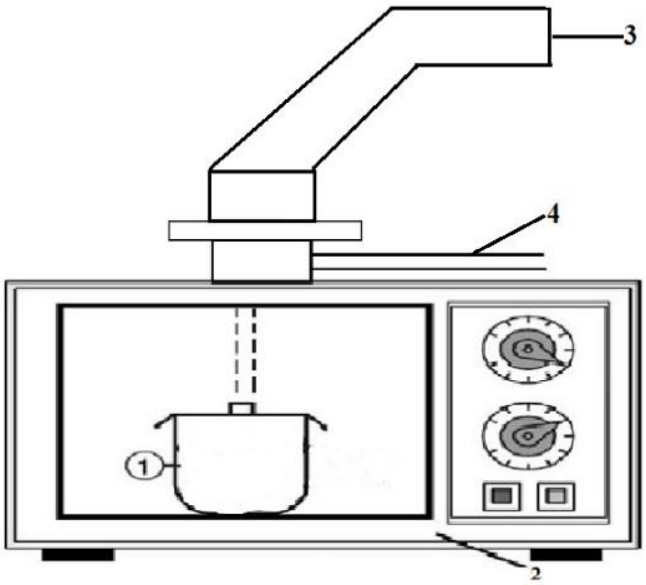



**Рис. 2.** Установка для получения $LiFePO_4$ микроволновым методом, 1- тигель со смесью, 2- микроволновая печь LG MS 2022 G мощность 1100 Вт, 3- пирометр, 4- подвод аргона

**Результаты и обсуждения**

После проведения серии опытов было выявлено, что показания температуры на пирометре не соответствовали истинной, для этого была проведена калибровка пирометра с помощью термопары.

Калибровка пирометра проводилась путем нагревания песка в тигле в муфельной печи до $400^0$С и его остывания до 50 $^0$С, контроль температуры песка осуществлялся при помощи термопары. После нагревания до $400^0$С тигель с песком помещали в микроволновую печь и одновременно записывали значения температуры на термопаре и пирометре с интервалом измерения 60 секунд. По полученным данным была построена зависимость температуры пирометра от температуры термопары.

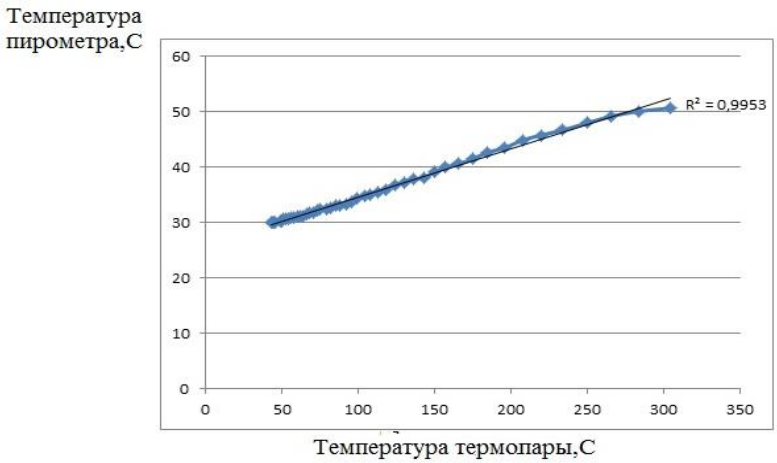



**Рис. 3.** Зависимость показаний пирометра от температуры термопары

Из данного графика видно, что показания прибора выдают в среднем 80% от фактической температуры. На постоянство отклонения указывает линейность зависимости показаний пирометра от температуры термопары.

Можно предположить, что такую пропорциональность вносит особенность конструкции прибора. Вероятно, мы имеем меньшую площадь излучения ограниченную диаметром трубки в тигле. Согласно данной зависимости показания пирометра корректировалось с истинной температурой.

*Влияние температуры на синтез $LiFePO_4$*

Так как действие абсорбера заключается в генерировании тепла в процессе микроволнового облучения, было решено использовать предварительный нагрев реакционной смеси (22°С – образец 1, 50°С – образец 2, 120°С – образец 3) в качестве альтернативы микроволновому абсорберу. Прогрев смеси осуществлялся в течение 20 минут. При этом выбранной температуры и времени прогрева было недостаточно для проведения обычного термического синтеза. После предварительного нагрева, реакционная смесь подвергалась микроволновому облучению мощностью 450 Вт в течение 8 минут. Для предотвращения окисления реакционной смеси в процессе микроволнового облучения зону реакции продували аргоном.

По результатам РФА в образцах 1 и 2 не обнаружено фазы $LiFePO_4$, образец 3 являлся практически чистой монофазой $LiFePO_4$ с небольшой примесью, не идентифицированной фазы (рисунок 4).

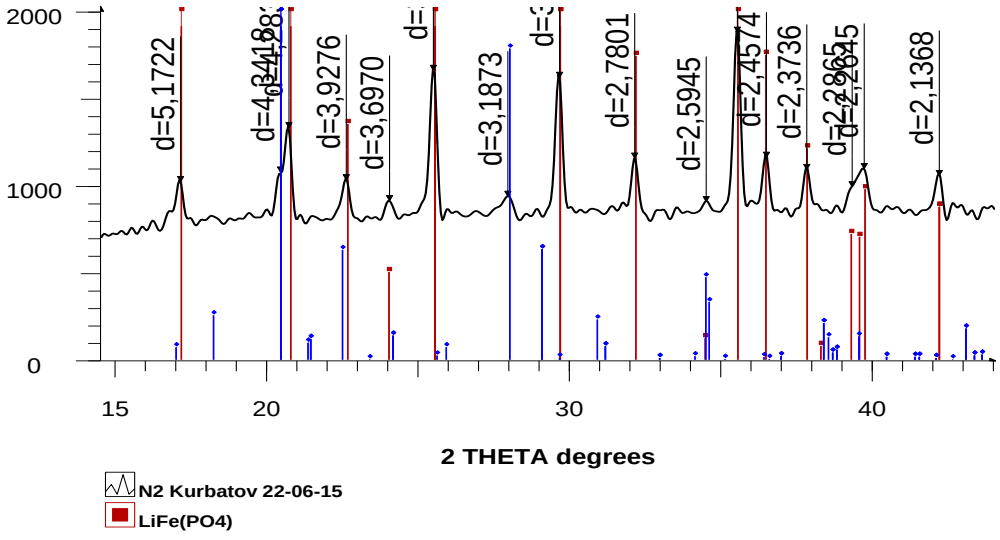



**Рис. 4.** Набор рентгеновских отражений образца $LiFePO_4$ полученного при помощи микроволнового синтеза с предварительным нагревом (Т=120°С)

Микроволновой синтез проходит с предварительным нагреванием свыше 100 $^0$C, инициируя процесс образования фазы $LiFePO_4$, об этом свидетельствует полученная рентгенограмма образца.

*Влияние абсорбера*

Для определения влияния абсорбера была проведена серия опытов с добавлением активированного угля и без. Активированный уголь полностью покрывал смесь прекурсоров. Полученные образцы были изучены методом рентгенофазового анализа. Результаты анализа показали, что смесь исходных реагентов практически полностью превращается в $LiFePO_4$ при наличии абсорбера. В образцах без микроволнового абсорбера была обнаружена только смесь исходных прекурсоров, что свидетельствует об отсутствии протекания реакции.

Поскольку эксперименты показали необходимость наличия слоя микроволнового абсорбера окружающего спрессованную смесь прекурсоров, было решено исследовать кинетику прохождения данного процесса.

*Определение влияния воды в качестве микроволнового абсорбера*

Серию опытов по определению влияния воды на синтез $LiFePO_4$ микроволновым методом проводили с исходной смесью прекурсоров с добавлением 1 мл дистиллированной воды на 1г смеси. Время микроволнового воздействия составляло 8 минут.

В процессе микроволнового синтеза с добавлением воды наблюдались вспышки пламени, обусловленные появлением искр между частицами угля при микроволновом воздействии. Рентгенограмма синтезированного образца $LiFePO_4$ с добавлением воды представлена на рисунке 3.

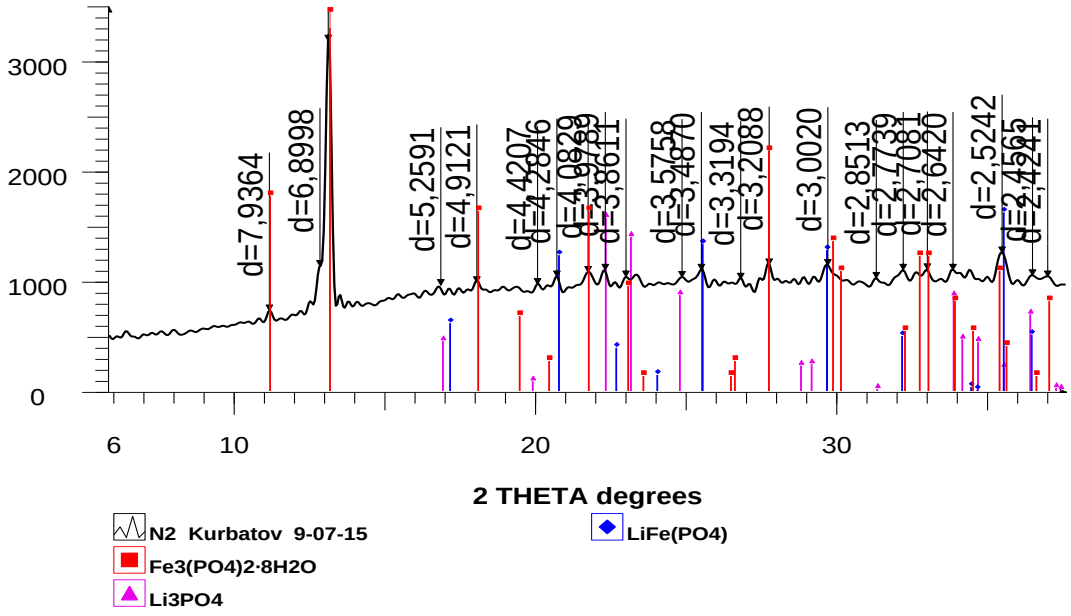



**Рис. 5.** Набор рентгеновских отражений образца $LiFePO_4$ полученного при помощи микроволнового синтеза с добавлением воды

Результаты РФА исследуемого образца показали наличие примесных включений оксида железа (III) ортофосфата лития, что, скорее всего, связано с окислением прекурсоров при возгорании.

В образцах без добавления в исходную смесь угля фаза $LiFePO_4$ не обнаружена. Целесообразно было добавлять активированный уголь в исходную смесь при синтезе.

| Абсорбер | Концентрация |
|---|---|
| Вода | 5%, 10%, 15%, 34% |

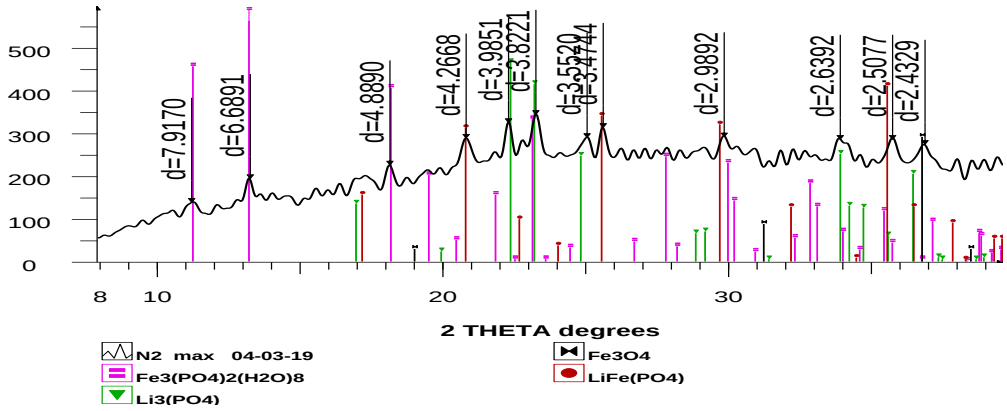



**Рис. 6.** Набор рентгеновских отражений образца $LiFePO_4$ полученного при помощи микроволнового синтеза с добавлением воды(10%) и угля(5%)

Микроснимки поученных образцов представлены на рисунке 7.

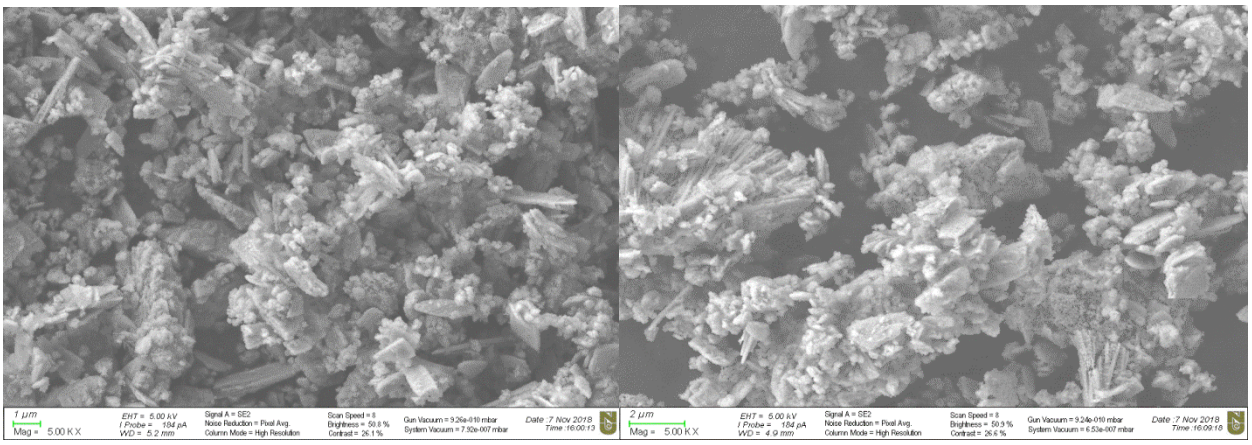


**Рис.7.** Микроснимки полученных образцов с добавлением воды

Чистая фаза $LiFePO_4$, полученная в опытах с добавлением воды свидетельствует о ее существенном влиянии на процесс микроволнового воздействия, так как в опытах без добавления абсорбера и предварительного нагрева не удавалось получить $LiFePO_4$. Действие воды по нашим представлениям не ограничивается только ее и свойством абсорбировать микроволновое излучения и обеспечивать разогрев смеси прекурсоров для инициации процесса реакции.

**Заключение**

Нами был синтезирован чистый $LiFePO_4$ из фосфатных прекурсоров методом микроволнового воздействия. Исследовано влияние абсорбера на процесс протекания реакции. Выявлено, что при отсутствии микроволнового абсорбера не происходит достаточного разогревания реакционной смеси, после которого может быть запущен процесс синтеза под действием микроволнового облучения. Показано, что в качестве углеродного абсорбера может быть использована вода.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Ozawa K. Lithium-*ion* rechargeable batteries with $LiCoO_2$ and carbon electrodes: The $LiCoO_2$/C system // Solid State Ion. - 1994. Vol. 69. P. 212.

[2] K.S.Park , J.T.Son, H.T.Chung, S.J.Kim, C.H.Lee & H.G.Kim. Synthesis of LiFePO4 by coprecipitation and microwave heating. Electrochemistry Communications, Vol.5, No.10,(October 2003), pp.839-842, ISSN 1388-2481

[3] Beninati S, Damen L and Mastragostino M 2008 J. Power Sources 180 875

[4] Li, P.; He, W.; Zhao, H. & Wang, S. (2009) Biomimetic synthesis and characterization of the positive electrode material LiFePO4. J. Alloys and Comp., Vol. 471, pp. 536-538, ISSN 0925-8388.

[5] Beninati, S.; Damen, L. & Mastragostino, M. (2008) MW-assisted synthesis of LiFePO4 for high power applications. J. Power Sources, Vol. 180, pp. 875-879, ISSN 0378-7753

[6] Wang, L.; Huang, Y.; Jiang, R. & Jia, D. (2007) Preparation and characterization of nanosized LiFePO4 by low heating solid-state coordination method and microwave heating. Electrochimica Acta, Vol. 52, pp.6778-6783, ISSN 0013-4686.

[7] Gong Z and Yang Y 2011 Energy Environ. Sci. 4 3223

[8] Yong Zhang*, Hui Feng, XingbingWu, LizhenWang, Aiqin Zhang, Tongchi Xia, Huichao Dong, Minghao Liu One-step microwave synthesis and characterization of carbon-modified nanocrystalline LiFePO4 Electrochimica Acta 54 (2009) 3206–3210

Рахимова А.К., Курбатов А.П., Галеева А.К.

**Литий-ионды аккумуляторлар үшін литий темір фосфатының микротолқынды синтезі**

**Түйіндеме.** Фосфатты алғы заттардан микротолқынды әсер әдісі арқылы таза $LiFePO_4$ алынды. Реакцияның жүру процесіне абсорбердің әсері зерттелді. Миротолқынды абсорбер жоқ кезде реакциялық қоспаның толыққанды қызуы жүрмейтіні анықталды. Көмірлі абсорберге балама ретінде суды қолдануға болатыны анықталды.

**Түйінді сөздер:** микротолқынды синтез, литий темір фосфат, литий ионды аккумулятор,катодтық материал

УДК 537.5.620.3

**Kh.A. Abdullin, G.A. Ismailova, Zh.K. Kalkozova, S.K. Zhumagulov**
(National Nanotechnology Laboratory of open type, al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Republic of Kazakhstan. E-mail: kh.a.abdullin@mail.ru)

## PRODUCTION OF SUPERCAPACITOR ELECTRODE BASED ON THE COBALT AND NICKEL HYDROXIDE NANOPOWDERS

**Abstract.** Cobalt and nickel hydroxide nanopowders are synthesized at room temperature by a simple hydrolysis method. Monophasic samples of $Co(OH)_2$ and $Ni(OH)_2$ with an average crystallite size of 15 and 2 nm, respectively, were obtained. It was found that the low-frequency capacitance of an electrode made from synthesized cobalt and nickel hydroxides pressed into the substrate is about 13 F/cm$^2$ at a scanning speed of 1 mV/s and about ~10 F/cm$^2$ at current of 12 mA/cm$^2$. Measurements of the electrochemical impedance in the frequency range of 0.1-10$^5$ Hz showed that at low frequencies the capacitance of the electrode is determined by the Warburg diffusion processes. The obtained nanostructured material is promising for supercapacitor electrodes.

**Key words:** cobalt hydroxide, nickel hydroxide, nanoparticles, supercapacitor electrodes.

**Х.А. Абдуллин, Г.А. Исмаилова, Ж.К. Калкозова, С.К. Жумагулов**
( Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан, E-mail: kh.a.abdullin@mail.ru)

## ПОЛУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОДА СУПЕРКОНДЕНСАТОРА ИЗ НАНОПОРОШКОВ ГИДРОКСИДА КОБАЛЬТА И НИКЕЛЯ

**Аннотация.** Наноразмерные порошки гидроксидов кобальта и никеля синтезированы при комнатной температуре простым методом гидролиза. Получены монофазные образцы $Co(OH)_2$ и $Ni(OH)_2$ со средним размером кристаллитов 15 и 2 нм соответственно. Обнаружено, что низкочастотная емкость электрода из порошков синтезированных гидроксидов кобальта и никеля, впрессованных в подложку, составляет около 13 Ф/см$^2$ при скорости развертки 1 мВ/сек и около ~10 Ф/см$^2$ при токах 12 мА/см$^2$. Измерения электрохимического импеданса в частотном диапазоне 0.1-10$^5$ Гц показали, что при низких частотах емкость электрода определяется процессами диффузии Варбурга. Полученный наноструктурированный материал перспективен для создания электродов суперконденсаторов.

**Ключевые слова:** гидроксид кобальта, гидроксид никеля, наночастицы, электроды суперконденсаторов.

### Введение

Суперконденсаторы являются актуальными приборами для накопления энергии, они имеют высокие значения отдаваемой мощности по сравнению с аккумуляторными батареями, что обеспечивает им широкий спектр практических применений [1]. В качестве суперконденсаторов могут применяться различные материалы, такие, как углеродные материалы, композитные и гибридные системы [2-4]. В частности, для создания суперконденсаторов используется широкий класс оксидов - гидроксидов металлов [5-9], поскольку они могут быть синтезированы с высокой удельной поверхностью и с хорошей электрической проводимостью, а также использоваться с

водными электролитами [10]. Поэтому поиск дешевых и простых технологий создания конденсаторных электродов с высокой емкостью является актуальной задачей. В настоящей работе получены электроды с высокой емкостью на основе нанопорошков гидроксида кобальта и никеля, синтезированных простым химическим методом.

**Эксперимент**

Нанопорошки гидроксида кобальта и никеля были получены в настоящей работе химическим методом путем гидролиза ацетата кобальта и ацетата никеля. Водные растворы 0.1 М ацетата кобальта $Co(CH_3COO)_2 \cdot 4H_2O$ (AcCo) и ацетата никеля $Ni(CH_3COO)_2 * 4H_2O$ покапельно смешивались с соответствующим количеством щелочи NaOH при комнатной температуре и были оставлены на 12 часов.

Частицы гидроксида кобальта и никеля, сформированные в реакции гидролиза, отделялись центрифугированием и несколько раз промывались водой до достижения нейтрального pH раствора. Синтезированный порошок собирался для дальнейших исследований.

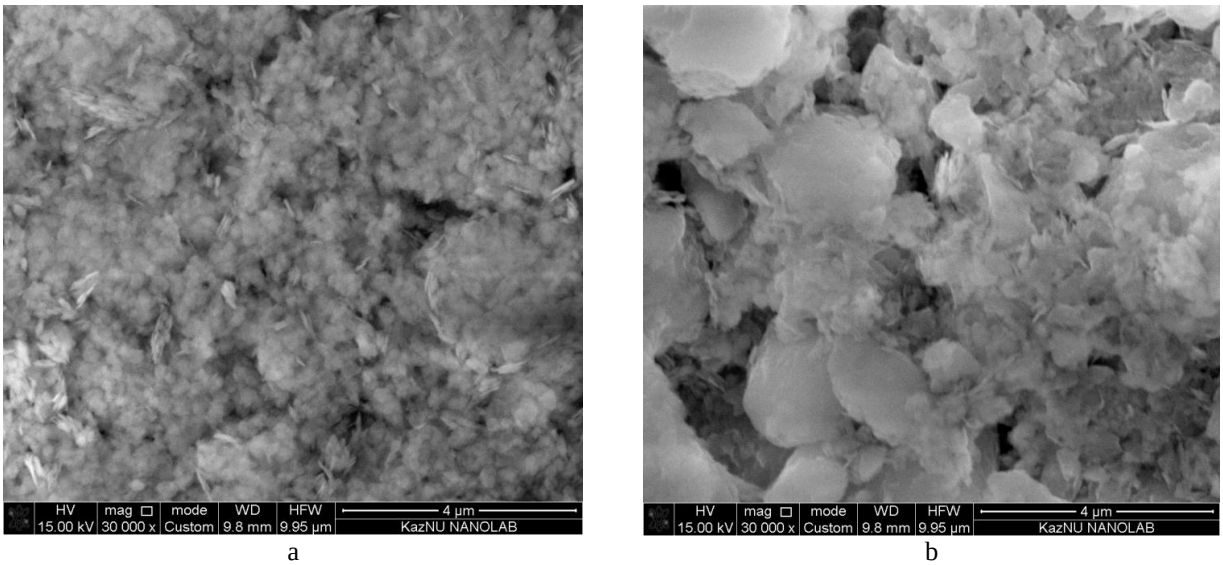
Фазовый анализ (XRD – X-raydiffraction) осуществлялся на дифрактометре MiniFlexRigaku. Рентгенограммы порошков сняты в излучении CuKα. Морфологию поверхности изучали с помощью сканирующего электронного микроскопа (SEM) Quanta3D200i FEI. Измерения электрохимических характеристик: циклическая вольтамперометрия (CV), гальваностатические измерения заряда/разряда (GCD) и электрохимическая импедансная спектроскопия (EIS) проводились с помощью потенциостата Elins P-40X с модулем измерения электрохимического импеданса FRA-24M в трехэлектродной электрохимической ячейке в щелочном (3.5 М KOH) электролите. В качестве противоэлектрода использовался платиновый электрод, электродом сравнения был хлорсеребряный (Ag/AgCl) электрод.

Для создания рабочего электрода порошкообразные образцы гидроксида кобальта и гидроксида никеля смешивались в равных весовых пропорциях, в порошок добавлялся этанол и обрабатывался в ультразвуковой ванне до получения однородной суспензии. Затем суспензия наносилась на подложку из никелевой пены.

Подложки брались в виде квадратов с размерами 9×9 $см^2$. Никелевая пена с нанесенным порошком сушилась и подвергалась прессованию под давлением ~$10^8$Pa. Последующая обработка электрода в этаноле в ультразвуковой ванне в течение 10 минут удаляла незакрепленный порошок. Масса образца определялась как разница массы изготовленного электрода и исходной подложки.

**Результаты и обсуждение**

На рисунке 1 показана морфология синтезированных порошков гидроксида кобальта и гидроксида никеля. Структура образцов состоит из пористых частиц, которые в свою очередь составлены из мелких кристаллов с размерами около 10-20 нм.




a b

**Рис. 1.** SEM снимки синтезированных порошков гидроксида кобальта (a) и гидроксида никеля (b).

На рисунке 2 приведены рентгенограммы синтезированных порошков гидроксида кобальта и гидроксида никеля. Видно, что все наблюдаемые рефлексы для образца гидроксида кобальта (верхняя

рентгенограмма на рис. 2) соответствуют гексагональной решетке $Co(OH)_2$ (карточка PDF No. 01-089-8616) с пространственной группой P-3m1(164). Также все наблюдаемые рефлексы для образца гидроксида никеля (нижняя рентгенограмма на рис. 2) совпадают с рефлексами, принадлежащими гексагональной решетке $Ni(OH)_2$ (карточка PDF No. 00-014-0117).

Полуширина рефлексов для $Co(OH)_2$ и особенно для $Ni(OH)_2$ достаточно велика (рис. 2), что говорит о малом размере кристаллитов. Оценка размеров кристаллитов по формуле Шеррера $D = \frac{0.89\,\lambda}{\beta\,cos\theta}$, где β - уширение линии на половине максимума в радианах, наблюдаемых в экспериментальных XRD спектрах при углах 2θ и λ=0.1540 нм – длина волны рентгеновского излучения Kα медного анода, дало для среднего размера кристаллитов величину 15 нм для образца $Co(OH)_2$ и 2 нм для образца $Ni(OH)_2$.

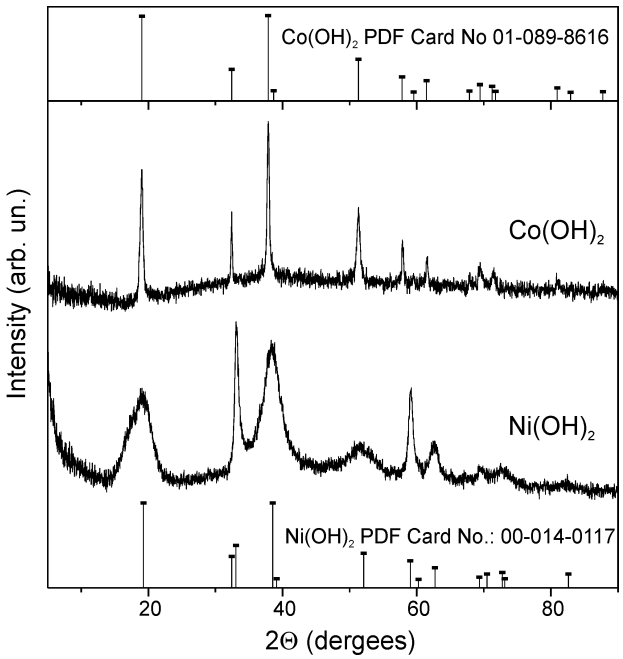



**Рис. 2.** Рентгенограммы (XRD) синтезированных порошков гидроксида кобальта и гидроксида никеля, приведены также данные для XRD эталонов $Ni(OH)_2$ и $Co(OH)_2$ с гексагональной структурой.

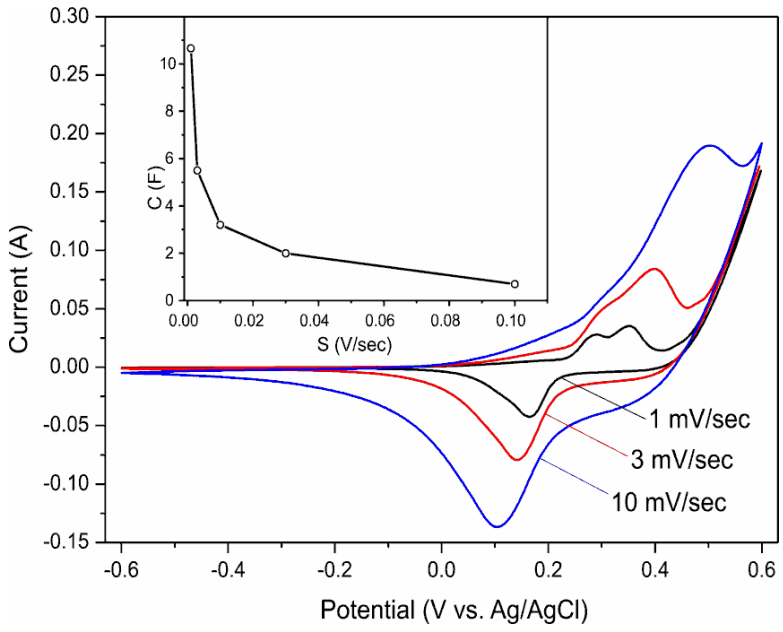



**Рис. 3.** Циклические вольтамперограммы (CV) образца при скорости сканирования 1, 3 и 10 мВ $с^{-1}$ в водном растворе 3.5М КОН. На вставке – зависимость емкости от скорости сканирования.

Методы циклической вольтамперометрии (CV), электрохимической импедансной спектроскопии (EIS) и гальваностатические измерения заряда-разряда (GCD) были использованы для исследования свойств электродов из синтезированных образцов. Эксперименты по определению электрохимических характеристик синтезированных материалов проведены с использованием электродов, полученных методом прессования нанопорошков гидроксидов кобальта и никеля в никелевую пену. Типичные CV кривые циклической вольтамперометрии при скорости сканирования от 1 до 10 mV $s^{-1}$ электродов представлены на рисунке 3.

Образцы демонстрируют несколько хорошо выраженных анодных пика в области потенциалов 0.3-0.4 В и соответствующие им катодные пики. Анодные пики можно отнести к процессам окисления ионов кобальта и никеля, а катодные пики – соответственно к процессам их восстановления.

Удельная емкость была рассчитана по кривым циклической вольтамперометрии, используя следующую формулу:

$$C_s = \frac{1}{2v(V_{max}-V_{min})}\oint I(V)\,dV \qquad (1)$$

где $C_s$ – емкость электрода, ν - скорость сканирования, $V_{max}$-$V_{min}$ - потенциальное окно, I (V) - ток, интеграция выполняется за один цикл CV. График зависимости $C_s$ от скорости сканирования показан на вставке к рисунку 3. Видно, что емкость $C_s$ значительно увеличивается с уменьшением скорости сканирования. Можно заключить, что глубина диффузии внутрь электрода ионов, участвующих в фарадеических реакциях, растет. Низкочастотная удельная емкость $C_s$, рассчитанный по CV-кривым, составляет 10.6 Ф для порошка смеси гидроксидов кобальта и никеля, то есть удельная (по площади) емкость около ~13 Ф $см^{-2}$, что является весьма большой величиной, сравнимой с максимальными, приведенными в литературе, значениями: 16 Ф $см^{-2}$ [11] или 9.6 Ф $см^{-2}$ [12].

Проведены измерения гальваностатического заряда-разряда (GCD), как показано на рисунке 4. Электрическая емкость электродов рассчитывается по следующей формуле:

$$C = \frac{I\Delta t}{\Delta V} \qquad (2)$$

где C - емкость (Ф), I(A) - ток разряда, Δt - полное время разряда, а ΔV - падение потенциала во время разряда. Образцы из смеси гидроксидов кобальта и никеля демонстрируют емкость ~10 Ф при токе 10 мА, 5.9 Ф при токе 30 мА и 3.5 Ф при токе 100 мА. Таким образом, достигнута емкость около 10 Ф $см^{-2}$ при токе 12 мА $см^{2}$.

Электрохимический импеданс электродов из синтезированных гидроксидов кобальта и никеля был измерен в частотном диапазоне 0.2-$10^5$ Гц. Как показано на рисунке 5, графики Найквиста для образцов состоят из полуокружности в области высоких частот и почти прямой линии с наклоном ~1 в области низких частот, что соответствует диффузионному элементу типа Варбурга, что характерно для диффузионного импеданса в пористых наноструктурированных средах [13]. Полуокружность связана с фарадеевским сопротивлением переноса $R_{ct}$ (charge-transferresistance), а прямая линия описывает процесс диффузии ионов из электролита в электрод на низких частотах.

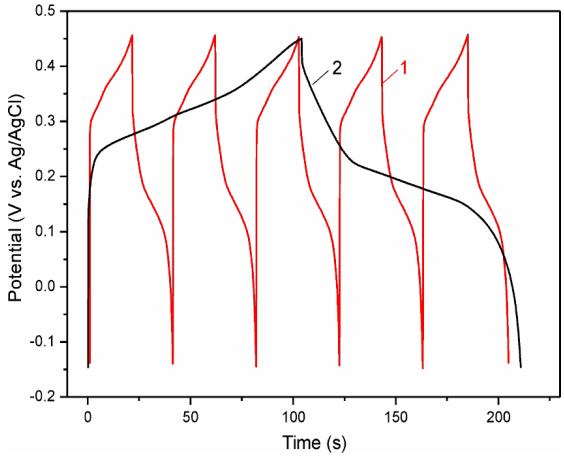



**Рис. 4.** Кривые гальваностатического заряда-разряда (GCD) электродов из синтезированных гидроксидов кобальта и никеля с плотностью тока 123 мА $см^{-2}$ (кривая 1) и 37 мА $см^{-2}$ (кривая 2).

В высокочастотной области отсечка на оси реальной части (Re Z) представляет собой эквивалентное последовательное сопротивление ($R_s$), которое является комбинацией ионного сопротивления электролита, внутреннего сопротивления электроактивного материала и контактного сопротивления на границе раздела между электродом и электролитом. Значение $R_s$ для электрода составляет менее 0.50 Ом, что является типичным значением, характерным для низкоомных электродов.

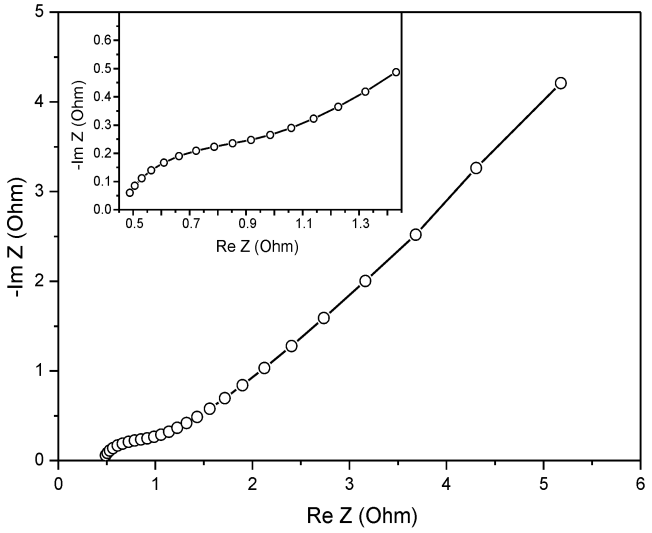



**Рис. 5.** Диаграмма Найквиста синтезированных образцов в диапазоне частот от 0.2 Гц до $10^5$ Гц; на вставке график Найквиста в области высоких частот.

**Заключение**

Простым химическим методом гидролиза при комнатной температуре синтезированы наноразмерные порошки гидроксидов кобальта и никеля. Исследованы морфология и кристаллическая структура полученных высокодисперсных образцов. Показано, что средний размер кристаллитов составляет 15 и 2 нм для гидроксидов кобальта и никеля соответственно. Обнаружено, что низкочастотная емкость электрода из синтезированных гидроксидов кобальта и никеля, впрессованного в подложку, составляет около 13 Ф/см$^2$ при скорости развертки 1 мВ/сек. Измерения гальваностатического заряда-разряда дали очень близкие к этим значения емкости ~10 Ф/см$^2$ при токе 12 мА/см$^2$. Зависимости мнимой части электрохимического импеданса от реальной части, измеренные в частотном диапазоне 0.1-$10^5$ Гц, показали, что при низких частотах емкость электрода определяется процессами диффузии Варбурга. Полученный наноструктурированный материал перспективен для создания электродов суперконденсаторов.

Работа выполнена по гранту AP05130100 Министерства образования и науки Республики Казахстан.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Miller E.E., Hua Y., Tezel F.H. Materials for energy storage: Review of electrode materials and methods of increasing capacitance for supercapacitors // Journal of Energy Storage. –2018. –Vol. 20. –P. 30-40.

[2] Chen X., Paul R., Dai L. Carbon-based supercapacitors for efficient energy storage // National Science Review. –2017. –Vol. 0. –P. 1-37.

[3] Zuo W., Li R., Zhou Ch., Li Y., Xia J., Liu J. Battery-Supercapacitor Hybrid Devices: Recent Progress and Future Prospects // Advanced Science. – 2017. –Vol.4, No.7. –P.1-21.

[4] Cheng J.P., Liu L., Ma K.Y., Wang X., Li Q.Q., Wu J.S., Liu F. Hybrid nanomaterial of α-Co(OH)2 nanosheets and few-layer graphene as an enhanced electrode material for supercapacitors // Journal of Colloid and Interface Science. – 2017. –Vol.486. –P.344-350.

[5] Shi F., Li L., Wang X., Gu C.D. and Tu J. Metal oxide/hydroxide-based materials for supercapacitors // RSC Advances. – 2014. – Vol. 4, No.79. – P. 1-12.

[6] Min S., Zhao C., Zhang Z., Chen G., Qian X. and Guo Z. Synthesis of Ni(OH)2-RgO pseudocomposite on nicel foam for supercapacitors with superior performance // Journal of Materials Chemistry A. –2015. –Vol. 3. –P. 1-39.

[7] Xiong X., Ding D., Chen D., Waller G., Bu Y., Wang Z., Liu M. Three-dimensional ultrathin Ni(OH)2 nanosheets grown on nickel foam for Highperformancesupercapacitors // Nano Energy. –2015. – Vol.11. –P.154-161.

[8] Mei J., Fu W., Zhang Z., Jiang X., Bu H., Jiang C., Xie E., Han W. Vertically-aligned Co3O4 nanowires

interconnected with Co(OH)2 nanosheets as supercapacitor electrode // Energy. –2017. –Vol. 139. –P.1153-1158.

[9] Brisse A., Stevens P., Toussaint G., Crosnier O., Brousse T. Ni(OH)2 and NiO Based Composites: Battery Type Electrode Materials for Hybrid Supercapacitor Devices // Materials. –2018. –Vol.11, No.7. –P.1178-1193.

[10] Nguyen T., Montemor M. Metal Oxide and Hydroxide–Based Aqueous Supercapacitors: From Charge Storage Mechanisms and Functional Electrode Engineering to Need-Tailored Devices // Advanced Science. –2019. –Vol.1. –P.1-41.

[11] Yu Z., Cheng Z., Wang X., Dou S., Kong X. High area-specific capacitance of Co(OH)2/hierarchical nickel/ nickel foam supercapacitor and increase with cycling // Journal of Materials Chemistry A. – 2017. –Vol.1. –P. 1-10.

[12] Tang Z., Tang C., Gong H. A High Energy Density Asymmetric Supercapacitor from Nano-architectured Ni(OH)2/Carbon Nanotube Electrodes // Materials Views. –2012. –Vol.12. –P.1272-1278.

[13] Coopera S.J., Berteib A., Fineganc D.P., Brandon N.P. Simulated impedance of diffusion in porous media // Electrochimica Acta. –Vol.251. –P. 681-689.

Абдуллин Х.А., Исмаилова Г.А., Калкозова Ж.К., Жумагулов С.К.

**Кобальт және никель гидроксидтерінің наноұнтақтарынан суперконденсатор электродын алу**

**Түйіндеме.** Кобальт және никель гидроксидтерінің наноөлшемді ұнтақтары қарапайым гидролиз әдісімен бөлме температурасында алынған. Нәтижесінде алынған монофазалы $Co(OH)_2$ және $Ni(OH)_2$ үлгілеріндегі кристаллиттердің орташа өлшемі сәйкесінше 15 және 2 нм. Синтезделген кобальт және никель гидроксидтерінің ұнтақтары төсенішке нығыздалған электродтың төмен жиілікті сыйымдылығы 1 мВ/сек кернеу кезінде 13 Ф/см$^2$, ал 12 мА/см$^2$ ток үшін жуық шамамен ~10 Ф/см$^2$ құрайтындығы анықталды. Жиіліктің 0.1-10$^5$ Гц диапазонында электрохимиялық импедансқа жасалған өлшемдер электродтың сыйымдылығы төменгі жиілікті диапазонда Варбург диффузиясы процесстерімен сипатталатынын көрсетті. Алынған нанокұрылымды материал суперконденсаторлар электродтарын жасауда перспективті болып табылады.

**Түйін сөздер:** кобальт гидроксиді, никель гидроксиді, нанобөлшектер, суперконденсаторлар электродтары.

ӘОЖ 54.05

**[2]K. Askaruly, [1,3]S. Azat, [1,2]M. Yeleuov, [4]Xintai Su, [1]A. Tauyrbekov**
([1]Institute of Combustion Problems, Kazakhstan, Almaty
[2]Satbayev University, Kazakhstan, Almaty
[3]*Al-Farabi Kazakh National University*, Kazakhstan, Almaty
[4]South China University of Technology, Guangzhou, China)

**THE USE OF RICE HUSK ASH AS AN ALTERNATIVE SOURCE OF RAW MATERIALS FOR THE PRODUCTION OF SILICON DIOXIDE NANOPARTICLES**

**Abstract.** Burning rice husk (RH) produces RH ash (RHA) mainly composed of silicon. In this work, in order to obtain pure silicon dioxide, the husk was treated with hydrochloric acid (HCl). According to the SEM and TGA, pre-treatment of the RH leads to an increase in the decomposition of organic components. In this work, the pre-treated with hydrochloric acid RH was burnt in a muffle furnace at 500, 600, 700, 800 and 900 ° C temperature for 2 hours. The results showed that silicon oxide is amorphous and the particle size lies in the region of 0.50-0.70 microns. The purity of silica obtained from rice husks which was treated with hydrochloric acid and burned in a muffle furnace for 2 hours, according to X-Ray Fluorescence (XRF) analysis, reaches 99%. According to BET, the specific surface area of $SiO_2$ reached 218 m$^2$/g.

**Key words:** Rice husk, Silicon, Silica, HCl, $SiO_2$, BET.

**[2]Қ. Асқарұлы, [1,3]С. Азат, [1,2]М. Елеуов, [4]Хинтай Су, [1]А. Тауырбеков**
([1]Жану проблемалар институты, Қазақстан Республикасы, Алматы
[2]Сәтбаев Университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы
[3]Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы
[4]Оңтүстік *Қытай* Халық Республикасы Технология университеті,
Гуанжоу, *Қытай* Халық Республикасы, k.askaruly@gmail.com)

**КРЕМНИЙ ДИОКСИДІНІҢ НАНОБӨЛШЕКТЕРІН ӨНДІРУ ҮШІН АЛЬТЕРНАТИВТІ ШИКІЗАТ КӨЗІ РЕТІНДЕ КҮРІШ ҚАУЫЗЫНЫҢ КҮЛІН ҚОЛДАНУ**

**Андатпа:** Күріштің қауызын (КҚ) жағу көбінесе кремнийден тұратын КҚ күлін (КҚК) шығарады. Бұл жұмыста таза кремний тотығын алу үшін тұз қышқылымен (HCl) КҚ алдын ала өңдеу жүргізілді. HCl – мен КҚ алдын ала өңделуі термогравиметрия (TG) және сканерден өтетін электрондық микроскопия (SEM) талдауымен

анықталған органикалық компоненттердің гидролизі мен ыдырауын жылдамдатады. Жүйелі зерттеу барысында HCl өңделген КҚ – ның жануы 500, 600, 700, 800 және 900ºС температурасында 2 сағат бойы муфелді пеште орындалды. Нәтижелер үлгілердің аморфты кремний тотығын ($SiO_2$) өндіргенін және орташа бөлшектердің мөлшері 0,50-0,70 мкм аралығында екенін көрсетті. Осылайша X-Ray Fluorescence (XRF) талдауымен расталған 99% жоғары тазалығы бар аморфты кремнезем КҚ – ын HCL өңдеп, кейіннен 2 сағат бойы 600°С температурада жанды. HCl – мен өңделгеннен кейін $SiO_2$ – ның (BET) беті (218 $м^2$/г) болды.

**Түйінді сөздер:** Күріш қауызы, кремний, оксид кремний, HCl, $SiO_2$, BET.

**Кіріспе**

КҚ өртену температурасы арта бастағанда, кейбір фазалардың өзгеруі байқалады [1]. Дегенмен, аморфты ақ кремний диоксидін ($SiO_2$) алу үшін қолайлы температура мен уақыт, сәйкесінше, 500-650ºС температура мен 2-6 сағат болып табылады, ал жану температурасы 700 °С-тан жоғары болған кезде кристаллидтер байқалады [2]. Жұмыс циклінің саны, мысалы, кристобалит немесе тридимит, қолданылатын температура диапазонына және күріш қауызының қоспасының деңгейіне байланысты. Тікелей ашық жалында жандыру температурасы, кремнеземның қатты бетіне әсер етеді, демек, тікелей өртеу үрдісінен алынған кремнийдің реактивтілігіне де өз әсерін тигізеді. Дегенмен, статикалық немесе ағынды ауада болсын, толық өртеуде өндірілген кремнийдің қасиеттеріне бірнеше түрлі әсер ету арқылы қол жеткізуге болады.

Тікелей өртеу үрдісі арқылы күріш қауызынан 97%-дан астам тазалығы бар силикатты алудың қиындықтарының бірі оның құрамындағы металл қоспаларының салдары болып табылады [3]. Метал тотықтары, әсіресе $K_2O$, бөлшектері қара түсті береді. Бұл феноменді қолдауға арналған кейбір түсініктер, оксидтердің, әсіресе К мен Na құрамында, КҚ және $SiO_2$ бөлшектерінің бетінің еруіне және ерте кристалданудын жылдамдатуға әкелуі мүмкін, яғни аморфты $SiO_2$-ні кристобалитке айналдырады [4, 5]. Бұл оксидтердің кремний бетіндегі еруі балқыту аймағын азайтады, осылайша бөлшектердің реактивтілігін азайтады. Тікелей өртеу әдісі, қышқылдық немесе негіздік орта арқылы жүзеге асырылуы мүмкін, алдын-ала өңдеудің кейбір әдістерін қолдану қажет, бұл тазалаудың жоғары деңгейін және үлкен беттік аудан алу мүмкіндігін арттыру мақсатында және металл қоспаларын азайту немесе жою үшін қажет [6, 7].

Аса таза $SiO_2$ синтездеуде үш негізгі әдіс қолданылады. Бұл қышқылдық шаймалау, негізінен алдын ала өңдеу және микробиологиялық алдын ала өңдеу, әдетте кейбір қышқылдармен бірге. Өртеу процестерінің алдында, минералды және органикалық қышқылдардың бірнеше түрі қауызды алдын ала өңдеу үшін пайдаланылады. HCl метал қоспаларын қопсытқыштан тазартуда ең тиімді болып саналады, сондықтан ол қауызды өңдеуде көп қолданылады. Басқа зерттеушілер органикалық қышқылдардыда пайдаланады және нәтижелері әртүрлі минералды қышқылдарды салыстыру және КҚ алдын ала өңдеуде HCl-дың жақсы екендігі туралы қорытындылар жасалған [8, 9].

Қышқылдық шаймалау қауыздың химиялық құрамына әсер еткенімен, ол кремнеземның құрылымына әсер етпейді, кристалды немесе аморфты болса да. Осылайша, алдын ала өңдеу әдістері, нанокремнеземның фазалық түріне әсер етпейді. Осы динамика туралы түсінік Конча Реаль, Мария Д. Алькала мен Хосе М. Криадодың зерттеу есебінде ұсынылған. Олар күріш қауызын 600ºС жағу алдында HCl ерітіндісімен алдын-ала шаймалауы дұрыс жасалса, беттік ауданы жоғары (шамамен 260 $м^3$/г) және 99,5% жоғары силикатқа алып келуі мүмкін. Олар 800ºС температурада қыздырылғаннан кейін де жоғары беттік аудан кремнийге әсерін тигізбейтіндігін көрсетті. Сонымен қатар, 600ºС температурада өңделмеген күріш қауыздарын жағудан алынған ақ күлде HCl ерітіндісін қолданды және сол тазалықпен аморфты кремнезем алды, бірақ оның нақты беті 1 м/$г^2$-қа дейін төмендеді. Жер бетіндегі осы түбегейлі өзгерістің кинетикасын түсіндіріп, оны сілтілік оксидтердің, әсіресе $K_2O$ және $Si_2O$ арасындағы өзара әрекеттесуіне байланысты деп түсіндірді [10].

**Зерттеу мен талқылау**

КҚК бүкіл әлем бойынша зерттеушілерге үлкен қызығушылық тудырып отыр. Зерттеушілер бөлшектердің пішіні мен өлшемін бақылау үшін әртүрлі үлгілерді пайдалана отырып, кремнезем нанобөлшектерін синтездеудің әр түрлі әдістерімен жұмыс істеді. Алайда, осы зерттеуде қарапайым, қоспалардан босатылған кремнезем нанобөлшектерін дайындау үшін қышқылмен жуу (HCl, $C_6H_8O_7$ *(лимон қышқылы)*) [11, 12] және термиялық өңдеу сияқты әр түрлі әдістер пайдаланылды. Қышқылмен алдын ала өңдеу мақсаты - кремнеземдік өнімнің тазалығын арттыру. Бұл металл қоспаларының басым бөлігін елеулі түрде алып тастауға және кремнеземді ақ түсті күл

етіп өндіруде тиімді әдіс болып табылады [13]. Қышқылмен шаю, сондай-ақ, кремний тотығы үшін жоғары беттік аудан береді. Сонымен қатар нанобөлшекті ұнтақты өндіру сапасы кальцинация немесе жану температурасына немесе жанудың ұзақтығына байланысты болып келеді.

КҚАК (*күріш қауызының ақ күлі*) негізінен құрамындағы кремнеземді алдын ала өңдеуден кейін натрий гидроксиді ерітіндісінде ерітеді. Натрий силикаты кремний синтезі үшін жартылай дайын шикізат ретінде пайдаланылады. Негізгі өтетін реакциясы:

$$NaOH + SiO_2 \rightarrow Na_2SiO_3 + H_2O$$
$$Na_2SiO_3 + 2HCl \rightarrow H_2SiO_3\downarrow + 2NaCl$$
$$H_2SiO_3 \rightarrow SiO_2 + H_2O$$

Тұз қышқылының натрий силикатымен реакциясы силанолды (R3Si-OH) топтардың қалыптасуына ықпал етеді және конденсациясы кеңейтілген үшөлшемді Si-O-Si желісін қалыптастыруға әкеледі.




**Сурет 1.** КҚ, КҚАК және 2М HCl ерітіндісімен шаймаланып 600$^0$C температурада жандырылып алынған таза $SiO_2$.

Алматы облысы, Бақанас ауылынан алынған күріш қауызын тазалап жуып, құрамындағы бөгде заттардан тазарттық, сонымен бірге құрғату шкафына қойып, 90 $^0$C – та 2 сағат мөлшерінде кептірдік (құрамындағы суды кетіру үшін). 50 грамм КҚ-ын алып оны 500 мл, 2М тұз қышқылымен араластырып, кептіру шкафына 90$^0$C температурада, 2 сағат қоямыз. Дайын болған КҚ – ын дистилденген сумен шайып, нейтралды ортаға жеткіземіз. Сосын КҚ – ын алып, муфель пешінде 600 $^0$C температурада, 4 сағат бойы ұстаймыз (сурет 1). Мұндағы басты мақсат, күріш қауызы құрамындағы органикалық қосылыстарды және көміртегін жоғары температурада жағып, таза кремний оксидін алуға қол жеткізу.

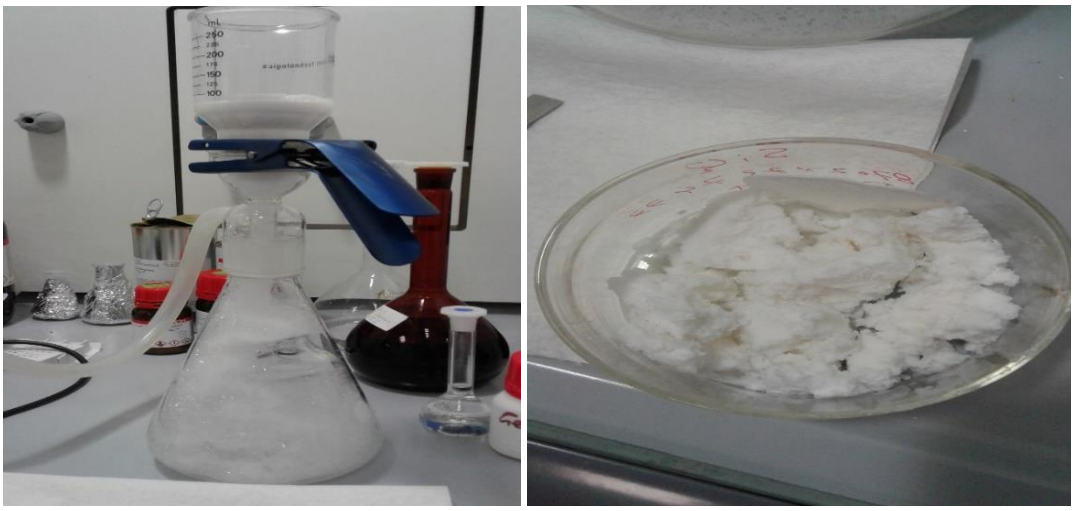
600$^0$C температурада 4 сағат бойы ұстағанда, КҚ құрамындағы органикалық құрамдардың бәрі жанып ең соңында күріш қауызының күлі түзіледі. Күйдіргеннен кейінгі ақ күріш қауызы күлінің массасы 8,707 граммды құрады.

Шығынды есептеу:

$$\frac{\text{КҚАК массасы}}{\text{КҚ массасы}} * 100\% = \text{шығын;} \mid \frac{8.707}{50} * 100\% = 17.4\%$$

Дайын болған күріш қауызы күліне, 100 мл, 2М NaOH ерітіндісін құйып, магнитті араластырғышта, 90 $^0$C температурада, 2 сағат бойы араластырамыз.

Дайын болған ерітіндіні, фильтрден өткізіп сүзіп аламыз. Сүзіліп алынған ерітіндіге, қышқыл ерітіндісін құямыз. Түзілген кремний оксидін фильтрден өткіземіз және құрамындағы NaCl жою үшін ыстық сумен шаямыз. Келесі суретте ыстық сумен шайғаннан кейінгі, таза $SiO_2$ көрсетілген (сурет 2).

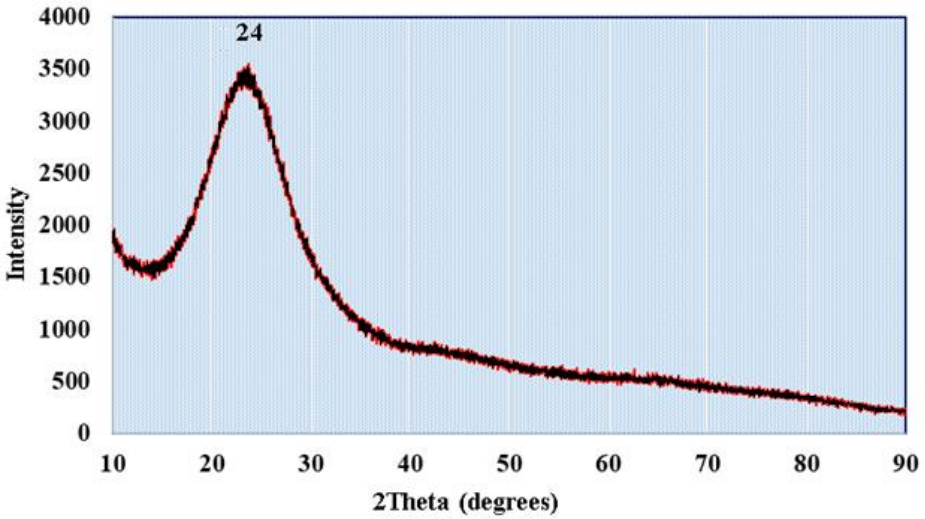


**Сурет 2.** Ыстық сумен шайғаннан кейінгі таза кремний оксиді

Дайын болған таза кремний оксидін, кептіру пешіне $105^0$C температураға, бір түнге қалдырдық. Кепкеннен кейінгі таза кремний оксидін әр түрлі анализдерге бердік.

Кремний үлгілерін зерттеу үшін үлгілерді 0,022$\theta$/мин сканерлеу жылдамдығымен жазатын Рикаку ұнтақ дифрактометрімен тіркелді, бұрыштық 10-нан 90-ға дейін 2-тэта диапазондағы никель сүзгісі бар Cu-Kα сәулеленуін пайдаланып түсірілді.

Алынған кремний ұнтағы аморфты күйде, бұл рентгендік фазалық талдаумен расталды (сурет 3). Рентген дифракциясының үлгілері бойынша күріш қауызының кремнийінің аморфты құрылымына тән 2θ=24° аймағында диффузиялық шыңдар байқалады, ал аморфты кремний диоксиді үшін максималды диффузиялық шыңы 2θ=30° құрайды.




**Сурет 3.** Күріш қауызынан алынған $SiO_2$-нің рентгендік дифракциясы

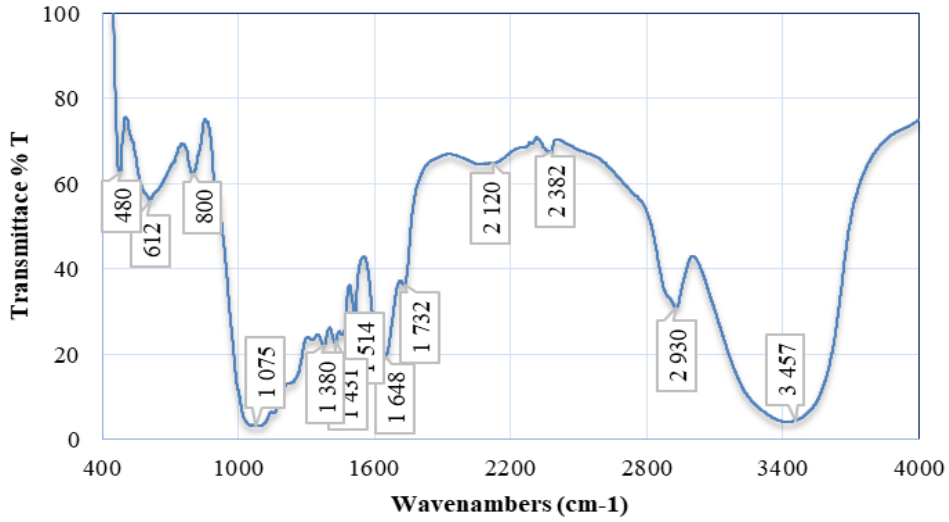
XRD бойынша жүргізілген басқа зерттеулер сондай-ақ, 22°-23° аралығында кең шыңы көрсетті, бұл кремнийдің аморфты құрылымын Химмел және басқалар айтқандай [14] кез-келген кристалдық құрылымның жоқтығын растайды.

Аморфты құрылым өте кеуекті болып табылады және жоғары беті бар, сондықтан ол химиялық өңдеу және сіңіру үшін жоғары белсенділікті береді.

*Фурье түрлендіру инфрақызыл спектроскопиясының талдау нәтижелері*

Үлгідегі функционалды топтар, термореактивті шағылыстыру мен көмекші құралмен жабдықталған Thermo Scientific FT-IR Nicolet 6700 көмегімен анықталды. 4000-400 $см^{-1}$ диапазонында 4 $см^{-1}$ рұқсатымен спектрлер 32 сканерден өткізілді.

Күріш қауызының FT-IR спектрлері 4-суретте көрсетілген. ~1075 см$^{-1}$ C-OH байланысының және Si-O байланыстарының силоксан (Si-O-Si) топтарындағы тербелістерінің суперпозицияларының нәтижесі ретінде қарастырылды [15].



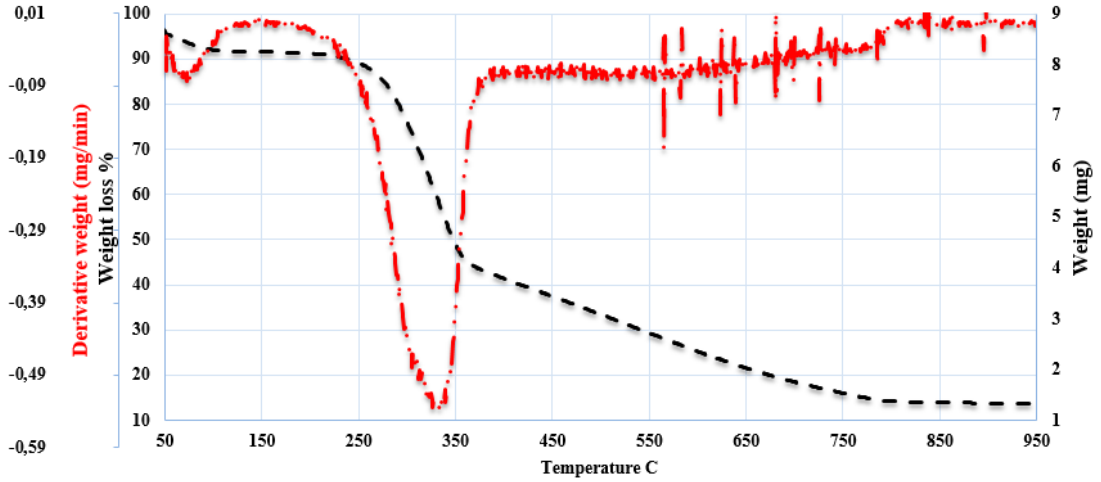

**Сурет 4.** КҚ FT-IR спектрлері

2921 см$^{-1}$ көрсеткішін - целлюлоза, гемикеллюлоза және лигнин құрылымдарында $CH_3$ және $CH_2$ топтарындағы алифаттық C-H байланыстарының симметриялық және асимметриялық созылу тербелістеріне жатқызылуы мүмкін.

*Термогравиметриялық талдау*

TG талдауы КҚ органикалық компоненттердің болуын анықтау үшін қолданылған (ссурет 5). Алғашқы салмақ жоғалту 50-250°C аралығында болады. Екінші саты 300-450 °C температурасында жылдам салмақ жоғалтуды көрсетеді. Бұл күріш қауызының негізгі органикалық компоненті ретінде гемицеллулоза мен целлюлозаның термиялық ыдырауына байланысты орын алады.

Үшінші кезең 25-40% салмақ жоғалтуды көрсетеді, ол лигниннің, термиялық тұрақтылықты ароматикалық полимердің есебінен болуы мүмкін, ол 300-ден 600°C-қа дейін біртіндеп ыдыраудан өтеді. Күлдің қалдықтары негізінен жанбайтын кремнезем (~ 15%> 600 °C) болып табылады.



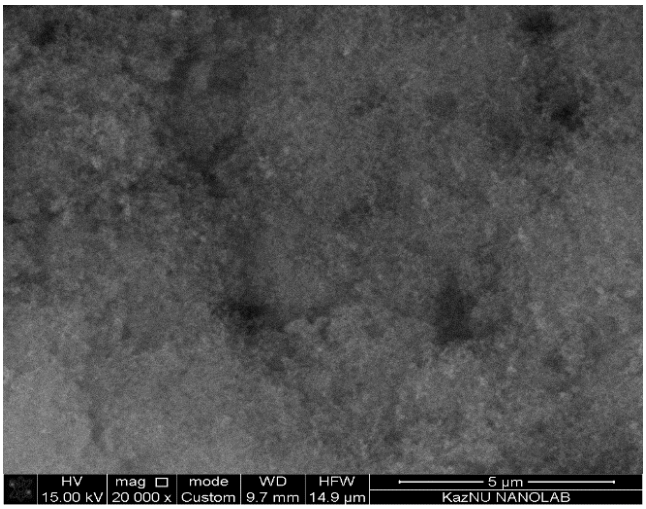

**Сурет 5.** КҚ термографы

1-кестеде үлгілік кодтауға сәйкес төмен температурадағы азот адсорбциясының деректері келтірілген. Кремний үлгілері үшін адсорбциялық деректер BET әдісімен нақты бет аймағын, кеуек диаметрлері мен жалпы көлемін есептеу үшін пайдаланылды.

Кесте 1. **Үлгілердің сипаттамалары**

| Үлгі | SA., $м^2/г$ | $V_{кеуек}$, $см^3/г$ | $D_{кеуек}$, нм |
|---|---|---|---|
| ҚҚК-Si | 393 | 0.347 | 3.1 |
| ҚҚК-Si/HSi | 230 | 0.246 | 3.3 |

1-кестеден ҚҚК-Si/HSi үлгісі бастапқы ҚҚК-Si үлгісімен (393 $м^2/г$) салыстырғанда кішірек беттік аудан (230 $м^2/г$) алатындығын көрсетеді, бұл үлгінің силанмен модификациялануына байланысты ол ішінара кремний бетіне бітеледі. Бұл бастапқы кремнеземмен (0.347 $см^3/г$) салыстырғанда модификацияланған үлгідегі (0.246 $см^3/г$) кеуекті көлемінің азаюымен расталады.




**Сурет 6.** ҚҚК алынған $SiO_2$ SEM-микрограммасы

Кремнезем үлгісіндегі SEM кескінінің төмендеуі (сурет 6) - наноөлшемді кедір-бұдырлығы, ол массаның ішіндегі шашыраңқы кремнезем нанобөлшектерінің морфологиясынан басталады.

**Қорытынды**

Күріш қауызынан нанкремнезем алу әдістері әзірленді және күріш қауызын алдын ала өңдеу әдістері зерттеліп, күріш түйірлерінің компоненттерінің құрамы анықталды. Күлдегі негізгі зат - аморфты кремний диоксиді, оның құрамы зерттелген сорттарда 90.1-99.5 % аралығында болады. Алынған деректер зерттелген параметрлердің өсімдік сортына және өңдеуге арналған реагентге тәуелді болатынын көрсетеді. Химиялық реагенттермен өңдеу және термиялық өңдеу арқылы күріш түйірлерінен түрлі аморфты кремнеземдер алынған. Олардың негізгі құрамын және құрылымын, физико-химиялық қасиеттерін және параметрлердің өңдеу әдісіне және өсімдік сортына тәуелділігі дәлелденді.

Тұтастай алғанда, аморфты кремнезге бай КҚ практикалық қолдану үшін жоғары құнды қосынды кремний негізіндегі материалдарды өндіру үшін арзан шикізат бола алады.

ӘДЕБИЕТ

[1] V.R. Shelke, S.S. Bhagade, and S.A. Mandavgane. Mesoporous Silica from Rice Husk Ash // Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis. – 2010. – Vol. 5, Iss. 2. – P. 63.

[2] Farshid Ghorbani, Habibollah Younesi, Zahra Mehraban, Mehmet Sabri Çelik, Ali Asghar Ghoreyshi, Mansoor Anbia. Preparation and characterization of highly pure silica from sedge as agricultural waste and its utilization in the synthesis of mesoporous silica MCM-41 // Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers. – 2013. – Vol. 44, Iss. 5. – P. 821-828.

[3] U. Kalapathy, A. Proctor and J. Shultz. Silicate thermal insulation material from rice hull ash // Industrial & Engineering Chemistry Research. – 2003. – Vol. 42, Iss. 1. – P. 46-49.

[4] R.V. Krishnarao, J. Subrahmanyam, T. Jagadish Kumar. Studies on the formation of black particles in rice husk silica ash // Journal of the European Ceramic Society. – 2001. – Vol. 21, Iss. 1. – P. 99-104.

[5] Ali M., Ul Haq E., Abdul Karim M., Ahmed S., Ibrahim A., Ahmad W., Baig W. Effect of leaching with 5-6 N H2SO4 on thermal kinetics of rice husk during pure silica recovery // Journal of Advanced Research. – 2016. – Vol. 7, Iss. 1. – P. 47-51.

[6] Ta Chi Luan, Tse Chuan Chou. Recovery of silica from the gasification of rice husks/coal in the presence of a pilot flame in a modified fluidized bed // Industrial & Engineering Chemistry Research. – 1990. – Vol. 29, Iss. 9. – P. 1922-1927.

[7] Ning Wang, M.J.D. Low. Spectroscopic studies of carbons. XVIII. The charring of rice hulls // Materials Chemistry and Physics. – 1990. – Vol. 26, Iss. 2. – P. 117-130.

[8] Chandrasekhar S., Pramada P.N., Praveen L. Effect of organic acid treatment on the properties of rice husk silica // The Journal of Materials Science. – 2005. – Vol. 40, Iss. 24. – P. 6535-6544.

[9] Ping Lu, You-Lo Hsieh. Highly pure amorphous silica nano-disks from rice straw // Powder Technology. – 2012. – Vol. 225. – P. 149-155.

[10] Concha Real, Maria D. Alcala, Jose M. Criado. Preparation of Silica from Rice Husks // Journal of the American Ceramic Society. – 1996. – Vol. 79, Iss. 8. – P. 2012-2016.

[11] Johan, Erni & Ogami, Kiyotoshi & Matsue, Naoto & Itagaki, Yoshiteru & Aono, Hiromichi. (2016). Fabrication of high purity silica from rice husk and its conversion into ZSM-5. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. VOL. 11. 4006-4010.

[12] Matori, Khamirul & mm, Haslinawati & Wahab, zaidan & Aziz, Sidek & Tan, Kar Ban & Ghani, Wan. (2009). Producing Amorphous White Silica from Rice Husk. MASAUM Journal of Basic and Applied Sciences. 1. 512-515.

[13] H. Javed, Syed & Naveed, Shahid & Feroze, Nadeem & Kazmi, Mohsin. (2008). Extracting silica from rice husk treated with potassium permanganate. Pak. J. Agri. Sci., Vol. 45(4), 2008

[14] Himmel, B., Gerber, T., & Bürger, H. (1987). X-ray diffraction investigations of silica gel structures. *Journal of non-crystalline solids*, *91*(1), 122-136.

[15] José L, Foschiera & Pizzolato, Tânia & Edilson V, Benvenutti. (2001). FTIR Thermal Analysis on Organofunctionalized Silica Gel. Journal of the Brazilian Chemical Society. 12. 10.1590/S0103-50532001000200006.

Аскарулы К., Азат С., Елеуов М. Су Хинтай, Тауырбеков А.

**Использование золы рисовой шелухи в качестве альтернативного источника сырья для производства наночастиц диоксида кремния**

**Резюме.** При сжигании рисовой шелухи (RH) образуется RH зола (RHA), в основном состоящая из кремния. Для получения чистого диоксида кремния шелуху обрабатывали соляной кислотой (HCl). По данным SEM и TGA, предварительная обработка RH приводит к увеличению разложения органических компонентов. В работе предварительно обработанную соляной кислотой RH сжигали в муфельной печи при температуре 500, 600, 700, 800 и 900°C в течение 2 ч. Результаты показали, что оксид кремния является аморфным, а размер частиц лежит в области 0,50-0,70 мкм. Чистота кремнезема, полученного из рисовой шелухи, которую обработали соляной кислотой и сожгли в муфельной печи в течение 2 ч, согласно рентгеновскому флуоресцентному анализу (XRF), достигает 99%. По данным BET, удельная поверхность $SiO_2$ достигла 218 м$^2$ / г.

**Ключевые слова**: рисовая шелуха, кремний, кремнезем, HCl, $SiO_2$, BET.

УДК 661.183.2

**K.Y. Abit, M.K. Nauryzbayev**
(Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
Baidagulova_kamilya@mail.ru)

## STUDY OF SORPTION OF HEAVY METAL IONS BY ACTIVATED CARBONS BASED ON MISCANTUS

**Abstract:** As is known, activated carbons are widely used for the purification of aqueous media from heavy metal ions.

The aim of the work is the sorption purification of model solutions from heavy metals with activated carbons prepared from renewable plant raw materials - Miscanthus. Sorbent from miscanthus straw was obtained as a result of a two-stage treatment involving carbonization in an inert gas and subsequent activation with water vapor. Found some adsorption characteristics of the obtained sorbents. It is shown that activated carbon obtained from straw of miscanthus allows cleaning model solutions from $Zn^{2+}$ , $Cu^{2+}$ and $Pb^{2+}$ ions more than 80% during the first 5 minutes.

**Key words:** activated carbons, miscantus straw, adsorption, heavy metals.

**К.Е. Әбіт, М.К.Наурызбаев**
(Казахский Национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Республика Казахстан
Baidagulova_kamilya@mail.ru)

# ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИИ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ АКТИВИРОВАННЫМИ УГЛЯМИ НА ОСНОВЕ МИСКАНТУСА

**Аннотация** Как известно, активированные угли широко используются для очистки водных сред от ионов тяжелых металлов.

Целью работы является сорбционная очистка модельных растворов от тяжелых металлов активированными углями, приготовленными из возобновляемого растительного сырья - Мискантуса. Сорбент из соломы мискантуса получали в результате двухстадийной обработке, включающей карбонизацию в инертном газе и последующую активацию водяным паром. Найдены некоторые адсорбционные характеристики полученных сорбентов. Показано, что активированный уголь, полученный из соломы мискантуса, позволяет очищать модельные растворы от ионов $Zn^{2+}$, $Cu^{2+}$ и $Pb^{2+}$ более 80 % в течение первых 5 минут.

**Ключевые слова:** активированные угли, солома мискантуса, адсорбция, тяжелые металлы.

## Введение

Во всем мире остро стоит вопрос очистки питьевой и технической воды различных водоемов от технологических загрязнений. Наиболее доступным экологически целесообразным методом очистки бытовых и промышленных сточных вод является сорбция загрязнений активированными углями [1]. В связи с этим в последние годы наблюдается заметный рост цен на угли [2]. Поэтому технология приготовления углей, т.е. расходное сырье, используемое оборудование, целевые реакции получения сорбента влияют на свойства полученных активированных углей [3-10]. Уголь, древесина, скорлупа разных видов орехов были наиболее часто используемым сырьем для производства активированного угля [11-12]. В последние годы особое внимание уделялось приготовлению АУ из некоторых видов побочных продуктов сельского хозяйства в связи с растущим интересом к активным углям с низкой стоимостью из возобновляемого сырья, особенно для очистки питьевой воды и сточных вод.

Поэтому необходим поиск новых сорбентов из местного сырья, включая отходы сельского хозяйства и пищевой промышленности.

Очень интересным и перспективным сырьем для получения активированных углей является Miscanthys x giganteus– высокопродуктивный триплоидный многолетний злак типа С4, полученный в результате скрещивания диплоидного Miscanthys sinensis Anders с триплоидным Miscanthys sacchari florus Hack [13]. Miscanthys хорошо растет на переувлажненных участках, адаптирован к холодным зимним условиям. Во всем мире возрос интерес к Miscanthys x giganteus , благодаря способности его корней аккумулировать ионы тяжелых металлов, а надземная биомасса может быть использована для различных целей [14-16].

Получение углей из соломы Miscanthys позволит обеспечить дешевый и возобновляемый источник производства углей.

В данном исследовании была изучена сорбционная емкость АУ из соломы растения Miscanthys для установления возможности применения с целью удаления тяжелых металлов (ТМ) из водных растворов. Угли предварительно были получены карбонизацией соломы Мискантуса в инертном газе в цилиндрическом реакторе с последующей активацией перегретым водяным паром [17]. Далее была исследована адсорбция $Zn^{2+}$, $Cu^{2+}$ и $Pb^{2+}$ из водных растворов, кинетика процесса, зависимость адсорбции АУ от pH раствора.

## Методы исследования и материалы

Исследованы активированные угли, полученные из образцов соломы Miscanthys (АУМ), выращенных и используемых в рамках проекта "Новая фитотехнология очистки загрязненных военных объектов" Институтом биологии и биотехнологии растений [18].

АУМ получали в следующих условиях: обжиг при температуре 400-500 $^0$С в течение 30 минут, активация полученного карбонизата в течение 60 минут при температуре 800-850 °С с использованием перегретого водяного пара. Полученный активированный уголь имеет площадь удельной поверхности 542 м$^2$/г, адсорбционный объем 0,232 см$^3$/г.

Была изучена сорбционная емкость АУМ ионов меди, цинка и свинца из модельных растворов. Растворы солей $CuSO_4$, $ZnSO_4$, $Pb(NO_3)_2$ готовили растворением в дистиллированной воде из солей

марки "Химически чистый". Сорбцию проводили в 50 мл конических колбах при перемешивании 100 об/мин на лабораторном орбитальном шейкере S-3.20L Sky Line (ELMI, Латвия). Равновесную концентрацию металла в растворах определяли на атомно-абсорбционном спектрометре Analyst-400 (Perkin Elmer, Германия) с атомизацией образцов в пламени ацетилен/воздух с расходом потока 2,5/10 л/мин. Определения проводили используя безэлектродные лампы для свинца и цинка и лампу с полым катодом для меди, при длине волны λ = 324,75 нм для ионов меди, 283,31- свинца и 213,86-цинка. Определили степень извлечения ионов металлов из растворов.

Степень извлечения ионов металлов была рассчитана по разнице между начальной и конечной концентрациями в растворе.

Сорбционную емкость *Г* мг/г рассчитывали по формуле (1):

$$\Gamma = \frac{V \cdot (C_0 - C_k)}{m} \quad (1)$$

где *V*— объем рабочего раствора, мл;

$C_0$, $C_к$ – исходное и конечное содержание ионов металлов в воде, мг/мл;

*m* - масса сорбента, г.

Степень извлечения *α*, % рассчитывали по формуле (2):

$$\alpha = \frac{(C_0 - C_k)}{C_0} \cdot 100\% \quad (2)$$

*Изучение кинетики сорбции АУМ*

Для определения времени наступления сорбционного равновесия провели серию экспериментов. Эксперименты проводили в статических условиях, максимальное время контактирования составило 60 минут, температура 20±2 $^0$C. Первые 2 пробы раствора отбирали через 5 минут от начала опыта, затем через каждые 10 минут. Концентрация металлов в растворе составила 10 мкг/мл. Навеску сорбента (1 г) помещали в раствор соли соответствующего металла объемом 100 мл. Раствор перемешивали с использованием магнитной мешалки.

*Изучение влияния pH раствора на сорбцию ТМ*

Добавление активированных углей ведет к увеличению pH растворов солей. Учитывая то, что сточные воды промышленных предприятий имеют различный показатель pH, провели серию экспериментов по нахождению влияния кислотности на процесс сорбции. Для выбора оптимальных условий сорбции исследовали ионы меди, свинца и цинка из растворов (pH=2-11) полученными АУМ. Концентрация металлов в растворе составляла 10 мкг/мл. Навеску сорбента (0,2 г) помещали в раствор соли соответствующего металла объемом 20 мл.

*Изучение сорбционной емкости ТМ*

Для определения емкости сорбента по катионам исследованных металлов были приготовлены серии растворов их солей от 1 до 500 мг/л. Время проведения сорбции составляло 60 минут при соотношении массы сорбента к раствору 1:100.

**Результаты и обсуждение**

*Результаты кинетических исследований*

Результаты данных исследований сорбции ионов металлов представлены на рисунке 1.

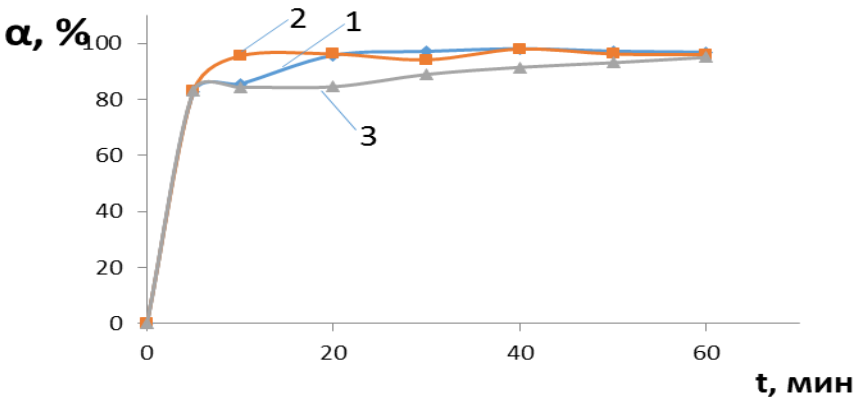



**Рис. 1** – Зависимость сорбции ионов металлов АУМ от времени контактирования: 1) меди; 2) свинца; 3) цинка

Из рисунка 1 видно, что уже с 5 минуты контактирования раствора степень извлечения ионов металлов достигает 80 %. Для растворов соли цинка сорбционное равновесие наступает позже, чем для растворов солей меди и свинца.

*Влияние pH раствора на сорбцию ТМ*

Для установления рабочего диапазона pH активированных углей провели эксперименты по сорбции как описано выше. Результаты исследований представлены на рисунке 2.

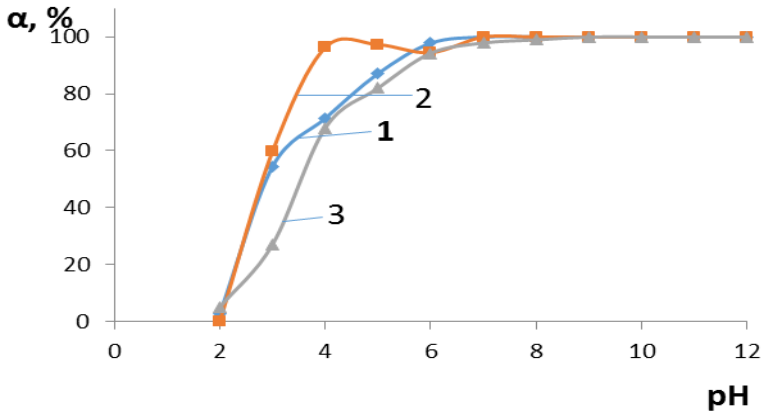



**Рис. 2** – Зависимость сорбции ионов металлов АУМ от pH:
1) меди; 2) свинца; 3) цинка

Оптимальные значения кислотности, при которых сорбционное извлечение ионов тяжелых металлов достигает максимального значения составили для меди pH 6, свинца pH 4 и цинка pH 6-7.

Эти данные показывают, что исследуемые АУ имеют явно выраженную зависимость сорбционной емкости от изменения pH. Следовательно, исследуемые угли применимы для водных растворов с слабокислой и нейтральной средой.

Области оптимальной адсорбции, практически совпадают с областями осаждения их гидроксидов для ионов цинка и меди [19]. Для ионов свинца pH оптимальной адсорбции начинается на 3 единицы раньше pH начала осаждения (pH=7,4).

*Результаты исследований сорбционной емкости ТМ*

Экспериментальные данные по сорбции ТМ из водных растворов АУМ представлены на рис. 3 в виде изотерм адсорбции, демонстрирующих относительно высокую сорбционную емкость изученных ионов металлов.

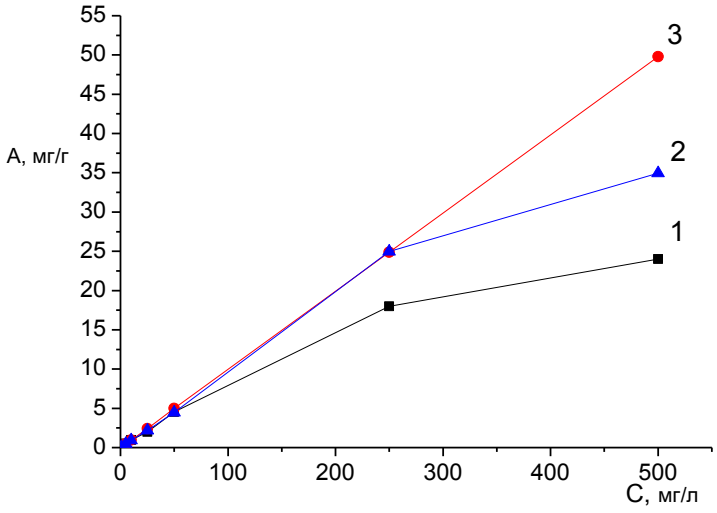



**Рис. 3** – Изотермы адсорбции ионов металлов АУМ: 1) меди; 2) цинка; 3) свинца

Значения степени извлечения ионов металлов из водных растворов приведены в таблице 1.

Таблица 1: **Степень извлечения ионов металлов при различных начальных концентрациях ионов ТМ в модельных растворах**

| Концентрация, мг/л | Степень извлечения ионов металлов, % | | |
|---|---|---|---|
| | меди | цинка | свинца |
| 1 | 100 | 94 | 95 |
| 5 | 100 | 98,4 | 99,4 |
| 10 | 97,6 | 94,8 | 96 |
| 25 | 79,96 | 88,16 | 96,8 |
| 50 | 90,8 | 89,44 | 99,8 |
| 250 | 72 | 99,84 | 99,5 |
| 500 | 48 | 69,9 | 99,6 |
| 1000 | 28 | 46,5 | 81,06 |

Видимо высокая пористость полученного активированного угля из соломы мискантуса способствует адсорбции. Степень извлечения ТМ при исследуемом соотношении массы угля к раствору уменьшается с ростом концентрации ионов металла. При концентрации раствора 500 мг/л степень извлечения ионов меди уменьшается в 2 раза, цинка в 1,4 раза. Для растворов свинца во всем диапазоне исследуемых концентраций изучаемые активированные угли показывали высокую степень извлечения при времени контактирования с раствором 60 минут. По сравнению с углями, исследованными Hodgson и соавторами [20], где было обнаружено удаление до 51% цинка, исследуемый АУ продемонстрировал наивысшие характеристики адсорбции цинка и удалил 89,4 % в тех же концентрациях цинка в воде и соотношении массы угля к раствору.

В таблице № 2 представлены значения максимальной экспериментальной сорбционной емкости исследованных тяжелых металлов сорбентами, найденной графически с помощью линейной анаморфозы изотермы адсорбции Ленгмюра.

Таблица 2: **Адсорбционная емкость исследуемых активированных углей по ионам тяжелых металлов.**

| Образец | Адсорбционная емкость сорбентов, мг/г | | |
|---|---|---|---|
| | $Cu^{2+}$ | $Zn^{2+}$ | $Pb^{2+}$ |
| АУ | 90 | 100 | 500 |

Принимая во внимание, что сродство к ионам меди и цинка практически идентично, сродство АУМ к ионам свинца, по-видимому, значительно выше. Эти результаты согласуются с предыдущим исследованием сорбции ионов Cu, Zn и Pb из водных растворов на глауконите [21], где максимальные сорбционные емкости по Ленгмюру были оценены в 2,96, 3,07 и 9,12 мг / г для Cu, Zn и Pb соответственно, т.е. практически идентичная сорбция Cu и Zn и значительно более высокая сорбция для Pb. Аналогичная связь между Zn и Pb была найдена Джайном и Рамом [22].

Извлечение тяжелых металлов происходит главным образом из-за сорбции металлов на поверхности АУМ или более сложных поверхностных взаимодействий. Таким образом, общий

процесс, вероятно, должен быть связан с сочетанием нескольких одновременных процессов и, очевидно, в зависимости от природы металла [23].

**Заключение**

Исследовали сорбционную способность углеродных сорбентов на основе дешевого нетрадиционного сырья растительного происхождения – мискантуса.

Полученные результаты исследований показали высокую сорбционную емкость исследуемых АУМ по отношению к ионам $Cu^{2+}$, $Zn^{2+}$ и $Pb^{2+}$. АУМ удаляют до 90% ионов $Zn^{2+}$, $Cu^{2+}$+ и 99,8% $Pb^{2+}$ в начальной концентрации 50 мг/л.

Исследованный нами уголь успешно может быть применим для очистки водных растворов от ТМ, как видно из максимальных адсорбционных емкостей Ленгмюра, равных 90, 100 и 500 мг/г для $Cu^{2+}$, $Zn^{2+}$ и $Pb^{2+}$ соответственно. Ионы $Pb^{2+}$ являются наиболее легко удаляемыми из водного раствора из-за его большого ионного радиуса.

Начало сорбции ионов ТМ из водных растворов от pH 4 для свинца, а также от pH 6 для цинка и меди с концентрациями исходных растворов 10 мг/л.

Включение обработки АУМ в комплекс технологических схем очистки воды приводит к снижению содержания ионов тяжелых металлов, т.е. они могут использоваться в разных отраслях промышленности, при этом снижая затраты по сравнению с дорогостоящими сорбционными материалами.

Таким образом, АУМ с учетом его стоимости может быть использован для очистки воды от ТМ в различных технологических процессах.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Babel S., Kurniawan T. A. Low-cost adsorbents for heavy metals uptake from contaminated water: A review // *J. Hazard. Mater*. –2003. – 97. –№ 1-3. – P. 219-243.

[2] Marsh H., Rodríguez-Reinoso F. *Activated Carbon* // Elsevier Science, Oxford. – 2006. – P .554.

[3] Tancredi N., Cordero T., Rodríguez-Mirasol J, Rodríguez J.J. Activated carbons from uruguayan eucalyptus wood // Fuel. – 1996. – 75. –№ 15. – P. 1701-1706.

[4] Heschel W., Klose E. On the suitability of agricultural by-products for the manufacture of granular activated carbon // Fuel. – 1995. – 74. № 12. – P. 1786-1791.

[5] Tam M.S., Antal M.J. Preparation of Activated Carbons from Macadamia Nut Shell and Coconut Shell by Air Activation // Industrial and Engineering Chemistry Research. – 1999. – 38. – P. 4268-4276.

[6] Gergova K., Galushko A., Petrov N., Minkova. Investigation of the Porous Structure of Activated Carbons Prepared by Pyrolysis of Agricultural By-Products in a Stream of Water Vapour // Carbon. – 1992. – 30. – № 5. – P. 721-727.

[7] Minkova V., Marinov S.P., Zanzi R., Björnbom E., Budinova T., Stefanova M., Lakov L. Thermochemical treatment of biomass in a flow of steam or in a mixture of steam and carbon dioxide // Fuel Processing Technology. – 2000. – 62. – P. 45-52.

[8] Blanco C. J., Bonelli P.R., Cerella E.G., Cukierman A.L. Phosphoric Acid Activation of Agricultural Residues and Bagasse from Sugar Cane: Influence of the Experimental Conditions on Adsorption Characteristics of Activated Carbons // Industrial and Engineering Chemistry Research. – 2000. – 39. – P. 4166-4172.

[9] Byrne J. F., Marsh H. Introductory Overview // J. W. Patrick, Ed., Porosity in Carbons: Characterization and Applications, Edward Arnold, London. – 1995. – P. 1-48.

[10] Ng C., Marshall W., Rao R. M., Bansode R. R., Losso J. N. Activated carbon from pecan shell: Process description and economic analysis // *Ind. Crop. Prod.* – 2003. – 17. – № 3. – P. 209-217.

[11] Dias J. M., Alvim-Ferraz M. C. M., Almeida M. F., Rivera-Utrilla J., Sanchez-Polo M. Waste materials for activated carbon preparation and its use in aqueous-phase treatment: A review // *J. Environ. Manag.* – 2007. – 85. – № 4. – P. 833-846.

[12] Kundu A., Redzwan G., Sahu J. N., Mukherjee S., Gupta B. S., Hashim M. A. Hexavalent chromium adsorption by a novel activated carbon prepared by microwave activation // *Bio Resources.* – 2014. – 9. – №1. – P. 1498-1518.

[13] Jones M.B., Walsh M. Miscanthus for energy and fibre. – Origins and Taxonomy of Miscanthus. – James & James Publishers, London, 2001. – P. 2-9.

[14] Nsanganwimana F., Pourrut B., Mench M., Douay F.Suitability of Miscanthus species for managing inorganic and organic contaminated land and restoring ecosystem services. A review //Journal of Environmental Management. – 2014. – Vol.143. –P.123-134.

[15] Pidlisnyuk B., Erickson L., Kharchenko S., Stefanovska T. Sustainable Land Management: Growing Miscanthus in Soils Contaminated with Heavy Metals // Journal of Environmental Protection, Special Issue in Environmental Remediation. – 2014. – Vol. 5. – P. 723-730.

[16] Pidlisnyuk V.V., Soloshich I.A. Bioenergy as a perspective direction for implementation sustainability// In a Book: Socioekonomicke a Environmentalni aspekty udrzitelnehorozvoje. Marie Heskova a kol., Vysoka Skola Evropskych Studii, Ceske Budejobice: Czech Republic –2013. – P.191-195.

[17] Әбіт К.Е., Наурызбаев М.К. Технология получения активированных углей из соломы мискантуса (Miscanthus x giganteus) // Вестник КазНИТУ, Алматы. – №4. – 2018 г. – С.217-221

[18] New Phytotechnology for Cleaning Contaminated Military Sites. Project of NATO G 4687.

[19] Лидин Р.А., Молочко В.А., Андреева Л.Л. Неорганическая химия в реакциях. Справочник. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: 2007 - 637 с.

[20] Hodgson E., Lewys-James A., Rao Ravella S., Thomas-Jones S., Perkins W., Gallagher J. Optimisation of slow-pyrolysis process conditions to maximise char yield and heavy metal adsorption of biochar produced from different feedstocks // Bioresource Technology. – 2016. – № 214. – P.574–581.

[21] Franus M., Bandura L. Sorption of heavy metal ions from aqueous solution by glauconite, Fresenius Environ. Bull. – 2014. – № 23. – P. 825-839

[22] Jain C.K., Ram D. Adsorption of metal ions on bed sediments // Hydrological Sciences Journal. – 1997. – № 41. – P. 713-723

[23] Smith E., Lu W., Vengris T., Binkiene R. Sorption of Heavy Metals by Lithuanian Glauconite // Water Research. – 1996. – № 12. – P. 2883-2892.

Әбіт К.Е., Наурызбаев М.К.

**Мискантус негізіндегі белсендірілген көмірлермен ауыр метал иондарының сорбциясын зерттеу**

**Түйіндеме.** Мискантус сабанының белсендіріген көмірлері зерттелген. Жасалған тәжірибелердің нәтижесінде белсендірілген көмірдің ауыр металдар иодарына қатысты сорбциялық сыйымдылығы ерітіндінің pH мен сорбция уақытының әсері орнатылған. Зерттелетін мискантус сабаны негізіндегі белсендендірілген көмір $Zn^{2+}$, $Cu^{2+}$ және $Pb^{2+}$ иондарына қатысты жо,ары сорбциялық сыйымдылыққа ие және суды тазарту технологиясында сәтті пайдалану мүмкіндігіне ие.

**Түйінді сөздер:** белсендірілген көмір, мискантустың сабаны, адсорбция, ауыр металдар.

УДК 66-936.43

**Zh.K.Myltykbaeva., A.B.Seisembekova**
(Al-Farabi Kazakh National University), Almaty, Kazakhstan
E-mail: seysembekovaanar@gmail.com)

**SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF CATALYSTS ON VANADIUM OXIDE IMMOBILIZED ON $Al_2O_3$**

**Abstract.** The article discusses the synthesis and characterization of catalysts based on vanadium oxide immobilized on $Al_2O_3$. Catalysts prepared by the "wet" impregnation based on vanadium oxide in 5 and 8 wt% precipitated on $Al_2O_3$ were obtained. To characterize the vanadium chemical medium, various modern physico-chemical methods, such as temperature-programmed reduction (TPR), Fourier transform infrared (FT-IR), diffusion reflection spectra in the region visible ultraviolet (Uv-*vis*-reflectance), and Raman spectra were used.

**Key words:** vanadium oxide, activated $Al_2O_3$, impregnation, immobilized catalysts.

**Ж.К.Мылтыкбаева., А.Б.Сейсембекова**
(Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Алматы, Казахстан
E-mail: seysembekovaanar@gmail.com)

**СИНТЕЗ И ХАРАКТЕРИСТИКА КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ОКСИДА ВАНАДИЯ ИММОБИЛИЗОВАННЫХ НА $Al_2O_3$**

**Аннотация.** Работа посвящена синтезу и характеристике катализаторов на основе оксида ванадия иммобилизованных на $Al_2O_3$. Были получены катализаторы приготовленные методом “влажной” пропитки на основе оксида ванадия в 5 и 8 масс.% осажденные на $Al_2O_3$. Для характеристики химической среды ванадия на поверхности оксида алюминия были использованы различные современные физико-химические методы, такие как температурно-запрограммированное восстановление (TPR), инфракрасные спектры с преобразованием Фурье (FT-IR), спектры диффузного отражения в области видимого ультрафиолетового излучения (Uv-*vis*-reflectance), и спектры комбинационного рассеяния (Raman).

**Ключевые слова:** оксиды ванадия, активный $Al_2O_3$, пропитка, иммобилизованные катализаторы.

**1. Введение**

Оксиды ванадия интересные материалы, которые широко известны благодаря своим каталитическим свойствам. В настоящее время эти материалы нашли несколько применений в качестве катализатора в промышленности, а также в отраслях в таких как, газовые сенсоры, электрохимические и оптические коммутативные устройства, и обратимые катодные материалы для литиевой батареи [1].

Иммобилизованные катализаторы на основе оксида ванадия считаются одними из наиболее известных высокоактивных катализаторов окислительного дегидрирования. Известно, что активность и селективность указанных катализаторов зависит от природы подложки, условий предварительной обработки, а также режима диспергирования ванадия на поверхности носителя Оксид ванадия, иммобилизованный на подложки из основных оксидов, является более селективным по отношению к алкенам, нежели иммобилизованный на подложки из кислотных оксидов [2-4], наиболее же подходящей системой для этого является оксид ванадия, иммобилизованный на γ-оксид алюминия [5,6]. Кроме того, модифицированный ванадий-оксид алюминия также показал очень хорошую активность в процессе окислительного дегидрирования этилбензола с получением стирола [7].

Катализаторы на основе оксида ванадия используются в производстве важных химических веществ (например, серная кислота, фталевый ангидрид) и для снижения загрязнения окружающей среды (например, оксидов азота из дымовых газов электростанций), а ванадий является одним из наиболее важных металлов, используемым в металлоксидном катализе [8-15].

Как правило, носитель катализатора рассматривается как инертный материал, обеспечивающий не только поверхность для распределения металла/оксида металла, но и термическую стабильность, что позволяет использовать его при повышенных температурах. Однако на сегодняшний день учеными признается, что физические и химические свойства носителя существенно влияют на каталитическую активность [16,17-19]. В то время как физические свойства носителя обычно соотносят лишь с распределением металла на поверхности, химические свойства связывают также и с электронными эффектами.

В общем случае, оксид ванадия диспергирован в субмонослое на различных подложках с использованием различных методов приготовления катализаторов, таких, как пропитка [20,21], смачивание [22], прививка [23,24], а также химическое осаждение из паровой фазы [25]. Кроме того, было обнаружено, что каталитические свойства указанных монослойных оксидных катализаторов очень сильно отличаются от таковых, в случае насыпного и иммобилизованного мультислойного кристаллического оксида ванадия. Следовательно, неудивительным является тот факт, что приготовление и определение характеристик иммобилизованных монослойных катализаторов является темой ряда исследований.

В настоящей работе представлены результаты, полученные по синтезу и характеристике катализаторов на основе оксида ванадия иммобилизованных на $Al_2O_3$. Образцы были приготовлены методом влажной пропитки. Катализаторы были охарактеризованы несколькими современными физико-химическими методами, такие как Raman, TPR, FT-IR, UV-*vis*.

**2. Экспериментальная часть**

*1.1. Подготовка катализатора*

Для приготовления иммобилизованных катализаторов на основе оксида ванадия методом «влажной» пропитки использовали γ – $Al_2O_3$ (SA = 220 $м^2/g$) который получил широкое распространение в качестве носителя при синтезе иммобилизованных оксиванадиевых систем, в качестве источника $V_2O_5$ использовался VO(IV)-ацетилацетонат (99%).

Образцы катализаторов монослойного типа, в которых активный компонент стабилизирован в максимально дисперсном состоянии, что обеспечивает его высокую поверхность, доступность для молекул реа- гирующего вещества, а также эффективность и экономичность использования иммобилизованного оксида готовили методом “влажной пропитки” (импрегнирования).

Требуемое количество VO(IV)-ацетилацетоната растворяли в этаноле и добавляли к носителю с последующими сушкой при 90-100°C в течение 12 часов и прокаливанием на воздухе при 500°C в течение 2 часов. Иммобилизованные катализаторы, которые имеют высокую удельную поверхность и развитую пористую структуру были получены с 5 и 8 мас. % $V_2O_5$.

*1.2. Характеристики катализатора*

Физико-химические характеристики иммобилизованных катализаторов были определены и исследованы в Химико-Технологическом Институте Политехнического Университета Валенсии (Испания, Валенсия) и аккредитованной и (№ KZ.И.02.1572) и аттестованной (аттестат № 03/14) лаборатории исследования и комплексного анализа горючих ископаемых и продуктов их переработки НИИ новых химических технологий и материалов при Казахском национальном университете имени аль-Фараби (Казахстан, Алматы).

Спектры комбинационного рассеяния были получены в условиях окружающей среды с использованием системы «Renishaw 1000» “in via” прикрепленной к микроскопу. В качестве инициирующего источника использовался аргоновый ионный лазер (785 nm) типично работающий при мощности 20 mW. Спектры собираются с использованием геометрии обратного рассеяния с углом $180^0$ между освещенным и собранным излучением.

Спектры диффузного отражения в области видимого ультрафиолетового излучения были определены с помощью спектрофотометра «Shimazdu UV-2010 PC» со спектральным диапазоном 185–900 нм с возможностью расширения до 1400 нм.

Инфракрасные спектры иммобилизованных катализаторов были получены с помощью спектрофотометра «Nicolet 710 FTIR» с преобразованием Фурье в режиме передачи на самонесущих пластинах (8 мг) в стеклянной ячейке *in situ* с окнами KBr.

Результаты температурного программирования, которые дают информацию о составе смесей восстанавливаемых соединений были получены с помощью аппарата «Micromeritics». Образцы (100 мг) сначала обрабатывали в аргоне при комнатной температуре в течение 1 часа. Затем образцы контактировали со смесью $H_2$/Ar (молярное соотношение $H_2$/Ar 0,15 и общий поток 50 мл мин $^{-1}$) и нагревались со скоростью $10^0$C мин мин$^{-1}$ до конечной температуры $1000^0$C.

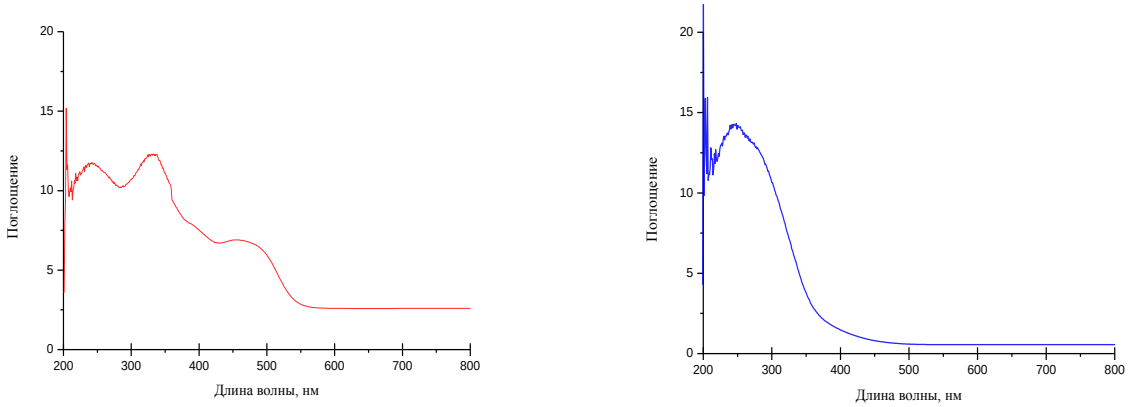
**3. Результаты и их обсуждение**

*3.1. Характеристики катализатора*

*3.1.1. Диффузный коэффициент отражения UV-vis*

С помощью УФ – спектроскопии (рис. 1а) было установлено, что в прокаленных образцах с 8 масс. % нагрузкой ванадия первый вклад, расположенный между 279-302 нм указывает на наличие изолированных тетраэдрических и октаэдрических $V^{5+}$, образованных одной кратной V=O-связью и тремя одинарными V-O-связями. Второй вклад четко наблюдается при 395 нм что подтверждает наличие кристаллических $V_2O_5$. В прокаленных образцах $V_2O_5/Al_2O_3$ с 5 масс. % нагрузкой ванадия (рис. 1б) были обнаружены только изолированные соединения $VO_4$, что свидетельствовало об отсутствии структурных мостиков V-O-V необходимых для реакции окислительного дегидрирования спиртов. Так же полученные данные подтверждают что, при промежуточных степенях поверхностных покрытий присутствуют также и полимеризованные поверхностные $VO_x$ – образования, а при монослойных уровнях покрытия поверхности образуются полимерные цепи оксиванадиевых соединений, причем концентрация полимерных форм растет с увеличением содержания ванадия.

Рамановские спектры катализаторов в условиях окружающей среды показаны на рисунке 2. Результаты UV-vis коррелируют с данными Raman, согласно которым было установлено, что при высоких содержаниях ванадия в алюмованадиевых образцах решеточный кислород более прочно связан со структурой катализатора, чем в образцах с низким содержанием ванадия. Характерные полосы комбинационного рассеяния (V-нагрузкой 8 масс. %) наблюдаются при 990 cm$^{-1}$, соответствующему присутствиям ванадиловых (V=O) групп. Также согласно данным Раман-спектроскопии происходит диспергирование и “растекание” оксида ванадия (V) по поверхности оксида алюминия. Ионы ванадия (V) могут занимать как тетраэдрические, так и октаэдрические вакансии на поверхности решетки алюмооксидного носителя.




а б

**Рис.1.** UV-vis диффузный коэффициент отражения катализаторов $V_2O_5/Al_2O_3$

*3.1.2. Рамановская спектроскопия*

Вторая полоса наблюдается при 1186 $cm^{-1}$, что доказывает присутствие полимерных видов ванадия. Также наблюдаются полосы при 1028, 943, 689, 562, 464, 240 и 153 $cm^{-1}$. Пики комбинационного рассеяния при 943, 689 и 464 $cm^{-1}$ связаны с симметричным режимом растяжения от конечного атома кислорода (V=O). Обнаруженные пики при 562, 464, 240 и 153 153 $cm^{-1}$ подтверждают наличие кристаллических $V_2O_5$. С учетом вышесказанного предполагается, что более низкая мобильность решеточного кислорода приводит к более низкой активности катализатора, но одновременно и к более высокой его селективности.

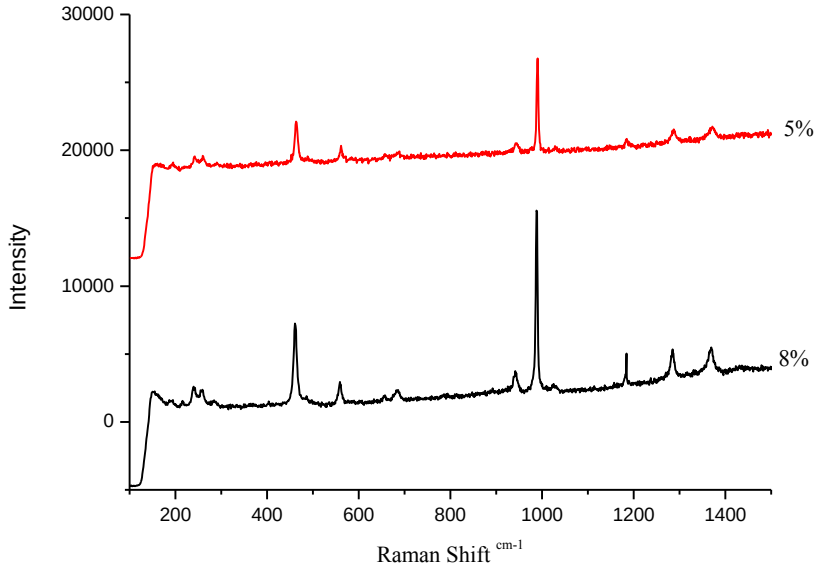
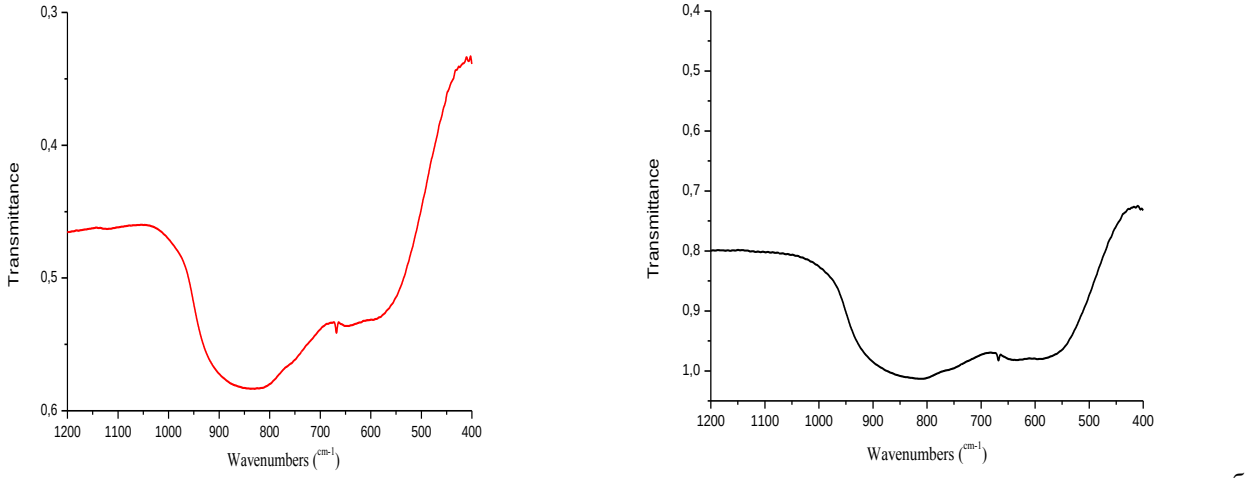



**Рис.2.** Raman спектр катализаторов $V_2O_5/Al_2O_3$

*3.1.3. FT-IR-спектроскопия*

Для характеристики катализаторов были также выполнены эксперименты *in situ* на ИК-Фурье спектрометре. Выявленные в результате такого исследования структуры, образующиеся на поверхности - $V_2O_5/Al_2O_3$ -катализаторов с содержанием 5 и 8 масс.% $V_2O_5$ , представлены на рис.3. Так, при 8 масс.% покрытия носителя оксидом ванадия в ИК-Фурье спектре наблюдаются полосы при 800-900 $cm^{-1}$, которую обычно относят к колебаниям связей V-O-V (рис. 3а). Согласно данным FT-IR-спектроскопии, с расчетной концентрацией 5 масс.% $V_2O_5$, V-O-V связи не обнаруживаются.




а б

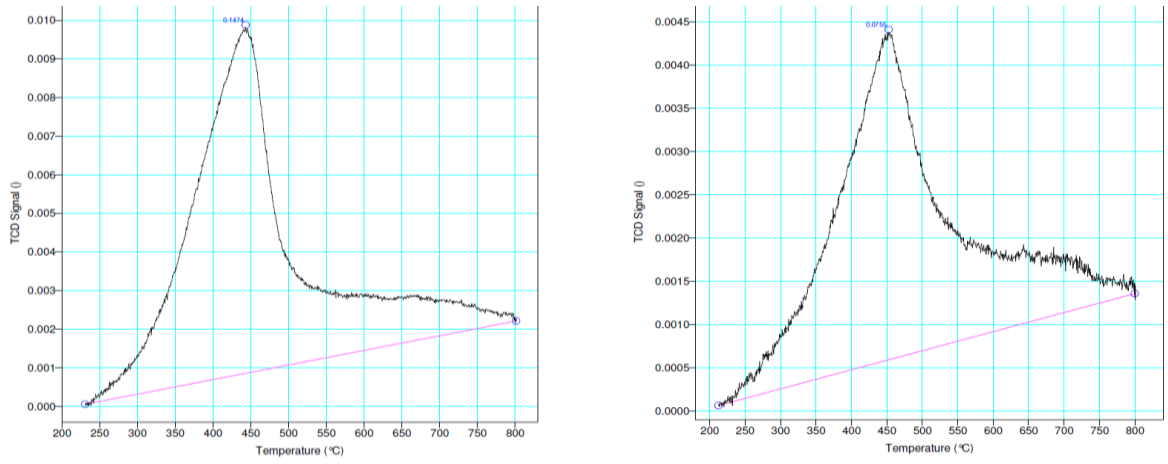
**Рис.3.** FT-IR спектр катализаторов $V_2O_5/Al_2O_3$

*3.1.4. Температурно-программированное восстановление*

При температурно-программированном восстановлении алюмованадиевых катализаторов (50 мл/мин, смесь 10% $H_2$/Ar), приготовленных методом «влажной» пропитки, на кривых температурно-программированного восстановления наблюдается одна основная область поглощения водорода: 1) ~ 452-452,5°C при 8 масс. % нагрузкой ванадия и 1) ~ 443-443,4°C при 5 масс. % нагрузкой ванадия.

Область поглощения водорода при ~ 443-443,4°C (5 масс. % нагрузкой ванадия) связан с восстановлением слабо связанных с носителем октаэдрически координированных ионов $V^{5+}$ (локализованных преимущественно в полислоях иммобилизованного $V_2O_5$ и частично в виде поливанадатов в монослойных участках поверхности алюмованадиевых катализаторов) (рис.4 а).

С увеличением содержания ванадия ($V_2O_5/Al_2O_3$ 8 масс. % ) как показано на рис.4б был только один пик наблюдаемый в диапазоне ~ 452-452,5°C, что демонстрирует образование оксида, в котором ванадий имеет окисление $V^{5+}$ . Основываясь на результаты температурного восстановления, можно сказать что, интенсивность сокращения пиков и общего потребления водорода увеличивается с увеличением загрузки ванадия. Это согласуется с данными полученными рамановской спектроскопией и УФ – спектроскопией.




а б

**Рис.4.** Спектры температурно-программированного восстановления катализаторов $V_2O_5/Al_2O_3$

**Выводы**

Анализ литературных данных и проведенных исследовании приведенных в настоящей статье показывают, что иммобилизованные на $Al_2O_3$ катализаторы на основе оксида ванадия которые обладают заметной каталитической активностью в реакциях дегидрирования и, особенно, окислительного дегидрирования различных углеводородов можно рассматривать как типичные катализаторы монослойного типа. Поэтому полученные нами в 5 и 8 масс. % катализаторы на основе оксида ванадия иммобилизованных на $Al_2O_3$ приготовленные методом "влажной пропитки" с последующим прокаливанием в дальнейшем будут рассматриваться как достаточно перспективные системы для создания на их основе высокоэффективных катализаторов дегидрирования углеводородов, а также для создания научных основ реакций процесса окисления, также для разработки процесса окисления нефтяных серосодержащих соединений, олефинов, алкилароматических углеводородов пероксидом водорода и озоном.

ЛИТЕРАТУРА

[1] М. Ольге Герреро-Перес. Поддерживаемые, навальные и объемные катализаторы на основе оксида ванадия: Краткий обзор с исторической точки зрения, Катализ сегодня 285 (2017) 226-233М.

[2] С.Р.Г. Карразан, С.Ж. Перес, П. Бернард, М. Рувет, П. Руиз, Б. Дельмон,. Ж. Катализ. 158 (1996) 452.

[3] Г. Део, И.Е. Вакс, Ж. Физ. Хим. 95 (1991) 5889.

[4] Х.М. Лопес Нието, Ж.Соер, П. Консепсион, Ж. Гергуидо, М. Менендез, Ж.Сантамария, Ж. Катализ. 185 (1999) 318.

[5] М.Д. Аргиль, К.Д. Чен, А.Т. Белл, Э. Иглесиа, Ж. Катализ. 208 (2002)139.

[6] Ж. Ле Барс, А. Аурокус, М. Фориссиер, Ж. Ведрин, Ж. Катализ. 162 (1996)250.

[7] В.П. Висловски, Ж.С. Чанг, М.С. Парк, С.Е. Парк, Катализ. Ком. 3(2002) 227.

[8] М. Балтес, Синтез и характеристика катализаторов оксида ванадия, Ph.D. тезис, Университет Антверпена, Бельгия, 2001.

[9] Ф. Трифиро, Б. Грызовская, Аппл. Катал. А Ген. 157 (1997).

[10] Г.С. Бонд, С.Ф. Тафир, Аппл. Катал. 71 (1991) 1.

[11] Г. Део, И.Е. Вакс, Ж. Хабер, Крит. Рев. С. Хим. 4(1994) 141.

[12] Г. Ертл, Ч. Нозингер, Ж. Вейткап (Эт.), Справочник по гетерогенному катализ, Уйлеи–ВСЧ, Вейнхим, 1997.

[13] Ж.М. Томас, В.Ж. Томас, Принципы и практика гетерогенного катализа, Уйлеи–ВСЧ, Вейнхим, 1997.

[14] Ж. Гаген, Промышленный катализ, Практический подход, Уйлеи–ВСЧ, Вейнхим,1999.

[15] Г.Ф. Рейс, Справочник коммерческих катализаторов, СРС , Нью-Йорк, 2000.

[16] Г.С. Бонд, С.Ф. Тахир, Ап. Катал. 71 (1991).

[17] И.Е. Вакс, Хим. Инж. Наука. 45 (1990) 5900.

[18] Г. Буска, Г. Сенти, Л.Марчети, Ф. Трифиро, 2 (1986) 568.

[19] Б.М. Редди, в: С.Т. Ояма, Ж.В. Гайтауер (Ед.), Серия симпозиума ACS, том. 562, Am. Химреагент Общество, Вашингтон, DC, 1993. [20] F. Arena, F. Fusteri, A. Parmaliana, Appl. Catal. A 176 (1999) 189.

[21] Б.М. Редди, Е.П. Редди, С.Т. Сринивас, В.М. Мастикин, А.В. Носов, О.Б. Лапина, Ж. Физ. Хим. 96 (1992) 7076.

[22] Б.М. Редди, Е.П. Редди, С.Т. Сринивас, Ж. Катализ. 136 (1992) 50.

[23] Т. Бласко, А. Галли, Х.М.Лопес Нието, Ф. Трифиро, Ж. Катал. 169 (1997) 203.

[24] М. Блатес, О. Колларт, Р. Ван Дер Ворт, Е. Вансант, Лангумир 15 (1999) 5841.

[25] К. Инамура, М. Мисоно, Т. Окухара, Аппл. Катал. А 149 (1997) 133.

Мылтықбаева Ж.К., Сейсембекова А.Б.

**$Al_2O_3$-не отырғызылған ванадий оксиді негізіндегі катализаторлар синтезі және сипаттамасы**

**Түйіндеме:** Жұмыс $Al_2O_3$-не отырғызылған ванадий оксиді негізіндегі катализаторлар синтезі және сипаттамасына арналған. «Ылғал» сіңдіру әдісімен $Al_2O_3$-не тұндырылған 5 және 8 масс.% катализаторлар алынды. Алюминий оксидіндегі ванадидің химиялық ортасын сипаттау үшін түрлі заманауи физика-химиялық әдістер қолданылды: температура бағдарламаланған тотықсыздандыру (TPR), Фурье түрлендіруімен инфрақызыл спектр (FT-IR), көрінетін ультракүлгін сәулелену аймағындағы диффузиялық кескін спектрі (Uv-*vis*- reflectance) және комбинациялық таралу спектрі (Raman).

**Кілттік сөздер:** ванадий оксиді, белсенді $Al_2O_3$, сіңдіру, отырғызылған катализаторлар.

**МАЗМҰНЫ**

**Жер туралы ғылымдар**

*Шамшихан А.М., Тугельбаев С.С.*
ҰЛЫ ЖІБЕК ЖОЛЫ БОЙЫНДА ТУРИЗМДІ ДАМЫТУ..... 3
*Акашова А.С., Бакирбаева П.А., Аубакирова Г.Б., Екейбаева Д.П., Мукалиев Ж.К.*
ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНДА ТУРИСТІК ҚЫЗМЕТТІҢ ДАМУЫНЫҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫН ТАЛДАУ..... 8
*Юсуфи А., Бекботаева А.А., Muszynski A.*
АУҒАНСТАНДАҒЫ ЛОГАР УЛЬТРАБАЗИТТІ МАССИВТІҢ ИНТРУЗИВТІ ЖАРАТЫЛЫСЫ..... 14
*Керімбай Б.С., Джаналеева К.М., Керімбай Н.Н.*
ШАРЫН ӨЗЕНІ АЛАБЫ СУ РЕСУРСТАРЫНЫҢ ГИДРОДИНАМИКАЛЫҚ ПРОЦЕСТЕРІНІҢ МОНИТОРИНГІ..... 20
*Ауезова З.Т., Исмагулова С.М., Ауезова К.Т., Турмаханбетова Ш.Ш.*
БӘСЕКЕГЕ ҚАБІЛЕТТІЛІК РЕЙТИНГІСІН ЕСЕПТЕУ ӘДІСІНЕ СӘЙКЕС ОРТАЛЫҚ ҚАЗАҚСТАННЫҢ АЙМАҚТАРЫНЫҢ ДЕМОГРАФИЯЛЫҚ ӘЛЕУЕТІН БАҒАЛАУ (IMD)..... 27
*Исмагулова С.М., Ауезова З.Т., Ауезова К.Т., Кизатова Д.С.*
СОЛТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН ОБЛЫСЫНДАҒЫ ХАЛЫҚТЫҢ КӨШІ-ҚОН ҮРДІСТЕРІНІҢ ТАРИХИ ЖӘНЕ ҚАЗІРГІ ЗАМАНҒЫ ТЕНДЕНЦИЯЛАРЫ..... 33
*Берденов Ж.Г., Мендыбаев Е.Х., Камкин В.А., Атаева Г.М., Инкарова Ж.И.*
ПАВЛОДАР ОБЛЫСЫ АҚҚҰЛЫ АУДАНЫНЫҢ ӨСІМДІКТЕР ЖАМЫЛҒЫСЫНЫҢ КЕҢІСТІКТІК - УАҚЫТТЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫН ЗЕРТТЕУДЕ ҚАШЫҚТЫҚТАН ЗОНДТАУ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ..... 40
*Кабиев Е.С., Берденов Ж.Г., Мусабаева М.Н., Мендыбаев Е.Х., Атаева Г.*
ЖАЙЫҚ ӨЗЕНІ АТЫРАУЫ БЕТТІК СУЛАРЫНЫҢ ГЕОЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЫ..... 46

**Техникалық ғылымдар**

*Толегенова А.А., Албанбай Н., Жетписбаева А.Т., Медетов Б.Ж., Исимова А.Т., Тайсариева Қ.Н.*
TFBG ТИПТЕС ОПТОТАЛШЫҚТАРДЫ СЕНСОР РЕТІНДЕ ҚОЛДАНУ ҮШІН ҚАЖЕТТІ СПЕКТРАЛДЫҚ СИПАТТАМАЛАРДЫ ЭКСПЕРИМЕНТ ЖҮЗІНДЕ АНЫҚТАУ..... 55
*Босинов Д.Ж., Бекибаев Т.Т., Кудайберген А.Д.*
ТОҚТАТЫЛҒАН КЕЗДЕГІ ҚҰБЫРДАҒЫ МҰНАЙ ТЕМПЕРАТУРАСЫНЫҢ ТӨМЕНДЕУІН АНЫҚТАУ..... 60
*Оспанов Р., Тулебаев А., Мусиралиева Ш.*
ВКОНТАКТЕ ӘЛЕУМЕТТІК ЖЕЛІСІНДЕГІ ҚОЛДАНУШЫЛАР АРАСЫНДАҒЫ БАЙЛАНЫСТЫ АНЫҚТАУ..... 67
*Қуандықов А.А., Қасымханова С.Ж., Мұратова К.Н.*
ӨНЕРКӘСІПТІК ЭКОНОМИКАНЫҢ САНДЫҚ-ӨСІРІЛДІГІНІҢ МІНДЕТТЕРІН ШЫҒУ ТЕХНИКАСЫ..... 75
*Муратова К.Н., Омаров Б.С., Касымханова С.Ж.*
ПЕРСОНАЛДЫ БАСҚАРУҒА АРНАЛҒАН CRM ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ МҮМКІНДІКТЕРІН ТАЛДАУ..... 79
*Козак Е.А., Курмашев И.Г., Ушакова Е.В., Долматова Л.В.*
ЖОО ОҚУ ҮРДІСІНДЕ МОБИЛЬДІ ОҚЫТУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ҚОЛДАНУ МОДЕЛЬДЕРІ..... 85
*Кухаренко Е.В., Шапорева А.В., Копнова О.Л., Григоренко О.В.*
ҚАШЫҚТЫҚТАН ОҚЫТУ ТЕХНОЛОГИЯСЫМЕН БІЛІМ БЕРУ ПРОЦЕСІНІҢ САПАСЫН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ҮШІН АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ДЕРЕКТЕРДІ ТАЛДАУ ЖӘНЕ ӨҢДЕУ ЖҮЙЕСІН МОДЕЛДЕУ..... 91
*Пяткова Т.В., Кухаренко Е.В.*
КӘСІПОРЫНДАРДА АТ-ЖОБАЛАРДЫ ЕНГІЗУ ТИІМДІЛІГІН БАҒАЛАУ ӘДІСТЕРІ..... 95
*Оразбаев Б.Б., Асанова Б.У., Серимбетов Б.А., Касенова Л.Г., Махатова В.Е.*
БАЯУ КОКСТЕУ ҚОНДЫРҒЫСЫ ТИІМДІ ЖҰМЫС РЕЖИМДЕРІН МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕРІ НЕГІЗІНДЕ ТАҢДАУ ЕСЕБІ ЖӘНЕ ОНЫ АЙҚЫН ЕМЕС ОРТАДА ШЕШУ ЭВРИСТИКАЛЫҚ ТӘСІЛІ..... 99
*Жуматова Ш.А., Манаков С.М., Сагидолда Е., Азамат Р.М.*
КЕУЕКТІ КРЕМНИЙ ҚАБЫҚШАЛАРЫНЫҢ ОПТИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ МЕН МОРФОЛОГИЯСЫНЫҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ РЕЖИМДЕРІНЕ ТӘУЕЛДІЛІГІ..... 106
*Утегенова М., Саденова М., Азаматов Б., Догадкин Д.*
КАТАЛИЗАТОРЛАРҒА АРНАЛҒАН БЛОКТЫ КЕРАМИКАЛЫҚ ТАСЫМАЛДАУШЫЛАР СИНТЕЗІНІҢ САПАСЫН БАСҚАРУ ҮШІН ҮЛГІЛЕУ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ..... 112

*Бурумбаева Г.Р., Дюсова Р.М., Сейтенова Г.Ж., . Ивашкина Е.Н.*
ВАКУУМДЫҚ ГАЗОЙЛЬДІҢ КАТАЛИТИКАЛЫҚ КРЕКИНГІ ТЕХНОЛОГИЯСЫНДА БЕНЗИН ФРАКЦИЯСЫ МЕН ГАЗДАРДЫҢ ШЫҒУЫН АРТТЫРУ ҮШІН ТЕХНИКАЛЫҚ ШЕШІМДЕРДІ ӘЗІРЛЕУ…… 118
*Жолдубаева Ж.Д., Шәкәрім Ә.Ж., Сейлова С.Т., Орынбасаров М.А.*
ФЕРРОҚОРТПА САПАСЫН ЖАҚСАРТУ..... 125
*Маликова Ф.Ө., Төлеушова А.Т.*
ҚОЛЖАЗБА МӘТІНІН ТАНУ ПРОЦЕССІН МОДЕЛЬДЕУ..... 131
*Аманжолова С.Т., Булгакбаева А.А.*
ТАРАТЫЛҒАН ҚОРДА АҚПАРАТТАРДЫ САҚТАУ ЖҮЙЕСІ..... 138
*Шәріпбай А.Ә., Бейбітхан Е.*
АНЫҚ ЕМЕС МОДЕЛДЕУГЕ НЕГІЗДЕЛГЕН ГРАФИКАЛЫҚ МӘТІНДЕРДІ ТАНУ МОДЕЛІ МЕН АЛГОРИТМДЕРІ..... 142
*Кемельбекова Ж.С., Сагындык М.Е., Сакыпбекова М.Ж.*
АНДРОИД ЖҮЙЕСІНДЕ «БАҒДАРЛАМАЛАУ ТІЛДЕРІ ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ» ҮЙРЕТУШІ ҚОСЫМШАСЫН ҚҰРУ..... 146
*Ханиев Б.А., Ибраимов М.К., Дарменкулова М.Б., Кембаева Ж.Д., Алимова М.*
КЕУЕКТІ КРЕМНИЙ НЕГІЗІНДЕГІ АММИАК ЖӘНЕ ЭТАНОЛ БУЛАРЫНЫҢ СЕНСОРЫН ЖАСАУ..... 151
*Жаңабаев З.Ж., Гревцева Т.Ю., Икрамова С.Б., Манаков С.М.*
НАНОҚҰРЫЛЫМДЫ КРЕМНИЙДІҢ БЕТКІ ҚҰРЫЛЫМЫНДАҒЫ ДИНАМИКАЛЫҚ ХАОС..... 156
*Жақсылықова С.Б., Умышев Д.Р., Минажова С.А.*
ЖЕКЕ ТҰРҒЫН ҮЙДІ ЖЫЛУМЕН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ҮШІН КҮН КОЛЛЕКТОРЫНЫҢ ПАЙДАЛАНЫЛУЫН ТАЛДАУ..... 160
*Матибаева А.И., Мухтарханова Р.Б., Джетписбаева Б.Ш., Мухит Х.М, Срапыл С.Ш.*
ЖҰМСАҚ ІРІМШІК ӨНДІРУГЕ АРНАЛҒАН ШИКІЗАТ РЕТІНДЕ ҚАЛПЫНА КЕЛТІРІЛГЕН ТҰТАС СҮТТІҢ ҚҰРАМЫ МЕН ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ..... 164
*Кабдирова А.А., Куликова В.П.*
АДАМИ КАПИТАЛДЫ ДАМЫТУ АСПЕКТІЛЕРІ БОЙЫНША МАМАНДАРДЫҢ БІЛІКТІЛІКТІ АРТТЫРУ КУРСТАРЫНЫҢ ТИІМДІЛІК ҮДЕРІСІН МОДЕЛЬДЕУ…… 167
*Манбетова Ж.Д., Чежимбаева К.С., Абдимуратов Ж.С.*
МОБИЛЬДІ ТЕЛЕФОНДАРДЫҢ ЭЛЕКТРОМАГНИТТІ СӘУЛЕСІНІҢ АДАМ ДЕНСАУЛЫҒЫНА ӘСЕРІ..... 174
*Маликова Ф.Ө., Жарылқасынова А.Б.*
САУАЛНАМАНЫҢ АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕСІНДЕ ДЕРЕКТЕРДІ ҰСЫНУ ЖӘНЕ ӨҢДЕУ МОДЕЛЬДЕРІ МЕН ӘДІСТЕРІН ӘЗІРЛЕУ..... 178
*Арапов Б.Р., Сейтказенова К.К., Шокобаева Г.Т., Телешева А.Б.*
КОРРОЗИЯЛЫҚ БҰЗЫЛУДЫ ЕСЕПТЕУ ӘДІСІ ЖӘНЕ КОНСТРУКЦИЯЛАРДЫҢ КӨТЕРГІШ ЭЛЕМЕНТТЕРІНІҢ БЕРІКТІГІН АНЫҚТАУ..... 184
*Аймаганбетов К.П. Гирин Д.В. Клименов В.В.. Токмолдин Н.С., Токмолдин С.Ж. Алмасов Н.Ж.*
ФОТОЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫЛАРДЫ ТЕСТІЛЕУГЕ АРНАЛҒАН АСА ЖАРЫҚ ДИОДТЫ НЕГІЗІНДЕГІ БАҚЫЛАУ-ӨЛШЕУ ЖҮЙЕСІН ӘЗІРЛЕУ..... 188
*Батаев Н.А., Сулейменов Б.А., Ахметов Д.Ф.*
ГАЗДЫ СЫҒЫМДАУ ҚОНДЫРҒЫСЫНЫҢ ПОМПАЖДЫ БАҚЫЛАУ…… 193
*Батаев Н.А., Сулейменов Б.А. , Ахметов Д.Ф.*
ГАЗ ТУРБИНАЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫСЫНЫҢ ПАРАМЕТРЛЕРІН БОЛЖАУ ЖӘНЕ ДИАГНОСТИКАЛАУ…… 198
*Мухамеджанова Г.С.*
BEELINE KAZAKHSTAN «КАР-ТЕЛ» КОМПАНИЯСЫНЫҢ КЛИЕНТТЕРІНІҢ ҚЫЗМЕТІНІҢ ДАМЫТУ ҮШІН ЧАТ–БОТ «BEEBOT» ҚҰРАСТЫРУ..... 203
*Мажитханов Н.М., Шортанбаева Ж.К.*
ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНДАҒЫ ТЕМІРЖОЛ КӨЛІГІНІҢ ӨЗЕКТІ МӘСЕЛЕЛЕРІ МЕН ОНЫ ДАМЫТУ БОЛАШАҒЫ..... 209
*Кундызбай Д.К.., Башкеев К.У., Куйкабаева А.А.*
МЕТАЛЛ ЖАБЫНҚЫШТАРДЫ СЫНАУ НӘТИЖЕЛЕРІН ӨҢДЕУ..... 212
*Баймаханов Г.А., Сайлаубек Т.Н., Рахымбаев С.С.*
САПА МЕНЕДЖМЕНТ ЖҮЙЕСІН ӘЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ЕНГІЗУ..... 216
*Узаков Я. М., Қалдарбекова М.Ә., С Сабралы.Е.*
ШОШҚА ЕТІНЕН ЖАСАЛҒАН ӨНІМДЕРІНІҢ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЖАСАУ.... 220
*Узаков Я.М., Сабралы С.Е., Қалдарбекова М.Ә.*
ШОШҚА ЕТІНЕН ЖАСАЛҒАН ЖЕКЕ ТҰЗДАЛҒАН ӨНІМДЕРДІҢ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЖАСАУ.. 225

*Ұзақов Я.М., Таева А.М., Мақанғали Қ.Қ., Тоқышева Г.М.*
ТҮЙЕ ЕТІ ЖӘНЕ СИЫР ЕТІНЕН ЫСТАЛЫП-ПІСІРІЛГЕН ЕТ ӨНІМДЕРІН ӨНДІРІСІНДЕ ШЫРҒАНАҚ ҰНТАҒЫНЫҢ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ..... 229
*Назарова А.Т., Абдураимова Б.К.*
ARDUINO ПЛАТФОРМАСЫН ПАЙДАЛАНУМЕН АВТОБУСТАРДА ЖОЛАУШЫЛАР ЕСЕБІН АНЫҚТАУ ЖӘНЕ ЕСКЕРТУ ЖҮЙЕСІН ҚҰРУ..... 235
*Дүйсенбі А., Мухтарова М.Н.*
ЭКСПОРТТАЛАТЫН ТАУАРЛАРҒА СТ – KZ ТАУАРДЫҢ ШЫҒУ ТЕГІ СЕРТИФИКАТЫН РӘСІМДЕУ..... 239
*Дүйсенбі А., Казбек Н.С., Ермағанбетова С.Д., Мухтарова М.Н.*
ҰСЫНЫСТАРДЫҢ ФАРМАЦЕВТИКАЛЫҚ ПРАКТИКАСЫ, GMP СЕРТИФИКАТЫНЫҢ ТҰЖЫРЫМДАМАСЫ..... 244
*Инаятов А.Б., Байжұманов Қ.Д., Дарханова А.*
ЖЫЛУ ЭЛЕКТР ОРТАЛЫҚТАРЫНДАҒЫ БУ ҚАЗАНДЫҚТАРЫНЫҢ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ..... 249
*Манатбаев Р.Қ., Қаласов Н.Б.*
ГАЗ ТУРБИНАЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫЛАРДЫҢ ЖҰМЫСЫНА АЛЬТЕРНАТИВТІ ЭНЕРГИЯ КӨЗДЕРІН ҚОЛДАНУ..... 253
*Лахно В.А., Оралбекова А.О.*
БЕЛГІЛЕРДІҢ АПРИОРЛЫҚ БЕЛГІСІЗДІГІ ЖАҒДАЙЫНДА АҚАУЛЫҚТАРДЫ ДЕТЕКТРЛЕУ ЖӘНЕ ДИАГНОСТИКАЛАУ ҮРДІСТЕРІНІҢ ЖІКТЕЛІМДІК БАСҚАРУ ӘДІСТЕРІН ТАЛДАУ..... 259
*Тукымбеков Д.Х., Саймбетов А.К., Құттыбай Н.Б., Нұрғалиев М.К., Ажибиева А.Р., Шаймерденова М.Е.*
ZIGBEE НЕГІЗІНДЕГІ ЭНЕРГИЯ ТИІМДІ АВТОНОМДЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ КӨШЕ ЖАРЫҚТАНДЫРУ ЖҮЙЕСІ..... 262
*Хакимова Т.Х., Спабекова Ж.Х., Сакыпбекова М.Ж.*
ХАЛЫҚАРАЛЫҚ АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ДАМУ ПЕРСПЕКТИВАСЫ..... 268
*Сарсембекова З.К., Пентаев Т.П.*
АВТОМОБИЛЬ ЖОЛДАРЫНЫҢ ПЛАНДЫҚ-БИІКТІКТІК ЖАҒДАЙЫН АНЫҚТАУДАҒЫ ЗАМАНАУИ АСПАПТАР МЕН ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ҚОЛДАНУДЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ..... 271
*Нұрғалиев М.К., Саймбетов А.К., Бектұрған Ү.Қ., Шаймерденова М.Е., Құттыбай Н.Б., Тукымбеков Д.Х.*
LORA WAN ЖӘНЕ NRF24L01 ТЕХНОЛОГИЯ НЕГІЗІНДЕ СЫМСЫЗ СЕНСОРЛЫ ЖЕЛІНІ ЖАСАУ ЖӘНЕ ӘР ТҮРЛІ ЖАҒДАЙДА РАДИОТОЛҚЫНДАРДЫҢ ТАРАЛУЫН ЗЕРТТЕУ..... 279
*Козбагаров Р.А., Жуманов М.А., Калиев Е.Б.*
ТЫҒЫЗДАЛҒАН ЯДРО БОЛМАҒАН КЕЗДЕ БУЛЬДОЗЕРДІҢ ЖҰМЫС ОРГАНЫНЫҢ ЖАБЫСҚАҚ ЖЫНЫСТАРМЕН ӨЗАРА ІС-ҚИМЫЛЫ..... 286
*Козбагаров Р.А., Камзанов Н.С., Дайнова Ж.Х.*
БУЛЬДОЗЕРДІҢ ЖҰМЫС АЛДЫНА НЕМЕСЕ ҚОЗҒАЛҒАНДА ТОПЫРАҚҚА ПЫШАҚТЫ ЕНДІРУ КЕДЕРГІСІН АНАЛИТИКЛЫ АНЫҚТАУ..... 291
*Удербаева А.Е., Наурызбаева А.А, Г.А Смайлова, Сейтова А.Б.*
КОНУСТЫҚ ҰСАҚТАҒЫШТАРДЫҢ БРОНЬДАРЫНЫҢ ЖҰМЫС ІСТЕУ САПАСЫН АРТТЫРУ.. 296
*Құттыбай Н.Б., Саймбетов А.К., Нұрғалиев М.К., Шаймерденова М.Е., Тукымбеков Д.Х., Мейірханов А.*
КҮНДІ ОПТИМАЛДЫ БАҒДАРЛАУҒА АРНАЛҒАН ЕКІ ОСЬТІК КҮНДІ БАҚЫЛАЙТЫН ЖҮЙЕНІ ЖАСАУ..... 300
*Темирбаев А.А., Туенбаев О.К., Карибаев Б.А., Мейрамбекұлы Н., Орынбасар С.О., Шыназарова Т.Т.*
CUBESAT СТАНДАРТЫНЫҢ НАНОСПУТНИКТЕРІНЕ АРНАЛҒАН АНИЗОТРОПТЫ ФРАКТАЛ НЕГІЗІНДЕГІ КӨПДИАПАЗОНДЫ АНТЕННА..... 306
*Турлиева А.А., Мухтарова М.Н.*
БАҚЫЛАУ ОБЪЕКТІСІНІҢ НОРМАТИВТІК-ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰЖАТТАМАНЫҢ БЕЛГІЛЕНГЕН ТАЛАПТАРЫНА СӘЙКЕСТІГІН ТЕКСЕРУ..... 312
*Тунғышбаева У.О., Уажанова Р.У., Сериккызы М.С., Манап К.Р.*
ЕҢБЕКТІҢ ӨНІМДЕРІН ӨНДІРУ САПАСЫ ЖӘНЕ ҚАУІПСІЗДІК ЖҮЙЕСІНІҢ НЕГІЗГІ МӘСЕЛЕЛЕРІ. БАҒАЛАУҒА АРНАЛҒАН ФАКТОРЛАР..... 319
*Тунғышбаева У.О., Уажанова Р.У., Сериккызы М.С., Манап К.Р.*
АЗЫҚ-ТҮЛІК ӨНІМДЕРІНІҢ САПАСЫ МЕН ҚАУІПСІЗДІГІ САЛАСЫНДАҒЫ ҚАЗІРГІ ЗАМАНҒЫ ХАЛЫҚАРАЛЫҚ МЕНЕДЖМЕНТТІ ДАМЫТУДЫҢ НЕГІЗГІ БАҒЫТТАРЫ. ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНДАҒЫ СТАНДАРТТАР МӘЛІМЕТТЕРІНІҢ ҚОЛДАНУ ТӘЖІРИБЕСІ..... 323

*Әділұлы А., Тореқұл Б., Бахтияр Б.Т, Умышев Д., Отыншиева М.*
ЖЫЛУ АЛМАСУ ЖӘНЕ ТҮТІН ГАЗДАРЫНЫҢ ТЕМПЕРАТУРАСЫН ИНТЕНСИФИКАЦИЯЛАУ… 328
*Жәкежан С.А., Куликова В.П.*
ЖАППАЙ ТАРИХИ ДЕРЕКТЕРДІ ТАЛДАУДЫҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ-СТАТИСТИКАЛЫҚ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ…… 333
*Рамазанов Е.Т., Сибанбаева С.Е.*
ҚОЙ ӨСІРУДІҢ ӨНІМДІЛІГІН АРТЫРУ ҮШІН ҚОЙДЫ ТАҢДАУ КЕЗІНДЕ ШЕШІМ ҚАБЫЛДАУҒА ЖӘРДЕМ БЕРЕТІН VDA ТИПТІ ТАЛДАУ ЖҮЙЕСІНІҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ ЖАБДЫҒЫН ҚҰРУ. …… 339
*Сангулова И.*
МИКРОКРЕМНЕЗЕМНІҢ ҚҰРЫЛЫСТА ҚОЛДАНЫЛУ АЯСЫНЫҢ ДАМУЫ..... 344
*Жаманбаева Г.Т., Яр-Мұхамедова Г.Ш., Захидов А.А.*
ПЕРОВСКИТТЕРДІ НАНОФОТОНИКАДА ҚОЛДАНУДЫҢ ПЕРСПЕКТИВТІЛІГІ..... 348
*Абетов А.Е., Узбеков А.Н., Ахметов А.А.*
ОРТАЛЫҚ ҚАЗАҚСТАННЫҢ ЖЫЛУЛЫҚ ӨРІСТЕРІ..... 355
*Байтлесова Л.И., Тапишев М.С., Костарев А.С.*
БАТЫС ҚАЗАҚСТАН ОБЛЫСЫНДАҒЫ ЧИНАРЕВ МҰНАЙГАЗКОНДЕНСАТ КЕН ОРНЫНЫҢ АТМОСФЕРАЛЫҚ АУАҒА ӘСЕРІН БАҒАЛАУ..... 360
*Нұрмұкан Қ., Қуандыков Ә.Ә, Алимбаева Б, Толеугазы Б.*
РОБОТТЫ ҚОЛДЫҢ МАНИПУЛЯЦИЯСЫНЫҢ КҮРДЕЛІЛІГІ..... 363
*Жолдубаева Ж.Д., Исин Д.К., Смагулова Ж.Б., Мажитова Л.А.*
КРЕМНИЙДЕГІ ОТТЕГІ БЕЛСЕНДІЛІГІНЕ СҮЗГІ МАТЕРИАЛЫНЫҢ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ..... 366
*Ким Г.А., Демьяненко А.В.*
НЕГІЗГІ ӘЛЕМДІК ӨНДІРУШІЛЕРДІҢ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ГИДРОПОНДЫҚ ЖҮЙЕЛЕРІНЕ ШОЛУ……..…….. 370
*Жумекенова З.Ж., Бондарев В.К.*
ТЕМІРЖОЛ ВАГОНДАРЫНЫҢ ДОҢҒАЛАҚ ЖҰПТАРЫ АҚАУЛАРЫНЫҢ ТАЛДАУЫ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ЖОЮ ТӘСІЛДЕРІ.....…….376
*Кушалиев Д.К., Балтаев Т.А., Ерманова Б.А.*
ЖАҢА ПРИНЦИПТЕР НЕГІЗІНДЕГІ СЕРІППЕЛІ ТӨСЕМЕЛЕРІ БАР ҚАЙТАРЫМДЫ - АЙНАЛМАЛЫ ҚОЗҒАЛАТЫН СЫРҒАНАУ МОЙЫНТІРЕКТЕРІНІҢ ЖАНА КОНСТРУКЦИЯСЫ..... 384
*Кушалиев Д.К., Балтаев Т.А., Ерманова Б.А.*
АВТОМОБИЛЬ КӨЛІКТЕРІ ҮШІН СЕРІППЕЛІ ТӨСЕМЕЛІ СЫРҒАНАУ МОЙЫНТІРЕКТЕРІН ЖАСАУ..... 389
*Оразбаев Б.Б., Сантеева С.А., Оразбаева К.Н., Махатова В.Е., Дускалиев А.*
АЙҚЫН ЕМЕС АҚПАРАТ НЕГІЗІНДЕ БҰРҒЫЛАУ ПРОЦЕСІНІҢ ҚАЛДЫҚТАРЫН БАСҚАРУ..... 394
*Ибрагимова С., Вахитов Р.*
«САРЫАРҚААВТОПРОМ» ЖШС ЖЕЛІЛЕРІНДЕ ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСЫ МЕН ҚУАТТЫЛЫҚТЫҢ ШЫҒЫНДАРЫН БАҒАЛАУҒА АРНАЛҒАН БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ҚҰРАЛДАРДЫ ПАЙДАЛАНУ... 401
*Лахно В.А., Ахметов Б.С., Досжанова А.А., Картбаев Т.С., Маликова Ф.У., Алимсеитова Ж.К.*
ОЙЫН ТЕОРИЯСЫ ЖӘНЕ МАРКОВ ПРОЦЕССТЕР НЕГІЗІНДЕ АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕР КИБЕРҚАУІПСІЗДІГІН МОДЕЛЬДЕУ..... 406
*Нефедьев Д.И., Жүнісова Г.С., Уразбаев Ж.З., Хаймулдинова А.К.*
ӨЛШЕУ ЖҮЙЕЛЕРІНДЕГІ КАЛИБРЛЕУДІ ЖҰМЫС ЖАҒДАЙЛАРЫНДА ПАЙДАЛАНУДЫҢ ӨЗЕКТІЛІГІ..... 413
*Абдилдаева А.А., Жукабаева Т.К., Маринич Т.А., Коплык И.В., Дрозденко А.А.*
МАКРОДЕҢГЕЙДЕ ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСЫН ТҰТЫНУДЫ БОЛЖАУДЫҢ СТАТИСТИКАЛЫҚ ДЕРЕКТЕРІН ТАЛДАУ..... 417
*Ережепбеков А.*
ЖЕҢІЛ КӨЛІКТЕРДІҢ БЕТПЕ-БЕТ ҚАҚТЫҒЫСУЫН ЕСКЕРТУ ЖӘНЕ ҚАҚТЫҒЫСТЫҢ АЛДЫН-АЛУ ЕСЕБІ..... 422
*Удербаева А.Е., Наурызбаева А.А, Смайлова Г.А, Кумангалиева Л.А*
ШАРЛЫ ДИІРМЕНДЕРДІҢ ЖҰМЫС ІСТЕУ ДИНАМИКАСЫН ЗЕРТТЕУ..... 428
*Жолдасбай Е.Е., Досмұхамедов Н.Қ., Ахмеджан Ж.С.*
ШАХТАЛЫҚ ҚЫСҚАРТЫП БАЛҚЫТУ ПРОЦЕСІНІҢ ТЕХНИКА-ЭКОНОМИКАЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІН ОҢТЙЛАНДЫРУ МӘСЕЛЕСІНЕ..... 433
*Дьяченко О. Г., Кенжалиев О.Б., Садықова Т.С.*
АҚШ УНИВЕРСИТЕТТЕРІНДЕГІ ҒЫЛЫМИ ДАМУДЫ КОММЕРЦИАЛИЗАЦИЯЛАУ ТӘЖІРИБЕСІ…….. 439
*Елтай А., Абдураимова Б.К*
UNIX НЕГІЗІНДЕ ЖЕЛІИНФРАСТРУКТУРАСЫНЫҢ МОДЕЛІН ЖӘНЕ ЖОБАСЫН ҚҰРУ..... 444

*Байшемиров Ж.Д., Нуртас М., Баймурзаев Д.Д.*
ЛОКАЛЬДЫ ЕМЕС ЫДЫРАУЫМЕН ОРТАШАЛАУ ӘДІСІ…… 450
*Кожахметов Е.А., Скаков М.К., Курбанбеков Ш.Р., Мухамедова Н.М.*
TI-AL-NB ЖҮЙЕСІ НЕГІЗІНДЕГІ СУТЕГІ ЖИНАҚТАЙТЫН ҚАЙТА ЗАРЯДТАЛАТЫН ИНТЕРТЕТРАЛДЫҚ ҚОСЫЛЫСТАР…… 454
*Лахно В.А., Ахметов Б.С., Досжанова А.А., Картбаев Т.С., Маликова Ф.У., Алимсеитова Ж.К.*
АҚПАРАТТАНДЫРУДЫҢ МАҢЫЗДЫ ОБЪЕКТІЛЕРІ ҮШІН АҚПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІК САЯСАТЫН ЖҮЙЕЛІ ТАЛДАУ…….. 460
*Бакешева А.Т., Иргибаев Т.И.*
МАГИСТРАЛЬДЫҚ ГАЗ ҚҰБЫРЛАРЫНДА ЖАРЫҚ ТӘРІЗДІ АҚАУЛАРДЫҢ ПАЙДА БОЛУ СЕБЕПТЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ АНЫҚТАУ ТӘСІЛДЕРІ……... 465
*Орумбаев Р. К., Бахтияр Б. Т., Отынчиева М.Т., Сейдалиева А. Б.*
СУ ЖЫЛЫТУ ҚАЗАНДЫҚТАРЫНЫҢ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ…… 470
*Байкенжеева А.С.*
ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНДА ЕҢБЕКТІ ҚОРҒАУ МӘСЕЛЕЛЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ШЕШУ ЖОЛДАРЫ..... 475
*Кисала П., Вуйцик В., Калижанова А.У., Амиргалиев Б., Козбакова А.Х.*
ОПТОТАЛШЫҚТЫ РЕФРАКТОМЕТРЛІ СИГНАЛДАРДЫ ИНТЕРРОГАЦИЯЛАУ ЖҮЙЕСІН ЖОБАЛАУ…….. 478
*Набунский И.А.*
АСИНХРОНДЫ ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫҢ IR-ӨТЕМЕЛЕУ КЕЗІНДЕГІ ЭЛЕКТРОМЕХАНИКАЛЫҚ ЖӘНЕ МЕХАНИКАЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫН ЕСЕПТЕУ..... 489
*Набунский И.А.*
ЖИІЛІКТІ ТҮРЛЕНДІРГІШ – АСИНХРОНДЫ ҚОЗҒАЛТҚЫШ ЖҮЙЕСІНІҢ ВОЛЬТ – ЖИІЛІКТІК СИПАТТАМАСЫН ЕСЕПТЕУ…… 494
*Кунелбаев М., Амиргалиев Б.Е., Мерембаев Т., Едилхан Д., Сундетов Т., Орманов Т.*
КОНТРОЛЛЕР НЕГІЗІНДЕГІ ТЕРМОСИФОНДЫ АЙНАЛМАЛЫ ЕКІКОНТУРЛЫ КҮН КОЛЛЕКТОРЫН БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІ..... 498
*Калимолдаев М.Н., Муканова Б.Г., Ахметжанов М.А.*
3RPR РОБОТЫНЫҢ ЖҰМЫС ҚҰРЫЛҒЫСЫ ҚОЗҒАЛЫСЫНЫҢ ШТАНГЫСЫНЫҢ ҰЗЫНДЫҒЫНЫҢ ҚОСЫНДЫСЫН МИНИМИЗАЦИЯЛАУ..... 504
*Вуйцик В., Калижанова А.У., Кисала П., Амиргалиев Б., Козбакова А.Х.*
КӨЛБЕУ ТАЛШЫҚТЫ БРЭГГ ТОРЫНЫҢ СПЕКТРАЛЬДЫ ҚАСИЕТТЕРІН ЭКСПЕРИМЕНТТІ ТҮРДЕ ЗЕРТТЕУ…… 512
*Назирова А.Б., Абдолдина Ф.Н., Дубовенко Ю.И., Умирова Г.К.*
МҰНАЙ-ГАЗ КЕН ОРЫНДАРЫНЫҢ ЖЕР ҚОЙНАУЫ ЖАЙ-КҮЙІНІҢ ГРАВИМЕТРИЯЛЫҚ МОНИТОРИНГІ ДЕРЕКТЕРІН ТАЛДАУ ҮШІН КҮЙДІРУДІ ИМИТАЦИЯЛАУ ӘДІСІН ҚОЛДАНУ……... 519

**Физика-математика ғылымдары**

*Садыкова. А.А.*
UPC ТІЛІНДЕ ПУАССОН ТЕҢДЕУІНІҢ ТИІМДІЛІГІН ЕСЕПТЕУДІ ЗЕРТТЕУ..... 528
*Исмаилова Ә.Е., Бекова Г.Т., Шайхова Г.Н.*
ЕКІ ӨЛШЕМДІ ЖАЛПЫЛАНҒАН СЫЗЫҚТЫ ЕМЕС ШРЕДИНГЕР ТЕҢДЕУІНІҢ ЖЫЛЖЫМАЛЫ ТОЛҚЫНДЫҚ ШЕШІМДЕРІ..... 534
*Боранбаев С.Н., Нурушева Ә.М., Сейткулов Е.Н., Сисенов Н.М.*
АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІҢ СЕНІМДІ ЖҰМЫС ІСТЕУІН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТЕТІН ҚҰРАЛДАР, ӘДІСТЕР МЕН ТӘСІЛДЕР..... 540
*Исмаилов Д.В., Калкозова Ж.К., Кожанова Ж.Н., Тулегенова А.Т., Абдуллин Х.А.*
ГИДРОТЕРМАЛДЫ ӘДІСПЕН ӨСІРІЛГЕН ZNO НАНОСТЕРЖЕНДЕРІНІҢ БӨЛМЕ ТЕМПЕРАТУРАСЫНДАҒЫ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНТТІ СЕНСОРЛЫ ҚАСИЕТТЕРІ..... 546
*Амантаева А.Е., Шыңғысхан Д.Ш., Пердебаева М.Н.*
IRAS 20090+3809 ЖҰЛДЫЗЫН ФОТОМЕТРИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ..... 553
*Соуса М., Байшоланова К., Яр-Мухамедов Е.*
БЕРІЛГЕН ҚАСИЕТТЕРІ БАР КОМПОЗИТТІК ЖАБЫНДАРДЫ КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛЬДЕУ ПРОБЛЕМАСЫНЫҢ ҚАЗІРГІ ЗАМАНДАҒЫ ЖАЙ – КҮЙІ……... 557
*Хайруллин Е.М., Тулешева Г.А., Шакуликова А.Т.*
ЖЫЛУ ЖӘНЕ МАССА АЛМАСУДЫҢ БІР ШЕТТІК ЕСЕБІ…… 561
*Баймаханов Г.А., Кабыл Д.Д.*
ХАССП ПРИНЦИПТЕРІНІҢ НЕГІЗІНДЕ САПА БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІН ЕНГІЗУ..... 567

*Мекебай Н.А., Тапеева С.К., Аканбай Н.*
КЕЗДЕЙСОҚ ОҢ ЖАҚТЫ КЕЗДЕЙСОҚ КОЭФФИЦИЕНТТЕРІНІҢ БЕЛГІЛІ ПАРАБОЛАЛЫҚ ТЕҢДЕУДІҢ КОШИ ЕСЕБІНІҢ ШЕШІМІНІҢ АСИМПТОТАТАЛЫҚ ЖУЫҚТАУЫ..... 571
*Баталова М.С., Алпысбаева Б.Е., Кәдір М.Ф., Ысқақ М.Т.*
НАНОКЕУЕКТІ АЛЮМИНИЙ ОКСИДІНІҢ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІН ОПТИКАЛЫҚ МИКРОСКОПТЫҢ КӨМЕГІМЕН ЗЕРТТЕУ..... 577
*Айтжанов С.Е., Жанузакова Д.Т.*
ПАРАБОЛАЛЫҚ ТЕҢДЕУІ ҮШІН ҚОЙЫЛҒАН КЕРІ ЕСЕПТІҢ ШЕШІМІНІҢ ҚИРАУЫ..... 584
*Шахнин В.А., Глущенко Т.И., Бедыч Т.В.*
ГИБРИДТІ ЭЛЕКТР СТАНЦИЯСЫНЫҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛІ……... 592
*Манатбаев Р.К., Бердибеков Д.Н.*
ТУРА ТЫҒЫЗ ЖЕЛ АГРЕГАТЫНЫҢ АЙНАЛМАЛЫ МОМЕНТІН АНЫҚТАУ…. ..... 597
*Волчихин В.И., Иванов А.И., Ахметов Б.Б., Алимсеитова Ж.К.*
ҮШ ОРБИТАЛДІ ПИРСОННЫҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ ХИ-КВАДРАТ МОЛЕКУЛАСЫ, ОНЫ ШАҒЫН ІРІКТЕМЕЛЕРДЕ СТАТИСТИКАЛЫҚ БОЛЖАМДАРДЫ ТЕКСЕРУ ҮШІН ҚОЛДАНУ БОЛАШАҒЫ ..... 608
*Яценко Ю.П., Хритоненко Н.В., Боранбаев А.С., Боранбаев С.Н.*
ЕРКІН ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ӨЗГЕРІСТЕР МЕН БЕЛГІСІЗ ҚҰН КЕЗІНДЕ АКТИВТЕРДІ АУЫСТЫРУ ҮЛГІЛЕРІ АРАСЫНДАҒЫ БАЙЛАНЫСТАРДЫ ЗЕРТТЕУ..... 617
*Амиргалиев Е.Н., Кунелбаев М.М., Амиргалиев Б.Е., Козбакова А.Х., Ауелбеков О.А., Катаев Н.С., Даулбаев С.М.*
МОДУЛЬДІК АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН БИОЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫНЫ ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛІН ЖАСАУ..... 622

**Химия-металлургия ғылымдары**

*Тулегенова,А.Т. Исмаилов Д.В., Калкозова Ж.К., Гриценко Л.В., Абдуллин Х.А.*
ТЕРМООҢДЕУ МЕН СИНТЕЗДЕУ РЕЖИМІНЕ БАЙЛАНЫСТЫ ZNO ЖҰҚА ПЛЕНКАЛАРЫ МЕН НАНОСТЕРЖЕНДЕР МАССИВІНІҢ ҚАСИЕТТЕРІН ТҮРЛЕНДІРУ..... 629
*Камбатыров М.Б., Назарбек У.Б., Назарбекова С.П., Абдуразова П.А.*
ЖЕМДІК ҚОСПАЛАРДЫ ҚОЛДАНУ МАҚСАТЫНДА ЛЕНГІР КЕН ОРНЫНЫҢ ҚОҢЫР КӨМІРІНІҢ ҚАЛДЫҚТАРЫН ӨНДІРІП ГУМАТТАРДЫ АЛУ МҮМКІНДІГІН ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ..... 636
*Рахимова А.К., Курбатов А.П., Галеева А.К.*
ЛИТИЙ-ИОНДЫ АККУМУЛЯТОРЛАР ҮШІН ЛИТИЙ ТЕМІР ФОСФАТЫНЫҢ МИКРОТОЛҚЫНДЫ СИНТЕЗІ ..... 640
*Абдуллин Х.А., Исмаилова Г.А., Калкозова Ж.К., Жумагулов С.К.*
КОБАЛЬТ ЖӘНЕ НИКЕЛЬ ГИДРОКСИДТЕРІНІҢ НАНОҰНТАҚТАРЫНАН СУПЕРКОНДЕНСАТОР ЭЛЕКТРОДЫН АЛУ..... 647
*Асқаруұлы Қ., Азат С., Елеуов М., Хинтай Су, Тауырбеков А.*
КРЕМНИЙ ДИОКСИДІНІҢ НАНОБӨЛШЕКТЕРІН ӨНДІРУ ҮШІН АЛЬТЕРНАТИВТІ ШИКІЗАТ КӨЗІ РЕТІНДЕ КҮРІШ ҚАУЫЗЫНЫҢ КҮЛІН ҚОЛДАНУ..... 652
*Әбіт К.Е., Наурызбаев М.К.*
МИСКАНТУС НЕГІЗІНДЕГІ БЕЛСЕНДІРІЛГЕН КӨМІРЛЕРМЕН АУЫР МЕТАЛ ИОНДАРЫНЫҢ СОРБЦИЯСЫН ЗЕРТТЕУ..... 658
*Мылтықбаева Ж.К., Сейсембекова А.Б.*
AL2O3-НЕ ОТЫРҒЫЗЫЛҒАН ВАНАДИЙ ОКСИДІ НЕГІЗІНДЕГІ КАТАЛИЗАТОРЛАР СИНТЕЗІ ЖӘНЕ СИПАТТАМАСЫ…….. 664

**СОДЕРЖАНИЕ**

**Науки о Земле**

*Шамшихан А.М., Тугельбаев С.С.*
РАЗВИТИЕ ТУРИЗМА ВДОЛЬ ШЕЛКОВОГО ПУТИ..... 3
*Ақашова А.С., Бакирбаева П.А., Аубакирова Г.Б., Екейбаева Д.П., Мукалиев Ж.К.*
АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЙ РАЗВИТИЯ ТУРИСТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН…… 8
*Юсуфи А., Бекботаева А.А., Muszynski A.*
ИНТРУЗИВНАЯ ПРИРОДА ЛОГАРСКОГО УЛЬТРАБАЗИТОГО МАССИВА В АФГАНИСТАНЕ... 14
*Керімбай Б.С., Джаналеева К.М., Керімбай Н.Н.*
МОНИТОРИНГ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ БАССЕЙНА РЕКИ ШАРЫН…… 20
*Ауезова З.Т., Исмагулова С.М., Ауезова К.Т., Турмаханбетова Ш.Ш.*
ОЦЕНКА ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ПОТЕНЦИАЛОВ РАЙОНОВ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА ПО МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА РЕЙТИНГА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ (IMD)……..... 27
*Исмагулова С.М., Ауезова З.Т., Ауезова К.Т., Кизатова Д.С.*
ИСТОРИЧЕСКИЕ И СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ МИГРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НАСЕЛЕНИЯ СЕВЕРО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ..... 33
*Берденов Ж.Г., Мендыбаев Е.Х., Камкин В.А., Атаева Г.М., Инкарова Ж.И.*
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В ИЗУЧЕНИИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА АККУЛИНСКОГО РАЙОНА ПАВЛОДАРСКОЙ ОБЛАСТИ…… 40
*Кабиев Е.С., Берденов Ж.Г., Мусабаева М.Н., Мендыбаев Е.Х., Атаева Г.*
ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ДЕЛЬТЫ РЕКИ ЖАЙЫК…….. 46

**Технические науки**

*Толегенова А.А., Албанбай Н., Жетписбаева А.Т., Медетов Б.Ж., Исимова А.Т., Тайсариева Қ.Н.*
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК TFBG ТИПНЫХ ОПТОВОЛОКОН ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В КАЧЕСТВЕ СЕНСОРА..... 55
*Босинов Д.Ж., Бекибаев Т.Т., Кудайберген А.Д.*
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НЕФТИ В ТРУБОПРОВОДЕ ПРИ ОСТЫВАНИИ ВО ВРЕМЯ ОСТАНОВКИ…….... 60
*Оспанов Р., Тулебаев А., Мусиралиева Ш.*
ВЫЯВЛЕНИЕ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯМИ В СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ ВКОНТАКТЕ…… 67
*Куандыков А.А., Касымханова С.Ж., Муратова К.Н.*
МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭКОНОМИКИ СТРАНЫ…….. 75
*Муратова К.Н., Омаров Б.С., Касымханова С.Ж.*
АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ CRM-СИСТЕМ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ..... 79
*Козак Е.А., Курмашев И.Г., Ушакова Е.В., Долматова Л.В.*
МОДЕЛИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ МОБИЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ВУЗА……. 85
*Кухаренко Е.В., Шапорева А.В., Коппова О.Л., Григоренко О.В.*
МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА ПРИ ДИСТАНЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОБУЧЕНИЯ…….. 91
*Пяткова Т.В., Кухаренко Е.В.*
МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ИТ-ПРОЕКТОВ НА ПРЕДПРИЯТИИ……... 95
*Оразбаев Б.Б., Асанова Б.У., Серимбетов Б.А., Касенова Л.Г., Махатова В.Е.*
ЗАДАЧИ ВЫБОРА ЭФФЕКТИВНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ УСТАНОВКИ ЗАМЕДЛЕННОГО КОКСОВАНИЯ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ И ЭВРИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД ЕЕ РЕШЕНИЯ В НЕЧЕТКОЙ СРЕДЕ……. 99
*Жуматова Ш.А., Манаков С.М., Сагидолда Е., Азамат Р.М.*
ЗАВИСИМОСТЬ МОРФОЛОГИИ И ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЛЕНОК ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ…… 106

*Утегенова М., Саденова М., Азаматов Б., Догадкин Д.*
ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ ДЛЯ СИНТЕЗА КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ…… 112
*Бурумбаева Г.Р., Дюсова Р.М., Сейтенова Г.Ж., . Ивашкина Е.Н.*
РАЗРАБОТКА МЕТОДИК ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ И ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ В КЛИНИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВАКУУМНОГО ТОПЛИВА……. 118
*Жолдубаева Ж.Д., Шәкәрім Ә.Ж., Сейлова С.Т., Орынбасаров М.А.*
ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ФЕРРОСПЛАВА…… 125
*Маликова Ф.У., Төлеушова Т.А.*
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСПОЗНАВАНИЯ РУКОПИСНОГО ТЕКСТА..... 131
*Аманжолова С.Т., Булгакбаева А.А.*
СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ХРАНИЛИЩАХ..... 138
*Шарипбай А.А., Бейбитхан Е.*
МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ГРАФИЧЕСКИХ ТЕКСТОВ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ…… 142
*Кемельбекова Ж.С., Сагындык М.Е., Сакыпбекова М.Ж.*
СОЗДАНИЕ УЧЕБНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ «ЯЗЫКИ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОГРАММИРОВАНИЯ» В СИСТЕМЕ ANDROID……... 146
*Ибраимов М.К., Ханиев Б.А., Дарменкулова М.Б., Кембаева Ж.Д., Алимова М.*
РАЗРАБОТКА СЕНСОРА ПАРОВ АММИАКА И ЭТАНОЛА НА ОСНОВЕ ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ..... 151
*Жанабаев З.Ж., Гревцева Т.Ю., Икрамова С.Б., Манаков С.М.*
ДИНАМИЧЕСКИЙ ХАОС В ПОВЕРХНОСТНОЙ СТРУКТУРЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО КРЕМНИЯ…….. 156
*Жаксылыкова С.Б., Умышев Д.Р., Минажова С.А.*
АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЧАСТНОГО ЖИЛОГО ДОМА…… 160
*Матибаева А.И., Мухтарханова Р.Б., Джетписбаева Б.Ш., Мухит Х.М, Срапыл С.Ш.*
ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА И СВОЙСТВ ВОССТАНОВЛЕННОГО ЦЕЛЬНОГО МОЛОКА КАК СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МЯГКИХ СЫРОВ……..……. 164
*Кабдирова А.А., Куликова В.П.*
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭФФЕКТИВНОСТИ КУРСОВ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ В АСПЕКТЕ РАЗВИТИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА…… 167
*Манбетова Ж.Д., Чежимбаева К.С., Абдимуратов Ж.С.*
ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ ТЕЛЕФОНОВ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА…… 174
*Маликова Ф.У., Жарылқасынова А.Б.* 178
РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ И МЕТОДОВ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ В ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ АНКЕТИРОВАНИЯ……
*Арапов Б.Р., Сейтказенова К.К., Шокобаева Г.Т., Телешева А.Б.* 184
МЕТОД РАСЧЕТА КОРРОЗИОННОГО РАЗРУШЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ……
*Аймаганбетов К.П., Гирин Д.В., Клименов В.В., Токмолдин Н.С., Токмолдин С.Ж.* 188
РАЗРАБОТКА КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ СВЕРХЪЯРКИХ СВЕТОДИОДОВ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ФОТОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК.....
*Батаев Н.А., Сулейменов Б.А., Ахметов Д.Ф.* 193
АНТИПОМПАЖНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ КОМПРЕССОРНОЙ УСТАНОВКИ…….
*Батаев Н.А., Сулейменов Б.А., Ахметов Д.Ф.* 198
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ДИАГНОСТИКА ПАРАМЕТРОВ ГАЗОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ…….
*Мухамеджанова Г.С.* 203
РАЗРАБОТКА ЧАТ-БОТА «BEEBOT» ПО ОБСЛУЖИВАНИЯ КЛИЕНТОВ КОМПАНИИ «КАР-ТЕЛ» BEELINE KAZAKHSTAN……..
*Мажитханов Н.М., Шортанбаева Ж.К.* 209
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН……..
*Кундызбай Д.К., Башкеев К.У., Куйкабаева А.А.* 212
ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ МЕТАЛЛОЧЕРЕПИЦЫ……...
*Баймаханов Г.А., Сайлаубек Т.Н., Рахымбаев С.С.*
РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА…….. 216

*Узаков Я. М., Калдарбекова М.А., Сабралы С.Е.*
РАЗРАБОТКА ПО ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ ИЗ СВИНИНЫ... 220
*Узаков Я. М., Сабралы С.Е., Калдарбекова М.А.*
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ШТУЧНЫХ СОЛЕНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ СВИНИНЫ…….. 225
*Узаков Я.М., Таева А.М., Маканғали К.К., Токышева Г.М.*
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОРОШКА ИЗ СЕМЯН ОБЛЕПИХИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ВАРЕНО-КОПЧЕНЫХ МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ ИЗ ВЕРБЛЮЖАТИНЫ И ГОВЯДИНЫ…… 229
*Назарова А.Т., Абдураимова Б.К.*
СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ПАССАЖИРСКОГО УЧЕТА В АВТОБУСАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛАТФОРМЫ ARDUINO…… 235
*Дүсенбі А., Мухтарова М.Н.*
СЕРТИФИКАТ ТРЕНИРОВКИ ПРОДУКТОВ СТ-KZ ДЛЯ ЭКСПОРТНЫХ ПРОДУКТОВ…… 239
*Дүйсенбі А., Казбек Н.С., Ермағанбетова С.Д., Мухтарова М.Н.*
КОНЦЕПЦИЯ НАДЛЕЖАЩИХ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ПРАКТИК, СЕРТИФИКАТ GMP..... 244
*Инаятов А.Б., Байжуманов К.Д., Дарханова А.А.*
ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАРОВИХ КАТЛОВ В ТЕПЛОЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛЕ..... 249
*Манатбаев Р.К., Каласов Н.Б.*
ПРИМЕНЕНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В РАБОТЕ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК…… 253
*Лахно В.А., Оралбекова А.О.*
АНАЛИЗ МЕТОДОВ КЛАССИФИКАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ И ДИАГНОСТИРОВАНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ В УСЛОВИЯХ АПРИОРНОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПРИЗНАКОВ…… 259
*Тукымбеков Д.Х., Саймбетов А.К., Құттыбай Н.Б., Нұрғалиев М.К., Ажибиева А.Р., Шаймерденова М.Е.*
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ АВТОНОМНАЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УЛИЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ НА ОСНОВЕ ZIGBEE…… 262
*Хакимова Т.Х., Спабекова Ж.Х., Сакыпбекова М.Ж.*
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ……... 268
*Сарсембекова З.К., Пентаев Т. П.*
ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ПРИБОРОВ И ТЕХНОЛОГИЙ В ОПРЕДЕЛЕНИИ ПЛАНОВО-ВЫСОТНОГО ПОЛОЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ..... 271
*Нұрғалиев М.К., Саймбетов А.К., Бектұрған Ұ.Қ., Шаймерденова М.Е., Құттыбай Н.Б., Тукымбеков Д.Х.*
РАЗРАБОТКА БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ LoRa WAN И NRF24L01 И ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ…… 279
*Козбагаров Р.А., Жуманов М.А., Калиев Е.Б.*
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ РАБОЧЕГО ОРГАНА БУЛЬДОЗЕРА С ЛИПКИМИ ПОРОДАМИ В ОТСУТСТВИЕ УПЛОТНЕННОГО ЯДРА…… 286
*Козбагаров Р.А., Камзанов Н.С., Дайнова Ж.Х.*
АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАГЛУБЛЕНИЯ НОЖА В ГРУНТ ПЕРЕД НАЧАЛОМ И ПРИ ДВИЖЕНИИ БУЛЬДОЗЕРА…… 291
*Удербаева А.Е., Наурызбаева А.А., Смайлова Г.А, Сейтова А.Б.*
АНАЛИЗ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА РАБОТОСПОСОБНОСТИ БРОНЕЙ КОНУСНЫХ ДРОБИЛОК…… 296
*Құттыбай Н.Б., Саймбетов А.К., Нұрғалиев М.К., Шаймерденова М.Е., Тукымбеков Д.Х., Мейірханов А.Қ.*
РАЗРАБОТКА ДВУХОСНОЙ СИСТЕМЫ СЛЕЖЕНИЯ ЗА СОЛНЦЕМ ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ОРИЕНТАЦИИ К СОЛНЦУ…… 300
*Темирбаев А.А.,. Туенбаев О.К, Карибаев Б.А., Мейрамбекұлы Н., Орынбасар С.О., Шыназарова Т.Т.*
МНОГОДИАПАЗОННАЯ АНТЕННА НА ОСНОВЕ АНИЗОТРОПНОГО ФРАКТАЛА ДЛЯ НАНОСПУТНИКОВ СТАНДАРТА CUBESAT……... 306
*Турлиева А.А., Мухтарова М.Н.*
ПРОВЕРКА СООТВЕТСТВИЯ ОБЪЕКТА КОНТРОЛЯ ОТНОСИТЕЛЬНО НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ДОКУМЕНТА..... 312
*Тунгышбаева У.О., Уажанова Р.У., Сериккызы М.С., Манап К.Р.*
ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ В СИСТЕМЕ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЦЕНООБРАЗОВАНИЕ…….. 319

*Тунгышбаева У.О., Уажанова Р.У., Сериккызы М.С., Манап К.Р.*
ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОГО МЕЖДУНАРОДНОГО МЕНЕДЖМЕНТА В ОБЛАСТИ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ. ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ ДАННЫХ СТАНДАРТОВ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН…… 323
*Адилулы А., Торекул Б., Бахтияр Б.Т., Умышев Д., Отыншиева М.*
ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООБМЕНА И ТЕМПЕРАТУРЫ УХОДЯЩИХ ГАЗОВ…… 328
*Жэкежан С.А., Куликова В.П.*
ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИКО-СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА МАССОВЫХ ИСТОРИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ..... 333
*Рамазанов Е.Т., Сибанбаева С.Е.*
РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ТИПА VDA ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ СТАДА НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ…… 339
*Сангулова И.*
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОСИЛИКОНА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ…….. 344
*Джаманбаева Г.Т., Яр-Мухамедова Г.Ш., Захидов А.А.*
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЕРОВСКИТОВ В НАНОФОТОНИКЕ…….. 348
*Абетов А.Е., Узбеков А.Н., Ахметов А.А.*
ТЕПЛОВЫЕ ПОЛЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА…… 355
*Байтлесова Л.И., Тапишев М.С., Костарев А.С.*
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЧИНАРЕВСКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗАПАДНО КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ НА АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ..... 360
*Нурмукан К., Куандыков А.А., Алимбаева Б., Толеугазы Б.*
СЛОЖНОСТЬ МАНИПУЛЯЦИИ С РОБОТИЗИРОВАННОЙ РУКОЙ…….. 363
*Жолдубаева Ж.Д., Исин Д.К., Смагулова Ж.Б., Мажитова Л.А.*
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МАТЕРИАЛА ФИЛЬТРА НА АКТИВНОСТЬ КИСЛОРОРДА В КРЕМНИИ..... 366
*Ким Г.А., Демьяненко А.В.*
ОБЗОР АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ГИДРОПОННЫХ СИСТЕМ ОСНОВНЫХ МИРОВЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ…… 370
*Жумекенова З.Ж., Бондарев В.К.*
АНАЛИЗ ДЕФЕКТОВ КОЛЕСНЫХ ПАР ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВАГОНОВ И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ..... 376
*Кушалиев Д.К., Балтаев Т.А., Ерманова Б.А.*
НОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ ПОДШИПНИКА СКОЛЬЖЕНИЯ ДЛЯ ВОЗВРАТНО-ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ С ПРУЖИННЫМ ВКЛАДЫШЕМ НА ОСНОВЕ НОВЫХ ПРИНЦИПОВ…… 384
*Кушалиев Д.К., Балтаев Т.А., Ерманова Б.А.*
РАЗРАБОТКА ПОДШИПНИКА СКОЛЬЖЕНИЯ С ПРУЖИННЫМ ВКЛАДЫШЕМ ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА……... 389
*Оразбаев Б.Б., Сантеева С.А, Оразбаева К.Н., Махатова В.Е., Дускалиев А.*
УПРАВЛЕНИЕ ОТХОДАМИ ПРОЦЕССОВ БУРЕНИЯ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ИНФОРМАЦИИ… 394
*Ибрагимова С., Вахитов Р.*
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И МОЩНОСТИ В СЕТЯХ ТОО «САРЫАРКА АВТО ПРОМ»……... 401
*Лахно В.А., Ахметов Б.С., Досжанова А.А., Картбаев Т.С., Маликова Ф.У., Алимсеитова Ж.К.*
МОДЕЛИРОВАНИЕ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ИГР И МАРКОВСКИХ ПРОЦЕССОВ……... 406
Нефедьев Д.И., Жүнісова Г.С., Уразбаев Ж.З., Хаймулдинова А.К.
АКТУАЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАЛИБРОВКИ В ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ В РАБОЧИХ УСЛОВИЯХ…….. 413
*Абдилдаева А.А., Жукабаева Т.К., Маринич Т.А., Коплык И.В., Дрозденко А.А.*
СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА МАКРО УРОВНЕ..... 417
*Ережепбеков А.*
РАСЧЕТ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ЛОБОВОГО СТОЛКНОВЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ И СИСТЕМА ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ СТОЛКНОВЕНИЙ……... 422
*Удербаева А.Е., Наурызбаева А.А., Смайлова Г.А, Курмангалиева Л.А.*
АНАЛИЗ ИСЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАБОТЫ ШАРОВЫХ МЕЛЬНИЦ…….. 428
*Жолдасбай Е.Е., Досмухамедов Н.К., Ахмеджан Ж.С.*
К ВОПРОСУ УЛУЧШЕНИЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ШАХТНОЙ СОКРАТИТЕЛЬНОЙ ПЛАВКИ…… 433

*Дьяченко О. Г., Кенжалиев О.Б., Садыкова Т.С.*
ОПЫТ КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ НАУЧНЫХ РАЗРАБОТОК В УНИВЕРСИТЕТАХ США.. 439
*Елтай А., Абдураимова Б.К.*
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕТЕВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ
НА ОСНОВЕ UNIX…….. 444
*Байшемиров Ж.Д., Нуртас Марат, Баймурзаев Д.Д.*
МЕТОД ОСРЕДНЕНИЯ С РАСЩЕПЛЕНИЕМ НЕЛОКАЛЬНОСТИ…… 450
*Кожахметов Е.А., Скаков М.К., Курбанбеков Ш.Р., Мухамедова Н.М.*
ВОДОРОДАККУМУЛИРУЮЩИЕ ПЕРЕЗАРЯЖАЕМЫЕ ИНТЕРМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ
СОЕДИНЕНИЯ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ Ti-Al-Nb…… 454
*Лахно В.А., Ахметов Б.С., Досжанова А.А., Картбаев Т.С., Маликова Ф.У., Алимсеитова Ж.К.*
СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПОЛИТИКИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ
КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ ОБЪЕКТОВ ИНФОРМАТИЗАЦИИ……. 460
*Бакешева А.Т., Т.И. Иргибаев*
ПРИЧИНЫ ОБРАЗОВАНИЯ ТРЕЩИНОПОДОБНЫХ ДЕФЕКТОВ НА МАГИСТРАЛЬНЫХ
ГАЗОПРОВОДАХ И СПОСОБЫ ИХ ВЫЯВЛЕНИЯ…….. 465
*Орумбаев Р. К., Бахтияр Б. Т., Отынчиева М.Т., Сейдалиева А. Б.*
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ 470
*Байкенжеева А.С., Имангалиева А.К.*
ПРОБЛЕМЫ ОХРАНЫ ТРУДА В РК И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ……. 475
*Кисала П., Вуйцик В., Калижанова А.У., Амиргалиев Б., Козбакова А.Х.*
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ИНТЕРРОГАЦИИ СИГНАЛОВ С ОПТОВОЛОКОННЫМ
РЕФРАКТОМЕТРОМ……... 478
*Набунский И.А.*
РАСЧЁТ МЕХАНИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
АД С IR-КОМПЕНСАЦИЕЙ…… 489
*Набунский И.А.*
РАСЧЁТ ВОЛЬТ-ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ
ЧАСТОТЫ - АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ……..… 494
*Кунелбаев М., Амиргалиев Б.Е., Мерембаев Т., Едилхан Д., Сундетов Т., Орманов Т.*
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВУХКОНТУРНЫМ СОЛНЕЧНЫМ КОЛЛЕКТОРОМ С
ТЕРМОСИФОННОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ НА БАЗЕ КОНТРОЛЛЕРОВ……... 498
*Калимолдаев М.Н., Муканова Б.Г., Ахметжанов М.А.*
МИНИМИЗАЦИЯ СУММАРНОЙ ДЛИНЫ ШТАНГ ДВИЖЕНИЕ РАБОЧЕГО
УСТРОЙСТВА РОБОТА 3RPR …….. 504
*Вуйцик В., Калижанова А.У., Кисала П., Амиргалиев Б., Козбакова А.Х.*
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ СВОЙСТВ
НАКЛОННОЙ ВОЛОКОННОЙ РЕШЕТКИ БРЭГГА…….. 512
*Назирова А.Б., Абдолдина Ф.Н., Дубовенко Ю.И., Умирова Г.К.*
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ИМИТАЦИИ ОТЖИГА ДЛЯ АНАЛИЗА ДАННЫХ
ГРАВИМЕТРИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ НЕДР НЕФТЕГАЗОВЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ……. 519

**Физико-математические науки**

*Садыкова. А.А.*
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСЧЕТА УРАВНЕНИЯ ПУАССОНА НА ЯЗЫКЕ UPC….. 528
*Исмаилова А.Е., Бекова Г.Т., Шайхова Г.Н.*
ПЕРЕМЕЩАЮЩИЕСЯ ВОЛНОВЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ДВУМЕРНОГО НЕЛИНЕЙНОГО
УРАВНЕНИЯ ШРЕДИНГЕРА……. 534
*Боранбаев С.Н., Нурушева А.М., Сейткулов Е.Н., Сисенов Н.М.*
ПОДХОДЫ, МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ…… 540
*Исмаилов Д.В., Калкозова Ж.К., Кожанова Ж.Н., Тулегенова А.Т., Абдуллин Х.А.*
ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СЕНСОРНЫЕ СВОЙСТВА ПРИ КОМНАТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ
НАНОСТЕРЖНЕЙ ZnO, ВЫРАЩЕННЫХ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫМ МЕТОДОМ…… 546
*Амантаева А.Е., Шыңғысхан Д.Ш., Пердебаева М.Н.*
ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ IRAS 20090+3809…… 553

*Соуза М., Байшоланова К., Яр-Мухамедов Е.*
СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ С ЗАДАННЫМИ СВОЙСТВАМИ…… 557
*Хайруллин Е.М., Тулешева Г.А., Шакуликова А.Т.*
ОБ ОДНОЙ ГРАНИЧНОЙ ЗАДАЧЕ ТЕПЛО- И МАССООБМЕНА…….. 561
*Баймаханов Г.А., Кабыл Д.Д.*
ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ ХАССП…….. 567
*Мекебай Н.А., Тапеева С.К., Аканбай Н.*
ОБ АСИМПТОТИЧЕСКОМ ПОВЕДЕНИИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КОШИ ОДНОГО ПАРАБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ СО СЛУЧАЙНЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ И СЛУЧАЙНОЙ ПРАВОЙ ЧАСТЬЮ…… 571
*Баталова М.С., Алпысбаева Б.Е., Кәдір М.Ф., Ысқақ М.Т.*
ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОРИСТОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ С ПОМОЩЬЮ ОПТИЧЕСКОЙ МИКРОСКОПИИ..... 577
*Айтжанов С.Е., Жанузакова Д.Т.*
РАЗРУШЕНИЕ РЕШЕНИЙ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ ПАРАБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ…….. 584
*Шахнин В.А., Глущенко Т.И., Бедыч Т.В.*
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГИБРИДНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ……. 592
*Манатбаев Р.К., Бердибеков Д.Н.*
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРАЩАТЕЛЬНОГО МОМЕНТА ПРЯМОЛОПАСТНОГО ВЕТРОАГРЕГАТА……. 597
*Волчихин В.И., Иванов А.И., Ахметов Б.Б., Алимсеитова Ж.К.*
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ХИ-КВАДРАТ МОЛЕКУЛА ПИРСОНА С ТРЕМЯ ОРБИТАЛЯМИ, ПЕРСПЕКТИВА ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ГИПОТЕЗ НА МАЛЫХ ВЫБОРКАХ…… 608
*Яценко Ю.П., Хритоненко Н.В., Боранбаев А.С., Боранбаев С.Н.*
ИССЛЕДОВАНИЕ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ МОДЕЛЯМИ ЗАМЕНЫ АКТИВОВ ПРИ ПРОИЗВОЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЯХ И НЕОПРЕДЕЛЕННОЙ СТОИМОСТИ……... 617
*Амиргалиев Е.Н., Кунелбаев М.М., Амиргалиев Б.Е., Козбакова А.Х., Ауелбеков О.А., Катаев Н.С., Даулбаев С.М.*
РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ МОДУЛЬНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ…… 622

**Химико-металлургические науки**

*Тулегенова А.Т., Исмаилов Д.В., Калкозова Ж.К., Гриценко Л.В., Абдуллин Х.А.*
ВАРЬИРОВАНИЕ СВОЙСТВ МАССИВОВ НАНОСТЕРЖНЕЙ И ТОНКИХ ПЛЕНОК ZnO В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕЖИМОВ СИНТЕЗА И ТЕРМООБРАБОТОК…….. 629
*Камбатыров М.Б., Назарбек У.Б., Назарбекова С.П., Абдуразова П.А.*
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ГУМАТОВ ИЗ ОТХОДОВ УГЛЕДОБЫЧИ БУРЫХ УГЛЕЙ ЛЕНГЕРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ С ЦЕЛЬЮ ПРИМЕНЕНИЯ В КАЧЕСТВЕ КОРМОВЫХ ДОБАВОК..... 636
*Рахимова А.К., Галеева А.К.*
МИКРОВОЛНОВОЙ СИНТЕЗ ЖЕЛЕЗОФОСФАТА ЛИТИЯ ДЛЯ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ…… 640
*Абдуллин Х.А., Исмаилова Г.А., Калкозова Ж.К., Жумагулов С.К.*
ПОЛУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОДА СУПЕРКОНДЕНСАТОРА ИЗ НАНОПОРОШКОВ ГИДРОКСИДА КОБАЛЬТА И НИКЕЛЯ…….. 647
*Аскарулы К., Азат С., Елеуов М. Су Хинтай, Тауырбеков А.*
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗОЛЫ РИСОВОЙ ШЕЛУХИ В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ИСТОЧНИКА СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА КРЕМНИЯ…….. 652
*Әбіт К.Е., Наурызбаев М.К.*
ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИИ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ АКТИВИРОВАННЫМИ УГЛЯМИ НА ОСНОВЕ МИСКАНТУСА…….. 658
*Мылтыкбаева Ж.К., Сейсембекова А.Б.*
СИНТЕЗ И ХАРАКТЕРИСТИКА КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ОКСИДА ВАНАДИЯ ИММОБИЛИЗОВАННЫХ НА Al2O3…… 664

**CONTENTS**

**Earth sciences**

*Shamshikhan A.M., Tugelbayev S.S..*
DEVELOPMENT OF TOURISM ALONG THE SILK ROAD..... 3
*Akashova A.S., Bakirbayeva P.A., Aubakirova G.B., Yekeibayeva D.P., Mukaliyev Zh.K.*
ANALYSIS OF CURRENT CIRCIMSTANCES FOR THE DEVELOPMENT OF TOURIST ACTIVITY IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN…….. 8
*Yousufi A., Bekbotayeva A., Muszynski A.*
INTRUSIVE NATURE OF THE LOGAR ULTRABASITIC MASSIF IN AFGHANISTAN…… 14
*Kerimbay B.S., Dzhanaleyeva K.M., Kerimbay N.N.*
MONITORING OF THE HYDRODYNAMIC PROCESSES OF WATER RESOURCES OF THE SHARYN RIVER BASIN..... 20
*Auyezova Z.T., Ismagulova S.M., Auyezova K.T., Turmahanbetova S.C.*
ASSESSMENT OF THE CENTRAL KAZAKHSTAN REGIONS' POTENTIAL ACCORDING TO METHODOLOGY OF COMPETITIVENESS RATING CALCULATION (IMD)…….. 27
*Ismagulova S.M., Auyezova Z.T., Auyezova K.T., Kizatova D.S.*
HISTORICAL AND MODERN TRENDS IN THE MIGRATION PROCESSES OF THE POPULATION OF THE NORTH KAZAKHSTAN REGION..... 33
*Berdenov Zh.G., Mendybaev E.H., Kamkin V.A., Ataeva G.M., Inkarova Zh.*
USE OF REMOTE SENSING METHODS IN THE STUDY OF THE SPATIAL-TEMPORAL CHARACTERISTICS OF THE VEGETATION OF THE AKKULA DISTRICT OF THE PAVLODAR REGION…….. 40
*Kabiyev E., Berdenov Zh.G., Musabaeva M.N., Mendybayev E.H., Ataeva G.M.*
GEOCOLOGICAL STATUS OF SURFACE WATERS OF THE DELTA OF THE RIVER ZHAIYK……. 46

**Technical Sciences**

*Tolegenova A.A., Albanbay N., Zhetpisbayeva A.T., Medetov B.Zh., Isimova A.T., Taisariyeva K.N.*
DETERMINATION OF THE SPECTRAL CHARACTERISTICS OF TFBG TYPICAL OPTICAL FIBERS FOR THE USE AS A SENSOR BY TESTING……... 55
*Bossinov D. Zh., Bekibayev T.T., Kudaibergen A.D.*
THE OIL TEMPERATURE DETECTING IN THE PIPELINE DURING COOLING AT SHUTDOWN….. 60
*Ospanov R., Tulebaev A., Mussiraliyeva Sh.*
DETECTING TIES BETWEEN USERS IN THE SOCIAL NETWORK VKONTAKTE…… 67
*Kuandykov A.A., Kassymkhanova S.Zh., Muratova K.N.*
TECHNIQUE FOR SOLVING THE TASKS OF THE DIGITAL TRANSFORMATION OF THE COUNTRY ECONOMY……. 75
*Muratova[1,3] K.N., Omarov[2,3] B.S., Kassymkhanova[1] S.Zh.*
ANALYSIS OF OPPORTUNITIES OF CRM-SYSTEMS FOR PERSONNEL MANAGEMENT..... 79
*Kozak Y., Kurmashev I., Ushakova Y., Dolmatova L.*
MODELS OF TECHNOLOGY USE OF MOBILE LEARNING IN THE EDUCATIONAL PROCESS OF THE UNIVERSITY…… 85
*Kuharenko Y.V., Shaporeva A.V., Kopnova O.L., Grigorenko O.V.*
SIMULATION OF AN AUTOMATED DATA ANALYSIS AND PROCESSING DATA TO ENSURE THE QUALITY OF THE EDUCATION PROCESS WITH THE DISTANCE LEARNING TECHNOLOGY…… 91
*Pyatkova T., Kukharenko E.*
METHODS FOR ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF THE IMPLEMENTION OF IT PROJECTS AT THE ENTERPRISE…….…… 95
*Orazbayev B.B., Assanova B.U., Serimbetov B.A., Kassenova L.G., Makhatova V.Y.*
THE TASKS OF CHOOSING AN EFFECTIVE MODE OF OPERATION OF A DELAYED COKING UNIT BASED ON MATHEMATICAL MODELS AND A HEURISTIC METHOD FOR SOLVING IT IN A FUZZY ENVIRONMENT…… 99
*Zhumatova Sh.A., Manakov S.M., Sagidolda Ye., Azamat R.M.*
DEPENDENCE OF MORPHOLOGY AND OPTICAL PROPERTIES OF POROUS SILICON FILMS ON THE TECHNOLOGICAL MODES OF MANUFACTURING…… 106

*Utegenova M., Sadenova M., Azamatov B., Dogadkin D.*
OPTIMIZATION OF TECHNOLOGICAL TOOLING FOR SYNTHESIS OF CERAMIC MATERIALS BASED ON MODELING…… 112
*Burumbayeva G.R., Dyussova R.M., Seitenova G.Zh., Ivashkina Y.N.*
DEVELOPING TECHNIQUES TO INCREASE PETROL CUT AND GAS DISTRIBUTION IN THE CLINICAL TECHNOLOGY OF VACUUM GASOIL..... 118
*Zholdubayeva Zh.D., Shakarim A.Zh., Seilova S.T., Orynbasarov M.A.*
IMPROVING THE QUALITY OF FERROALLOY……. 125
*Malikova F.U., Toleushova A.T.*
SIMULATION OF HANDWRITING RECOGNITION PROCESS……. 131
*Amanzholova S.T., Bulgakbayeva A.A.*
INFORMATION SECURITY SYSTEMS IN THE DISTRIBUTED STORAGES……. 138
*Sharipbai A.A., Beibitkhan Y.*
MODELS AND ALGORITHMS OF GRAPHIC TEXTS MATCHING BASED ON FUZZY MODELING… 142
*Kemelbekova Zh., Sagindik M., Sakipbekova M.*
WRITING A LEARNING APPLICATION "LANGUAGES AND SOFTWARE TECHNOLOGIES" IN THE ANDROID SYSTEM…… 146
*Khaniyev B.A., Ibraimov M.K., Darmenkulova M.B., Kembayeva Zh.D., Alimova M.*
DEVELOPMENT OF POROUS SILICON BASED ON AMMONIA AND ETHANOL VAPORS SENSOR…… 151
*Zhanabayev Z.Zh., Grevtseva T.Yu., Ikramova S.B., Manakov S.M.*
DYNAMICAL CHAOS IN SURFACE STRUCTURE OF NANOSTRUCTURED SILICON…… 156
*Zhaksylykova S.B., Umyshev D.R., Minazhova S.A.*
ANALYSIS OF THE USE OF THE SOLAR COLLECTOR FOR HEAT SUPPLY OF PRIVATE HOUSING……... 160
*Matibayeva A.I., Mukhtarkhanova R.B., Jetpisbayeva B.Sh., Mukhit H.M., Srapyl S.*
THE STUDY OF THE COMPOSITION AND PROPERTIES OF RESTORED WHOLE MILK AS A RAW MATERIAL FOR THE PRODUCTION OF SOFT CHEESES..... 164
*Kabdirova A., Kulikova V.*
MODELING THE PROCESS OF THE EFFECTIVENESS OF ADVANCED TRAINING COURSES IN THE ASPECT OF HUMAN CAPITAL DEVELOPMENT……..……. 167
*Manbetova Z.D., Chezhimbayeva K.S., Abdimuratov Z.S.*
INFLUENCE OF ELECTROMAGNETIC RADIATION OF MOBILE PHONES ON HUMAN HEALTH... 174
*Malikova F.U., Zharylkassynova A.B.*
DEVELOPMENT OF MODELS AND METHODS OF DATA PRESENTATION AND PROCESSING IN THE INFORMATION SYSTEM OF QUESTIONNAIR…….. 178
*Arapov B.R., Seytkazenova K.K., Shokobayeva G.T., Telesheva A.B.*
DESIGN APPROACH OF CORROSIVE FAILURE AND DURABILITY TEST OF THE LOAD BEARING ELEMENTS…… 184
*Aimaganbetov K.P., Girin D.V., Klimenov V.V.. Tokmoldin N.S., Tokmoldin S.Zh.*
THE DEVELOPMENT OF TEST SYSTEMS BASED ON SUPER BRIGHT LEDS FOR TESTING PHOTOENERGY INSTALLATIONS……... 188
*Batayev N.A., Suleimenov B.A., Akhmetov D.F.*
ANTI-SURGE CONTROL OF GAS COMPRESSION UNIT……..... 193
*Batayev N.A., Suleimenov B.A., Akhmetov D.F.*
FORECASTING AND DIAGNOSTIC OF GAS TURBINE UNIT PARAMETERS…….. 198
*Mukhamedzhanova G.S.*
DEVELOPMENT OF THE BEEBOT CHAT-BOTA FOR THE SERVICE OF THE CUSTOMERS OF THE CAR-TEL COMPANY BEELINE KAZAKHSTAN..... 203
*Mazhithanov N.M., Shortanbayeva Zh.K.*
PROBLEMS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF RAILWAY TRANSPORT IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN…….. 209
*Kundyzbay D.K., Bashkeev K.U., Kuykabayeva A.A.*
PROCESSING OF THE TEST RESULTS OF METAL TILES…… 212
*Baimakhanov G.A., Sailaubek T.N., Rahymbayev S.S.*
DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF QUALITY MANAGEMENT SYSTEM…….. 216
*Uzakov Y., Kaldarbekova M., Sabraly S.*
HANDLING THE MEAT PRODUCTS MADE OF PORK USING INNOVATIVE TECHNOLOGIES…… 220
*Uzakov Y., Sabraly S., Kaldarbekova M.*
A TECHNOLOGY DEVELOPMENT OF A SINGLE PIECE SALTY PRODUCTS MADE OF PORK…… 225

*Uzakov Y.M., Tayeva A.M., Makangali K. K., Tokysheva G.M.*
SEA BUCKTHORN SEED POWDER RESEARCH AND ITS EFFECT ON BOILED,
SMOKE-CURED CAMEL MEAT BEEF PRODUCTS…… 229
*Nazarova A.T., Abduraimova B.K.*
CREATION OF A SYSTEM FOR DETECTION AND PREVENTION OF PASSENGER
RECORDING IN BUSES USING THE ARDUINO PLATFORM…….. 235
*Dyusanbe A., Mukhtarova M.N.*
CT-KZ CERTIFICATE OF GOODS ORIGIN FOR THE EXPORTABLE PRODUCTS 239
*Dyusanbe A., Kazbek N.S., Yermaganbetova S.D., Mukhtarova M.N.*
THE CONCEPT OF GOOD PHARMACY PRACTICES, GMP CERTIFICATE…… 244
*Inayatov A.B., Baizhumanov K.D., Darkhanova A.A.*
IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF STEAM BOILERS OF COMBINED
HEAT AND POWER PLANT……..……. 249
*Manatbayev R.K., Kalassov N.B.*
APPLICATION OF ALTERNATIVE ENERGY SOURCES IN OPERATION OF GAS TURBINES…….. 253
*Lakhno V., Oralbekova A.*
ANALYSIS OF CLASSIFICATION MANAGEMENT METHODS FOR THE DETECTION AND
DIAGNOSIS OF FAULTS IN THE CONDITIONS OF A PRIORI UNCERTAINTY OF SIGNS…….. 259
*Tukymbekov D., Saymbetov A.K., Kuttybay N.B., Nurgaliyev M.K., Azhibiyeva A.R., Shaimerdenova M.E.*
ENERGY-EFFICIENT AUTONOMOUS INTELLIGENT STREET LIGHTING SYSTEM
BASED ON ZIGBEE…….. 262
*Khakimova T.K., Spabekova Zh.K., Sakypbekova M.*
PROSPECTS OF THE DEVELOPMENT OF MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES……. 268
*Sarsembekova Z.K., Pentayev T.P.*
FEATURES OF THE USE OF MODERN DEVICES AND TECHNOLOGIES IN DETERMINING
THE PLANNED AND HIGH-ALTITUDE CONDITION OF ROADS…… 271
*Nurgaliyev M.K., Saymbetov A.K., Bekturgan U.K., Shaimerdenova M.Y., Kuttybay N.B., Tukymbekov D.Kh.*
DEVELOPMENT OF WIRELESS TOUCH NETWORKS ON THE BASIS OF LORA WAN AND
NRF24L01 TECHNOLOGIES AND THE STUDY OF THE DISTRIBUTION OF RADIO
WAVES IN DIFFERENT CONDITIONS..... 279
*Kozbagarov R.A., Jumanov M.A., Kaliyev Y.B.*
THE INTERACTION OF THE OPERATING TOOL OF THE BULLDOZER WITH THE STICKY
ROCKS WITHOUT A COMPACTED CORE…… 286
*Kozbagarov R.A., Kamzanov N.S., Dainova J.H.*
ANALYTICAL ANALYSIS OF DRIVING RESISTANCE OF THE KNIFE INTO THE GROUND
BEFORE START AND WHILE DRIVING A BULLDOZER…… 291
*Uderbayeva[1]A.Y., Nauryzbayeva[1]A.A., Smaylova G.A Seitova[2] A.B.*
ANALYSIS OF IMPROVING THE QUALITY OF THE ARMOR CONE CRUSHERS…… 296
*Kuttybay N.B., Saymbetov A.K., Nurgaliyev M.K., Shaimerdenova M.Y., Tukymbekov D.Kh., Meirkhanov A.K.*
DEVELOPMENT OF A TWO-AXIS SOLAR MONITORING SYSTEM FOR THE OPTIMAL
ORIENTATION TO THE SUN…… 300
*Temirbayev A.A., Tuyenbayev O.K., Karibayev B.A., Meirambekuly N., Orynbassar S.O., Shynazarova T.T.*
MULTI-BAND ANTENNA BASED ON ANISOTROPIC FRACTAL
FOR CUBESAT NANO-SATELLITES …… 306
*Turliyeva A.A., Mukhtarova M.N.*
INSPECTION OF CONFORMITY OF THE CONTROL OBJECT WITH THE REGARD TO
REGULATORY TECHNICAL DOCUMENT…….. 312
*Tungyshbayeva U.O., Wazhanova R.U., Manap K.R., Serikkyzy M.S.*
THE MAIN QUALITY AND SAFETY PROBLEMS IN THE BAKERY PRODUCTION.
FACTORS AFFECTING PRICING……... 319
*Tungyshbayeva U.O., Wazhanova R.U., Manap K.R., Serikkyzy M.S.*
THE MAIN DIRECTIONS OF THE DEVELOPMENT OF MODERN INTERNATIONAL
MANAGEMENT IN THE FIELD OF FOOD QUALITY AND SAFETY. PRACTICE OF
APPLICATION OF THESE STANDARDS IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN…….. 323
*Adiluly A., Torekul B., Bakhtiyar B.T., Umyshev D., Otinshiyeva M.*
HEAT TRANSFER AUGMENTATION AND FLUE GAS TEMPERATURE…… 328
*Zhakezhan S., Kulikova V.*
THE APPLICATION OF MATHEMATICAL-STATISTICAL METHODS OF THE ANALYSIS
OF MASS HISTORICAL SOURCES…… 333

*Ramazanov Y.T., Sibanbayeva S.Y.*
DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL SUPPORT OF ANALYTICAL SYSTEM OF VDA TYPE TO IMPROVE THE PRODUCTIVITY OF A HERD BASED ON COMPUTER ASSISTED-LEARNING……. 339
*Sangulova I.*
PERSPECTIVE OF MICRO SILICON APPLICATION IN CONSTRUCTION……. 344
*Jamanbayeva G.T., G.Sh. Yar-Mukhamedova, A.A. Zakhidov*
THE PROSPECTS OF USING PEROVSKITES IN NANOPHOTONICS……... 348
*Abetov A.Y., Uzbekov A.N., Akhmetov A.A.*
THERMAL FIELDS OF THE CENTRAL KAZAKHSTAN..... 355
*Baitlesova L.I., Tapishev M.S., Kostarev A.S.*
ESTIMATING THE IMPACT OF CHINEREV OILGASCONDENSATE FIELD OF THE WEST KAZAKHSTAN REGION ON THE ATMOSPHERE……... 360
*Kaster Nurmukan, Abu A. Kuandykov, B.Kalimbayeva, B. Toleugazy*
DIFFICULTY TO HANDLE ROBOTIC HAND……... 363
*Zholdubayeva Zh.D., Issin D.K., Smagulova Zh.B., Mazhitova L.A.*
STUDY OF THE EFFECT OF THE FILTER MATERIAL ON THE ACTIVITY OF OXYGEN IN SILICON..... 366
*Kim G., Demyanenko A.*
A REVIEW OF AUTOMATED HYDROPONIC SYSTEMS OF THE MAIN WORLD MANUFACTURERS…….. 370
*Zhumekenova Z., Bondarev V.*
ANALYSIS OF DEFECTS OF WHEEL PAIRS OF RAILWAY CARS AND WAYS TO ELIMINATE THEM.....376
*Kushaliyev D.K., Baltayev T.A., Yermanova B.A.*
NEW STRUCTURE OF THE SLIDE BEARING FOR RETURN-ROTARY MOVEMENT WITH SPRING INSERT ON THE BASIS OF NEW PRINCIPLES…… 384
*Kushaliyev D.K., Baltayev T.A., Yermanova B.A.*
THE DEVELOPMENT OF THE SLIDE BEARING WITH A SPRING INSERT FOR AUTOMOBILE TRANSPORT……. 389
*Orazbayev B., Santeyeva S., Orazbayeva K., Makhatova V., Duskaliyev A.*
DRILLING WASTE MANAGEMENT ON THE BASIS OF FUZZY INFORMATION……. 394
*Ibragimova S., Vakhitov R.*
AN APPLICATION OF SOFTWARE FOR EVALUATING ENERGY LOSSES AND POWER IN LLP «SARYARKA AUTO PROM» NETWORKS…….. 401
*Lakhno V.A., Akhmetov B.S., Doszhanova A.A., Kartbayev T.S., Malikova F.W., Alimseitova Zh.K.*
MODELING CYBER SECURITY OF INFORMATION SYSTEMS BASED ON THE THEORY OF GAMES AND MARKOV PROCESSES…… 406
*Nefedyev D.I.,Zhunussova G.S., Urazbayev Zh.Z., Khaymuldinova A.K.*
OPERATION OF USE OF CALIBRATION WORK IN MEASUREMENT SYSTEMS..... 413
*Abdildayeva A., Zhukabayeva T., Marynych T., Koplyk I., Drozdenko A.*
STATISTICAL ANALYSIS OF MACRO-LEVEL ELECTRICITY CONSUMPTION FORECASTING DATA……..... 417
*Yerezhepbekov A.*
EVALUATION OF CARS FORWARD COLLISION WARNING AND COLLISION AVOIDANCE SYSTEM……. 422
*Uderbayeva[1] A.Y., Nauryzbayeva[1] A.A.,[1]Smailova G.A, [1]Kurmangaliyeva L.A.*
THE STUDY OF THE DYNAMIC CHARACTERISTICS OF BALL MILLS…… 428
*Zholdasbay Y.Y., Dosmukhamedov N.K., Akhmedzhan Zh.S.*
TO THE QUESTION OF IMPROVEMENT OF TECHNICAL AND ECONOMIC INDICATORS OF THE MINE CONTRACTILE SMELTING……. 433
*Dyachenko O.G., Kenzhaliyev O.B., Sadykova T.S.*
EXPERIENCE OF COMMERCIALIZATION OF SCIENTIFIC DEVELOPMENTS IN US UNIVERSITIES…….. 439
*Yeltai A., Abduraimova B.K.*
NETWORK INFRASTRUCTURE MODELING AND DESIGN BASED ON UNIX……. 444
*Baishemirov Zh.D., Nurtas M., Baimurzayev Zh.Zh.*
METHOD OF AVERAGING WITH SPLITTING NONLOCALITY…….. 450
*Kozhakhmetov Ye.A., Skakov M.K., Kurbanbekov Sh.R., Mukhamedova N.M.*
HYDROGEN ACCUMULATING RECHARGEABLE INTERMETALLIC COMPOUNDS BASED ON THE Ti-Al-Nb SYSTEM…… 454

*Lakhno V.A., Akhmetov B.S., Doszhanova A.A., Kartbayev TS., Malikov F.W., Alimseitova Zh.K.*
SYSTEM ANALYSIS OF INFORMATION SECURITY POLICIES FOR CRITICAL IMPORTANT INFORMATIZATION OBJECTS…… 460
*Bakesheva A.T., Irgibaev T.I.*
CAUSES OF CRACK-LIKE DEFECTS FORMATION ON MAIN GAS PIPELINES AND METHODS FOR THEIR DETECTION…… 465
*Orumbaev R., Bahtiar B., Otynchiyeva M., Seidalieva A.*
IMPROVING THE EFFICIENCY OF HOT WATER BOILERS……. 470
Baikenzheyeva A.S., Imangaliyeva A.K.
THE PROBLEM OF LABOR PROTECTION IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN AND THEIR SOLUTIONS……. 475
*Kisała P., Wójcik W., Kalizhanova A., Amirgaliyev B., Kozbakova A.*
DEVELOPMENT INTERROGATION SIGNALS SYSTEM WITH FIBER OPTIC REFRACTOMETER… 478
*Nabunskiy I.A.*
CALCULATE MECHANICAL AND ELECTROMECHANICAL CHARACTERISTICS OF THE ASYNCHRONOUS MOTOR WITH IR-COMPENSATION……. 489
*Nabunskiy I.A.*
THE CALCULATION OF THE VOLT-FREQUENCY CHARACTERISTICS OF THE SYSTEM FREQUENCY CONVERTER - ASYNCHRONOUS MOTOR…… 494
*Kunelbayev M., Amirgaliyev B., Merembayev T., Yedilkhan D., Sundetov T., Ormanov T.*
A COMPUTER MODEL OF THE MANAGEMENT OF THE SUPERVISORS FOR COLLECTORS WITH A THERMOSYPHON CIRCULATION……. 498
*Kalimoldayev M.T., Mukanova B.G., Akhmetzhanov M.A.*
MINIMIZATION RODS' TOTAL LENGTH OF THE OF THE WORKING DEVICE OF THE ROBOT 3 RPR……. 504
*Wójcik W., Kalizhanova A., Kisała P., Amirgaliyev B., Kozbakova A.*
EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE SPECTRAL PROPERTIES OF THE TILTED BREGG FIBER GRATINGS…….. 512
*Nazirova A., Abdoldina F., Dubovenko Y., Umirova G.*
APPLICATION OF THE SIMULATED ANNEALING METHOD FOR GRAVIMETRIC MONITORING DATA ANALYSIS OF THE BOWELS CONDITION OF OIL AND GAS DEPOSITS…… 519

**Physical and mathematical sciences**

*Sadykova A.A.*
STUDY THE EFFECTIVENESS OF POISSON EQUATION USING UPC LANGUAGE……. 528
*Ismailova A.Ye., Bekova G.T., Shaikhova G.N.*
TRAVELING WAVE SOLUTIONS FOR THE TWO-DIMENSIONAL GENERALIZED NONLINEAR SCHRÖDINGER EQUATION…….. 534
*Boranbayev S.N., Nurusheva A.M., Seitkulov Y.N., Sissenov N.M.*
APPROACHES, METHODS AND TOOLS TO ENSURE THE RELIABILITY OF THE INFORMATION SYSTEM OPERATING……..…….. 540
*Ismailov D.V., Kalkozova Zh.K., Kozhanova Zh.N., Tulegenova A.T., Abdullin Kh.A.*
ROOM TEMPERATURE PHOTOLUMINESCENCE SENSING PROPERTIES OF ZnO NANORODS GROWN BY THE HYDROTHERMAL METHOD…… 546
*Amantayeva A.Y., Shyngyskhan D.Sh., Perdebayeva M.N.*
PHOTOMETRIC RESEARCHES OF IRAS 20090+3809…… 553
*Souza M., Baisholanova K., Yar-Mukhamedov Y.*
THE STATE OF COMPUTER MODELING ISSUE OF COMPOSITE COATINGS WITH TARGETED PROPERTIES…… 557
*Khairullin Y., Tulesheva G., Shakulikova A.*
ABOUT ONE BOUNDARY TASK OF THE HEAT AND MASS EXCHANGE…… 561
*Baymakhanov G.A., Kabyl D.D.*
IMPLEMENTATION OF A QUALITY MANAGEMENT SYSTEM BASED ON HACCP PRINCIPLES... 567
*Mekebay N., Tapeyeva S., Akanbay N.*
ABOUT ASYMPTOTIC BEHAVIOR OF THE SOLUTION OF THE PROBLEM OF THE KOSHI OF ONE PARABOLIC EQUATION WITH RANDOM COEFFICIENTS AND RANDOM RIGHT PART…… 571
*Batalova M.S., Alpysbayeva B.Y., Kadir M.F., Yskak M.T.*
STUDY OF THE STRUCTURAL FEATURES OF POROUS ALUMINA BY MEANS OF VISIBLE MICROSCOPY…… 577

*Aitzhanov S.Y., Zhanuzakova D.T.*
INVERSE MODELING BLOW UP FOR A PARABOLIC EQUATION……. 584
*Shakhnin V.A., Glushchenko T.I., Bedych T.V.*
MATHEMATICAL MODEL OF HYBRID ELECTRIC POWER STATION…….. 592
*Manatbayev R., Berdibekov D.*
ROTARY MOMENT DETERMINATION OF THE STRAIGHT BLADES WIND POWER UNIT…….. 597
*Volchikhin V.I., Ivanov A.I., Akhmetov B.B., Alimseitova Zh.K.*
MATHEMATICAL A CHI-SQUARE PEARSON'S MOLECULE WITH THREE ORBITALS, THE PROSPECT OF ITS USE FOR CHECKING STATISTICAL HYPOTHESES ON SMALL SELECTIONS.. 608
*Yatsenko Y.P., Hritonenko N.V., Boranbaev A.S., Boranbaev S.N.*
STUDY OF THE LINKS BETWEEN THE MODELS OF ASSET SUBSTITUTION UNDER ARBITRARY TECHNOLOGICAL CHANGES AND UNCERTAIN COST…….. 617
*Amirgaliyev Y., Kunelbayev M., Amirgaliyev B., Kozbakova A., Auelbekov O., Kataev N., Daulbayev S.*
DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODELING AND RESEARCH OF MODULAR AUTOMATED BIOENERGY INSTALLATION……..…….. 622

**Chemical and metallurgical sciences**

Tulegenova A.T., Ismailov D.V., Kalkozova Zh.K., Gritsenko L.V., Abdullin Kh.A.
VARYING THE PROPERTIES OF NANOROD ARRAYS AND THIN FILMS OF ZnO DEPENDING ON THE SYNTHESIS MODE AND HEAT TREATMENT……. 629
*Kambatyrov M.B., Nazarbek U.B., Nazarbekova S.P., Abdurazova P.A.*
RESULTS OF THE RESEARCH OF THE POSSIBILITY OF EXTRACTING HUMATES FROM COAL WASTE LIGNITE OF THE LENGER DEPOSIT FOR THE PURPOSE OF APPLICATION AS FEED ADDITIVES……. 636
*Rakhimova A., Galeyeva A.*
MICROVAVE SYNTHESIS OF LITHIUM IRON PHOSPHATE FOR THE LITHIUM-ION STORAGE BATTERIES…….. 640
*Abdullin Kh.A., Ismailova G.A., Kalkozova Zh.K., Zhumagulov S.K.*
PRODUCTION OF SUPERCAPACITOR ELECTRODE BASED ON THE COBALT AND NICKEL HYDROXIDE NANOPOWDERS…….. 647
*Askaruly K., Azat S., Yeleuov M., Xintai Su, Tauyrbekov A.*
THE USE OF RICE HUSK ASH AS AN ALTERNATIVE SOURCE OF RAW MATERIALS FOR THE PRODUCTION OF SILICON DIOXIDE NANOPARTICLES……... 652
*Abit K.Y., Nauryzbayev M.K.*
STUDY OF SORPTION OF HEAVY METAL IONS BY ACTIVATED CARBONS BASED ON MISCANTUS……. 658
*Myltykbaeva Zh.K., Seisembekova A.B.*
SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF CATALYSTS ON VANADIUM OXIDE IMMOBILIZED ON Al2O3…… 664

Редакторы:
*Н.Ф. Федосенко*
Верстка на компьютере:
*Л. Касжанова*

Подписано в печать 23.07.2019 г.
Формат 60x84 $^{1}/_{8}$. Усл. п.л 37,4.
Тираж 500 экз. Заказ № 234.

Адрес редакции:
ул. Сатпаева, 22, КазНИТУ каб. 609, тел. 292-63-46 ,Nina.Fedorovna. 52 @ mail.ru
Департамент маркетинга и коммуникаций КазНИТУ
Казахского национального исследовательского технического университета имени К.И. Сатпаева