

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН



**ҚазҰТЗУ ХАБАРШЫСЫ** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ **ВЕСТНИК КазНУ**

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

**№ 2 (132)**

**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. НАН РК, Л.Б. Атымтаева, Ж.Ж. Байгунчечков- акад. НАН РК, А.Б. Байбатша, А.О. Байконурова, В.И. Волчихин (Россия), К. Дребенштед (Германия), Г.Ж. Жолтаев, Г.Ж. Елигбаева, Р.М. Исаков, 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. НАН РК, 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

УДК 551.736 (574)

**G.Y. Kulumbetova**

(Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev,  
Almaty, Republic of Kazakhstan E-mail: gkulum@gmail.com)

### **THE FEATURES OF TERRIGENOUS RESERVOIRS DEVELOPMENT OF THE EASTERN EDGE OF THE PRECASPIAN BASIN**

**Abstract.** The most of oil and gas production from the Precaspian eastern edge are coming from oil fields with carbonate reservoir, but at the same time, terrigenous formations play a significant role in oil bearing reservoir formation processes. In some of oil fields of the Precaspian eastern edge the oil production are coming from terrigenous reservoir. On the oil fields with carbonate reservoir, the terrigenous formations are the sealing horizons, without which the oil cannot be hold in the reservoir. The article presents the features of development, structure, and types of terrigenous formations, and also its sedimentation conditions in the different part of the eastern edge. The detailed study of terrigenous formations is very important to conduct while exploration work design and define the new exploration wells locations.

**Key words.** Terrigenous formations, presalt deposits, reservoir, porosity, oil bearing capacity.

**Г.Е. Кулумбетова**

(Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева,  
Алматы, Республика Казахстан, E-mail: gkulum@gmail.com)

### **ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕРРИГЕННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ВОСТОЧНОГО БОРТА ПРИКАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ**

**Аннотация.** К карбонатным подсолевым отложениям восточного борта Прикаспийской впадины приурочена добыча нефти и газа крупных месторождений, но в то же время, терригенные отложения играют важную роль в формировании и развитии залежей углеводородов. На некоторых месторождениях восточного борта Прикаспийского бассейна к терригенным отложениям приурочены продуктивные нефтегазоносные коллектора. На других месторождениях, где коллекторами выступают карбонатные породы, терригенные отложения играют роль покрышек, без которых скопление углеводородов было бы невозможным. В статье описаны особенности формирования, строения и типы подсолевых терригенных пород, условия их накопления на разных участках восточного борта. Детальное изучение особенностей терригенных пород является важной задачей при постановке геолого-разведочных работ и выбора точек бурения разведочных скважин.

**Ключевые слова:** терригенные породы, подсолевые отложения, коллектора, пористость, нефтегазоносность.

Подсолевые отложения восточного борта Прикаспийской впадины представлены терригенными и карбонатными отложениями. К карбонатным отложениями приурочены залежи крупных месторождений. Покрышками на таких месторождениях являются терригенные толщи. Помимо выполнения такой важной роли как покрышки, без которой невозможно скопление углеводородов, терригенные отложения также являются перспективными для накопления нефти и газа.

В разрезе подсолевых отложений карбона и перми на территории восточной части Прикаспийской впадины выделены четыре осадочные толщи, принадлежащие к терригенным формациям: нижнекаменноугольная, среднекаменноугольная (подольского горизонта московского яруса), верхнекаменноугольная (гжельского яруса) и нижнепермская. В основании нижнепермской толщи обособляется гамма-активная пачка пород смешанного состава, носящаяся к битуминозной кремнисто-карбонатно-глинистой формации. (Рис. 1) [1, 2].

К природным резервуарам нефти и газа можно отнести *нижнекаменноугольные и нижнепермские формации, среднекаменноугольная и верхнекаменноугольная толщи не содержат коллекторов и являются межкарбонатными экранующими толщинами.*

Образование терригенных формаций происходило в периоды наступления трансгрессии, сопровождающиеся усилением орогенных процессов в Урало-Мугоджарской геосинклинали и появлением мощных несущих обломочный материал потоков, сформировавших систему русловых, дельтовых, авандельтовых потоков, меандрирующих каналов, каналовых конусов выноса, намывных валов, баровых тел и т.д. в зонах горно-прибрежного, прибрежно-морского, мелководно-морского и относительно глубоководного осадконакопления.

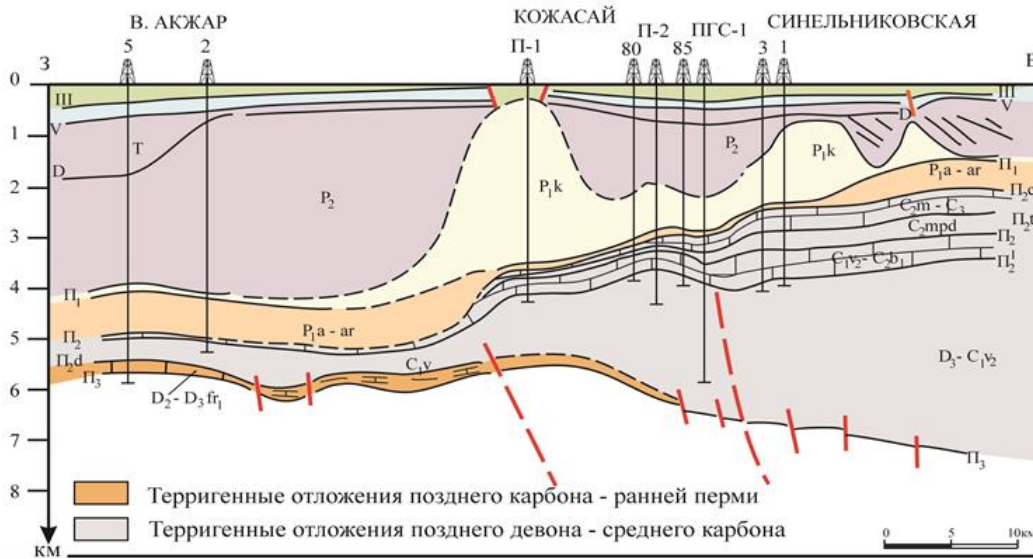


Рис.1. Геологический профиль по подсоевым отложениям по линии В.Акжар - Синельниковская

Наибольшая песчаность разреза наблюдается по ходу основных транспортных путей выноса обломочного материала из действующих источников сноса, находившихся в раннем карбоне на юго-востоке, в ранней перми – на северо-востоке изучаемой территории, что определило различие в местонахождении основных участков нефтегазонакопления в раннем карбоне и ранней перми [3].

Образование битуминозной кремнисто-карбонатно-глинистой формации (гамма-активной пачки) происходило в начале ранней перми в условиях дефицита осадочного материала в сочетании с теплым климатом, застойной сероводородной обстановкой в придонных водах, при интенсивных процессах вулканизма, а также при повышенных глубинах, не способствующих развитию мелководной карбонатообразующей фауны [7].

Выявлено, что промышленные скопления углеводородов в терригенных отложениях (Лактыбай, Кенкияк, Акжар, Каратобе) связаны с поровым коллектором и приурочены к высокоэнергетичным участкам зоны шельфового осадконакопления, где осадки до своего захоронения успели приобрести относительную структурную и минералогическую зрелость. Многочисленные нефтегазопоявления до незначительных притоков УВ (разведочные площади Жилинская, Северо-Петропавловская, Борлинская, Джусинская, Остансукская и др.) получены преимущественно из низкопоровых порово-трещинных и трещинных коллекторов. Их формирование связано с условиями накопления в прибрежно-морской, иногда горно-прибрежной обстановке с обильным поступлением и быстрым захоронением обломочного материала с частым выклиниванием пластов, а также с локальным развитием постседиментационной трещиноватости [4, 5].

Установлена роль генетических особенностей терригенных пород в формировании и сохранении их пустотного пространства. Алевро-песчаные осадки, слагающие поровый коллектор, представлены многоцикловыми отсортированными кварц-кремневыми аренитами. Их отличительной особенностью в нижнепермских породах является присутствие в обломочной части также обломков карбонатных пород и фауны.

В песчаниках нижнего карбона кварц-кремневый состав способствовал частому образованию регенерационных оболочек на кварцевых зернах и созданию прочных сливных контактов между зернами, способных противостоять воздействию горного давления и препятствовать уменьшению объема пор в пористых участках породы. Пустотное пространство представлено в основном унаследованными межзерновыми порами, стенками которых служат поверхности обломочных зерен и (или) поверхности кристаллических агрегатов цемента.

В песчаниках нижней перми более значительную роль в формировании пустотного пространства сыграли процессы растворения и осаждения карбонатного материала, при которых первичное поровое пространство было почти полностью преобразовано и основное значение в емкости коллектора приобрели поры и мелкие каверны выщелачивания.

Значительную роль в сохранении ФЕС пород сыграл также фактор глубины залегания. Наиболее высокими фильтрационно-емкостными свойствами обладают песчаники мелководно-шельфового генезиса, развитые в пределах ближних или внутренних палеошельфов - поздневизейского (Лактыбай) и раннепермского (Кенкияк). Их открытая пористость 10-20 %, газопроницаемость матрицы достигает 200 мД; при наличии трещин проницаемость резко увеличивается.

Открытая пористость поровых коллекторов Жаркамысской зоны (Акжар, Курсай, Каратобе), представлявшей собой территорию более глубоководного внешнего или дальнего шельфа, изучена лишь в нижнепермском разрезе. Ее величина достигает 14,6 %, а газопроницаемость находится в пределах 10 миллиарда. Пониженные коллекторские свойства пород Жаркамысской зоны по сравнению с Темирской зоной объясняется, по всей видимости, значительной разницей в глубине залегания разновозрастных терригенных отложений. Породы Жаркамысской зоны, залегающие примерно на 500 м глубже, несмотря на свой преимущественно кварц-кремневый состав, подвергаются более высокому горному давлению, часто разрушающему каркас породы, и поэтому являются более уплотненными и менее пористыми по сравнению с породами аналогичного состава Темирской зоны.

Менее чем поровый тип, развиты порово-трещинный и трещинный типы коллектора.

Высокоемкий и высокопроницаемый коллектор трещинного и порово-трещинного типа связан с гамма-активной битуминозной кремнисто-карбонатно-глинистой пачкой основания ассельского яруса. Трещиноватость здесь обусловлена многокомпонентным составом и микрослоистостью строения пород пачки. Параметры коллектора таковы: максимальная емкость пор и трещин 18,9 %, максимальная проницаемость по трещинам - 237,0 мД.

Кроме гамма-активной пачки, порово-трещинный и трещинный тип коллектора встречается в вышележащих отложениях ассельского, реже сакмарского яруса, где связан с породами тонкого переслаивания алевролитов с аргиллитами, с глинистыми слоистыми алевролитами и тонкомикрослоистыми аргиллитами.

Наличием трещин обусловлены и коллекторские свойства низкопористых песчаников Актюбинского Приуралья, развитых в зоне древнего прибрежно-морского осадконакопления.

Прогноз нефтегазоносности терригенных отложений базируется на выявленных закономерностях размещения скоплений нефти и газа в определенных литолого-фациальных комплексах. В частности, установлена связь нефтегазоносности с литолого-фациальными комплексами подводно-дельтовых отложений периферийных частей конусов выноса, приуроченных к склонам ближнего (Кенкияк, Лактыбай, Кожасай) и дальнего (Акжар, Каратобе) палеошельфов и характеризующихся наиболее благоприятными условиями для формирования структурно и минералогически зрелых осадков – потенциальных коллекторов нефти и газа [6].

С терригенными породами связаны крупные месторождения восточного борта Прикаспийского бассейна. Но нефтегазоносный потенциал данных отложений изучен не до конца. Данные, полученные при детальном изучении особенностей геологического строения, условий формирования и коллекторских свойств терригенных отложений, могут в значительной облегчить процесс постановки геолого-разведочных работ при поисках новых залежей углеводородов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Жолтаев Г.Ж. Геодинамическая модель Прикаспийской синеклизы в палеозое // Геология Казахстана. – 1996. – №5. – С. 41-53.
- [2]. Жолтаев Г.Ж. Нефтегазоносные бассейны Казахстана с позиции плитной тектоники // Глубинное строение и металлогения Казахстана. – Алматы, 1997 – С. 71 – 79.
- [3]. Замаренов А.К. Средний и верхний палеозой восточного и юго-восточного обрамления Прикаспийской впадины. – Ленинград, 1970 – С. 172.
- [4]. Замаренов А.К., Шебалдина М.Г. и др. Формационный анализ подсолевых палеозойских отложений Прикаспийской впадины – основа для регионального прогноза коллекторов // Коллекторские свойства пород на больших глубинах. – М.: Наука, 1985
- [5]. Кан В.П., Ганкибаев М.А., Ли В.Ч., Булекбаев З.Е. и др. Новые данные о геологическом строении палеозойских отложений восточной окраины Прикаспийской впадины // Геология нефти и газа. – 1989. – № 2
- [6]. Кирюхин Л.Г., Федоров Д.Л. Особенности формирования и размещения залежей нефти и газа в подсолевых отложениях Прикаспийской впадины (ред.). – М.: Недра, 1988

[7]. Яковлев А.В., Валеева О.И., Шкондина Н.М., Попкова Н.В. Обосновать фильтрационно-емкостные параметры коллекторов продуктивных горизонтов подсолевого палеозоя для использования их при подсчете запасов углеводородов месторождений восточной части Прикаспийской впадины // Отчет АО КазНИГРИ/ – Актюбинск, 1992. – С. 109.

Кулумбетова Г.Е.

**Каспий маңы ойпатының шығыс жиегінің терригендік жинауыштарының қалыптасу ерекшеліктері**

**Түйіндеме.** Каспий маңы ойпатының шығыс жиегіндегі карбонатты тұз асты түзілімдерімен мұнай және газ өндіретін ірі кен орындарының ұштасуы бәріне мәлім, бірақ сонымен қатар көмірсутегі шоғырларының қалыптасуы мен жетілуіне терригендік түзілімдер де маңызды рөл атқарады. Каспий маңы бассейнінің шығыс жиегіндегі кейбір кен орындарында терригендік түзілімдерге өнімі мол мұнайгазды жинауыштар ұштасқан. Жинауыштары карбонатты таужыныстарынан тұратын өзге кен орындарында терригендік түзілімдер жапқыштар рөлін атқарады, онсыз көмірсутектердің жинақталуы болмас еді. Мақалада тұз асты терригендік таужыныстарының қалыптасу ерекшеліктері, құрылымы мен түрлері және олардың шығыс жиегінің әр түрлі аймақтарындағы жинақталу шарттары сипатталған. Терригендік таужыныстарының ерекшеліктерін жан-жақты зерттеу геологиялық барлау жұмыстарын ұйымдастыру мен ізденісті ұңғымалардың бұрғылау нүктелерін таңдау кезінде маңызды міндеттердің бірі болып келеді.

**Түйінді сөздер:** терригендік таужыныстар, тұз асты түзілімдер, жинауыштар, кеуектілік, мұнайгаздылығы.

ӘӨЖ 330.15; 338.48  
МРНТИ 71.37

**<sup>1</sup>К.Т. Saparov, <sup>2</sup>A.M. Sergeeva, <sup>3</sup>A.G. Koshim**

(<sup>1</sup>L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, <sup>2</sup>K. Zhubanov Aktobe Regional State University, Aktobe, Kazakhstan, <sup>3</sup>Kazakh National University n.a. Al-Farabi, Almaty, Kazakhstan  
E-mail: aiko-sm@mail.ru, asima\_gk@mail.ru)

**COMPLEX EVALUATION OF THE TOURISM AND RECREATIONAL POTENTIAL OF THE MANGYSTAU OBLAST**

**Abstract** The article provides a comprehensive assessment of the tourist and recreational potential of Mangystau oblast. The territory of Mangystau oblast is characterized by the unique landscapes and specially protected areas, which can affect the development of natural processes, including recreational activities or limit them. Followed by the basis is for the development of ecological tourism. The results of the conducted studies show that in the Western Kazakhstan the territory of Mangystau oblast is a region with high tourist potential.

**Key words:** recreation, topography, geomorphological attraction, cultural heritage, natural heritage, water resources, protected areas, tourist project, ecological tourism, tourist and recreational potential

**<sup>1</sup>Қ.Т. Сапаров, <sup>2</sup>А.М. Сергеева, <sup>3</sup>А.Г.Көшім**

(<sup>1</sup>Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қаласы, Қазақстан Республикасы, <sup>2</sup>Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік мемлекеттік университеті, Ақтөбе қаласы, Қазақстан Республикасы, e-mail: aiko-sm@mail.ru, <sup>3</sup>әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қаласы, Қазақстан Республикасы, e-mail: asima\_gk@mail.ru)

**МАҢҒЫСТАУ ОБЛЫСЫНЫҢ ТУРИСТІК-РЕКРЕАЦИЯЛЫҚ ӘЛЕУЕТІНЕ КЕШЕНДІ БАҒА БЕРУ**

**Аңдатпа:** Мақалада Маңғыстау облысының туристік-рекреациялық әлеуетіне кешенді баға берілді. Маңғыстау облысының территориясында теңдессіз ландшафттар мен кең көлемді ерекше қорғалатын табиғи территориялардың болуы табиғи процестердің, оның ішінде рекреациялық қызметтің де өз қалпынан өзгеруін жоққа шығарады немесе барынша шектейді, алайда ол өз кезегінде экологиялық туризмнің дамуының негізі бола алады. Зерттеу нәтижесі Маңғыстау облысын Батыс Қазақстан аймағындағы туристік әлеуеті жоғары өңір деп бағалайды.

**Түйін сөздер:** рекреация, рельеф, геоморфологиялық тартымдылық, мәдени мұра, табиғи мұра, су ресурстары, қорғалатын территория, туристік жоба, экологиялық туризм, туристік-рекреациялық әлеует.

**Кіріспе**

Туристік инфрақұрылымды дамыту, туристік өнімді ұсынушының қызметі мен тұтынушының ықтималды түрде таңдауы аумақтардың табиғи рекреациялық әлеуетін ғылыми негізделген бағалауды қажет

етеді. Бұл әсіресе дүниежүзілік туристік саладағы процестердің жаһанданушылық сипатқа ие болған кезде маңызды бола бастады. Ол туристік нарыққа жаңа аймақтар мен елдердің тартылуының, жаһандық туристік ағындардың артуының, аса ірі туристік трансұлттық компаниялардың қалыптасуының және т.б. түрлерде көрінетін туристік инфрақұрылымдардың дамуынан айқын байқалуда [1-3]. Батыс Қазақстан аймағындағы Маңғыстау облысының рекреациялық мүмкіндігі зор өңір. Сондықтан облыстың туристік-рекреациялық әлеуетін кешенді зерттеу қазіргі кездегі өзекті мәселе болып саналады.

Рекреация тәжірибесі туристік қызметті ұйымдастырушылар мен мүмкін болатын рекреанттар тарапынан алдын ала белгілі рекреациялық қасиеттері бар туристік өнімді таңдау кезінде тиісті шешімдер қабылдау үшін қажетті территориялардың рекреациялық-геоморфологиялық тартымдылығын бағалау жүйесін жасап шығаруды талап етеді.

### **Зерттеу нысаны**

Зерттеу нысаны болып геоморфологиялық құрылымдарының өзіндік болмысы бар, тектоникасының, палеогеографиясының және қазіргі физикалық-географиялық ерекшеліктерімен байланысты болатын Маңғыстау облысының рекреациялық ресурстары табылады. Теңдессіз табиғи ресурстар мен аса бай тарихи-мәдени мұралардың үйлесімділігі облыс аумағын рекреациялық және туристік мақсаттарда қолдану үшін барлық қажетті алғышарттарды қалыптастырған. Оның аумағы (165,6 мың шаршы км) бұрыннан бар рекреациялық-туристік аймақтардың дамуы мен олардың жаңа түрлерінің пайда болуына жағдай жасайды. Сол себепті зерттеудің мақсаты болып рекреациялық қызметті ықтималдау мен аумақтағы жер бедерінің көмегімен ландшафттың негізі ретінде тиімді пайдалану үшін табиғи ресурстардың рекреациядағы орнын саралау.

### **Зерттеу материалдары мен әдістері**

Мақаланы жазуға негіз ретінде авторлардың аймақта 2016-2017 жылдарда жүргізген далалық зерттеулерінің материалдары алынды. Жер бетіндегі визуалды жұмыстар бақылау нүктелерінде жүргізілді. Бақылау нүктелері олар бедер пішіндерін, генетикалық бірыңғай пішіндер кешенін немесе олардың жекеленген элементтерін сипаттайтындай болып таңдалды [4-7]. Осы бақылау нүктелерінде жер бедерінің зерттелетін типтерінің бөлшектенген морфографиялық және морфометрикалық сипаттамалары жүргізілді: бедердің жекеленген пішіндерінің сыртқы келбеті, кеңістікте орналасуы, бағдарлануы, бір-бірімен бөлшектенуі сипатталды [8, 9]. Жұмыстың нәтижелері салыстырмалы талдау әдістері, бағалау әдістері, хорологиялық (аймақтық зерттеу) сынды әртүрлі географиялық әдістерге негізделді.

### **Зерттеу нәтижелері мен тұжырымы**

Маңғыстау облысының рекреациялық мамандануы ең алдымен табиғат жағдайларының өзіндік ерекшеліктерімен анықталады. Облыстың шөлдер аймағында орналасуы оған экзотикалық сипат берсе, Каспий теңізінің болуы оның рекреациялық тартымдылығын арттырады.

Маңғыстау облысының ауа-райы өңірді туризмді дамыту үшін қолайлы климаттық жағдайларға жатқызуға мүмкіндік береді, оның ішінде біріншіден, жылу мен жарықтың мол болуы басым: ауа температурасының оң температуралары бар аязсыз мерзім (наурыздан қазанға дейінгі аралық) 180-210 күнге дейін созылады, демалысқа қолайлы ауа температурасы бар мерзім бес ай шамасына (орта есеппен 150 күндей) дейін жетеді; бұлттылықтың аз болуынан күн сәулесі әдеттегі қалыпты мөлшерден екі есеге артық - айына 450 сағатқа дейін жетеді. Жаз мезгілінде ашық болмайтын күндер мүлдем өте сирек болады. Мұнан өзге рекреациялық тұрғыдан оң сипатқа мына метеорологиялық факторлар да ие бола алады: жаңбыр өте сирек түседі, түскен ылғал бірден буланып кетеді, желсіз күндер өте сирек (жаз мезгіліндегі басым желдер жылдамдығы 2-7 м/с құрайды). Ал жазғы рекреацияға қолайсыз жағдайларды жаздың басы мен соңындағы шаңды дауылдар, ауа температурасы 30°C-ден жоғары, ал ылғалдылық 40 %-дан төмен болатын өте ыстық және құрғақ ауа райы орнайтын аптап күндер құрайды. Мұндай аптап күндер әрбір жаз айының 15-20 күніне дейін қамтиды. Жылдың қолайлы маусымдары болып сәуірдің аяғынан мамырдың соңына дейінгі (жазғы аптап түскенге дейін) және қыркүйектің басы мен қазанның ортасына дейінгі (жазғы аптаптар түсіп, ауаның ылғалдылығы артатын, күн сәулесі жеткілікті болатын кезең) уақыттар табылады [10].

Маңғыстау облысында қысқы кезеңде рекреацияға лайықты жағдайлар мүлдем болмайды. Оның себебі ауа райының қолайлы – 15-20°C температура мерзімінің өте қысқа уақыты мен қар жамылғысының болмауынан (3-7 см және ол да тұрақсыз). Қолайсыз жағдайлар, яғни қысқы маусымда шаңды дауылдары бар желдердің күшеюі (10-12 м/с); оң температурасы бар жылымықтар мен -25°C аяздардың кезектесіп келуінен ұлғая түседі.

Туристік мақсаттарға айтарлықтай қызығушылық:

- аймақтың табиғи ерекшеліктерінің өзіндік сипатымен танысу нысаны ретіндегі танымдық туризм үшін;

- аталмыш өлкені танып-білу ныспны ретінде ғылыми туризм топтары үшін;
  - спорттық және экстремальды туризмді дамытуға қолайлы аудан ретінде танытылады.
- Туристтік рекреациялық саладағы су нысандары көптеген және түрлі қызметтерді атқарады:

- су аса күшті емдеу және сауықтыру факторы бола алады. Маңғыстау облысындағы емдік минералды судың қоры ішуге және бальнеологиялық емдеуге қолданылады;
- су туристік шаруашылықтағы аса қуатты технологиялық фактор, Маңғыстау облысының барлық дерлік туристік базалары, демалыс базалары тікелей теңіз жағасына жақын жерлерге орналасқан. Су нысандарының ерекше технологиялық рөлі экологиялық туризмдегі көптеген бағыттар үшін су қоймалары осы экскурсиялық маршруттар салынған күре жолдар мен тас жолдарда арта түседі.

Маңғыстау облысы халықты емдеу нысандарын құруға лайықты көптеген қолайлы жағдайларға ие. Облыста бальнеологиялық мақсаттарға арналған минералды сулар кеңінен таралған. Мәселен, Құрық елді мекенінің аумағындағы минералды сулар жақсы органолептикалық қасиеттерге ие. Су термалды, кермек дәмді, минералдық деңгейі 8,3 г/л, аздап күкіртсутек иісі бар. Ақтау минералды сулары – бромдық құрамды. Ондағы бром мөлшері 29-дан 5-6 м/г дейін жетеді, минералдану деңгейі 20 г/л. Сулары сульфатты, хлоридті-натрийлі [11].

Маңғыстау облысының аумағындағы бальнеологиялық ресурстардың қазіргі зерттелу деңгейі олардың базасындағы туризм мен шипажайлық емдеудің мүмкін болатын масштабтарын анықтауға және оларды емдік мақсатта қолдану бойынша нақты ұсыныстар беруге мүмкіндік туғызбай отыр. Бұл үшін минералды сулар мен емдік балшықтардың жату тереңдігін, химиялық құрамын, бальнеологиялық қасиеттерін, оларды қолданудың емдік көрсеткіштерін анықтау мақсатындағы қосымша іздеу-барлау жұмыстары мен жан-жақты арнаулы зертеулер жүргізу қажеттігі туындайды.

Әлемдік тәжірибеге сәйкес басқарылып, қорғалатын табиғи аумақтардағы экологиялық туризм табиғи кешендерге айтарлықтай қауіп туғызбайтындығын көрсетіп отыр, керісінше, ол осы ерекше қорғалатын табиғи аумақтар алдындағы міндеттерді қоғамның дұрыс ұғынуына жағдай жасайды. Маңғыстау облысындағы табиғат қорғау орындарына Үстірт қорығы мен Қаракия-Қаракөл және Ақтау-Бозашы мемлекеттік табиғи резерваттары жатады. Маңғыстау облысының қорғалатын аумақтарында тек реттелетін экологиялық туризмді жүзеге асыру ғана мүмкін болуда, бұл дегеніміз – ерекше қорғалатын табиғи аумақтар туристердің жүріп өтуіне, сондай-ақ, қорықтың немесе резерваттың аумағы мен оған жақын жатқан шекаралық аймақтарда антропогендік жүктемелерге сай келетін және оған келушілерге қоршаған табиғи орта мен мәдени-тарихи нысандарға зиян келтірмейтіндей деңгейде қызмет көрсетуге мүмкіндік беру деген сөз.

Маңғыстау облысының мәдени-рекреациялық әлеуетін бағалау нәтижелері бұл аумақтың осы күнге дейін сақталып қалған сәулет ескерткіштерінің, мәдени дәстүрлері мен жергілікті халықтың әдет-ғұрыптарының арқасында ғылыми және танымдық бағыттардағы экологиялық туризмді дамытуға қажетті кең мүмкіндіктерге ие екендігіне дәлелдеп отыр. Маңғыстау аумағын мекендеген тайпалар мен халықтардың евразиялық өркениетті қалыптастырудағы ролі баршаға мәлім. Олардың рухани мәдениеті мен өзіндік өнерінің ерекшеліктеріне материалдық мәдениеттің көптеген ескерткіштері: тасқа салынған суреттер, қола дәуірінің киелі жерлері, сақ және үйсін дәуірінің қорғандар кешендері, қоладан бастап кейінгі орта ғасырға дейінгі аралықтағы археологиялық және этнографиялық материалдар дәлел бола алады.

Маңғыстау облысының сәулет ескерткіштері екі топқа бөлінеді: табыну ғимараттары – мешіттер мен мемориалдық құрылыстар – құлпытастар. Ескерткіштер төрт типке бөлінеді: күмбезді кесенелер; сағана тамдар; саркофагтар; қошқар-қой стильді мүсіндер; бейіт басындағы белгілердің шағын формалары: қойтастар, құлпытастар, ұштастар. Қойтастар – IX-X ғасырларға жататын ең ежелгі ескерткіштер. Ерекше ескерткіштер деп кесенелерді атауға болады. Олардың көлемі шағын, ені 5-6 м, биіктігі 7-9 м. Қорымдық ескерткіштермен қатар Маңғыстауда көп тараған ескерткіштер қатарында күмбезді мешіттер көптеп кездеседі. Олардың жақсы сақталғандары ішінде Бекет Ата, Шопан Ата, Қараман Ата, Шақпақ Ата, Сұлтан Апа жер асты мешіттері бар. Бұлардың ішіндегі ерекше назар аудартатыны Сарытас шығанағының оң жағалауында орналасқан X-XIII ғасырларға жататын төрт бөлмелі Шақпақ Ата жер асты мешіті. Шақпақ Ата мешіті Орта Азия мен Қазақстан аумағындағы тұтас түрде қашалып жасалған және толықтай сақталған жалғыз ғана архитектуралық кешен екендігімен ерекшеленеді [12].

Маңғыстау облысының аумағында экологиялық туризмді дамытуға жағдай жасайтын факторлар мен шарттарды жан-жақты талдау нәтижесінде туризмнің белгілі бір түрлерін дамытуға мүмкін болатын туристік-рекреациялық аудандары анықталды. Барлық ұсынылатын туристік-рекреациялық аудандар әрбір ауданның мамандануын анықтайтын ерекшелік белгілері бар геоморфологиялық аудандармен сипатталады [13].



Қарастырылған туристік-рекреациялық аудандарда бағыттары бойынша әртүрлі, туристердің жекеленген топтарын қабылдауға арналған туристік орталықтар мен нысандар ұйымдастырылуы мүмкін. Маңғыстау облысының туристік-рекреациялық аумағын 4 ауданға жіктеуге болады: солтүстік, орталық, шығыс, оңтүстік (1-кесте).

1-кесте. Маңғыстау облысының туристік-рекреациялық аудандары

№	Туристік-рекреациялық аудандар	Географиялық орналасуы	Экологиялық туризмді дамыту үшін қажетті жағдайлар
1.	Солтүстік Маңғыстау	Аудан Маңғыстау тауларынан солтүстікке және солтүстік-батысқа қарай орналасқан. Бұл ойпаттар, ойыстар, барқын құмды аудандар. Мұнда Каспий маңы ойпаты, Өлі Қолтық ойысы, Сам және Қызылқұм құмдары орналасқан, тақырлар кездеседі.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Табиғи ландшафттардың көп түрлілігі;</li> <li>- Аудан аумағында Ақтау-Бозашы қорықшасының орналасуы;</li> <li>- Ерекше археологиялық ескерткіштер мен халықтың сәулет ескерткіштерінің болуы (некропольдер мен мешіттер)</li> </ul>
2.	Орталық Маңғыстау	Туристік-рекреациялық аудан облыстың орталық бөлігінде орналасқан, онда солтүстік-батыстан оңтүстік-шығысқа қарай аласа Маңғыстау таулары созылып жатыр, оның ең жоғарғы нүктесі Бесшоқы тауы (556 м). Маңғыстау таулары Қаратау және Ақтау жоталарынан тұрады. Қаратау және Ақтау жоталары қатты тілімделген. Мұнда тік және кемерлі жартастары және бұлақ сулары, бай өсімдік жамылғысы бар көркем шатқалдар (Самал, Сарысу, Аусары) жиі кездеседі. Аңғарларда қамал, сарайлар, күмбездер формасындағы шоқы таулары көп. Олардың ішіндегі ең атақтысы – Шерқала.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Экологиялық туризм нысандарының көпшілігі Ақтау қаласынан көлікпен (автокөлікпен) қатынауға мүмкіндіктің болуы;</li> <li>- Таулық туризмді дамытуға арналған жер бедер типтерінің әр алуандығы, танымдық және ғылыми туризмді дамытуға қолайлы теңдессіз табиғи кешеннің болуы;</li> <li>- Ақтау-Бозашы қаумалының ауданында орналасуы;</li> <li>- Археология мен халық шығармашылығының ерекше ескерткіштерінің болуы (некропольдер, жер асты және жер үсті мешіттері, ескі қалалардың қалдықтары);</li> <li>- Минералды қайнарлардың көптігі.</li> </ul>
3.	Шығыс Маңғыстау	Орталық Маңғыстаудан шығысқа қарай орналасқан және ол үстел тәрізді формадағы кемерлі жарқабақтары – биіктігі 300 м-ге дейін жететін шағын шындары бар бар биіктеу орналасқан Үстірт жотасын қамтиды.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Экстремалды туризмді дамытуға қажетті бедер түрлерінің көптігі;</li> <li>- Аумақта Үстірт биосфералық қорығының болуы;</li> <li>- Танымдық және ғылыми туризмнің көптеген түрлерін дамытуға болатын ерекше табиғи кешеннің болуы;</li> <li>- Археология мен халық шығармашылығының ерекше ескерткіштерінің болуы (некропольдер, жер асты және жер үсті мешіттері, ескі қалалардың қалдықтары);</li> <li>- Минералды қайнарлардың көптігі;</li> <li>- Үстірт аумағында зиярат етуге арналған көне мешіттердің болуы.</li> </ul>
4.	Оңтүстік Маңғыстау	Туристік-рекреациялық аудандар Маңғыстау тауларынан оңтүстіктен Түрікменстанға дейін созылып жатыр. Оңтүстік Маңғыстаудың жер бедері түрлі өлшемдегі теңіз деңгейінен төмен орналасқан (Қарағия ойысы/ - 132) көптеген ағынсыз ойпаттары бар Маңғыстау үстіртімен көрініс табады.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Экологиялық туризм нысандарының көпшілігі Ақтау қаласынан көлікпен (автокөлікпен) қатынауға мол мүмкіндік беруі;</li> <li>- Танымдық, ғылыми, спорттық және су туризміне қолайлы су нысаны – Каспий теңізінің болуы;</li> <li>- Ауданда облыс орталығы Ақтау қаласының болуы;</li> <li>- Археология мен халық шығармашылығының ерекше ескерткіштерінің болуы (некропольдер, жер асты және жер үсті мешіттері);</li> <li>- Шипажайлардың, демалыс үйлері мен базаларының болуы.</li> </ul>

Туристiк фирмалар тарапынан Қазақстан Республикасының азаматтарының шет елдерге шығуы үшін қажеттi туристiк маршруттарды халықаралық сарапшылардың ұсыныстарын ескере отырып жетiлдiру бойынша жұмыстар жүргiзiлiп жатыр. Туризмнiң дамытылуы негiзгi төрт бағытта: бизнес-туризм (iскерлiк сапарлар, конференцияларға, семинарларға, өзге де бiлiм, мәдени және басқа да iс-шараларға қатынасу), жағажай туризмi, табиғатымен және мәдениетiмен танысу, демалыстың жаңа түрлерi (сафари, дайвинг, шөлдегi кемпинг және т.б.) [14].

Каспий теңiзi мен көне ескерткiштердiң көптiгi, ландшафттың өзiндiк ерекшелiгi, сондай-ақ қаланың iскерлiк орталығының белсендi дамуы туристiк әлеуеттi қарқынды дамытудың қажеттiлiгiн анықтап беруде. Маңғыстау облысының туризмiн дамытуда бiрнеше әлсiз жақтары байқалды. Көбiнесе мәселе инфрақұрылымның жеткiлiксiз деңгейде дамуында болып отыр (2-кесте).

2 кесте. **Маңғыстау облысында туризмнiң дамуын талдау**

Күшгi жақтары	Әлсiз жақтары
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Өңiрдегi теңдесi жоқ тарихи ескерткiштер және археологиялық қазбалар, Каспий теңiзiнiң болуы, ландшафттың өзiндiк ерекшелiгi;</li> <li>- Туристiк фирмалардың санының артуы;</li> <li>- Қызмет көрсетiлген туристердiң санының артуы;</li> <li>- Қаланың iскерлiк ортасының белсендi дамуы.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Қала экономикасындағы туризмнiң үлесiнiң төмен болуы;</li> <li>- Туристiк саланың өзiнде де, онымен байланысты өзге салалардағы да әлсiз менеджмент, қызмет көрсету саласының төмен сапасы;</li> <li>- Туризм нысандардың тозуы, кейбiр стационарлық рекреация объектiлерi жұмыс жасамайды, немесе салыну және қайта жаңғыртылу сатысында тұр;</li> <li>- Көптеген демалыс аймақтарында инфрақұрылым дамымаған, демалушылар үшін қарапайым тұрмыстық жағдайлар жоқ;</li> <li>- Туризм саласындағы жоғары бiлiктi мамандардың болмауы;</li> <li>- Шетелдiк және қазақстандық туристер үшін қала мен өңiрдiң кеңiнен танымалдығы мен туристiк тартымдылығын қалыптастыруға, кеңiнен PR компаниялар жүргiзуге айтарлықтай уақыт пен шығынның қажеттiлiгi.</li> </ul>
Мүмкiндiктер	Қауiптер
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Демалушылар мен туристердiң сыйымдылығын максималды норматив ретiнде күнiне 12,4 мың адамға дейiн өсiру;</li> <li>- Халықаралық стандарттарға сай келетiн туристiк нысандардың инфрақұрылымын қалыптастыру;</li> <li>- Қалыпты туристiк имидждi қалыптастыру;</li> <li>- Туристiк бизнестiң қаржыландыру көлемiн арттыру;</li> <li>- Дәстүрлi және сұранысқа ие бизнес саяхаттарды, круиздiк туризмдi, қала маңындағы туризмдi дамыту, Каспий маңындағы бес елге (Қазақстан, Ресей, Әзiрбайжан, Иран және Түрiкменстан) круиз ұйымдастыру;</li> <li>- Табиғи жағажайларды дамыту, жергiлiктi халыққа арналған Ақтау жағажайларын жақсарту мен кеңейту.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Туризм индустриясының кәсiпорындары жаңа нарықтық жағдайларда жұмыс жасауға әзiр емес;</li> <li>- Аталмыш саланың қаланың экологиялық ахуалы мен қызмет көрсетудiң сапасының төмендiгi салдарынан тиiстi сұранысының болмауы және оның тиiмсiздiгi.</li> </ul>

Аймақтағы туризмдi дамытудың басты 5 бағытының бiрi – облыстың әкiмшiлiк-iскерлiк орталығы – Ақтау қаласы. Жоба бизнес-туризмнiң барлық түрлерiн дамыту маңызды болып табылады. Болашақта Ақтау қаласындағы туризмнiң дамуы дәстүрлi және барынша көп сұранысқа ие бизнес-саяхаттарға, круиздiк туризмге және қала маңындағы турларға негiзделуi тиiс. Сондай-ақ қаланы Каспий маңындағы бес ел (Қазақстан, Ресей, Әзiрбайжан, Иран және Түрiкменстан) бойынша круиз ұйымдастыру жобасын енгiзу де жоспарлануда.

Жоғары деңгейлi туристiк жоба болып экологиялық тұрақты сипатта (қоршаған ортаға залал келтiрмейтiндiей) түрлi мақсаттарда (мәселен дайвинг және т.б.үшiн) жетiлдiрiлуi тиiс табиғи жағажайларды жетiлдiру табылады.

Маңғыстау облысының рекреациялық мақсатта қолдану үшін қажетті минералды емдік суларға да бай екендігін айта кеткен жөн. Ол емдік балшықты бальнеологиялық емдер үшін пайдаланумен және шипажайлық-жағажайлық ресурстарымен ерекшеленеді. Шипажайлардағы емделулер кеңінен таралған, ол ең алдымен ауру адамның ағзасына күшті әсер беруімен танымал. Құрық елді мекені мен Ақтау қаласының маңында минералы сулар табылған. Бұл аудандағы минералды сулар қолайлы органолептикалық қасиеттерге ие. Су термалды, кермек, минералдануы 8,3 г/л, аздап күкіртсутектің иісі бар, сілтілік, сульфаттық, ол ас қорыту жүйесін және тірек-қимыл аппаратын, жүйке жүйесінің созылмалы ауруларын емдеуде қолданылады. Келешекте емдік балшықты пайдаланумен Құрықтың минералды суларының маңызы арта түсетін болады. (Қондыбай, 2008).

Рекреациялық жүйенің дамуы мен ресурстарды пайдаланудың қарқындыландырылуы әсіресе Каспий маңында бальнеологиялық шипажайлардың ашылып табиғи жолмен үйлесімді түрде орналасуы табиғи ресурстарды тиімді пайдалануға міндет артады. Туристік-рекреациялық игеруде үлкен рольді Каспий теңізі атқарады, ол кеме жүруі үшін пайдаланылады. Құмды-ұлутасты жағажайлар, теңіз ауасы, күннің ыстықтығы мен көкшіл теңіз біріге отырып, көптеген туристерді қызықтырып, келуіне мүмкіндік туғызады.

### Қорытынды

Маңғыстау облысының туристік-рекреациялық мәселелерін талдай келе келесі қорытындыларды жасаймыз:

1. Адам ықпалына ұшырамаған табиғи ландшафттар, жануарлар мен өсімдіктің сирек кездесетін түрлері жергілікті халықтың экзотикалық мәдениеті мен тұрмысымен үйлескен экологиялық туризмнің ерекше сұраныстары және турлар географиясын ұдайы кеңейтуге деген ұмтылыстар туризмнің осы бір саласының Маңғыстау облысында дамытылуын сенімді түрде болжамдауға мүмкіндік береді.

2. Еуразия құрлығының дәл ортасында, барлық мұхиттардан бірдей қашықтықтарда, флористік аймақтардың, жануарлар миграциясының және құс жолының тоғысында орналасқан табиғи ландшафттардың ерекшелігі мен жақсы сақталғандығы секілді факторлардың бар болуы да бұл жерде экологиялық туризм нысандарының айтарлықтай мөлшерінің шоғырлануына алғышарт бола алады.

3. Маңғыстау облысының барлық аудандарының рекреациялық сиааттамасының ерекшелігі мен әралуандығы сонша, бұл жерде оның ерекшеліктерін экологиялық туризмнің көптеген түрлерін дамыту болашағының көптеген нұсқаларын қалыптастыруға пайдалану мүмкіндіктері туындауда. Олардың қатарына: танымдық, ғылыми, су, емдік, экстремалды, спорттық және діни туризм түрлерін жатқызуға болады.

4. Маңғыстау облысындағы экологиялық туризмнің қазіргі ахуалы өте қарама-қайшылықты сипатта. Бір жағынан ауданның экономикалық қызметінің жаңа саласы ретіндегі экологиялық туризм саласын ұйымдастыруға деген үлкен және күрделі әлеуметтік-экономикалық сұраныс нақтыланды. Ал екінші жағынан, аталмыш бағыттың дамытылуы осы барлық рекреациялық-туристік саланың әзірге өз дамуының бастапқы кезеңінде тұрғандығы кедергі болуда.

5. Экологиялық туризмнің басқа туризм түрлерінен басты ерекшелігі – туристердің табиғи аумақтағы іс-әрекеттерін шектеу, табиғи ландшафттарды артық күш түсу мен ластанудан қорғау болып табылады. Әлемдік туризмде «тұрақты даму» терминінің пайда болуымен экологиялық туризмді туризмнің табиғи және мәдени-тарихи ресурстарды тұрақты дамытудың экологиялық қауіпсіз формасы деп атауға толық құқығымыз бар.

6. Туризмді облыстың өркениетті туристік саласын дамыту арқылы қаржы көзіне айналдыру екі негізгі фактор салдарынан қиындыққа ұшырауда. Біріншіден, оған қарапайым сервистің болмауы (материалдық-техникалық және ақпараттық қамтамасыз етілудің әлсіз болуы) және екіншіден, «жабайы» туристерге өркениетті бақылаудың нормативтік-құқықтық базасының әлсіз болуы және осы бақылаудың аз әсер етуі себеп болуда.

### ӘДЕБИЕТ

[1] Hobson J.S.P., Ko Goldwyn. Tourism and politics // Journal of Travel Researches.-1994.-Vol. 32 (4).-p. 2-8

[2] Poirier R. Environmental policy and tourism in Tunisia // Journal of Travel Researches.-1997.-Vol. 35 (3).-p. 57-60.

[3] Grado S.G., Strauss C.H., Lord B.E. Antiquating as a tourism recreational activity in south-western Pennsylvania // Journal of Travel Researches.-1997. - Vol. 35 (3).-p. 52-56

[4] Crouch E.J. Demand elasticities for short-haul versus long-haul tourism // Journal of Travel Research.-1994.-Vol. 33 (2).-p. 2-7

- [5] Long Patrick T., Nuckolls Jonelle. Rural tourism development: balancing benefits and costs // West Wildlands.-1992.-Vol. 18 (3).-p. 9-13
- [6] McCool S.F. Tourism in the Northern Rockies // West Wildlands.-1992.-Vol. 18 (3).-p. 4-8
- [7] Mansfeld Y. "Industrial Landscapes" as positive setting for tourism development in declining industrial cities // Geo Journal.-1992.-Vol. 28 (4).-p. 457-463
- [8] Бредихин А.В. Рельеф как условие и ресурс рекреационной деятельности. //Вестник Моск. Ун-та, Сер. 5, география.-2003 (1).- с 58-59.
- [9] Бредихин А.В. Об уровнях организации геоморфологических объектов и критериях их выделения // Вестник Мос. ун-та., Сер. 5. География. -1989 (4).- с. 58-66.
- [10] Көшім А.Ф., Бексеитова Р.Т., Сергеева А.М. Рекреационный потенциал геоморфологических систем территории Мангыстау // Эл-Фараби атындағы Қазак Ұлттық университеті Хабаршы «География» сериясы. – 2017, № (47). – 308-316 бб.
- [11] Кондыбай С. Эстетика ландшафтов Мангыстау: перспективы для развития туризма. – Алматы: Издательство «Арыс», 2005. – 176 с.
- [12] Мармилов А.Н. Памятники древней культуры Мангышлака как мотивация развития познавательного туризма. Южно-Российский вестник геологии, географии, и глобальной энергии. Научно-технический журнал. №4. - Астрахань. 2004. - С. 93-98.
- [13] Кондыбай С. Маңғыстау географиясы. - Алматы: Нұрлы әлем, 2008.- 163-180 б.
- [14] Насыров Г.М. Туристско-рекреационный драйвер социально-экономического развития региона // Материалы III Всеросс. научн.-практ. конф. «Устойчивое развитие территорий: теория и практика». – Уфа: Зауральский филиал ФГОУ ВПО «Башкирский ГАУ», 2011. – С. 98-104

Сапаров К.Т., Сергеева А.М., Көшім А.Ф.

#### **Комплексная оценка туристско-рекреационного потенциала Мангыстауской области**

**Резюме** Дана комплексная оценка туристско-рекреационному потенциалу Мангыстауской области. Территория Мангыстауской области отличается уникальными ландшафтами и особо охраняемыми территориями, которые могут повлиять на развитие природных процессов, в том числе на рекреационную деятельность либо их ограничить, что в свою очередь является основой для развития экологического туризма. Результаты проведенных исследований показывают, что в Западном Казахстане территория Мангыстауской области является регионом с высоким туристским потенциалом.

**Ключевые слова:** рекреация, рельеф, геоморфологическая привлекательность, культурное наследие, природное наследие, водные ресурсы, охраняемые территории, туристский проект, экологический туризм, туристско-рекреационный потенциал

УДК 628.388.3:634

<sup>1</sup>A.A. Abduova, <sup>1</sup>A. Yessengeldi, <sup>1</sup>M.I. Satayev, <sup>2</sup>A.N. Kupriyanov, <sup>3</sup>B.M. Moshkalov

(<sup>1</sup>M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan.

<sup>2</sup> Kuzbass Botanical Garden, Institute of Human Ecology, The Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of Siberian Branch of the RAS, Kemerovo, Russia.

<sup>3</sup> Shymkent dendrological park, Shymkent, Kazakhstan. E-mail: aisulu.abduova@mail.ru)

#### **RESEARCH OF LOCALIZATION PLACES OF RARE AND ADORNMENT PLANTS OF SYRDARYA-TURKESTAN STATE REGIONAL NATURAL PARK**

**Abstract.** The process of anthropogenic changes is accompanied by the extinction of a number of plant species, the general depletion of flora, a decrease in the genetic diversity of the individual species. At present, a necessity to research and evaluate the extinction threat degree of adornment and rare plants, as the most vulnerable part of the flora, the study of their ecology and biology in order to preserve their biodiversity, which was the main prerequisite of this article.

The study and identification of habitats of rare and endangered plant species is necessary for monitoring environment within the Syrdarya – Turkestan regional natural park. Research and evaluation of adornment and rare plants will allow to develop a cadastre system of populations of adornment and rare plants and to clarify their species composition in a given territory, to evaluate the threat of their extinction. Considering the global nature of the problem of biological diversity, it is very important to protect not only individual species, but also to protect a number of unique plant associations, their diversity and stability is the most important condition for the most preferable environment in the biological productivity.

**Key words:** adornment plants, natural flora, Syrdarya-Turkestan State Regional Natural Park, model areas, woody plants

<sup>1</sup>А.А. Абдуова, <sup>1</sup>А. Есенгелді, <sup>1</sup>М.И. Сатаев, <sup>2</sup>А.Н. Куприянов, <sup>3</sup>Б.М. Мошкалов  
<sup>1</sup>Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауезова,  
г. Шымкент, Казахстан, <sup>2</sup>Кузбасский ботанический сад ИЭЧ ФИЦ УУХ СО РАН,  
г. Кемерово, Россия, <sup>3</sup> Шымкентский дендрологический парк, Шымкент, Республика Казахстан,  
E-mail: [aisulu.abduova@mail.ru](mailto:aisulu.abduova@mail.ru)

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕСТ ЛОКАЛИЗАЦИИ РЕДКИХ И ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ СЫРДАРЬЯ-ТУРКЕСТАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГИОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКА

**Аннотация:** Процесс антропогенных изменений сопровождается вымиранием ряда видов растений, общим обеднением флоры, уменьшением генетического разнообразия отдельных видов. В настоящее время возникает необходимость исследования и оценки степени угрозы исчезновения декоративных и редких растений, как наиболее уязвимой часть флоры, изучение их экологии и биологии с целью сохранения их биоразнообразия, что явилось основной предпосылкой данной статьи.

Изучение и выявление местообитаний редких и исчезающих видов растений необходимо для проведения экологического мониторинга в пределах Сырдарья–Туркестанского регионального природного парка.

**Ключевые слова:** декоративные растения, природная флора, Сырдарья-Туркестанский государственный региональный природный парк, эталонные участки, древесные растения

Сырдарьинский Каратау является одним из наиболее богатых флористических районов Казахстана. Как отметил Р. В. Камелин: «На территории Средней Азии нет, пожалуй, другого столь интересного, таящего столько загадок региона, как Сырдарьенский Каратау» [1]. Несмотря на достаточно большую историю изучения флоры и редких и исчезающих растений планомерное изучение декоративных качеств, биологических свойств, размещения редких и исчезающих растений за редкими и исчезающими растениями не проводилось [2].

Коммунальное государственное учреждение «Сырдарья-Туркестанский государственный региональный природный парк» создан постановлением акимата Южно-Казахстанской области от 5 сентября 2012 года №264 «О создании коммунального государственного учреждения «Сырдарья-Туркестанский государственный региональный природный парк» управления природных ресурсов и регулирования природопользования акимата Южно-Казахстанской области».

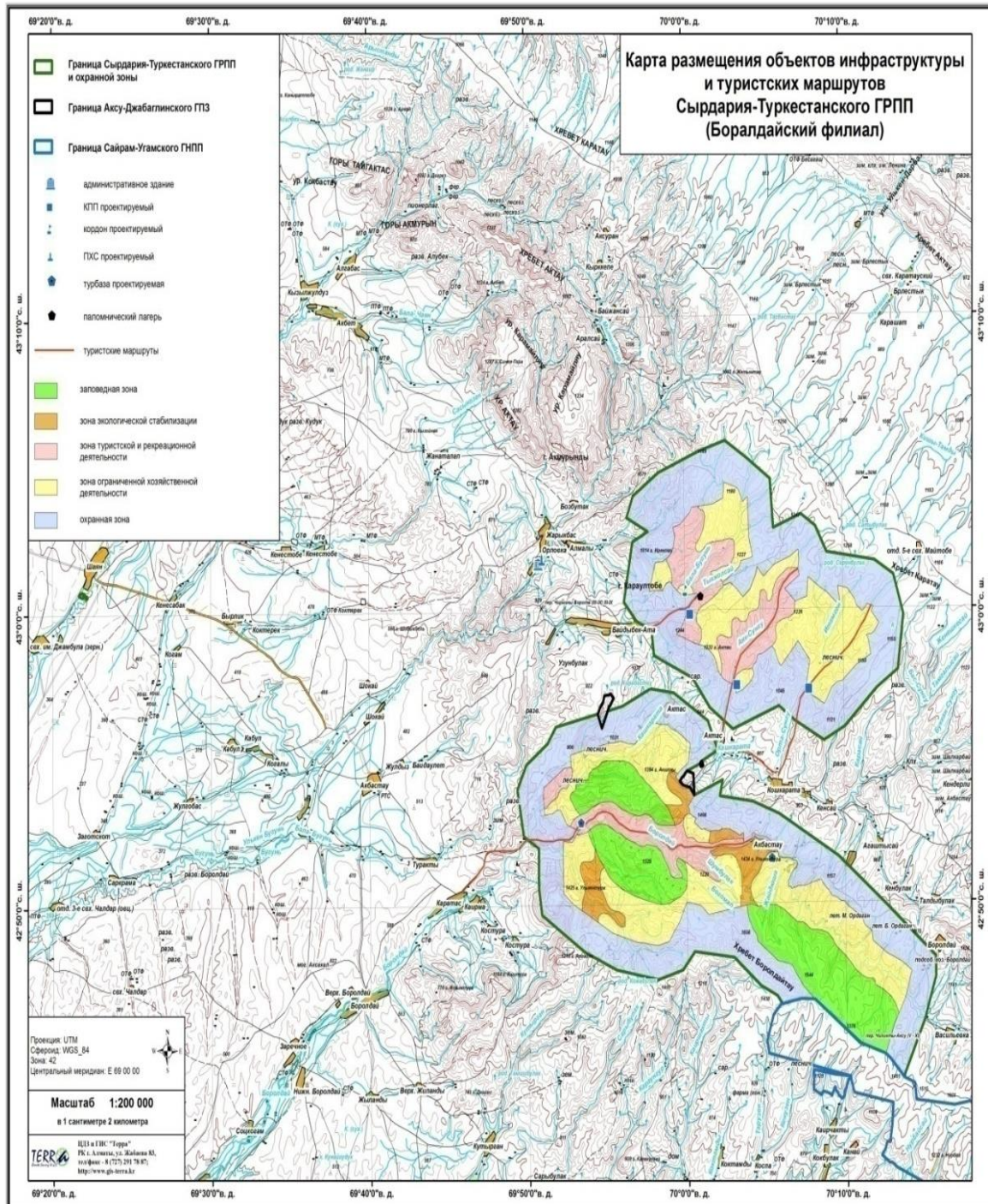
Постановлениями Правительства Республики Казахстан от 20 марта 2014 года №247 и акимата Южно-Казахстанской области от 25 июля 2014 года №251 земельные участки коммунального государственного учреждения «Сырдарья-Туркестанский государственный региональный природный парк» управления природных ресурсов и регулирования природопользования Южно-Казахстанской области» общей площадью 119978,418 га переведены из категории земель лесного фонда в категории земель особо охраняемых природных территорий (рис. 1) [3].

Боралдайский филиал расположен в горной местности, границы имеют сложную конфигурацию. Он находится на северной оконечности хр. Боралдай в пределах северо-западного макросклона. Состоит из двух кластерных участков – Боралдайской и Сунгинской лесных дач.

Флористические исследования проводились в мае-июне 2018 года комплексным отрядом с участием специалистов Боралдайского природного парка, Кузбасского ботанического сада ФИЦ УУХ СО РАН, Южно-казахстанского государственного университета им. М. Ауэзова. В ходе выполнения работ был зафиксирован весенний и летний аспект растительного покрова. Обследование территории природного парка начиналось с определения типов местообитаний и перечня основных растительных формаций данной территории. Одновременно проводился сбор полевого материала в соответствии с программой полевых исследований. Таким образом, охватывался весь комплекс существующих экосистем и максимально возможная полнота выявления растений присущих данной территории.

Изучение флоры проводилось маршрутным методом, в процессе которого проводился сбор и гербаризация растений, составлялись геоботанические описания в различных местообитаниях.

Геоботанические описания выполнялись на всех отмеченных типах растительности. Места описаний фиксировались с помощью приборов системы глобального позиционирования (GPS). Всего наработано 11 геоботанических описаний флористических формаций с участием редких и исчезающих растений [4].



**Рис. 1.** Схема размещения Боралдайского филиала Сырдарья-Туркестанского государственного регионального природного парка»

Материалы обрабатывались при помощи программного обеспечения IBIS [5,6]. Проведен сбор гербария в количестве 287 листов, включающего декоративные и редкие растения.

Определение растений производилось в камеральных условиях Института экологии человека СО РАН. При определении растений использовались Определитель растений Средней Азии (1983–1993) и Флора Казахстана (1957–1964) [7,8]. Основным методом определения растений явился сравнительно анатомо-морфологический метод.

Выделение эталонных участков проводилось маршрутным методом при этом учитывалось богатство флоры, наличие декоративных и редких растений.

Выделение участка №1. Среднее течение р. Боролдай, в 12 км от с. Теректы, вблизи с границей заказника (рис. 2). Высота 560–750 м над у.м. Территория характеризуется обилием растительных формаций: фисташники – редколесья *Pistaciavera*; каркасовые рощи из *Celtiscaucasica*, нередко с

примесью других лиственных пород; боярышниковые редколесья из *Crataeguspontica*; лиственные леса из боярышника туркестанского (*Crataegusturkestanica*), занимающие иногда значительные площади; хорошо сохранившиеся участки кустарниково-крупнотравно-высокозлаковых саванноидов с участием ячменя (*Hordeumbulbosum*), пырея (*Elytrigiatrizophora*), ферулы (*Amygdaluspetunnikovii*); особый вариант прангосовых (*Prangospabularia*) сообществ с участием василька (*Centaureaphyllopada*); оригинальные растительные сообщества осыпей с участием узколокальных эндемиков *Ferulaleucographa*, *Leymusaemulans*, *Botschantzewiakaratavica* [9].



Рис. 2. Среднее течение р. Боролдай: редколесья из боярышника

Выделение участка №2. Плато Улькен-Тура, высота 1000–125 м. Плоские горизонтальные или слабонаклонные поверхности «джонов», перекрытые плащом лёссов с выходами скальных обнажений (рис.3). Здесь встречаются петрофитные сообщества с доминированием полукустарничковых нагорных ксерофитов, большая часть которых являются эндемиками и субэндемиками Сырдарьинского Каратау (*Lepidolophaspp.*, *Trichanthemiskarataviensis* RegeletSchmalh., *Atraphaxiskarataviensis* Pavl. etLipsch., *Rhaphidiphytonregelii* (Bunge) Пjin, *Artemisiakarataavica* Krasch. etAbol. и др.) [10].



Рис. 3. Плато Улькен-Тура

Выделение участка №3. Пойменно-долинные комплексы, расположенные по долине р. Боролдай и Кашкорота. Распространение этого ландшафтного комплекса ограничено долинами малых рек и ручьев. Выделяется он, прежде всего, спецификой микроклимата, поддерживаемого близостью водного объекта. Также большое значение для формирования и жизнедеятельности растительных сообществ этого ландшафтного комплекса имеет режим поемности рек, частота и длительность затоп-

ления местообитаний, и количество аллювиальных наносов. В пределах комплекса хорошо различаются два типа – узкие речные долины в горном окружении с быстрым течением, и широкие долины после выхода на предгорную равнину с небольшим падением и малой скоростью течения. В первом случае основу растительного покрова составляют ясеневые пойменные леса, образованные *Fraxinus-sogdiana* Bunge с участием максимального разнообразия древесных растений (рис.4). Характерными видами для древостоя этих лесов, помимо ясеня, можно указать *Malussieversii* (Ledeb.) M. Roem. и *Morusalba* L., хотя нередко древостои образованы только ясенем согдийским. Удивительной особенностью этих лесов является присутствие и, часто, в заметном обилии дикого винограда (*Vitisvinifera* L.), который, в сочетании с ежевикой (*Rubuscaesius* L.), создает труднопроходимые заросли [11]. По составу почвенного травяного покрова ясеневые леса отчетливо делятся на два типа. На участках русла с короткопоемным режимом и довольно развитыми почвами формируется покров из высоко-рослых травянистых многолетников, в котором принимают участие виды, характерные для саванно-идной, прибрежно-водной и луговой растительности, а также представители неморального комплекса.



Рис. 4. Пойменный ясеневый лес

В результате исследований выделено три эталонных участка с учетом богатства флоры, наличие декоративных и редких растений. Первый участок расположен в среднем течении р. Боролдай, в 12 км от с. Теректы, вблизи с границей заказника, высота 560–750 м над у.м. Этот участок представляет типичные саваноиды с присутствием разреженных лесов *Pistaciavera*; *Celtiscaucasica*, *Crataeguspontica*; *Crataegus-turkestanica*, *Amygdaluspetunnikovii*, травянистый покров представлен крупнотравно-высокозлаковых саванноидов с участием ячменя *Hordeumbulbosum*, *Elytrigiatrighophora*, *Prangospabularia*. Второй участок расположен на плато Улькен-Тура, высота 1000–125 м. Растительный покров представлен сообществами с доминированием полукустарничковых нагорных ксерофитов, большая часть которых являются эндемиками и субэндемиками Сырдарьинского Каратау (*Lepidolophasp.*, *Trichanthemiskarataviensis* RegelSchmalh., *Atraphaxiskarataviensi* sPavl. etLipsch., *Rhaphidiphytonregelii* (Bunge) Pjin, *Artemisiakarataavica* Krasch. etAbol. и др.). Третий – расположен в пойме р. Боролдай. Основу растительного покрова составляют ясеневые пойменные леса, образованные *Fraxinussogdiana* Bunge с участием максимального разнообразия древесных растений. Характерными видами для древостоя этих лесов, помимо ясеня, можно указать *Malussieversii*(Ledeb.) M. Roem.и *Morusalba*L., *Vitisvinifera*L.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Камелин Р.В. Флора Сырдарьинского Каратау: Материалы к флористическому районированию Средней Азии. – Л.: Наука, 1990. – 146 с.
- [2] Конвенция о биологическом разнообразии. <http://www.un.org/ru/documents/declconv/conventions/biodiv.shtml> (дата обращения 23.11.2017).
- [3] Реймерс Н.Ф., Штильмарк Ф.Р. Особо охраняемые природные территории. Москва: Мысль, 1978. — 298 с.
- [4] Куприянов А.Н., Эбель А.Л., Лацинский Н.Н., Мошкалов Б. М. Флористическое разнообразие Боралдая. – Шымкент, 2017. – 232 с



- [5] Зверев А.А. Информационные технологии в изучении растительного покрова. – Томск, 2007. – 304 с.
- [6] Зверев А.А. Сравнительный анализ флор с помощью компьютерной системы IBIS // Изучение биологического разнообразия методами сравнительной флористики: Матер. VI рабочего совещания по сравнительной флористике. – СПб., 1998. – С. 284–288.
- [7] Определитель растений Средней Азии. Т. 1–10. Ташкент. 1984–1993.
- [8] Флора Казахстана. Алма-Ата. 1957–1964. Т. 1–9.
- [9] Красная книга Казахстана (изд. 2 переработанное и дополненное). Т. 2 Растения. 2014. Астана: ТОО АртPrintXXI, 452 с.
- [10] Красная книга Казахской ССР, под ред Слудского А.А., 1978. Алма-Ата: Кайнар, 206 с.
- [11] Красная книга СССР: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных и растений. Том 1 / Главная ред. коллегия: А. М. Бородин, А. Г. Банников, В. Е. Соколов и др. — 2-е изд. 1984. М.: Лесная промышленность, 392 с.

Абдуова А.А., Есенгелді А., Сатаев М.И., Куприянов А.Н., Мошкалов Б.М.

### Сырдария-Түркістан мемлекеттік өңірлік табиғи паркінің сирек және сәндік өсімдіктердің өсу жерлерін зерттеу

**Түйіндеме.** Флораның байлығын, сәндік және сирек кездесетін өсімдіктерді ескере отырып, үш эталонды учаскі таңдалды. Бірінші учаскі Теректі ауылынан 12 км., қорықтың шекарасына жақын, биіктігі 560-750 м. теңіз деңгейінен жоғары Боралдай өзеннің орта ағысында орналасқан. Екінші учаскі биіктігі 1000-125 м болатын Үлкен-Тура үстіртінде орналасқан. Үшіншісі Боралдай өзенінің алқабында орналасқан.

**Түйін сөздер:** сәндік өсімдіктер, табиғи флора, Сырдария-Түркістан мемлекеттік аймақтық табиғи паркі, эталонды учаскілер, орман өсімдіктері

Абдуова А.А., Есенгелді А., Сатаев М.И., Куприянов А.Н., Мошкалов Б.М.

### Исследования мест локализации редких и декоративных растений Сырдарья-Туркестанского государственного регионального природного парка

**Резюме.** Выделено три эталонных участка с учетом богатства флоры, наличие декоративных и редких растений. Первый участок расположен в среднем течении р. Боролдай, в 12 км от с. Теректы, вблизи с границей заказника, высота 560–750 м над у.м. Второй участок расположен на плато Улькен-Тура, высота 1000–125 м. Третий – расположен в пойме р. Боролдай.

**Ключевые слова:** декоративные растения, природная флора, Сырдарья-Туркестанский государственный региональный природный парк, эталонные участки, древесные растения

УДК 502/504:631.416.9

**A.A Saparbekova, L.A Mamayeva, B.Zh Mutaliyeva, I.A. Seydahmet, Z.Zh Sakiyeva**

(M.Auyezov South-Kazakhstan State University, Shymkent

Kazakh National Agricultural University, Almaty

E-mail: [laura.mamaeva@mail.ru](mailto:laura.mamaeva@mail.ru))

### THE USE OF ADORNMENT PLANTS IN THE CITY TO RESTORE SOIL CONTAMINATED BY HEAVY METALS

**Abstract.** The problem of soil contamination with toxic compounds, including heavy metals is becoming increasingly important. Along the main transport routes, soil samples also contain a high amount of these metals, but the excess of background values is lower than in the industrial zone: lead by 11.7%, zinc by 27.7%. This fact is due to the replacement of the upper soil in the city along the main transport highways in recent years. In addition, the influence of private vehicles on the ecological state of soils also occurs within residential areas. It is for this reason a high content of lead and zinc is available, both in industrial and residential areas, rather than in transport routes.

**Key words:** heavy metals, plants, phytoremediation, urban, industrial zone, residential areas

#### INTRODUCTION

Soil is the surface of the earth, which has properties that characterize both living and non-living nature. Soil is an indicator of the general man-made environment. Pollution enters the soil with atmospheric precipitation, surface waste. They are also introduced into the soil layer by soil and groundwater.

Soil pollution is a kind of anthropogenic degradation, in which the content of chemicals in soils subject to anthropogenic impact exceeds the natural regional background level. Excess of the content of certain chemicals in the human environment (compared to natural levels) due to their receipt from anthropogenic sources represents an environmental hazard.

Soils can be polluted by the accumulation of heavy metals and metalloids due to emissions from rapidly developing industrial zones, tailing dumps, removal of heavy metal waste, leaded gasoline and paints, fertilizer, manure, sewage sludge, pesticides, sewage water, coal combustion residues, oil spills and atmospheric deposition [1, 2].

The term "heavy metals", which characterizes a wide group of polluting substances, has recently gained considerable popularity. In various scientific and applied works, the authors interpret the meaning of this concept in different ways. In this regard, the number of elements classified as heavy metals varies widely. As the membership criteria, numerous characteristics are used: atomic mass, density, toxicity, prevalence in the natural environment, degree of involvement in natural and man-made cycles [3].

Soils are the main absorber of heavy metals released into the environment by the above-mentioned anthropogenic activity, and unlike organic contaminants that are oxidized to carbon monoxide (IV) by microbial action, most metals are not subjected to microbiological or chemical degradation [4], and their total concentration in soils persists for a long time after their introduction [5].

The problem of soil contamination with toxic compounds, including heavy metals is becoming increasingly important. Heavy metals (HM) already now occupy the first place in terms of the degree of danger, and far ahead of such widely known pollutants. Contamination of HM is associated with their widespread use in industrial production.

Soil belongs to the most important natural resource; the condition of soil determines the ecological balance of the planet. Soil is the surface of the earth, which has properties that characterize both living and non-living nature.

However, changes in their chemical forms and bioavailability are possible. The presence of toxic metals in the soil can seriously inhibit the biodegradation of organic contaminants [6]. Soil contamination with heavy metals can be dangerous for humans and ecosystems by: direct intake or contact with contaminated soil, food chain (soil-plant-man or soil-plant-animal-man), contaminated groundwater, reduced food quality [7-9].

Technological emissions from stationary and mobile sources of environmental pollution in cities enter the atmosphere, and then, falling on the earth's surface, accumulate in the upper horizons of soils, are included in the natural and technogenic migration cycles. Engaging in the biological cycle, heavy metals are transmitted along food chains and cause a number of negative consequences at various levels, including in the human body, as the final link of any ecological chain.

For the greening of cities, the creation of flower beds various varieties of flower are widely used, which perform not only important ecological functions, but also decorative and aesthetic, give individual traits for city. Ornamental flower are capable in varying degrees to accumulation of heavy metals from urban soil and, consequently, can serve as phyto-mediators of urbanized territories.

#### OBJECTS AND METHODS OF RESEARCH

Were chosen residential, transport, industrial and recreational areas of Shymkent city.

The soils were researched in each functional zone of the city of Shymkent: in the residential area - inside the region "Nursat", in the transport area –crossing Republic prospect and Tauke Han avenue, in the industrial zone is the zone affected by the lead factory (in this moment it is not work), in the recreational area is the Central Shymkent City.

Chemical analysis to determine the content of gross forms of lead, copper, zinc and cadmium both in soil and in plant samples was carried out by the atomic-adsorption method in a special laboratory.

In each flower culture, the presence of a "biochemical barrier" at the boundary "underground (root) phytomass - aboveground phytomass" was determined and the biological absorption coefficient  $A_x$  of heavy metals was calculated according to the formula proposed.

$$A_x = K_p / K_n$$

Where  $K_p$  - the content of heavy metals in ornamental plants;  $K_n$  is the content of heavy metals in the soil.

For the greening of cities, the creation of flower beds, flower beds, lawns, various varieties of flower crops and cereals are widely used, which perform not only important ecological functions, but also decorative and aesthetic, give individual settlements an individual traits.

For today in literary sources there are practically no results of studies on the ability of urban ornamental plants to remediate, for when choosing crops for landscaping of the territory the emphasis is mainly on their decorative qualities.

Proceeding from the foregoing, we formulated the task: ornamental flower crops-city landscapers are capable in varying degrees of accumulation of heavy metals from urban soil and, consequently, can serve as phyto-mediators of urbanized territories.

Below in the application for the invention, we conducted a series of scientific studies on the evaluation of phytoremediation properties of five flower crops, which are traditionally used for gardening of urban areas in the South Kazakhstan region (Shymkent): Tulipa, Tagetes, Amaranthus), salvia (Salvia) and cineraria (Cineraria).

## RESULT AND DISCUSSION

The closest analogue of the invention to the combination of the main essential features is the method for purifying soils from heavy metals by growing phytomelirant plants on contaminated soils, followed by their removal, with safflower as the phyto-meliorant plant, and seeds of safflower sown in contaminated soil at the rate of 20-22 kg / ha, adult plants are brought to the end of flowering and the beginning of withering of the lower leaves begins, after which the phyto-meliorant is completely removed from the soil.

To the disadvantages of analog work should be attributed studies only sown into the soil of the necessary plant species, and at the end of the season completely remove them. At the same time, the evaluation of the degree of extraction of the chemical composition is not indicated, for example, in the content of gross forms of lead, copper, zinc and cadmium, both in soil and in plant samples using the biological absorption coefficient, since they were used in the culture analogue at the concentration of heavy metals in the root layer Soils for agricultural fields, which are not sufficiently suitable for urban landscaping landscaping, and are not always technically possible, not effective enough, and, more often than not, about, are economically unprofitable.

The aim of the invention is to increase the efficiency of the phytoremediation process in urban soils with ornamental flower crops and to assess the extent of migration of elements of heavy metals from the soil.

The technical result is a more complete determination of the dependence of the distribution of heavy metals between the aboveground and underground parts of plants and the identification of a "biological barrier" at the boundary "root system - aboveground phytomass" in the studied flower crops, and also to calculate the ratio of the concentrations of pollutants in them aboveground and underground phytomass. All this in general reflects the rate of increase or decrease in migration of pollutants throughout the plant, since after the flowering, all ornamental plants are completely removed from the urban soil.

In essence, the task is achieved by planting decorative flower plants: tulips, marigolds and amaranth, which are used as phytoremediation, bring the plants to the end of flowering stage, migrate elements of heavy metals at the ratio of the biological absorption coefficient, which is for marigold and amaranth in the above-ground 17.0, and in the underground 33.1 respectively, after which the phytoremedant is completely removed from the urban soil and the plants are disposed.

**Table 1.** Results after the experiment for each plant

Functional area of the city	Pb <sup>2+</sup>	Cd <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>
<b>Tulipa</b>				
Transport area	0,03	0,04	0,38	0,59
Industrial area	0,04	0,09	0,30	0,87
Recreational(Central Park) area	0,02	0,15	0,18	0,45
Residential (R.C.Nursat) area	0,02	0,08	0,23	0,35
<b>Tagetes</b>				
Transport area	0,44	0,07	0,19	0,14
Industrial area	0,20	-	0,78	0,19
Recreational (Central Park) area	0,36	0,06	0,62	0,52
Residential (R.C.Nursat) area	0,03	-	0,42	0,57
<b>Amaranthus</b>				
Transport area	0,92	0,07	0,65	1,60
Industrial area	0,93	-	-	1,19
<b>Salvia</b>				
Transport area	0,15	-	0,67	4,88
Industrial area	0,28	0,6	0,72	1,77

Thus, the planting of ornamental flower plants in the urban soil, prone to accumulation of HM in the roots (underground part) and aboveground parts of plants, is considered a phytoremediation, i.e. cultivation of crops. To this culture can be attributed decorative floral plants: tulips, marigolds and amaranth, which have all the necessary properties of the phyto-accumulator.

In each flower culture, the presence of a "biochemical barrier" on the boundary "underground (root) phytomass - aboveground phytomass" was determined and the coefficient of biological absorption of heavy metals was calculated by the formula proposed by Perelman AI Geochemistry: A Textbook for Geological Specialized Higher Educational Institutions. - 2nd ed., Revised and supplemented / AI Prelman - M.: Higher School of Economics, 1989. - 528 pp.):  $A_x = K_p / K_n$ , where  $K_p$  - the content of heavy metals in ornamental plants;  $K_n$  is the content of heavy metals in the soil.

Our studies have made it possible to establish that the total content of all the elements under investigation in urban soils is within the MPC or UDC, and copper in all soil samples is even lower than the regional background value by an average of 50%. The content of cadmium in all soil samples was higher than the background level by 66.7%. The content of other heavy metals in different functional zones of the city (Table 2).

**Table 2** - The content of heavy metals in different functional zones of the city

Functional area of the city	Pb <sup>2+</sup> , mg/kg	Cd <sup>2+</sup> , mg/kg	Cu <sup>2+</sup> , mg/kg	Zn <sup>2+</sup> , mg/kg
Regional Background	12.0	0.18	27.0	35.0
Transport	13.4	0.3	13.8	47
Industrial	18.4	0.3	12.9	51
Recreational	12.2	0.3	13.8	42.4
Residential	19	0.3	12.0	51.8

In the soil samples selected in the area of the main industrial area of Shymkent city the maximum of all samples of lead and zinc, exceeding the background value by 55.3% and 54.6%, respectively, was noted. Along the main transport routes, soil samples also contain a high amount of these metals, but the excess of background values is lower than in the industrial zone: lead by 11.7%, zinc by 27.7%. This fact is due to the fact that along the main transport highways in recent years, there is often a replacement of the upper urban soil. The contaminated upper soil layer is filled up with a new one, which does not contain contaminants, or is completely removed. In the industrial and residential areas of the city, these events are not held. Here the soil deposits pollutants from the air for decades. In addition, the influence of private vehicles on the ecological state of soils also occurs within residential areas. It is for this reason that there is a high content of lead and zinc, both in industrial and residential areas, and not in transport.

Acknowledgements: The financial support was implemented by the Project Agreement №164-24 "Scientific-practical bases of microencapsulation of bioactive substances and principally new stimulators of plant development with the purpose of agricultural production intensification" of the Ministry of Education and Sciences of the Republic of Kazakhstan.

#### REFERENCE

- [1]. S. Khan, Q. Cao, Y. M. Zheng, Y. Z. Huang, and Y. G. Zhu, "Health risks of heavy metals in contaminated soils and food crops irrigated with wastewater in Beijing, China," *Environmental Pollution*, vol. 152, no. 3, pp. 686–692, 2008. [View at Publisher](#) · [View at Google Scholar](#) · [View at PubMed](#) · [View at Scopus](#)
- [2]. M. K. Zhang, Z. Y. Liu, and H. Wang, "Use of single extraction methods to predict bioavailability of heavy metals in polluted soils to rice," *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, vol. 41, no. 7, pp. 820–831, 2010. [View at Publisher](#) · [View at Google Scholar](#) · [View at Scopus](#)
- [3]. GWRTAC, "Remediation of metals-contaminated soils and groundwater," Tech. Rep. TE-97-01., GWRTAC, Pittsburgh, Pa, USA, 1997, GWRTAC-E Series. [View at Google Scholar](#)
- [4]. T. A. Kirpichtchikova, A. Manceau, L. Spadini, F. Panfili, M. A. Marcus, and T. Jacquet, "Speciation and solubility of heavy metals in contaminated soil using X-ray microfluorescence, EXAFS spectroscopy, chemical extraction, and thermodynamic modeling," *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 70, no. 9, pp. 2163–2190, 2006. [View at Publisher](#) · [View at Google Scholar](#) · [View at Scopus](#)
- [5]. D. C. Adriano, *Trace Elements in Terrestrial Environments: Biogeochemistry, Bioavailability and Risks of Metals*, Springer, New York, NY, USA, 2nd edition, 2003.
- [6]. P. Maslin and R. M. Maier, "Rhamnolipid-enhanced mineralization of phenanthrene in organic-metal co-contaminated soils," *Bioremediation Journal*, vol. 4, no. 4, pp. 295–308, 2000. [View at Google Scholar](#) · [View at Scopus](#)

[7]. M. J. McLaughlin, B. A. Zarcinas, D. P. Stevens, and N. Cook, "Soil testing for heavy metals," *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, vol. 31, no. 11–14, pp. 1661–1700, 2000. [View at Google Scholar](#) · [View at Scopus](#)

[8]. M. J. McLaughlin, R. E. Hamon, R. G. McLaren, T. W. Speir, and S. L. Rogers, "Review: a bioavailability-based rationale for controlling metal and metalloid contamination of agricultural land in Australia and New Zealand," *Australian Journal of Soil Research*, vol. 38, no. 6, pp. 1037–1086, 2000. [View at Publisher](#) · [View at Google Scholar](#) · [View at Scopus](#)

[9]. W. Ling, Q. Shen, Y. Gao, X. Gu, and Z. Yang, "Use of bentonite to control the release of copper from contaminated soils," *Australian Journal of Soil Research*, vol. 45, no. 8, pp. 618–623, 2007. [View at Publisher](#) · [View at Google Scholar](#) · [View at Scopus](#)

Сапарбекова А.А., Мамаева Л.А., Б.Ж. Муталиева, Сейдахмет И.А., Сакиева З.Ж.

#### **Декоративті қалалық өсімдіктерді топырақтан ауыр металдармен ластанған аймақтарды тазалауға қолдану**

**Түйіндеме.** Топырақтың улы заттармен қатар ауыр металдармен де ластануы қоғамда үлкен рөл алып келеді. Жолдық аймақтардан алыс орындарда топырақта бұл металдардың мөлшері көп, бірақ фондық мәндердің жоғарлауы өндірістік аймақтарға қарағанда төмен: цинк – 27,7% , қорғасын . Бұлай болу себептері темір көліктердің топырақ жолдарда көп жүруі. Тұрмыстық аймақтарда да көліктік ластануы экологиялық жағынан зиянын тигізеді. Дәл осы себепті цинк пен қорғасынның тұрмыстық аймақтарда да , өндірістік аймақтарда да көп болуы зиянын тигізеді.

**Кілт сөздер:** ауыр металдар, өсімдік , витаремидация , қалалық , өндірістік аймақ , тұрмыстық аудан.

Сапарбекова А.А., Мамаева Л.А., Б.Ж. Муталиева, Сейдахмет И.А. Сакиева З.Ж.

#### **Использование декоративных городских растений для восстановления почв, загрязненных тяжелыми металлами**

**Резюме.** Проблема загрязнения почвы токсичными соединениями, включая тяжелые металлы, приобретает все большее значение. Вдоль основных транспортных путей образцы почвы содержат большое количество этих металлов, но превышение фоновых значений ниже, чем в промышленной зоне: свинец на 11,7%, цинк - на 27,7%. Это связано с тем, что вдоль основных транспортных магистралей в последние годы часто происходит замещение верхней городской почвы. Влияние личных транспортных средств на экологическое состояние почв также происходит в жилых районах. Именно по этой причине существует высокое содержание свинца и цинка, как в промышленных, так и в жилых районах, а не на транспортных магистралях.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, растения, фиторемедиация, городская, промышленная зона, жилые районы

УДК 551.736 (574)

**G.Y. Kulumbetova**

(Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev, Almaty, Republic of Kazakhstan)  
E-mail: gkulum@gmail.com

#### **A STRUCTURE FEATURE AND EXTENTION OF THE MAIN STRATA KT-II AT THE EASTERN PRECASPIAN SYNECLISE**

**Abstract.** Carbonate and terrigenous stratum KT-II is the main oil and gas bearing zones of the eastern edge of the Precaspian syncline. Many of the large oil fields are confined to this stratum. A structure and lithology of the stratum rocks change in the different part of the eastern edge of the Precaspian Basin. A detailed study of sedimentation conditions and the tectonic mode of the formation stage is an important task in setting up geological exploration and selecting drilling points for exploratory wells. The article provides a detailed description of the lithologic and stratigraphic characteristics of rocks of the Carboniferous age, which form a stratum section of the KT-II. The description of the geodynamic situation prevailing within the eastern border of the Caspian Basin, in the period from the pre-Devonian to the upper Carboniferous, is given. It also presents the actual results of drilling wells located within the study area, a description of the data of lithology, thickness of subsalt rocks exposed by wells.

**Key words:** Precaspian syncline, carbonate and terrigenous stratum KT-II, system, epoch, unit, formations

Г.Е. Кулумбетова

(Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева, Алматы, Республика Казахстан, E-mail: gkulum@gmail.com)

**ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ОСНОВНОЙ ПРОДУКТИВНОЙ ТОЛЩИ КТ-II НА ВОСТОКЕ ПРИКАСПИЙСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ**

**Аннотация.** Карбонатно-терригенная толща КТ-II является основным нефтегазопродуктивным объектом восточного борта Прикаспийской синеклизы. К данной толще приурочены крупные месторождения нефти газа. Структура, строение, литологический состав пород толщи меняются в разных частях восточного борта Прикаспийской впадины. Детальное изучение условий осадконакопления и тектонического режима этапа формирования толщи является важной задачей при постановке геолого-разведочных работ и выбора точек бурения разведочных скважин. Приводится детальное описание литолого-стратиграфической характеристики пород каменноугольного возраста, которые слагают разрез толщи КТ-II. Приведено описание геодинамической обстановки, преобладающей в пределах восточного борта Прикаспийской впадины, в период от додевонского до верхне каменноугольного времени. Также представлены фактические результаты бурения скважин, расположенных в пределах изучаемой территории, описание данных литологии, мощности вскрытых скважинами подсолевых пород.

**Ключевые слова:** Прикаспийская синеклиза, карбонатно-терригенная толща КТ-II, система, ярус, пачка, отложения.

Разрабатываемые на востоке Прикаспийской синеклизы месторождения – Жанажол, Кенкияк, Кожасай, Урихтай, Алибекмола и др., приурочены к карбонатной толще КТ-II. Данная толща достаточно хорошо изучена по материалам бурения и сейсморазведки.

Карбонатная толща (КТ-II) охватывает широкий временной интервал – от верхневизейского подъяруса нижнего отдела до низов подольского яруса среднего отдела каменноугольной системы - C<sub>1v2</sub>a<sub>2</sub>-C<sub>2m1</sub>-C<sub>2m2</sub>pd<sub>1</sub> (рис. 1). Она распространена практически на всей исследуемой территории. Ее протяженность с севера на юг составляет около 350 км, а ширина – 80-120 км. Максимальная мощность толщи 600-800 м установлена на восточной периферийной части ее распространения. В западном и юго-западном направлениях мощность уменьшается до 300-400 м, затем на участках Восточный Аккудук, Жанатан и Боржер (Божер-Акжарская зона) ее значения составляют 50-100 м, а на участках Караулкельды и В. Акжар – толща полностью выклинивается. Это связано с разной амплитудой предпермского размыва. Изменение стратиграфического объема толщи также происходит в широтном направлении.

СИСТЕМА	ЯРУС	Горизонт	ТОЛЩИНА	ЛИТОЛОГИЯ		
PZ C	C <sub>3</sub>	ГЖЕЛЬСКИЙ C <sub>3g</sub>	370	[Литологический рисунок]	КТ-I	
		КАСИМОВСКИЙ C <sub>3k</sub>	0-350	[Литологический рисунок]		
	C <sub>2</sub>	МОСКОВСКИЙ	Мячковский горизонт	100-700	[Литологический рисунок]	МКТ
			Подольский горизонт	100-700	[Литологический рисунок]	
			Каширский горизонт	30-320	[Литологический рисунок]	
		БАШКИРСКИЙ	Верейский горизонт	0-145	[Литологический рисунок]	КТ-II
			Прикамский горизонт	0-100	[Литологический рисунок]	
			Северокельменский горизонт	0-100	[Литологический рисунок]	
			Краснополянский горизонт	44-134	[Литологический рисунок]	
	C <sub>1</sub>	СЕРПУХОВСКИЙ	Богдановский горизонт	20-55	[Литологический рисунок]	КТ-II
			Запалюбинский горизонт	20	[Литологический рисунок]	
		ВИВЕЙСКИЙ	Протавинский горизонт	130	[Литологический рисунок]	
			Стешевский горизонт	55-170	[Литологический рисунок]	
C <sub>1</sub>	ВИВЕЙСКИЙ	Тарусский горизонт	50-150	[Литологический рисунок]	КТ-II	
		Веневский горизонт	30-115	[Литологический рисунок]		
C <sub>1</sub>	ВИВЕЙСКИЙ	Тулский горизонт	125-570	[Литологический рисунок]	КТ-II	
		Тулский горизонт	125-570	[Литологический рисунок]		

Рис. 1. Литолого-стратиграфический разрез среднего и верхнего карбона, включающий толщи КТ-II, МКТ и КТ-I

Важно отметить, что полный стратиграфический объем нижней карбонатной толщи установлен только в восточной части рассматриваемой территории, где она залегает между двумя терригенными комплексами (ТТ-II и МКТ). В западном направлении верхняя возрастная граница толщи снижается до  $C_{2m_1}$  и затем до  $C_{2b}$  она несогласно перекрывается нижнепермскими отложениями, в основании которых, как правило, выделяется глинистая гаммаактивная пачка (Дальян и др., 1993). [3, 4, 7]

Сложена толща КТ-II известняками и лишь на крайнем востоке появляются редкие прослои известковистых аргиллитов и алевролитов, а также отмечена доломитизация и перекристаллизация. Известняки обычно светлоокрашенные – светло-серые до белых, массивные и тонкоплитчатые, биогенные, биокластовые, комковато-сгустковые, водорослевые. В нижней половине толщи (серпухов) присутствуют брахиоподовые банки и биогермы. По всему разрезу распространены разнообразные органические остатки – фораминиферы, брахиоподы, остракоды, конодонты, спорово-пыльцевые сообщества, водоросли. Эта органика позволила произвести поярусное и погоризонтное возрастное расчленение толщи и местами установить зональные стратиграфические перерывы внутри ее. [5, 6]

Верхневизейский подъярус (окский надгоризонт) включает отложения тульского, алексинско-михайловского и веневского горизонтов.

Тульский горизонт установлен между бобриковским и тульским горизонтами на каротажных диаграммах отбивается по кровле прослоя песчаника с высоким значением КС и по ступени начала понижения значения ГК. Литологически отложения тульского горизонта в нижней части представлены переслаиванием аргиллитов, песчаников, гравелитов, в верхней части преобладают аргиллиты и алевролиты с редкими прослоями известняков. Окраска пород черная, темно-серая. От нижележащих отложений отличается более глинистым составом.

Максимальная толщина тульских отложений 567 м установлена в скважине Г-5 Жанатан, минимальная – 125 м (Г-34 Лактыбай).

Выше залегают нерасчлененные алексинско-михайловские отложения. Они вскрыты на структурах Кожасай, Алибекмола, Куантай, Тускум, В. Тортколь, Жанажол, В. Мортук, Кенкиак, Трува и др. Нижняя часть разреза состоит из переслаивания темно-серых, зеленовато-серых аргиллитов, алевролитов, песчаников и редких прослоев известняков, доломитов, отмечается известняковая брекчия. В верхней части разреза количество известняковых прослоев увеличивается. Известняки серые, темно-серые, слабодоломитизированные. Толщина алексинско-михайловских отложений меняется от 179 м (Г-5 Жанатан) до 423 м (ПГС-1).

Веневский горизонт. Разрез визейского яруса венчают отложения веневского горизонта, вскрытие на структурах Алибекмола, Башенколь, Урихтау, Кожасай, Синельниковская, Тускум, Жанажол, Тортколь и др. литологически представлены известняками серыми, светло-коричневыми, с прослоями доломитов и доломитизированных известняков. Толщина отложений веневского горизонта колеблется от 27 м (Г-5 Жанатан) до 113 м (Г-9 Алибекмола).

Нерасчлененные визейские отложения толщиной 347 м установлены в скважине Г-1 Бактыгарын, представлены известняками серыми, светло-серыми, участками рыхлыми с редкими прослоями известковистых глин (инт. 5140-5187 м). В данных отложениях определены фораминиферы, конодонты и миоспоры верхнего визе.

Таким образом, для восточной бортовой зоны Прикаспийской впадины характерен пестрый состав пород визейского яруса. Здесь развиты в верхней части окского надгоризонта известняки биогермные, водорослевые, либо реликтивно-биогенные перекристаллизованные, замещающиеся по латерали и по разрезу на известняки детритовые, микросгустковые и шламовые с прослоями алевроаргиллитов и тонкозернистых песчаников. Нижневизейские, а также основная часть тульского горизонта верхнего визе представлены разным сочетанием терригенных пород. В региональном плане терригенные визейские отложения нижнего карбона погружаются с востока на запад от Ащисайского краевого глубинного разлома в сторону Хобдинской мульды от 3200 м на Жанатане, 5180 м на Восточном Акжаре до 6126 м на Караулкельдах, а также с юга на север от 3270 м на Тортколе, 3900 м на Лактыбае, 4262 м на Жанажоле, до 5125 м на Восточном Жагабулаке. При этом по данным бурения и сейсморазведки МОГТ мощность терригенного нижнего карбона увеличивается к востоку и западу от Жаркамышского выступа фундамента.

В скважине Г-5 В. Акжар толщина этих отложений составляет 448 м, к востоку вскрытая толщина составляет 1285 м на Терешковской площади (скв. 17), 1510 м на Жанатане (скв. Г-5), 1991 м на Кожасае (скв. ПГС-1) и 2875 м на Терескене (скв. П-1). По данным сейсморазведки МОГТ толщина описываемых отложений к Ащисайскому разлому увеличивается до 5000 м.

Таким образом, бурением вскрытая максимальная толщина визейских отложений в терригенной фации установлено в скважине П-1 Терескен – 1660 м, а в карбонатной фации – в скважине Г-1 Бактыгарын и составляет 347 м.

Отложения серпуховского яруса установлены в терригенных и карбонатных фациях в составе нижнего и верхнего подъярусов.

Нижнесерпуховский подъярус включает отложения тарусского и стешевского горизонтов, которые четко выделяются в карбонатных разрезах, а в терригенных разрезах в виду спорадической встречаемости микрофоссилий данные отложения трудно расчленить на горизонты.

Терригенные разрезы встречаются на структурах западнее линии скважин П-1 Кожасай, Г-2 В. Тортколь (Акжар, Каратюбе, Караукельды, Терешковская и др.). Отложения представлены линзовидным переслаиванием серых, темно-серых песчаников, аргиллитов, алевролита. Встречаются прослой серого глинистого известняка, туфогенного материала и гравелита серого разнообломочной структуры. Толщина нерасчлененных нижнесерпуховских отложений колеблется от 83 (П-1 Кожасай) до 160 м (Г-41 Каратюбе).

Тарусский горизонт вскрыт на структурах Жанажол, Кожасай, Синельниковская, Алибекмола, В. Тортколь, Урихтау, Кенкияк и др. и сложен переслаиванием светло-серых органогенных перекристаллизованных плотных и пористых известняков, расслоенных тонкими глинистыми прослоями.

Толщина отложений тарусского горизонта изменяется от 155 м (Г-4 В. Алибекмола) до 49 м (Г-4 Кумсай).

Стешевский горизонт слагают известняки серые, темно-серые, пористые, органогенные (в средней части с фораминиферами водорослевые). Горизонт имеет характерную промыслово-геофизическую характеристику и используется в качестве главного репера при расчленении серпуховских отложений. На каротажных диаграммах этот стратиграфический уровень характеризуется резким спадом значений кривых НГК, БК и отчасти КС.

Толщина отложений изменяется в пределах 55-170 м.

Верхнесерпуховский подъярус включает отложения протвинского и запалтубинского горизонтов, которые выделены в пределах востока Прикаспийской впадины на основе комплексного изучения микропалеонтологических остатков.

Протвинский горизонт вскрыт в пределах Темирской и Жанажол-В. Торткольской зонах, включает органогенные (преимущественно, брахиоподовые), окатаннозернистые и оолитово-онколитовые светло-серые известняки с прослоями доломитов.

Толщина протвинских отложений до 132 м.

Запалтубинский горизонт изучен в разрезах скважин Г-115 Кенкияк, Г-6, Г-7 Синельниковская, Г-22, Г-24 Урихтау, Г-7 В. Тортколь, П-6 Башенколь, Г-10 Алибекмола, Г-5 Жанатан (Темирская, Тускум-Кожасайская, Жанажол-Торткольская зоны), где произведен наиболее полный отбор керн. Он сложен известняками светло-серыми реликтивно-органогенными, перекристаллизованными. Толщина отложений до 20 м.

Толщина серпуховского яруса в пределах Жанажольской зоны составляет 128-165 м, а в Темирской – 72-140 м.

На серпуховском ярусе согласно, местами со стратиграфическим зональным несогласием залегают отложения среднего карбона.

В составе среднекаменноугольных отложений выделяются породы башкирского и московского ярусов. Возрастной диапазон среднекаменноугольной части карбонатной толщи (КТ-II) - башкирский ярус-нижнемосковский подъярус и низы подольского горизонта ( $C_2m_2pd_1$ ).

На известняки КТ-II без видимого перерыва и несогласия налегает верхняя терригенная толща ТТ-I, возраст которой изучавшие территорию исследователи устанавливают как среднюю часть подольского горизонта  $C_2m_2pd_2$  (Особенности разведки..., 1986). Мощность толщи изменяется от 300-500 м в разрезах центральной части восточной полосы до полного выклинивания на западе.

Башкирский ярус имеет разный стратиграфический объем. Верхняя граница башкирского яруса сопровождается крупным региональным стратиграфическим несогласием. Наиболее полные разрезы установлены в пределах структур Алибекмола, Урихтау, Кожасай, Синельниковская, Тускум, Кожасайская, Жанажол и Торткольская. (рис. 2)

Нижнебашкирский подъярус имеет ограниченное распространение и установлен в тех же скважинах, где запалтубинский горизонт серпуховского яруса. Отложения представлены светло-серыми известняками следующих разностей: органогенные, водорослевые, оолитово-онколитовые, сгустковые.



Толщина отложений колеблется от 20 до 55 м.

Краснополянский горизонт имеет наиболее широкое распространение в пределах структур Кенкияк, Урихтау, Жанажол, Кожасай, Алибекмола. Отложения представлены известняками светло-серыми, биоморфно-детритовыми, органогенно-обломочными, водорослево-фораминиферовыми, желвачковыми с редкими прослоями глинистых пород, доломитов и известняковых гравелитов. Толщина отложений краснополянского горизонта изменяется от 134 м (Г-20 Алибекмола) до 44 м (ПГС-1 Кожасай).

Северо-кельтменский горизонт прослеживается в разрезах структур, что и краснополянские отложения, граница между ними согласная. Литологически представлен известняками кремовыми, темно-серыми, оолитовыми, органогенно-комковатыми, массивными, тонко-плитчатыми, разнотернистыми с прослоями темно-серых глин и аргиллитов. В западном направлении (от Алибекмола к Кожасаю) преобладают известняки в различной степени окремненные и доломитизированные, увеличивается количество терригенных прослоев.

В зависимости от структурного положения скважин толщина северокельтменских отложений составляет на Жанажоле 55-70 м, Алибекмоле 100-140 м, Урихтау 80-120 м, Жанатан II-38 м.

Кокпектинской скважиной Г-6 вскрыты отложения, которые по литологическому составу подразделены на 2 пачки и названы атжаксинской толщей. Верхняя пачка представлена чередованием в равных соотношениях известняков белых, серовато-белых, органогенных с серыми, темно-серыми аргиллитами. Нижняя пачка состоит из белых, серовато-белых, розовато-белых известняков с редкими прослоями серых, темно-серых аргиллитов. По комплексу выделенных фораминифер атжаксинская толща является аналогом краснополянского и северо-кельтменского горизонтов. Истинная пройденная толща всей атжаксинской толщи в пределах 187 м.

Прикамский горизонт прослежен в единичных разрезах площадей Алибекмола, Жанажол, Кожасай, Жагабулак, Урихтау. Отложения представлены известняками серыми, светло-серыми, биоморфными, комковато-органогенными, микросгустковыми, водорослево-фораминиферовыми со множеством стилолитовых швов, выполненных глинистым материалом.

Толщина отложений прикамского горизонта изменяется с запада на восток от 0 до 40 м (Урихтау), 70 м (Жанажол) и 100 м (Алибекмола).

Общая толщина башкирских отложений от 129 на Кожасае, 200 м на Жанажоле и до 300 м на Алибекмоле.

На породах различных горизонтов башкирского яруса трансгрессивно залегают отложения московского яруса.

Московский ярус имеет не повсеместное распространение и непостоянный стратиграфический объем. В общем комплексе московских отложений на основе палеонтологических данных в пределах востока Прикаспийской впадины различаются породы всех горизонтов: верейского, каширского, подольского, мячковского (рис. 2).

Нижемосковский подъярус. Верейский горизонт установлен в разрезах Жанажол, Алибекмола, Урихтау, Ц. Якут. Локально на Арансае, Кожасае и залегают чаще трансгрессивно. Разрез слагают известняки серые, темно-серые до черного, органогенно-сгустковые, плитчатые, с прослоями черных, кремней, алевролитов и аргиллитов.

Толщина отложений зависит от предверейского размыва и колеблется от 0 до 145 м (Г-5 Алибекмола).

Каширский горизонт по литологической и палеонтологической характеристике делится на две части. В основании каширского горизонта выделяется толща пород, имеющая четкую геофизическую характеристику и прослеживающаяся в разрезах структур Жанажол, Алибекмола расположенная между верейским и каширским подъярусами с четким палеонтологическим обоснованием, которая нами отнесена к цнинскому подъярису. Литологически толща сложена известняками белыми, серыми, детритово-органогенными и тонкими прослоями аргиллитов серо-зеленых, алевритистых. Толщина этих отложений 52-75 м.

Верхняя часть каширского горизонта имеет широкое развитие на структурах Алибекмола, В. Алибек, Жанажол, В. Жанажол, Ц. Якут, Урихтау. Отложения представлены известняками белыми, серыми, темно-серыми органогенно-комковатыми, биоморфно-водорослевыми, тонкозернистыми и глинистыми разностями известняков, известняковых песчаников с подчиненными прослоями терригенных и карбонатно-кремнистых пород. Органические остатки в них разнообразны и многочисленны. Толщина отложений каширского горизонта от 30 до 320 м (свыше 200 м зафиксирована в единичных разрезах скв. П-4, П-5 Алибекмола, Г-4 В. Алибекмола и Г-72 Жанажол).

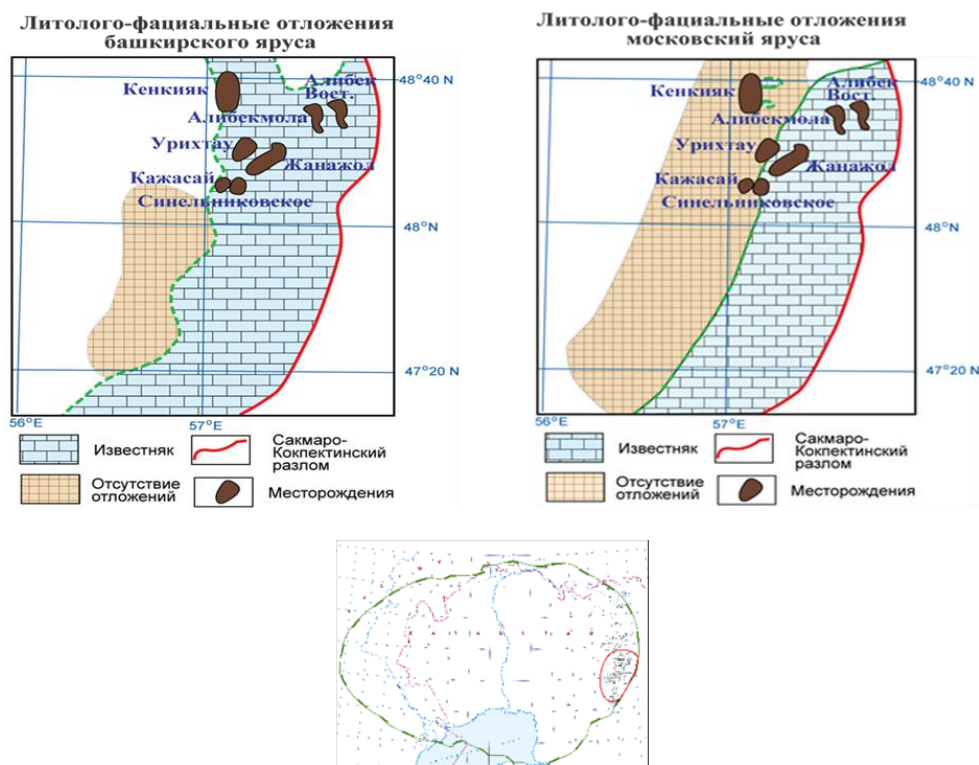


Рис. 2. Литолого-фациальные схемы по востоку Прикаспийской синеклизы

К верхнемосковскому подъярсу относятся МКТ и карбонатная толща (КТ-I). Подольский горизонт состоит из толщи терригенных отложений МКТ. По литологической характеристике разрез подольского горизонта в большинстве разрезах состоит из двух толщ: терригенной и карбонатной. Наиболее полные разрезы верхнемосковского подъяруса известны на площадях Жанажол и Синельниковская.

Мощность толщи КТ-I на востоке - 400-500 м и уменьшается на севере до 140-180 м Ю.Мортук, а в южной - 140-160 м на структурах Ю. Тускум, Вост. Тортколь.

Полный стратиграфический объем толщи, в соответствии с палеонтологическими данными определен как - верхи подольского горизонта верхнемосковского подъяруса-гжельский ярус верхнего карбона ( $C_{2m2pd3}$ - $C_{3g}$ ) (Ахметшина, 1987, 1990).

Вышеописанные литологические особенности КТ-II обусловлены палеогеографическими условиями осадконакопления и геодинамической эволюцией рассматриваемой территории как пассивной континентальной окраины Уральского палеоокеана. [1].

Современная картина тектонического строения региона трактуется как результат взаимодействия (расхождение, сближение, столкновение и коллизия) двух древних литосферных плит палеозойского типа: Восточно-Европейской и Казахстанской. Между этими двумя континентами существовал Урало-Тянь-Шаньский океан. В конце палеозоя две плиты: Восточно-Европейская и Казастанская столкнулись и перестали существовать как самостоятельные плиты, образуя остров единой молодой Евразийской литосферной плиты. Палеоокеанические отложения были деформированы позднепалеозойской коллизией этих плит, надвиговое движение в западном направлении сформировало такую восточную окраину бассейна, которую мы наблюдаем в настоящее время. [2, 8]

Западный склон Казахстанской плиты в девоне и раннем карбоне развивался в режиме пассивной континентальной окраины. Здесь характерно то, что девоне и в нижнем карбоне шло накопление карбонатов в условиях открытого шельфа. Далее карбонаты сменяются терригенными осадками верхнего палеозоя – этап сближения и столкновения двух плит.

Таким образом, как следует из геологической истории рассматриваемого региона, в разрезе осадочного чехла выделяются два структурных комплекса: палеозойский и мезо-кайнозойский. Палеозойский отражает стадии развития Урало-Тянь-Шаньского палеоокеана. Он может быть разделен на два этажа: девонско-каменноугольный и верхнепермско-триасовый. Девонско-каменноугольный этаж сложен морскими терригенно-карбонатными отложениями

В восточной бортовой зоне (Жанажол-Торткольской) осадконакопление турнейский век происходило в мелководно-морском режиме, о чем свидетельствует наличие карбонатного цемента, прослой известняков, находки фауны и появление на разных уровнях разнозернистых песчаников.

Выше нижнекаменноугольного терригенного комплекса залегает карбонатный комплекс (КТ-II) толщиной до 1115 м, сложенный породами органогенного происхождения (известняки водорослевые, брахиоподовые, криноидные, детритовые, фораминиферовые, оолитовые) с незначительными прослоями терригенных пород и частично доломитов. Стратиграфический диапазон отложений михайловский, веневский горизонты визейского яруса нижнего карбона – каширский горизонт московского яруса среднего карбона (Рис. 2). Формирование осадков происходило в период регрессивного цикла карбонатонакопления в условиях теплого мелководья с изолированными лагунами, бухтами, заливами, в полуизолированной морской отмели, а также в отмельно-волновой зоне. В отдельные отрезки времени отмечался привнос терригенного материала. Известняки КТ-II перекрываются терригенной толщей (до 600 м) нижней половины подольского горизонта верхнемосковского подъяруса (МКТ). [9, 10]

Поздний карбон знаменуется резким падением уровня моря, что привело к частичному размыву ранее накопившихся отложений в области приподнятых участков и карбонатных построек, сокращению зоны карбонатного шельфа, образованию подводных отмелей и повышению роли терригенного материала (рис. 3).

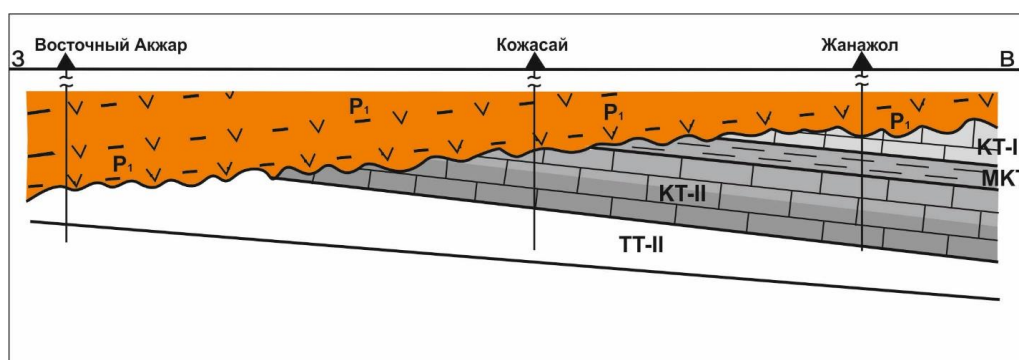


Рис. 3. Схема строения подсолевых отложений на востоке Прикаспийской синеклизы

С целью правильного прогнозирования и поиска нефтегазоносных объектов, выявленных по сейсмическим исследованиям, необходимо детальное изучение литолого-стратиграфической характеристики отложений и геодинамической обстановки региона, предопределившей условия осадконакопления. Данный подход особенно важен при поисках, которые ориентированы на основную продуктивную толщу КТ-II, так как характер ее расположения и строения не всегда однозначен, что повышает риск при оценки перспективных объектов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Дальян И.Б. Формирование и размещение залежей нефти и газа в подсолевых отложениях восточной окраины Прикаспийской впадины // Геология нефти и газа. – 1987. – № 5. – С. 31-35.
- [2]. Жолтаев Г. Ж. Куандыков Б. М. Геодинамическая модель строения юга Евразии // Нефть и газ. – 1999. – № 2. – С. 62-74.
- [3]. Жолтаев Г.Ж. Тектоника и условия осадконакопления на востоке Прикаспийской синеклизы в раннепермскую эпоху // Геология и разведка недр Казахстана. – 1998. – С. 15-20
- [4]. Жолтаев Г.Ж. Палеозойский осадочные бассейны зоны сочлинения Урала с Тянь-Шанем // Геология и полезные ископаемые. – С. 2-7.
- [5]. Жолтаев Г.Ж. Геодинамические модели и нефтегазоносность палеозойских осадочных бассейнов Западного и Южного Казахстана – М., 1992. – С. 48
- [6]. Орешкин И.В. Нефтегазогеологическое районирование и условия формирования месторождений в подсолевом мегакомплексе Прикаспийской нефтегазоносной провинции // Недра Поволжья и Прикаспия. – 2001. – Вып. 26. – С. 42-47.
- [7]. Орешкин И.В. Постнова Е.В., Шестакова Т.Д. Условия формирования залежей углеводородов и локальный прогноз нефтегазоносности подсолевых отложений восточной части Прикаспийской впадины // Недра Поволжья и Прикаспия. – 1991. – Пробный выпуск. – С. 33-39.
- [8]. Воцалевский Э.С., Пилифосов В.М., Жемчужников В.Г. Карбонатные платформы и развитие позднепалеозойских карбонатных бассейнов Западного Казахстана в связи с их нефтегазоносностью // Геология Казахстана. Сб.Трудов, посвященный XXXII сессии МГК. – Алматы, 2004. – С. 341-329

[9]. Даукеев С.Ж., Воцалевский Э.С., Удженов Б.С. и др. Глубинное строение и минеральные ресурсы Казахстана // Нефть и газ. – Алматы, 2002– Том 3.

[10]. Курманов С. Карбонатные отложения Прикаспийской впадины // Геология Казахстана. – 1999. – № 4.

Кулумбетова Г.Е.

**Каспий маңы синеклизасының шығысында КТ-II негізгі өнімді жер қыртысының қалың қабатының құрылу ерекшеліктері мен таралуы.**

**Түйіндеме.** КТ-II карбонатты-терригендік жер қыртысының қалың қабаты Каспий маңы синеклизасының шығыс жиегінің негізгі өнімді мұнайгаз нысаны болып табылады. Осы қалың қабатта ірі мұнай және газ кен орындары орналасқан. Жер қыртысының қалың қабатының құрылымы, бітімі, таужыныстарының литологиялық құрамы Каспий маңы ойпатының шығыс жиегіндегі әр түрлі бөлігінде әркелкі өзгереді. Шөгіндінің жиналуының шарттарын және қалың қабаттың қалыптасу кезеңінің тектоникалық ретін жан-жақты зерттеу геологиялық барлау жұмыстарын ұйымдастыру мен ізденісті ұңғымалардың бұрғылау нүктелерін таңдау кезінде маңызды міндеттердің бірі болып келеді. Мақалада КТ-II қалың қабатының кимасын құрастыратын тас көмір кезеңі жыныстарының литологиялық-стратиграфиялық сипаттамасы толық бейнеленген. Каспий маңы ойпатының шығыс жиегінде басым болып келетін девонға дейінгі кезеңнен жоғарғы тас көмір кезеңі аралығындағы геодинамикалық жағдайдың сипаттамасы берілген. Сонымен қатар зерттеу барысындағы аймақтың шегінде орналасқан ұңғымаларды бұрғылаудың нақты нәтижелері, литология мәліметтерінің сипаттамасы, ұңғымалардың ашқан тұз асты жыныстарының қалыңдығы көрсетілген.

**Түйінді сөздер:** Каспий маңы синеклизасы, карбонатты-терригендік КТ-II қалың қабаты, жүйе, жікқабат, буда, түзілімдер.

МРНТИ 87.15.21

**<sup>1\*</sup> B.N. Mynbayeva, <sup>2</sup>G.B. Bekahmet, <sup>3</sup>G.K. Yerubayeva**

(<sup>1</sup> \* Kazakh National Pedagogical University named after Abai, Almaty, Republic of Kazakhstan,

<sup>2</sup>Kazakh National University named after Al-Farabi, Almaty, Republic, <sup>3</sup>Turan University, Almaty, Republic of Kazakhstan, E-mail: bmynbayeva@gmail.com, erubaeva.turan@mail.ru)

### **RECREATIONAL LOADS INSTALLATION ON THE BIG ALMATY GORGE IN THE ILE-ALATAU STATE NATIONAL NATURAL PARK**

**Abstract.** These studies were conducted to install recreational loads in the Big Almaty Gorge (BAG) and, in particular, through the hiking route “Big Almaty Lake” (BAL). The calculating methods and formulas of the recreational load and establishing the recreational capacity were used in the studies. The recreational load of the Ile-Alatau SNNP, was calculated by 7 formulas and indicators has showed a rather high correlation between the degree of exploitation or recreational load and environmental criteria in the BAG. The negative environmental impact of recreants in the BAG is present, which is confirmed by the calculations of the indicators of the visitors recreational aggressiveness in combination with their high numbers, the power of the recreation impact on the territory and recreational pressure on the total area of its territory.

An assessment of the permissible recreational load on the “BAL” hiking route using 4 formulas and adding 2 indicators of “aggressiveness” and “psychological comfort” showed that it is necessary to change the load norms depending on the type of excursions or walking (hikes). Relevant recommendations for the Ile-Alatau SNNP were made.

As a result of the research, the recreational capacity of the entire territory of the Ile-Alatau SNNP (on average, from 4-5 to 10 times and even higher) through the additional facilities, with an increase in the number of groups on the route or trail, but not their number was proposed to increase.

**Keywords:** recreational nature management, geo-ecology, the Ile-Alatau National Park

**<sup>1\*</sup>Б.Н. Мынбаева, <sup>2</sup>Г.Б. Бекахмет, <sup>3</sup>Г.К. Ерубаяева**

(<sup>1\*</sup>Казахский Национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Республика Казахстан, <sup>2</sup>Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, Алматы, Республика,

<sup>3</sup>Туран университет, Алматы, Республика Казахстан

E-mail: bmynbayeva@gmail.com, erubaeva.turan@mail.ru)

### **УСТАНОВЛЕНИЕ РЕКРЕАЦИОННЫХ НАГРУЗОК НА БОЛЬШОЕ АЛМАТИНСКОЕ УЩЕЛЬЕ В ИЛЕ-АЛАТАУСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ НАЦИОНАЛЬНОМ ПРИРОДНОМ ПАРКЕ**

**Аннотация.** Данные исследования проведены для установления рекреационных нагрузок по Большому Алматинскому ущелью (БАУ) и, в частности, по туристскому маршруту «Большое Алматинское озеро» (БАО).

В исследованиях были использованы методики и формулы расчетов рекреационной нагрузки и установления рекреационной емкости. Рекреационная нагрузка Иле-Алатауского ГНПП, рассчитанная по 7 формулам и показателям, показала, что в БАУ сохраняется достаточно высокая корреляция между степенью эксплуатации или рекреационной нагрузкой и экологическими критериями. Негативное экологическое воздействие рекреантов в БАУ присутствует, что подтверждают расчеты по показателям рекреационной агрессивности посетителей в сочетании с высокой их численностью, мощности воздействия рекреации на территорию и рекреационного давления на общую площадь его территории.

Оценка допустимой рекреационной нагрузки на туристский маршрут «БАО» с использованием 4 формул и добавлением 2 показателей «агрессивности» и «психологической комфортности» показала, что нужно менять нормы нагрузки в зависимости от вида экскурсий или пеших прогулок (походов). Сделаны соответствующие рекомендации для Иле-Алатауского ГНПП.

В результате проведенных исследований предложено увеличить рекреационную емкость всей территории Иле-Алатауского ГНПП (в среднем, от 4-5 до 10 раз и даже выше) посредством дополнительного обустройства, с увеличением числа групп на маршруте или тропе, но не их численности.

**Ключевые слова:** рекреационное природопользование, геоэкология, Иле-Алатауский национальный парк

### **Введение**

Экологический туризм становится популяризованным сегментом рынка в связи с экологизацией сознания общества и с экологическим императивом (Дроздов, 1998; Степаницкий, 2002; Колбовский, 2006). Посещение «дикой, нетронутой природы» входит в одно из основных намерений туристов, способствующее наслаждению уединением вдали от городов, наблюдению за животными в их естественной среде обитания, а также ознакомлению с уникальными природными объектами (Erfurt-Cooper, 2010). В этой связи любой национальный парк является комплексом как наиболее привлекательных для туризма и отдыха, так и типичных для данного региона ландшафтов. Одним из самых привлекательных национальных парков Алматинской области является Иле-Алатауский государственный национальный природный парк (ГНПП). Его рекреационный потенциал составляют уникальные и редкие природные объекты, а также учреждения спортивно-оздоровительного профиля: туристические базы и приюты, альпинистские лагеря и пр. Своеобразная эстетическая и научно-познавательная ценность ландшафтов Иле-Алатауского ГНПП способствует их интенсивному использованию в рекреационных целях. В последнее время в посещении Иле-Алатауского ГНПП туристами и экскурсантами замечается стихийное увеличение потока посещающих, что привело к негативному изменению и снижению эстетической привлекательности природного ландшафта (Чижова, 2007).

Авторами статьи проанализирован обширный материал по изучению и оценке изменений различных экосистем, находящихся под рекреационной нагрузкой (Казанская, 1972; Hammitt, 1998; Leung, 2000). А подробный анализ экологического состояния Иле-Алатауского ГНПП сделан по исследованиям И.И. Кокоревой (Кокорева, 2013).

Целью данных исследований, проведенных для устранения возможной последующей деградации ландшафтов и снижения риска потери ценных объектов Иле-Алатауского ГНПП явилось раскрытие особенностей рекреационных нагрузок по Большому Алматинскому ущелью (БАУ) и, в частности, туристскому маршруту «Большое Алматинское озеро» (БАО). В процессе исследований нами решались следующие задачи:

- 1) определить интенсивность и активность посещения рекреационной территории Большого Алматинского ущелья населением г. Алматы и Алматинской области;
- 2) вычислить мощность, давление и агрессивность рекреантов при посещениях Большого Алматинского ущелья;
- 3) оценить допустимую рекреационную нагрузку на туристский маршрут «Большое Алматинское Озеро».

Полученные результаты в дальнейшем могут быть использованы для мониторинга экологического состояния Иле-Алатауского ГНПП в целом и оптимизации его пространственной структуры и систем рекреационного природопользования.

### **Объекты и методы исследования**

Исследования проведены в период от 28 мая по 24 июня 2018 г. в БАУ, которое административно относится к Большому Алматинскому лесничеству и Медеускому филиалу Иле-Алатауского ГНПП и туристского маршрута «БАО», проходящему по БАУ.

#### **Характеристика Большого Алматинского ущелья**

Оно имеет высоту 1500-2500 метров над уровнем моря. Расположено на северном склоне Заилийского Алатау в Алматинской области, Карасайском районе, юго-западе г. Алматы, выше развилки Алма-Арасан и «БАО», потом налево (Джаныспаев, 2006).

В табл. 1. мы осветили только 5 пунктов посещения ущелья туристами. Можно взойти еще на несколько пиков. Маршруты до этих пиков, например, Скалистый, Молодежный, Большой Алматинский, Туран и др. похожи на восхождение на пик Крошка.

**Таблица 1.** Основные пункты Большого Алматинского ущелья

№ п/п	Участок ущелья		Протяженность, км	Время движения, мин	Время остановки, мин	№ смотровой площадки, пунктов фотографирования
1	3 водопада Аюся	Ущелье Аюсай	6-7 км	120 мин	120 мин	3 водопада
2	Большое Алматинское озеро	Устье р. Озерная	длина ~ 1.2 км, ширина ~ 820 м, глубина ~ 35-40 м	120 мин	180	смотровая площадка, плотина, Космостанция
3	Пик Крошка	Гребень пика Крошки, перевал Алматы-Алагир	4,1 км	120 мин	240 мин	площадки для бивака, сам пик
4	Река Проходная	Ущелье Проходное	3 км	60 мин	120 мин	площадки для отдыха
5	Река Озерная	Большое Алматинское ущелье	3 км	60 мин	120 мин	площадки для отдыха

Более подробно рекреационная территория БАУ изложена в разделе «Результаты».

Характеристика маршрута «БАО»

Данный маршрут находится на 2511 м над уровнем моря и имеет длину 23 км, из которых 20 км является асфальтированным автомобильным высокогорным серпантинном и 3 км – пешеходным. Нужно отметить, что в начале маршрута, примерно 9,5 км, наблюдается подъем с уклоном 5-7°. Далее маршрут «БАО» протяженностью 13,5 км имеет более крутой уклон в 18-20° и проходит по границе пойменного леса и склонового ельника. В определенных местах маршрута «БАО» выделены места отдыха: столы со скамьями, бивуачные поляны и 2 смотровые площадки.

Маршрут «БАО» начинается из контрольно-пропускного пункта на входе в Иле-Алатауского ГНПП, далее по Большому Алматинскому ущелью до восточной части озера. Маршрут продолжается до гидропоста, расположенного возле широкого устья реки Озерная, и далее по западному склону гор до реки Серкебулак (Мырзабеков, 2000). Подробнее план прохождения маршрута показан в таблице 1.

**Таблица 2.** Основные пункты туристского маршрута «Большое Алматинское озеро»

№ п/п	Участок маршрута		Протяженность, км	Время движения, мин	Время остановки, мин	№ смотровой площадки, пунктов фотографирования
1	Путепровод Большая Алматинка	Ущелье Аюсай, луга	6 км	20 мин	10 мин	
2	Ущелье Аюсай, луга	ГЭС-1	3,5 км	20 мин	нет	ГЭС-1
3	ГЭС-1	Метеорологическая станция	2,7 км	20 мин	5 мин	

4	Метеорологическая станция	Отель «Альпийская роза»	1,5 км	15 мин	20 мин	Отель
5	Отель «Альпийская роза»	Пункт «Пьяный Ключ»	0,5 км	15 мин	5 мин	
6	Пункт «Пьяный Ключ»	Пункт «Земляничная поляна»	1,5 км	20 мин	нет	
7	Пункт «Земляничная поляна»	большое Алма-тинское озеро	3 км	30 мин	20 мин	
8	БАО	Гидропост	1 км	15 мин	5 мин	БАО
9	Гидропост	р. Озерная	2 км	30 мин		
10	р. Озерная	р. Серкебулак	1,3 км	30 мин	20 мин	
Всего:			23 км	3ч 40 мин	1 ч 25 мин	

Для оценки рекреационных нагрузок были изучены публикации различных авторов по (Чижова, Севостьянова, 2007; Чижова, 2004; Cole, 1982, 1989, 1991; Cole, et al., 2008; Manning et al., 2006; Marion, 1995; Marion, et al., 2006 и др.). Конкретно был использован метод комплексной оценки количественных показателей рекреативности (рекреационной ценности), экологической рекреационной емкости ландшафтных участков и фактических рекреационных нагрузок А.И. Тарасова (Тарасов, 1986) для расчетов по рекреационной нагрузке БАУ и БАО.

Методически правильно первыми использовать 3 основных показателя, характеризующих нагрузку от рекреантов:

$$T = \sum t \times V \text{ час/год}, \quad (1)$$

где:  $T$  – суммарное время посещения территории (объем отдыха);  $t$  – среднее время одного посещения в часах;  $V$  – количество посещений за год.

Затем интенсивность посещения по формуле:

$$i = T / S \text{ час/(га·год)}, \quad (2)$$

где:  $i$  – интенсивность посещения территории;  $T$  – суммарное время посещения территории (объем отдыха);  $S$  – общая площадь территории, га.

Третий показатель – рекреационная активность человека рассчитывался по формуле:

$$a = T / P \text{ час/(чел·год)}, \quad (3)$$

где:  $a$  – рекреационная активность человека;  $T$  – суммарное время посещения территории (объем отдыха);  $P$  – численность посещающего населения, человек.

Интенсивность посещения измерялась количеством часов отдыха в расчете на 1 га территории, а рекреационная активность – количеством часов на душу населения, посещающего ГНПП.

Далее мы сопоставили показатели активности и интенсивности по уравнению социально-экологической связи:

$$aP \approx iS \text{ час/год}, \quad (4)$$

Таким образом, мы реализовали возможности использования уравнений 1-4 для расчета рекреационной нагрузки и емкости БАУ и туристского маршрута «БАО».

Также нами были использованы качественные показатели воздействия рекреантов на территорию БАУ по методу, рекомендованном А.И. Тарасовым (Тарасов, 1986). В этом методе происходило сравнение видов рекреации. Перемножая общие рекреационные показатели на коэффициент вредности, нами получена новая система, специализированная для характеристики экологического воздействия рекреации. Дополнив объем нагрузки, интенсивность и активность рекреантов информацией о сравнительном воздействии рекреации, мы получили три новых, простых и удобных в практической работе показателя: мощность, давление и агрессивность.

Мощность воздействия рекреации определяли по формуле:

$$N = \varepsilon \times T \text{ (час/год)} \quad (5)$$

где:  $N$  – мощность воздействия рекреации;  $\varepsilon$  – коэффициент экологического воздействия, равный отношению вредности данной формы рекреации к бивальной;  $T$  – суммарное время посещения общей площади рекреационной территории.

Рекреационное давление определяли по формуле:

$$p = N / S \text{ проведенные часы/га/год,} \quad (6)$$

где:  $p$  – рекреационное давление на территорию;  $N$  – мощность воздействия рекреации;  $S$  – общая площадь территории, га.

Рекреационную агрессивность определяли по формуле:

$$q = N / P \text{ за проведенные часы/чел/год,} \quad (7)$$

где:  $q$  – рекреационная агрессивность посетителя;  $N$  – мощность воздействия рекреации;  $P$  – численность посетившего БАУ населения, в чел.

Для расчета допустимых рекреационных нагрузок и их регулирования для туристского маршрута «БАУ» была использована «Методика оценки допустимой туристско-рекреационной емкости и допустимых рекреационных нагрузок на ООПТ» (Методика ..., 2011).

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

По результатам анализа данных «Генерального плана развития инфраструктуры» Иле-Алатауского ГНПП выявлено, что посещение исследуемого ГНПП туристами и экскурсантами осуществляется чаще всего только по определенным маршрутам, поэтому мы установили, что вытаптывание как самый существенный фактор воздействия имеет линейный характер.

Согласно Плана мы сделали расчеты интенсивности и активности посещения населения г. Алматы и Алматинской области в основном, используя формулы (1), (2), (3) и (4).

Походы и экскурсии были групповыми и подразумевали наличие нескольких участников. Есть однодневные экскурсии (по маршруту «БАО», Чарынский каньон, плато Ассы и др.) и многодневные туры (Чарын→Кольсай→Каинды→Алтын-Эмель→Поющий бархан→Актау → Белые горы; Золотое Кольцо Алматы малое; Золотое Кольцо Алматы большое). И многодневные, в основном, пешие подъемы на пики (табл. 1).

Определяем суммарное время посещения территории (объем отдыха) БАУ туристами. Среднее время одного посещения равно 6 час., а количество посещений за год составляет 36000 чел. Отсюда, по формуле (1) определяем  $T = 6 \times 36000 = 216\,000 \text{ час.} \times \text{год}^{-1}$ .

Далее мы подсчитали интенсивность посещения ущелья по формуле (2) с учетом полученного значения  $T$  и общей площади ущелья, равной 26692 га:  $i = T/S = 216000 / 26692 = 8,1 \text{ час/га} \times \text{год}$ .

Рекреационную активность туристов вычисляли по формуле (3), используя данные численности посещающего ущелье населения, равного 176,8 чел/год:  $a = T/P = 216 / 176,8 = 1,22 \text{ час./чел.} \times \text{год}$ .

Далее определили социально-экологическую связь через формулу (4), используя показатели активности и интенсивности:  $aP \approx iS \text{ час/год} \approx (1,22 \times 176,8) 215,7 \approx 216$  и  $(8,1 \times 26692) 216,2 \approx 216$ .

Следовательно, в БАУ сохраняется достаточно высокая корреляция между степенью эксплуатации или рекреационной нагрузкой и экологическими критериями. Однако данная оценка объема, активности и интенсивности по времени посещения позволила нам описать рекреационное пользование только в первом приближении. Следует более широко использовать показатель «человеко-часы», который является основой природно-технического нормирования. Согласно с исследователем И.В. Таран (Таран, 1987), что показатель времени для характеристики объема отдыха, интенсивности и активности является теоретически допустимым и практически полезным.

В следующем исследовании мы определили экологическое воздействие разных видов рекреации по формулам (5), (6) и (7).

Подсчитанный коэффициент экологического воздействия для БАУ был равен 3. Далее вычисляли мощность воздействия рекреации, рекреационное давление и рекреационную активность жителей на территорию БАУ:

$$1) N = \varepsilon \times T = 3 \times 216, \text{ получилось } 648 \text{ проведенных часов/год;}$$

$$2) p = N / S = 648 / 26692, \text{ получилось } 0,02 \text{ проведенных часов} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$$

$$3) q = N / P = 648 / 176,8, \text{ получилось } 3,67 \text{ проведенных часов} \times \text{га}^{-1} \times \text{год}^{-1}$$

Таким образом, от количества посетителей путем учета продолжительности посещения можно перейти к показателю интенсивности. Различия в агрессивности рекреации привели к тому, что более высокая интенсивность посещения может выражаться в меньшем рекреационном давлении, и наоборот.

Сопоставляем формулы (6) и (7), используя следующее сравнительное уравнение (8) экологического воздействия:

$$q \times P = p \times S \text{ проведенные часы/год} \quad (8)$$

где:  $q$  – рекреационная агрессивность посещающего;  $N$  – мощность воздействия рекреации на территорию;  $S$  – общая площадь территории, га;  $p$  – рекреационное давление.

Используя формулу (8) сделали подсчеты в левой части уравнения:  $3,67 \times 176,8$ , получили 648,9



проведенных часов/год; в правой части:  $0,02 \times 26692$ , получили проведенные часы/год. Следовательно, мы получили показатели с разницей приблизительно в 100 час/год. Исходное равенство означало, что произведение высокой агрессивности на численность рекреантов равно среднему давлению на площадь исследуемой территории. Таким образом, полученные показатели свидетельствовали, что в БАУ присутствует агрессивность рекреантов в сочетании с высокой их численностью по сравнению с рекреационным давлением на общую площадь исследуемой территории. Это характеризует негативное экологическое воздействие на БАУ.

Мы провели исследования по подсчету рекреационной нагрузки и рекреационной емкости туристского маршрута «БАО», являющегося самым востребованным элементом в БАУ. Использовали формулы 1-4 с добавлением показателей «агрессивности» и «психологической комфортности».

В результате расчета нормы нагрузки на маршрут «БАО» получилось, что кратковременные экскурсии – это наименее агрессивный вид посещений. По сравнению с ними, организованный туризм (то есть путешествие продолжительностью не менее 2-х дней) агрессивнее в 3 раза. Соответственно, мы делаем вывод, что при данном виде посещений необходимо в 3 раза снизить норму для уменьшения рекреационной нагрузки.

В рекреационную емкость исследуемой территории маршрута «БАО» мы внесли дополнительно хорошо посещаемые высокогорные луга, красивые поляны и грибные места. В расчеты рекреационных нагрузок были внесены и эти места. Также мы учли дополнительные туристские тропы по северному берегу озера, откуда открывается красивый вид на научный городок и естественную плотину озера, и учли увеличение рекреационной нагрузки по маршруту «БАО», в основном, дополнительных передвижений, из-за желания туристов увидеть таких редких животных как косуля, марал, рысь, барсук, белка, лисица, кабан, из птиц – огарь, тетерев, голубь, оляпка, синяя птица, серпоклюв. Следовательно, рекреационная нагрузка на маршрут «БАО» значительно увеличена в настоящее время.

В результате исследования по виду «самодеятельный туризм» мы также пришли к мнению, что нормы нагрузок должны быть ниже экскурсионных в 6-7 раз.

Поскольку нужно понимать, что показатели агрессивности в этом виде увеличиваются, например, хаотичное движение и поведение посетителей приводит к таким последствиям как нерегулируемое сильное вытаптывание территории. Также посетители часто игнорируют и нарушают природоохранные правила. Например, образование кострищ, сбор ягод, цветов, грибов, орехов, а также выемка различных «сувениров» природы, обламывание веток, замусоривание стоянок, шумовое загрязнение и т.д. Показатели агрессивности отнесены нами к группе так называемых «экологических критериев».

Для определения допустимой нагрузки на маршрут «БАО» в местах пешеходных троп мы добавили также критерий «психологической комфортности». Это допустимый уровень контактов между отдельными группами туристов или экскурсантов. Для уменьшения рекреационной нагрузки мы рекомендуем при планировании маршрутов заранее рассчитать расстояние между группами посетителей таким образом, чтобы они, по возможности, не видели и не слышали друг друга. Другими словами, «развести» их по времени и пространству.

С учетом дополнительных двух показателей мы предлагаем ввести в Иле-Алатауском ГНПП на маршруте «БАО» следующую рекреационную нагрузку: от 1 до 3 (максимум) самодеятельных и организованных групп туристов по 8-20 человек на маршрут в один день.

Предлагаем также небольшую рекомендацию общего характера: обоснованно считая главным элементом туристских маршрутов саму тропу, принимающую на себя основную нагрузку, можно увеличить рекреационную емкость всей территории Иле-Алатауского ГНПП (в среднем, от 4-5 до 10 раз и даже выше) посредством дополнительного обустройства, например, создать более рациональную дорожно-тропиночную сеть, уменьшающую вытаптывание почвы, создать более мелкие архитектурные формы, использовать экологически устойчивые территории и т.д. (Marsz, 1972). С экологической точки зрения для уменьшения нагрузки нужно увеличивать число групп на маршруте или тропе, но не численность группы с учетом психологического комфорта всех посетителей.

В целом, согласно данным документа «Корректировка технико-экономического обоснования Иле-Алатауского государственного национального природного парка в части разработки генерального плана развития инфраструктуры» (2013 г.) (Проект ..., 2013), рекреационная емкость Иле-Алатауского ГНПП при использовании всех туристских маршрутов разных направлений составляла 275 человек организованных отдыхающих в день при 100% востребованности маршрутов; 8245 человек – в месяц; 33710 человек – в год. Современных статистических данных нет.

Однако БАУ в Иле-Алатауский ГНПП посещает большое число людей, отдыхающих самостоятельно. Часть из них использует туристские тропы и маршруты, особенно такие популярные как водопады в Тургенском и Медеуском филиалах.

Мы составили список проложенных и официально оформленных турмаршрутов в Иле-Алатауском ГНПП, функционирующих в настоящее время (Табл. 3).

**Таблица 3.** Список действующих турмаршрутов Иле-Алатауского ГНПП

Филиал	№	Маршрут
Талгарский	1	Учебная тропа природы Маралсай → плато Актас
	2	Велотур по ущелью Котырбулак
	3	Пик Пионерский
	4	Учебная тропа природы «Китайская тропа»
	5	Мужской монастырь
	6	Ущелье «Чаша Армакай»
	7	Ущелье Котырбулак → ущелье Бельбулак
	8	Велотур по ущелью Маралсай
Тургенский	1	Ущелье Каменный → ущелье Балдырган
	2	Урочище Төрежайлау → перевал Кумбел
	3	Туристский комплекс Синегорье – озеро Жасылколь
	4	Водопад Кайрак → урочище Батан
	5	Озеро Иссык
	6	Тургенские водопады
	7	Плато Ассы → долина Асусай
	8	Поселок Батан → ущелье Жамбас → ущелье Ойжайлау
	9	Велотур по Тургенскому ущелью
	10	Велотур по Иссыкскому ущелью
	11	Чинтургенские моховые ельники
	12	Урочище Микушино → урочище Сальникова
Медеуский	1	Большое Алматинское озеро
	2	Река Верховая → перевал Озерный → Коль → перевал Алматы
	3	Река Проходная → перевал Алматы
	4	Водопад «Мужские и женские слезы»
	5	Велотур по Бутаковскому ущелью → Каменское лесничество
	6	Малое Алматинское ущелье → ущелье Котырбулак
	7	Велотур по Большому Алматинскому ущелью
	8	Ущелье Кок-Жайлау
	9	Отель Альпийская роза → ущелье Горельник → ущелье Медеу
	10	Ущелье Каскабас → Большое Алматинское озеро
	11	Ущелье Кимасар → ущелье Бутаковка → ущелье Маралсай
	12	Водопад «Бутаковка»
	13	Водопад «Горельник»
	14	Ледник Туюксу
	15	Родник Марал → санаторий Алма-Арасан
Аксайский	1	Велотур по Каскеленскому ущелью
	2	Аксайское ущелье → джайлау Мынжылкы
	3	Ущелье Кольцевое
	4	Акжарский обвал
	5	Акжарский скит → Мужской монастырь
	6	Каскеленское ущелье → перевал Дюре → озеро Иссык-Куль
	7	Мараловое хозяйство «Алатау маралы»

Нами были рассчитаны допустимые рекреационные нагрузки некоторых из них. В частности, для конно-пешего и велосипедного (круглогодичного), лыжного (зимнего) маршрута «Кокжайляу» (длиной 12 км) допустимая рекреационная нагрузка составила 150 человек в месяц (2-3 группы в неделю, не более 10-15 человек в группе) или 1800 человек в год. Если обустроить данный маршрут в соответствии с международными и республиканскими стандартами, то возможно увеличение допустимых рекреационных нагрузок в 10 раз. Это составит 1500 человек в месяц или 18 000 человек в год. В таблице 4 мы показали обустройство туристских маршрутов по филиалам Иле-Алатауского ГНПП.

Таблица 4. Список элементов обустройства (составлен авторами по данным генплана парка)

№	Наименование элементов обустройства	Всего, шт.	Аксайский филиал	Медеуский филиал	Талгарский филиал	Тургенский филиал
1	Беседка	96	40	11	33	12
2	Мусоросборник	57	17	12	14	14
3	Туалет	67	20	13	8	26
4	Оборудованное место для разведения костра или кострище	65	15	30	8	12
5	Мангал	30	15	-	10	5
6	Урна	46	6	15	5	20
7	Алтыбакан	6	2	-	2	2
8	Указатель	171	70	30	25	46
9	Информационный щит	65	10	15	10	30
10	Стол/скамейка	161/322	21/42	40/80	-	100/200

По данным табл. 4 можно заметить, что столы и скамейки отсутствовали в Талгарском филиале, что увеличило рекреационную нагрузку в нем. В некоторых филиалах столы и скамейки сделаны из древесины, которые хорошо вписываются в природную эстетику. Количество урн в Аксайском и Талгарском филиалах на 30 и 35% меньше соответственно, чем в Тургенском филиале. Число туалетов в Медеуском и Талгарском филиалах меньше на 50 и 70% соответственно по сравнению с Тургенским филиалом. В Медеуском филиале больше всего оборудованных мест для разведения костров или кострищ (30 шт.) и совсем отсутствовали оборудованные мангалы. Отсутствие или недостаток некоторых элементов обустройства способствуют загрязнению территории Иле-Алатауского ГНПП твердыми и бытовыми отходами, тем самым увеличивая дигрессию на ландшафт. Мы также отметили, что администрация Тургенского филиала лучше других филиалов обустроила свою территорию, снизив рекреационную нагрузку почти в 2 раза.

Далее мы произвели оценку допустимой рекреационной нагрузки на туристский маршрут «БАО». В Иле-Алатауском ГНПП отсутствует статистика по количеству посетителей по определенным маршрутам. Но мы обработали графически число посетителей всего парка в целом по годам. Из Рис. 1 видно, что Иле-Алатауский ГНПП испытывает самую высокую рекреационную нагрузку в летние месяцы с мая по сентябрь включительно.

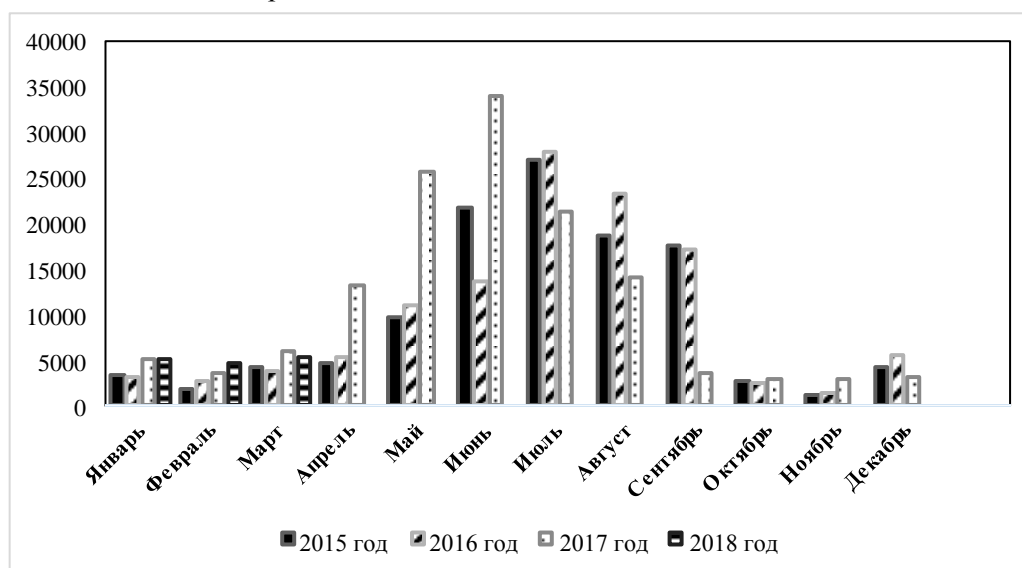
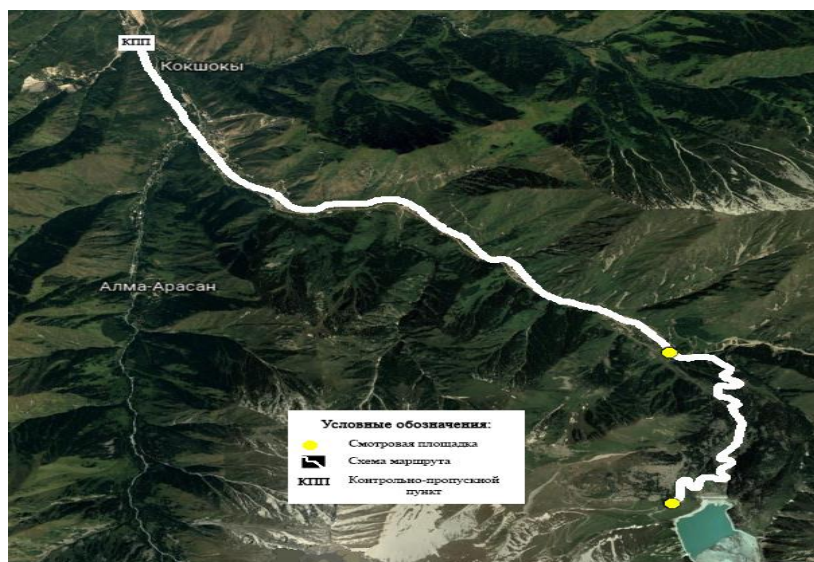


Рис. 1. Посещаемость Иле-Алатауского ГНПП с 2015 г. по 2018 г.

Это наиболее благоприятное время отдыха по климату и экологии, а также с социальных позиций (трудовые отпуска). Значительную роль играют большие рекреационные запасы летнего периода: чистый воздух, растительный и животный мир. Посещение активное по всем 42 маршрутам.

Наибольшим вниманием пользуются маршруты до озера Иссык, недалеко находятся древние сакские курганы, в одном из которых был найден Алтын адам. Сейчас там находится музей. Также интересна древняя каменная скульптура. Много отдыхающих посещают Тургенские водопады. Из нижней части Тургенского ущелья можно подняться вверх до плато Ассы с обсерваторией и до Чинтургенских ельников. Посещаемость в осенне-зимне-весенний период снижается в 6-7 раз в среднем.

Маршрут «БАО» разделяется, как описано выше, на два отрезка с линейным типом вытаптывания. Они отличаются по своим характеристикам, но организованы по одной схеме. Несмотря на то, что площадки отдыха, бивуачные поляны и смотровая площадка имеют площадной тип вытаптывания, мы их анализировали по одной и той же схеме. Мы сформировали сами карту маршрута «БАО», используя Google Earth (Рис. 2)



**Рис. 2.** Схема туристского маршрута «Большое Алматинское Озеро»

Для описания особенностей экосистем участков маршрута «БАО» мы использовали табличную форму, в которую вставили некоторые названия и описание стадий деградации, которые рекомендует «Методика» (Методика, 2011) (табл 5).

**Таблица 5** – Нормы единовременных рекреационных нагрузок некоторых участков маршрута «БАО»

№	Экосистема	Категория устойчивости	Допустимая рекр. нагр., чел\га в день
1	Горные тянь-шанские еловые леса	II слабо устойчивые	1-2
2	Арчовые леса и редколесья	II – слабо устойчивые	1-2
3	Арчовники стланиковые	III – средне устойчивые	3-5
4	Горные кустарниковые	III – средне устойчивые	3-5
5	Горные и предгорные луговые	III – средне устойчивые	3-5
6	Горные болотные	I – очень слабо устойчивые	0,6
7	Горные и предгорные степные	IV – устойчивые	4-7
8	Пойменные лесные	III – средне устойчивые	3-5
9	Пойменные кустарниковые	III – средне устойчивые	3-5
10	Пойменные луговые	III – средне устойчивые	3-5
11	Пойменные болотные	I – очень слабо устойчивые	0,6
12	Водные (речные и озерные)	IV – устойчивые	4-7
13	Нивальные (ледники, снежники)	III – средне устойчивые	3-5
14	Морены, скальные, каменистые осыпи и глетчеры	IV – устойчивые	4-7

Целью явилось проверка соблюдения рекреационных норм при массовом повседневном отдыхе на маршруте «БАО». Устойчивыми являются горные и предгорные степные экосистемы, а также

скальные породы, обладающие природной устойчивостью к разрушению. Большинство экосистем маршрута «БАО» относятся к третьей категории: средне устойчивым. Следовательно, из 14 экосистем, проанализированных по табл. 4, 10 (71%) относятся к устойчивым и средне устойчивым.

Но наиболее важные экосистемы (горный тянь-шанский ельник, арча, редколесье и болотные экосистемы), представители которых имеют статус редких или эндемичных, имеют низкую устойчивость.

Также при прохождении маршрута «БАО» нами было обнаружено, что на большинстве используемых отдыхающими и туристами площадок, экология сильно нарушена. Намечаются или уже существуют значительные зоны вытаптывания, уменьшено число естественных видов растений, увеличено число сорных, устойчивых к вытаптыванию. От некоторых площадок в разные стороны туристы проделали несколько тропинок, поскольку не оборудованы туалеты (Табл. 3). Смотровая площадка у озера находится в критическом состоянии. Это касается также участка елового леса на склоне, с которого отдыхающие осматривают озеро (Рис. 3).



Рис. 3. Загрязнение мусором смотровой площадки маршрута «БАО»  
(фото Бекахмет Г., июнь 2018 г.)

Следовательно, на туристском маршруте «БАО» присутствуют признаки разрушения некоторых экосистем и увеличение рекреационной нагрузки, что требует принятия соответствующих мер.

Таким образом, в результате проведенных исследований по маршруту «БАО» можно утверждать, что он имеет третью стадию дигрессии, также наблюдается активное развитие процессов линейной эрозии. Большинство площадных участков на маршруте из-за продолжительных стоянок рекреантов находится на второй стадии дигрессии из-за значительных нарушений.

### Заключение

В результате проведенных исследований рекреационных нагрузок на Большое Алматинское ущелье с добавлением исследований по туристскому маршруту «Большое Алматинское озеро» как аналитического, так и практического характера нами установлено, что нет четких и отработанных методик определения рекреационной нагрузки природные объекты большого масштаба и мелких троп, маршрутов и пр. Следовательно, проведенные исследования являются актуальными. Имеющиеся конкретные методы и методики расчетов рекреационной нагрузки и установления рекреационной емкости мы использовали на БАУ и маршруте «БАО», географически находящиеся на территории Иле-Алатауского ГНПП.

Сначала была установлена рекреационная емкость Иле-Алатауского ГНПП. Рекреационная нагрузка, рассчитанная по 7 формулам и показателям, выявила интенсивность посещения ущелья, равной 8,1 час/га×год; рекреационная активность туристов составила 1,22 час/чел.×год. Определение социально-экологической связи показало, что в БАУ сохраняется достаточно высокая корреляция между степенью эксплуатации или рекреационной нагрузкой и экологическими критериями.

Разумеется, в зависимости от практической надобности объем, интенсивность посещения и активность можно определять не только за год, но также одновременно, за час, сутки, неделю, месяц, сезон и вообще за все время рекреационного использования территории. Годовой показатель имеет лишь то преимущество, что он соответствует наиболее важному экологическому, экономическому и рекреационному циклу и поэтому более устойчив, и емк, чем другие (Казанская, 1972; Cole, 1995; Holmes, 1976; Settergen, 1970; Zavadskaya, 2011).

Следующие расчеты показателей рекреационной агрессивности посетителей БАУ, мощности воздействия рекреации на территорию, рекреационного давления на общую площадь его территории, свидетель-

ствовавали, что в БАУ присутствует агрессивность рекреантов в сочетании с высокой их численностью.

Представляется методически более правильным переход от количества посетителей с учетом продолжительности посещения к показателю интенсивности эксплуатации рекреационных ресурсов.

Оценка допустимой рекреационной нагрузки на туристский маршрут «БАО» с использованием 4 формул с добавлением 2 показателей «агрессивности» и «психологической комфортности» показала, что нужно менять нормы нагрузки в зависимости от вида экскурсий или пеших прогулок (походов). Мы сделали небольшие рекомендации для Иле-Алатауского ГНПП: 1) наиболее рекреационным видом оказались кратковременные экскурсии; 2) рекреационную норму нагрузок для организованного туризма (2-х или многодневные) нужно снизить в 3 раза; 3) при «самодеятельном туризме» нормы нагрузок нужно снижать по сравнению с экскурсионными в 6-7 раз.

В результате проведенных исследований мы предлагаем увеличить рекреационную емкость всей территории Иле-Алатауского ГНПП (в среднем, от 4-5 до 10 раз и даже выше) посредством дополнительного обустройства, например, создать более рациональную дорожно-тропиночную сеть, уменьшающую вытаптывание почвы, создать более мелкие архитектурные формы, использовать экологически устойчивые территории и т.д. Причем, нужно увеличивать число групп на маршруте или тропе, но не численность группы.

Что касается обустройства, то из 4 проанализированных филиалов Иле-Алатауского ГНПП лучше всех обустроил свою территорию Тургенский филиал.

10 экосистем маршрута «БАО» из 14 оказались устойчивым и средне устойчивыми (71%), однако наиболее важные экосистемы (горный тянь-шанский ельник, арча, редколесье и болотные экосистемы), представители которых имеют статус редких или эндемичных, имеют низкую устойчивость.

Увеличена рекреационная нагрузка маршрута «БАО» на смотровых площадках, стоянках и мелких пеших тропах: наблюдается замусоренность, малое число туалетов (или их отсутствие) и пр.

Таким образом, БАУ имеет третью стадию дигрессии, а маршрут «БАО» в целом – третью стадию дигрессии, но на площадных участках (стоянки и пр.) – вторую стадию дигрессии из-за значительных нарушений.

Считаем, что необходимы последующие исследования рекреационной емкости и нагрузки по рекомендациям (Репшас, 1994; Чижова, 1992; Экологический туризм..., 2002; Иванов, 2003) в Иле-Алатауском ГНПП, постоянный мониторинг его состояния и корректировка интенсивности посещений.

#### **Благодарности**

Авторы статьи приносят искреннюю благодарность сотрудникам Иле-Алатауского ГНПП за оказанную помощь в получении информации по ГНПП.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

- [1] Джаныспаев А.Д. Иле-Алатауский национальный парк // Заповедники и национальные парки Казахстана. – Алматы, 2006. – С.226–239.
- [2] Дроздов А.В. Экологический императив и рекреационная география // Изв. РАН. Сер. геогр. – 1998. – № 4. – С. 92–94.
- [3] Иванов А.Н., Чижова В.П. Охраняемые природные территории. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2003. – 119 с.
- [4] Казанская Н.С. Изучение рекреационной дигрессии естественных группировок растительности // Изв. АН СССР. Сер. геогр. – 1972. – № 1. – С. 52-59.
- [5] Кокорева И.И. Влияние рекреационных нагрузок на состояние экосистем Иле-Алатауского национального парка (Северный Тянь-Шань) // Вестник КазНУ. Серия экологическая. – 2013. – № 2/2(38). – С. 191-196.
- [6] Колбовский Е.Ю. Экологический туризм и экология туризма. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 256 с.
- [7] Методика оценки допустимой туристско-рекреационной емкости и допустимых рекреационных нагрузок на ООПТ. – Алматы, 2011. – 66 с.
- [8] Мырзабеков Ж.М. Особо охраняемые природные территории Казахстана. – Алматы, 2000. – 172 с.
- [9] Проект «Корректировка технико-экономического обоснования Иле-Алатауского государственного национального природного парка» в части разработки генерального плана развития инфраструктуры». – Алматы, 2013. Терра. – С.90–92. Рукопись.
- [10] Репшас Э.А. Оптимизация рекреационного лесопользования (на примере Литвы). – М.: Наука, 1994. – 239 с.
- [11] Степаницкий В.Б., Моралева КВ., Дедовских Е.Ю. Развитие экотуризма на российских охраняемых территориях: проблемы и перспективы // Экологический туризм на пути в Россию. Принципы, рекомендации, российский и зарубежный опыт. – Тула: Гриф и К, 2002. – С.75–78.
- [12] Таран И.В., Агапова А. М. Зеленое строительство в малых городах. – Новосибирск: Наука, 1987. – 197 с.
- [13] Тарасов А.И. Рекреационное лесопользование. – М.: Агропромиздат, 1986. – 176 с.

- [14] Чицова В.П. Особенности эколого-географической экспертизы проектов рекреационных зон и национальных парков // Основы эколого-географической экспертизы / Под ред. К.Н. Дьяконова, Т.В. Звонковой. – М.: Изд-во МГУ, 1992. – С.217–228.
- [15] Чицова В.П., Севостьянова Л.И. Экологический туризм: географический аспект. – Йошкар-Ола: Марийский гос. техн. ун-т, 2007. – 276 с.
- [16] Чицова В.П. Оценка допустимых рекреационных нагрузок и последствий туристской деятельности на состояние природных комплексов // В кн.: Теоретические и практические аспекты устойчивого природопользования: управление, принципы организации, природно-хозяйственных систем, ландшафтное планирование. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2004. – С. 304–335.
- [17] Cole D.N. Wilderness campsite impacts: effect on the amount of use Research Paper, INT-284 / U.S. Department of Agriculture, Forest Service. – 1982. – 34 p.
- [18] Cole D.N. Wilderness campsite monitoring methods: a sourcebook: Gen. Tech. Rep., INT-259 / Intermountain Research Station; U.S. Department of Agriculture, Forest Service. – Ogden, UT, 1989. – 57 p.
- [19] Cole D.N. Changes on trails in the Selway-Bitterroot Wilderness, Montana, 1978-89: Research Paper, INT-450 / Intermountain Research Station; U.S. Department of Agriculture, Forest Service. – Ogden, UT, 1991. – 5 p.
- [20] Cole D.N., Foti P., Brown M. Twenty Years of Change on Campsites in the Backcountry of Grand Canyon National Park // Environmental Management. 2008. V.41. – P.959–970.
- [21] Erfurt-Cooper P., Cooper M. Volcano and geothermal tourism: sustainable geo-resources for leisure and recreation. – London; Washington, DC.: Earthscan, 2010. – 378 p.
- [22] Hammit W.E., Cole D.N. Wildland recreation: ecology and management. 2nd ed. N.Y.: John Wiley, 1998. – 361 p.
- [23] Holmes D.O., Dobson H.E.M. Ecological Carrying Capacity Research: Yosemite National Park. Pt I. The Effect of human trampling and urine on subalpine vegetation – a survey of past and present backcountry use and the ecological carrying capacity of wilderness / U.S. Department of Commerce, National Technical Information Service. Springfield, VA, 1976. – 147 p.
- [24] Leung Y., Marion J.L. Recreation Impacts and Management in Wilderness: A State-of-Knowledge Review // Wilderness science in a time of change conference / eds D.N. Cole et al. 1999, May 23–27. Vol. 5. Wilderness ecosystems, threats, and management; Missoula, MT. Proceedings RMRS-P-15-VOL-5. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 2000. – P. 23–48.
- [25] Manning R., Jacoby C, Marion J.L. Recreation monitoring at Acadia National Park // George Wright Forum. 2006. V.23. No 2. – P.59–72.
- [26] Marion J.L. Capabilities and management utility of recreation impact monitoring programs // Environmental Management. 1995. V.19. No 5. – P.763–771.
- [27] Marion J.L., Leung Y.F., Nepal S. Monitoring trail conditions: new methodological considerations // George Wright Forum. 2006. V.23. No 2. – P.36–49.
- [28] Marsz A.A. Metoda oblicznania pojemnoski rekreacyjnej ostodkow wypoczynkowych na nizu // Pr. Komis. Geogr-geol. PTPN. 1972. 12. No 3. – 72 s.
- [29] Settergen C.D., Cole D.M. Recreation Effects on Soil and Vegetation in the Missouri Ozarks // J. Forest. 1970. Vol. 68. – P. 231–233.
- [30] Zavadskaya A.V. Recreation monitoring of resource conditions in the Kronotsky State Natural Biosphere Reserve (Kamchatka): an initial assessment // Geography, Environment, Sustainability. 2011. Vol. 2 (4). – pp. 47–58.

Мынбаева Б.Н., Бекахмет Г.Б., Ерубаета Г.К.

#### **Іле-Алатау мемлекеттік ұлттық табиғи паркіндегі Үлкен Алматы шатқалына рекреациялық жүктемені орнату**

**Аңдатпа.** Зерттеулер Үлкен Алматы шатқалында (ҮАШ) және, атап айтқанда, «Үлкен Алматы көлі» (ҮАК) туристік бағыты бойынша рекреациялық жүктемені анықтау үшін жүргізілді.

Зерттеулерде рекреациялық жүктемені есептеу және рекреациялық сыйымдылықты анықтау үшін әдістер мен формулалар пайдаланылды. Іле-Алатау МҰТП-не жүктемені 7 формула мен көрсеткіштер бойынша есептелген рекреациялық жүктеме ҮАШ-да пайдалану дәрежесі мен рекреациялық жүктеме мен экологиялық критерийлер арасында өте жоғары корреляция бар екенін көрсетті. ҮАШ-да рекреанттардың қоршаған ортаға тигізетін кері әсері бар, бұл келушілердің рекреациялық агрессивтік көрсеткіштері бойынша олардың жоғары күші, аумағының рекреациялық әсерінің күші және оның аумағының жалпы ауданындағы рекреациялық қысымның көрсеткіштері бойынша есептеулермен расталады.

Іле-Алатау МҰТП-не түсетін рекреациялық жүктеме 7 формуламен және көрсеткіштермен есептеле отырып, ҮАШ-да пайдалану дәрежесі немесе рекреациялық жүктеме және экологиялық өлшемшарт арасында өте жоғары корреляция бар екенін көрсетті. ҮАШ-да рекреанттардың қоршаған ортаға тигізетін кері әсері байқалады, бұл келушілердің рекреациялық агрессивтік көрсеткіштері бойынша олардың жоғары санымен, аумағына рекреациялық әсер етудің күші мен оның аумағының жалпы ауданындағы рекреациялық қысымның есептелуімен расталады.

«ҮАК» туристік маршрутына рұқсат етілген рекреациялық жүктемені бағалау 4 формуланы пайдалану, және 2 «агрессиялық» және «психологиялық жайлылық» көрсеткіштерін қосу арқылы, экскурсия түріне немесе жаяу серуендерге (жорықтарға) байланысты жүктеме нормаларын өзгерту қажет екенін көрсетті.

Жүргізілен зерттеулер нәтижесінде Іле-Алатау МҰТП-нің барлық аумағының рекреациялық әлеуетін (орта есеппен, 4-5-тен 10 есеге дейін және одан да жоғары) маршруттағы немесе соқпақтарда топтардағы адамдар санының емес, топтардың санының еселенуі қосымша орналастыру арқылы ұлғайту ұсынылды.

**Түйін сөздер:** рекреациялық табиғатты пайдалану, геоэкология, Іле-Алатау ұлттық паркі

87.15.03

**A.A.Urymbayeva, T.A.Bazarbayeva, A.T.Umbetbekov**  
(Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Republic of Kazakhstan  
E-mail: urymbayeva.aigul@gmail.com)

### **ASSESSMENT OF STATIONARY AND MOBILE SOURCES OF AIR POLLUTION IN THE ALMATY REGION (TAKE TALDYQORGAN AS AN EXAMPLE)**

**Abstract.** The main impact on air pollution in the Almaty region is caused by different sources: enterprises of heat and power engineering, inappropriate vehicles, boiler houses of military communities of regional operational units of the Ministry of Defense of the Republic of Kazakhstan, construction materials enterprises, boiler plants, various organizations, as well as agricultural facilities.

Industrial activities and inappropriate vehicles cause the main impact on air pollution in the Almaty region.

The present article is a statistical, informational and analytical review of air pollution in the southeastern part of the Almaty region. It also provides data on the large industries impact on air pollution, volumes of emissions, radiation, and production and consumption waste, the introduction of resource-saving and environmentally friendly technologies.

In this paper the Almaty region Environmental Department review on the implementation of environmental protection measures and their effect in the in 2015–2018 is analyzed.

**Key words:** environmental measures, air, landfills, resource-saving technologies, MPC, efficiency.

**A.A.Урымбаева, Т.А.Базарбаева, А.Т. Умбетбеков**  
(Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан  
E-mail: urymbayeva.aigul@gmail.com)

### **ОЦЕНКА СТАЦИОНАРНЫХ И ПЕРЕДВИЖНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА АЛМАТИНСКОЙ ОБЛАСТИ (НА ПРИМЕРЕ Г. ТАЛДЫКОРГАН)**

**Аннотация.** Основное воздействие на загрязнение атмосферного воздуха Алматинской области оказывают предприятия: теплоэнергетики, автомобильный транспорт, котельные военных гарнизонов районных эксплуатационных частей МО РК, предприятия строительных материалов, котельные предприятия, организаций, а также объекты сельского хозяйства.

В статье дана статистическая, информационно-аналитическая характеристика загрязнения атмосферного воздуха юго-восточной части Алматинской области, приведены данные влияния крупных предприятия на загрязнение атмосферного воздуха, объемы выбросов, радиационная обстановка, отходы производства и потребления, внедрения ресурсосберегающих и экологически чистых технологий.

**Ключевые слова:** природоохранные мероприятия, атмосферный воздух, полигоны ТБО, ресурсосберегающие технологий, ПДК, КПД.

Промышленное развитие неизбежно усиливает техногенную нагрузку на природную среду и нарушает экологический баланс [1]. Атмосферный воздух является жизненно важным элементом окружающей природной среды. Развитие промышленности, рост городов, увеличение количества транспорта, активное освоение околоземного пространства приводят к изменению газового состава атмосферы и нарушению её природного баланса. Качество воздуха влияет на здоровье населения [2,3,4].

Исзуемая Алматинская область находится на юго-востоке республики Казахстан. Область имеет довольно сложную географическую характеристику и очень разнообразный рельеф. Северо-западная часть представляет полупустынную равнину, в которой выделяют Таукум и Белсексеул. Рельеф слабо наклонён к озеру Балкаш и изрезан древними руслами рек Или, Каратал, Аксу, Коксу, Лепсы, Аягоз. Двумя отдельными массивами - на юге и востоке - простираются горные хребты: Зайлийский Ала-



тау и Джунгарский Алатау (горная система Тянь-Шань). В центре Алматинской области расположен город Талдыкорган. Находится он в предгорьях Джунгарского Алатау на реке Каратал в центральной части Семиречья [5].

Алматинская область более всего подвержена угрозам, связанным с изменениями климата. Среди всех регионов Казахстана, сравнительно однородных по климатическим характеристикам, исследуемая область отличается буйным разнообразием [6]. В условиях изменения климата повсеместно мы наблюдаем быстротечность тех или иных процессов. А особенно под влиянием антропогенных нагрузок на окружающую среду человечество констатирует снижение качества атмосферного воздуха повсеместно. Из всех составляющих компонентов биосферы и окружающей среды именно атмосфера является чувствительной, так как в нее, прежде всего поступают загрязняющие вещества в разной форме [7]. Экологическая ситуация в Казахстане, как и во всем мире осложняется, несмотря на принятия и реализацию разных государственных программ по защите окружающей среды. На сегодняшний день по республике Казахстан ведется системный мониторинг воздушной среды. В связи с этим контроль за качеством воздушного бассейна является одной из актуальных задач.

Несмотря на то, что сотрудничество между различными учреждениями для лучшей, более синергической экологической политики и мероприятий возрастает, многие экологические условия продолжают ухудшаться. Большинство конфликтов происходит в самых экологически неустойчивых регионах, усиливая тем самым идею о том, что окружающая среда и конфликты должны решаться одновременно, и что одно усугубляет другое [8].

Успех охраны природы в значительной степени зависит от достоверной информации о ее состоянии [9]. Мониторинг атмосферного воздуха дает возможность приобразить необходимую и достоверную информацию о качестве воздушной среды с целью дальнейшей оценки динамики загрязнения [10].

В качестве исследуемого материала были использованы информационно-аналитические отчеты по контрольной и правоприменительной деятельности Департамента экологии по Алматинской области за 2015-2018 годы, труды казахстанских и зарубежных ученых-географов, экологов, биологов, экономистов и представителей других наук, исследующих вопросы рационального использования биоресурсов, их деградации и оценки. Для характеристики загрязнения атмосферного воздуха были проанализированы данные испытательной лаборатории отдела лабораторно-аналитического контроля РГУ «Департамент экологии по Алматинской области Комитета экологического регулирования и контроля Министерства энергетики Республики Казахстан» г. Талдыкорган [11, 12, 13, 14].

Определяемые компоненты - атмосферный воздух населенных мест санитарно-защитных зон, выбросы промышленных предприятий в атмосферу. Методы определения при анализе атмосферного воздуха – механический, гравиметрический. Методы определения при анализе выбросов промышленных предприятий в атмосферу – автоматический, расчетный, электрохимический, гравиметрический. Методы определения при анализе выбросов автотранспорта – автоматический, оптический, дозиметрический. Все анализы проводились согласно нормативным документам, такие как ГОСТ 17.2.4.05-83, СТ РК 2036-2010.

Основное воздействие на загрязнение атмосферного воздуха Алматинской области оказывают предприятия: теплоэнергетики, автомобильный транспорт, котельные военных гарнизонов районных эксплуатационных частей МО РК, предприятия строительных материалов, котельные предприятий, организаций, а также частный сектор.

В целом по области 97,3% выбросов загрязняющих веществ образуют предприятия тепловой и энергетической промышленности, 2,7% от деятельности строительных производственных объектов.

В последнее время, во многих предприятиях области наблюдается внедрение природоохранных мероприятий по снижению негативного воздействия на окружающую среду и совершенствованию технологических процессов посредством перевода котельных и тепловых электростанций на газовое топливо, ввода в эксплуатацию новых и повышению эффективности действующих очистных установок, в результате которых происходит значительное сокращение выбросов в атмосферу неорганической пыли, сажи и углеводорода.

Наряду с этим, в области идет работа по газификации пригородных районов г. Алматы и активно ведутся строительные работы газопровода Шилибастан–Талдыкорган, которые позволят обеспечить голубым топливом 8 городов и 180 населенных пунктов области. Особое внимание уделяется также развитию возобновляемых источников энергии.

Так, к примеру в Саркандском районе ведутся строительство 2-х гидроэлектростанций (далее – ГЭС) на реках Лепсы (с. Койлык) и Баскан (с. Екиаша).

Всего до 2017 года планируется строительство 23 малых ГЭС, 6 ветроэлектростанций и 2 солнечных электростанций общей мощностью 920 МВт, что позволит значительно сократить вредные выбросы в атмосферу.

Крупное предприятие области ТОО «Кайнар АКБ», расположенный в южной промышленной зоне г. Талдыкорган, специализируется на выпуске стартерных аккумуляторных батарей для автомобильной и тракторной техники емкостью от 50А до 215А.

Согласно проведенной инвентаризации промышленной площадки на предприятии выявлено 226 источников выделения загрязняющих веществ, объединенных в 79 источников загрязнения атмосферного воздуха: 64 организованных и 15 неорганизованных источников выбросов вредных веществ в атмосферу.

На литейном участке для отливки тоководов установлены полностью герметизированные литейные автоматы турецкой фирмы «ZESAR», в которых расплавленный металл не контактирует с воздухом. Производительность линий - 15000 двойных токоотводов в сутки. Количество автоматов 14шт. Система вентиляции состоит из зонтов для улавливания аэрозолей сплава УС-1КТ, уловленные вредные вещества направляются в трубу оснащенной пылеуловителем (рукавными фильтрами со степенью очистки 92%). Для производства свинцового порошка установлены три мельничные установки «Sanhuan» SF-24S. Основной частью всей мельничной установки SF-24S является производство свинцового порошка, которая состоит из цилиндрического барабана и пылеуловителя. Производительность установки - 20тн/сутки. Каждая установка оборудованная системой очистки представлена пылеуловителем с рукавными фильтрами с КПД очистки 99,8%. Для производства свинцовой пыли из свинцовых слитков производится отливка свинцовых цилиндров. Деревообрабатывающие станки РСУ оборудованы двумя системами пневмотранспорта древесных отходов. Очистка воздуха от отходов осуществляется в циклоне типа К и циклоне конструкции Гипродревпрома. Котельная предназначена для отопления помещений предприятия в зимний период. Котельная оборудована четырьмя котлоагрегатами марки КВТС-0,7, мощностью 814,1кВт/час, КПД – 90%. Котельная работает на твердом топливе Шубаркольского угольного бассейна с зольностью 20%. Годовой расход топлива составляет - 600т/год. Котлоагрегаты оборудованы двумя блоками золоуловителей, состоящих из 4-х циклонов типа ЦН-15-400-4-СП, с эффективностью очистки 85%. В качестве резервного в летнее время используются солнечные батареи. В целях охраны атмосферного воздуха в 2017 году была проведена замена фильтров на кислородной станции, что ведет к увеличению КПД. Основным мероприятием относятся замена рукавных фильтров тонкой очистки на мельнице «САН-ХУАН», проведение химических и бактериологических анализов вод, разработка проекта и др.

Имеется разрешение на эмиссии в окружающую среду:

- В-03-7 №0000057 от 29.07.2013 г., выданное Департаментом экологии по Алматинской области на период до 2017 года.

Нормативы выбросов ЗВ на 2016 год - 366,4611 тыс.тонн/год.

Выброс загрязняющих веществ в атмосферу за 2016 год составил 90,648 тыс.тонн, что на 20,501(20,5%)больше по сравнению с аналогичным периодом 2015 года. Увеличение связано с большим выпуском аккумуляторных батарей.

Следующий объект КПП «Талдыкорган теплосервис» расположен в южной промышленной зоне г. Талдыкорган, Алматинской области.

Инвентаризацией источников на котельной «Баскуат» выявлены 13 источников выбросов вредных веществ в атмосферу, из них 5 организованных и 8 неорганизованных источников выбросов вредных веществ в атмосферный воздух. Котельная оснащена 4-мя водогрейными котлами ЭЧМ -60-2, 3-мя паровыми котлами КЕ-25 -14 С. В зимнее время одновременно работают 2 котла ЭЧМ -60-2 и 2 котла КЕ-25 - С: в летнее время работает один водогрейный и один паровой котлы. Мощность 1 котла ЭЧМ-60-2 60 Гкал/час. Мощность 1 котла КЕ -25-14С 16 Гкал час (25 т пара/ч). Топливом для котлов служит уголь Семипалатинского бассейна месторождения «Каражыра». Для растопки котлов и поддержания факела горения угля используется мазут.

Каждый котел оснащен дымососом Д 20х2 (229тыс м<sup>3</sup>/час) и дутьевым вентилятором ВДН 20 (106 тыс. м<sup>3</sup>час). Дымовые газы от водогрейных и паровых котлов перед выбросом в атмосферу проходят очистку в батарейных циклонах типа БЦ-2-7Х (фактическая эффективность: чистки циклоны 87,65 %) и выбрасываются через дымовую трубу высотой 120м.

Топливное хозяйство КПП на ПХВ «Талдыкорган теплосервис» включает приемно-разгрузочные устройства, транспортные механизмы, топливные склады, устройство для подготовки топлива перед сжиганием.

Уголь по закрытой галерее поступает на роторные дробилки СМД75 (2 шт, 1 рез). При ссыпке угля в приемный бункер роторных дробилок и при его дроблении происходит выделение *пыли неорганической 20 -*

70%. Очистка воздуха, удаляемого от роторной дробилки и бункеров с углем осуществляется на двух ступенях очистки циклонами ЦН-15 (эффективность очистки составляет 85%), в 2016г. проектом предлагается установка рукавного фильтра с общей эффективностью очистки - 98% .

Имеются разрешения на эмиссии (выбросы и отходам) в окружающую среду: на выбросы №KZ37VCZ00025086 от 27.02.2015 г. со сроком действия по 31.12.2019г., выданное Комитетом экологического регулирования, контроля и государственной инспекции в нефтегазовом комплексе МЭ РК, и разрешение на отходы по золоотвалу №KZ37VDD00050831 со сроком с 24.02.2016г. по 31.12.2025г. и на сухой золошлакоотвал №KZ41VDD00056482 с 22.07.2016 г. по 31.12.2025 г., а также на выбросы №0006568 со сроком действия с 01.01.2015 г. по 02.12.2019 г., выданная МИО Алматинской области.

За 2016 год выбросы загрязняющих веществ по предприятию составили - 4,8 тыс.тонн. Нормативы выбросов ЗВ по разрешению на 2016 год - 13,062 тыс.тонн/год. Нормативы по отходам (золошлаковые) - 48.9 тыс.тонн/год. За 2016 год выбросы ЗВ по предприятию составили - 5,3 тыс.тонн. Увеличение выбросов на 0,3 тыс.тонн по сравнению с аналогичным периодом 2015 годом. За 2016 год отходы производства составили - 23,5 тыс.тонн, при нормативном 48,9 тыс. тонн. На вывоз отходов ТБО заключен договор с ГКП «Коркем Талдыкорган».

ТОО «Текелийский энергокомплекс» расположен в Алматинской области, г.Текели, предприятие относится к объектам 1 категории.

Назначение предприятия - производство энергии тепловыми электро-станциями. Предприятие является основным источником тепловой энергии в г. Текели и источником электрической энергии в городе и прилегающих населенных пунктах Талдыкорганского региона.

Источником технического водоснабжения ТЭЦ являются поверхностные воды рек Чажа и Каратал, на которых размещены водозаборные сооружения. Имеется разрешение на эмиссию в окружающую среду серия KZ25VCZ00073552 от 24.12.2015г. Нормативный объем выбросов ЗВ составляет 6,229 тыс.тонн в год, сбросы ЗВ - 2,663 тыс.тонн, отходы - 43,6тыс.тонн. За отчетный период фактический объем выбросов ЗВ составил 3,6тыс.тонн, что на 0,058 тыс.тонн больше чем в аналогичном периоде 2015 году, объем сбросов ЗВ - 1,166 тыс.тонн, что на 0,454 тыс.тонн больше в сравнении с аналогичным отчетным периодом 2015 года, объем отходов составил - 26,815 тыс.тонн, что на 0,342 тыс.тонн больше в сравнении с аналогичным отчетным периодом 2015 года.

В целях контроля состояния атмосферного воздуха в городе Талдыкорган установлены и функционируют два стационарных поста наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха: №1 на территории филиала РГП "Казгидромет" по Алматинской области (далее – «Казгидромет») №2 - на территории спорт-комплекса «Жастар».

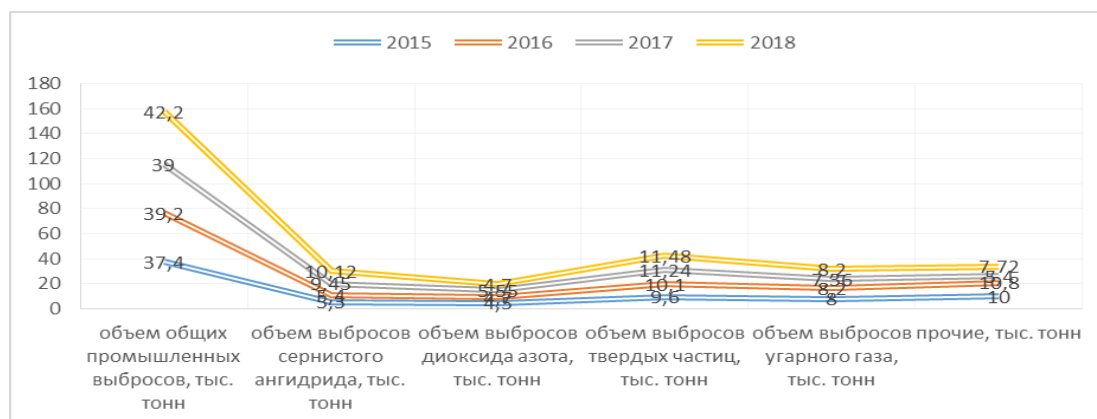
Согласно информационному бюллетеню о состоянии окружающей среды Республики Казахстан степень загрязнения атмосферного воздуха примесью оценивается при сравнении концентрации примесей с ПДК (в мг/м<sup>3</sup>, мкг/м<sup>3</sup>).

Для оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха за месяц используются два показателя качества воздуха:

– стандартный индекс (СИ) – наибольшая измеренная в городе максимальная разовая концентрация любого загрязняющего вещества, деленная на ПДК.

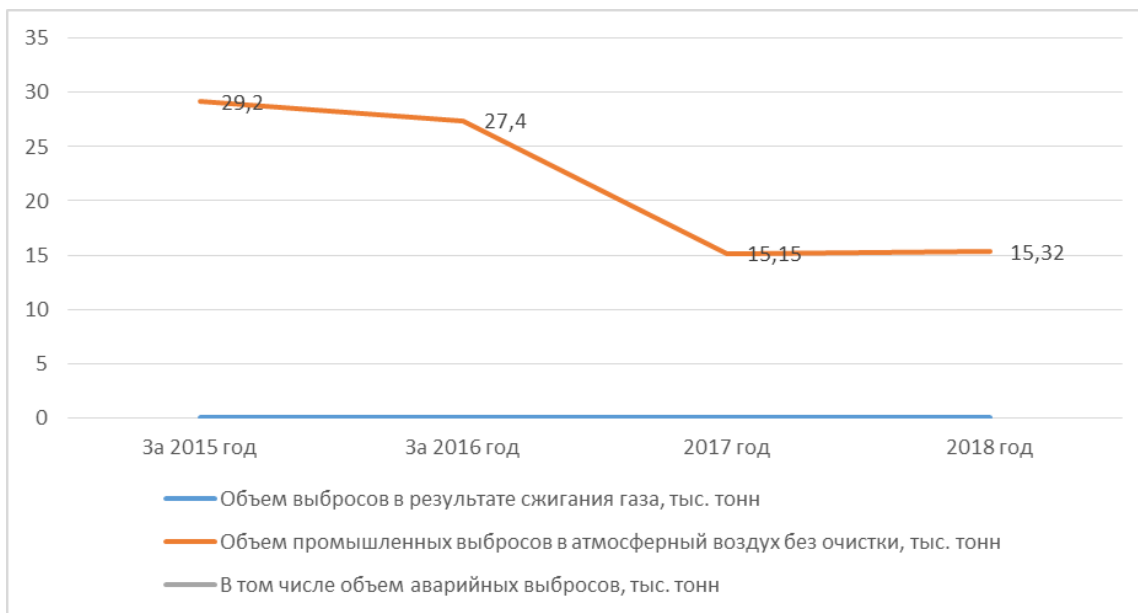
– наибольшая повторяемость (НП), %, превышения ПДК – наибольшая повторяемость превышения ПДК любым загрязняющим веществом в воздухе города.

Диаграмма - 1. Загрязнение атмосферного воздуха (выбросы за 2015-2018 годы в сравнении).



Как видно, из табличных данных, несмотря на внедрение природоохранных мероприятий, заметно увеличение объема общих промышленных выбросов, особенно сернистого ангидрида. Увеличение объемов выбросов связано с проведением реконструкции автодороги Усть-Каменогорск-Талдыкорган.

**Диаграмма - 2.** Объемы выбросов за 2015-2018 годы.



**Диаграмма - 3.** Объемы выбросов за 2015-2018 годы.



Следует отметить, что увеличение выбросов от автотранспортных средств связано с увеличением автомобилей, спецтехники и других передвижных источников в области. В области насчитывается 613232 тыс. единиц автомобилей [15].

Оценивая загрязнение атмосферного воздуха, по расчетам СИ и НП к классу очень высокого уровня загрязнения отнесены (СИ – более 10, НП – более 50%): гг. Астана, Актобе, Балхаш, Петропавловск. Высоким уровнем загрязнения (СИ – 5-10, НП – 20-49%) характеризуются: гг. Алматы, Зырянск, Шу, Караганда, Темиртау, Актау, Туркестан и п. Бейнеу. К повышенному уровню загрязнения (СИ – 2-4, НП – 1-19%) относятся: гг. Кокшетау, Атырау, Кульсары, Усть-Каменогорск, Риддер, Семей, Тараз, Жанатас, Каратау, Уральск, Жезказган, Костанай, Рудный, Кызылорда, Жанаозен, Павлодар, Экибастуз, Аксу, Шымкент и п. Глубокое, Кордай, Березовка, Карабалык, Торетам. *Низким уровнем загрязнения* (СИ – 0-1, НП – 0%) характеризуются: гг. Степногорск, Талдыкорган, Аксай,

Сарань, Кентау и пп. Сарыбулак, Январцево, Акай, СКФМ «Боровое» и Щучинско-Боровская курортная зона

Таким образом, город Талдыкорган является сравнительно чистым областным центром на территории Республики Казахстан, хотя имеет крупные промышленные предприятия, расположенные в черте города. Исходя из этого мы с уверенностью утверждаем актуальность и необходимость системного контроля за состоянием качества атмосферного воздуха.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Карпов В. С. Информационно-измерительная система мониторинга загрязнения приземного слоя атмосферы промышленно развитых регионов / В.С.Карпов, В.М.Панарин, А.А.Горюноква // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2012. - Вып. 2. - С. 83-91.
- [2] Безуглая Э.Ю. Чем дышит промышленный город. - Л.: Гидрометеиздат, 2005. - 256 с.
- [3] Макарова В. Н. Утилизация техногенных отходов в промышленности строительных материалов / Макарова В.Н., Савин Л.С. // Екологічний інтелект – 2011. VI міжнародна науковопрактична конференція молодих вчених, 19–20 травня 2011 р., Дніпропетровськ / М-во транспорту і зв'язку України, Дніпропетр. нац. ун-т заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, Дніпропетр. від-ня нац. еколог. центру України [таін.]. - Дніпропетровськ, 2011. - С. 165-166.
- [4] Пинигин М.А. Охрана атмосферного воздуха. - М., 1999. - 177 с. 8. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. - М., 1991. - 76 с.
- [5] Алматы облысына сипаттама: <https://kk.wikipedia.org>.
- [6] газета «Литер»: <https://liter.kz/>
- [7] Dunlap, Riley E. and McCright, Aaron M. Climate Change Denial: Sources, actors, and strategies //Routledge Handbook of Climate Change and Society/Constance Lever-Tracy. - Taylor & Francis, 2011. - ISBN 0-415-54478-5.
- [8] Всемирная Федерация Ассоциаций Содействия ООН, Проект ТысячелетияДжером К., Гленни Теодор Дж. Гордон-2007г.].
- [9] Байтулин И.О. Экологические проблемы Казахстана // Вестник Министерства образования и науки РК Национальной Академии наук РК. (№1) - 2002.С. 12-17.
- [10] Демиденко Г.А., Фомина Н.В. Мониторинг окружающей среды: учеб. пособие. - Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2013. - 153 с.
- [11] Информационный экологический бюллетень Республики Казахстан. - Алматы, 2002. - № 1- 2. - С. 35 - 40.
- [12] Информационно-аналитический отчет по контрольной и правоприменительной деятельности по Алматинской области за 2016 год
- [13] Информационно-аналитический отчет по контрольной и правоприменительной деятельности по Алматинской области за 2017 год
- [14] Информационно-аналитический отчет по контрольной и правоприменительной деятельности по Алматинской области за 2018 год
- [15] портал [www.«365info.kz»](http://www.365info.kz)

Урымбаева А.А., Базарбаева Т.А., Умбетбеков А.Т.

**Алматы облысының атмосфералық ауасын ластайтын тұрақты және жылжымалы көздерді бағалау (Талдыкорган қ. мысалы ретінде)**

**Түйіндеме.** Алматы облысындағы ауаның ластануына негізінен Қазақстан Республикасының Қорғаныс министрлігінің аймақтық бөлімшелерінің әскери гарнизондарының жылу және энергетика, автомобиль көлігі, қазандықтар, құрылыс материалдарының кәсіпорындары, қазандықтар кәсіпорындары, сондай-ақ ауылшаруашылық нысандары әсер етеді.

Мақалада Алматы облысының оңтүстік-шығыс бөлігі атмосфералық ауасының ластануының статистикалық, ақпараттық және аналитикалық сипаттамасы, ірі кәсіпорындардың атмосфералық ауаның ластануына әсері, шығарындылар көлемі, радиациялық жағдай, қалдықтарды өндіру және тұтыну, қорларды үнемдеу мен экологиялық таза технологияларды өндіру, қатты тұрмыстық қалдықтар полигоны мен өз бетінше пайда болған қалдықтар туралы мәліметтер келтірілген.

**Түйін сөздер:** қоршаған ортаны қорғау шаралары, атмосфералық ауа, полигондар, ресурс үнемдеуші технологиялар, ШРК, ПӘК.

УДК 622.276

**B.N. Kuatbekov, G.S. Tulentayeva, M.K. Abylova.**

(International Kazakh-Turkish University named after K. A. Yassawi, Kazakhstan, Turkestan region, Turkestan  
E-mail: KBN\_Kirgizaly\_76@mail.ru, tulentaeva\_g.87@mail.ru, moldir\_abylova@mail.ru)

### **COMPUTER SIMULATION OF THE UNDERGROUND WATERS FILTRATION IN TURKESTAN**

**Abstract.** In this article are considered methods of numerical solutions the equations and laws of filtration underground waters, and also the main problems of modeling using GIS are analyzed in this master thesis. The created computer model is based on GIS technology. Possibilities of GIS technologies have been explored. The basic parameters for creation model of underground waters of Turkistan are considered.

**Key words:** geographic information systems, ArcMap, ArcGIS, SOM, Net, Java, XHL, SOAP language object-oriented programming Java.

**Б. Н. Куатбеков, Г. С. Тулентаева, М. К. Абылова**

(Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан облысы, Түркістан қ.,  
KBN\_Kirgizaly\_76@mail.ru, tulentaeva\_g.87@mail.ru, moldir\_abylova@mail.ru)

### **ТҮРКІСТАН ҚАЛАСЫ ЖЕРАСТЫ СУЫНЫҢ СҮЗГІЛЕНУІНІҢ КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛІ**

**Түйіндеме:** Бұл мақалада жерасты суының сүзгілену заңдары мен теңдеулерін сандық шешу жолдары, геоақпараттық жүйелердің көмегімен модельдеудің өзекті мәселелері талданды. Құрылған компьютерлік модель геоақпараттық жүйе – технологиясына негізделген. Геоақпараттық жүйе – технологиясы мүмкіндіктері сараланып, Түркістан қаласы жерасты суының сүзгілену моделін құруға қажетті қасиеттері қарастырылды.

**Кілт сөздер:** геоақпараттық жүйе, ArcMap, ArcGIS, COM, Net, Java, XHL, SOAP–объектіге бағытталған бағдарламалау тілі.

Ауыл шаруашылығының суға қажеттілік және тұрғындарды ауыз сумен қамтамасыз ету мәселелері көптеген аймақтарда өзекті болып табылады. Оның шешімін табу жолдарының бірі жер асты суларын кеңінен қолдану.

Халық шаруашылығы, тұрмыстық қажеттіліктерді өтеуде жерасты суларының маңызы ерекше. Әсіресе жербеті сулары тапшы аудандарда жерасты суларының маңыздылығы артады, яғни адамдар, жануарлар, өсімдіктер тек жерасты суы есебінен ғана тіршілік ете алады. Өндірістердегідей адамдардың тұрмыста да суды пайдалануы әрдайым артып отырғаны байқалады/1/. Тұрғындарды стандартқа сай ауыз сумен қамтамасыз ету Түркістан қаласында да шешілуі керек негізгі мәселелердің бірі болып табылады.

Геоақпараттық жүйе (ГАЖ) бұл қарастырылған мәселені шешудің тиімді құралы болып табылады. ГАЖ-ні кеңістіктік мәліметтерді жинауға, сақтауға, талдауға және графикалық визуалдауға арналған жүйе ретінде қолдану, басқарушы шешімдерді қабылдауды қолдау есептерін тиімді шешуді қамтамасыз етеді. ГАЖ технологиясы аймақты аудандастыру, аймақтың жай-күйін бағалау, аймақтың суды қолдану және су балансысын сипаттау, оның толық тағайындалуы және қолданылуы бойынша қасиетін сипаттау мәселелерін шешу кезінде ыңғайлы құрал болып табылады. Сондықтан аймақтың гидрогеологиялық жағдайын және Түркістан қаласының жерасты суларының деңгейін анықтау үшін заманауи модель – ГАЖ технологиясын пайдалану және қолдану негізінде зерттеу жүргізу өзекті болып табылады/2/.

Аймақтың гидрогеологиялық жағдайын және Түркістан қаласының жерасты суларының деңгейін анықтау үшін Түркістан қаласының ауданының сандық картасы және жерасты суы деңгейінің моделі MapInfo және ArcGIS геоақпараттық жүйе бағдарламасымен құрылды және ол Borland Delphi7 объектіге бағытталған бағдарламалық кешен ортасында құрылған бағдарламамен байланыстырылды. Құрылған бағдарламаны көптеген гидрогеологиялық есептерді шешуде қолдануға болады. Бағдарламаның негізгі қызметтерін атап өтейік/3/:

- Жерасты су ағысының деңгейін анықтау.
- Түркістан аймағындағы жерасты суының моделін жасау.

- Түркістан аймағының картасы құрылып, шекті элементтер әдісін қолдану арқылы түрлі жыныстағы жер асты суының қысымы мен дебиті есептелді.

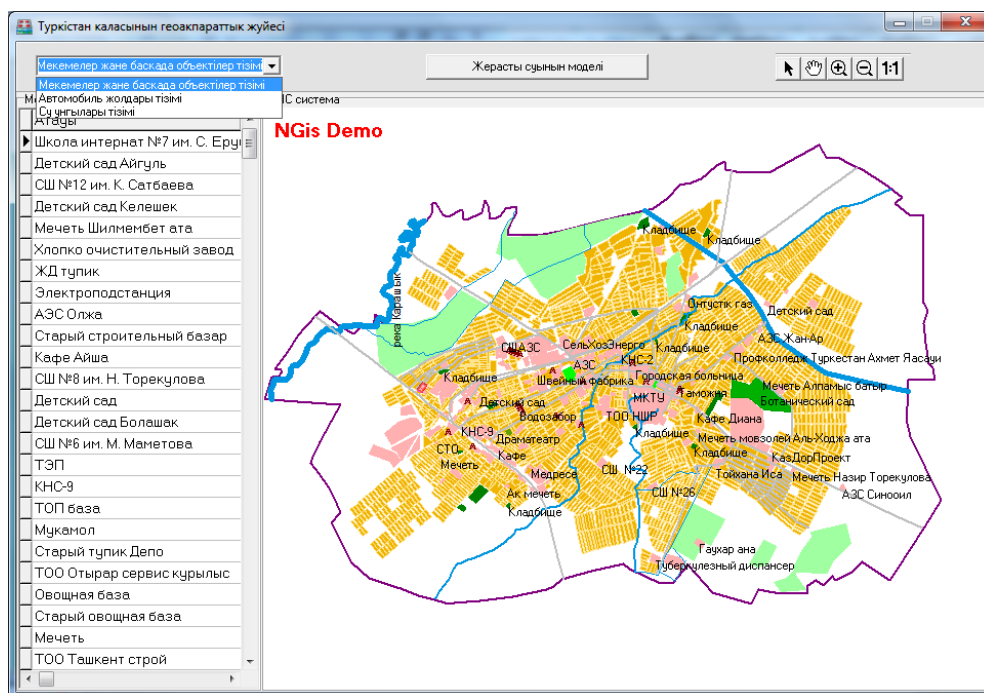
Түркістан қалалық “Түркістан-Су” мемлекеттік мекемесінен алынған мәліметтер талдана отырып жасалынды. Төменде бағдарламаның негізгі беті көрсетілген/2/.



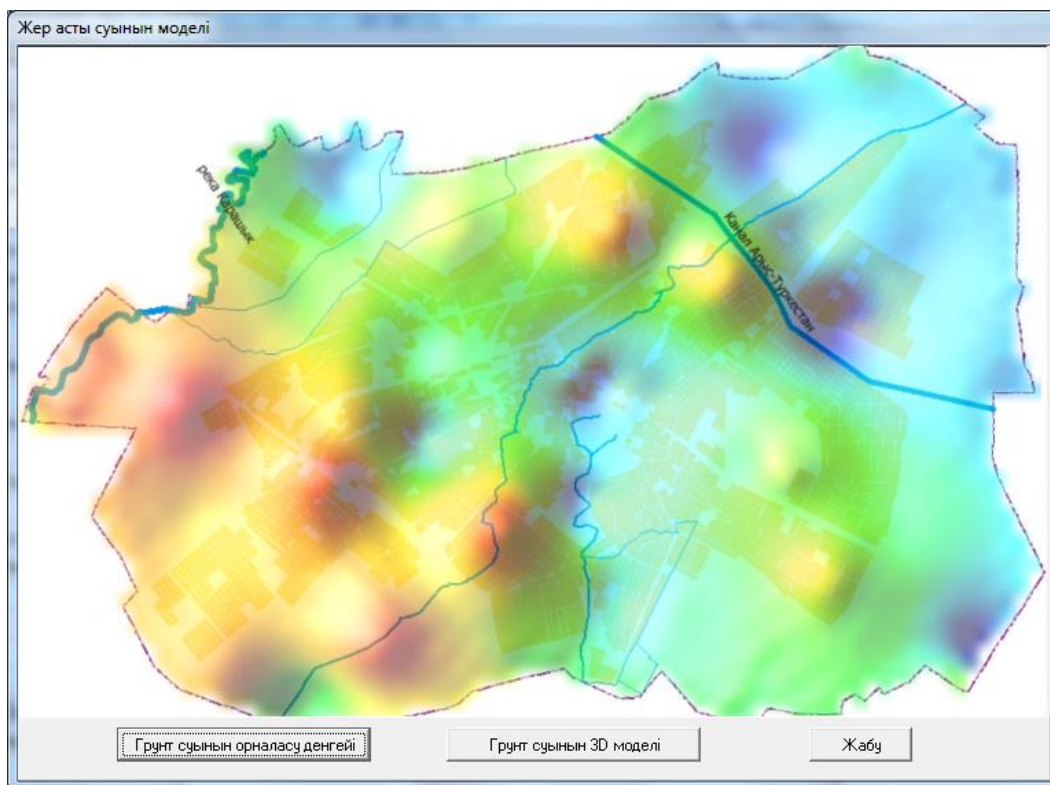
1-сурет. Бағдарламаның негізгі беті.

Түркістан қаласының ГАЖ-сі бетінде қаланың сандық картасы көрсетілген/2/. Мұнда ГАЖ-дың көмегімен кез-келген ұңғыларды, көшелерді және де басқа да объектілердің қай жерде орналасқанын Түркістан қаласы картасының кез-келген жерінен тез тауып алуға мүмкіндік береді.

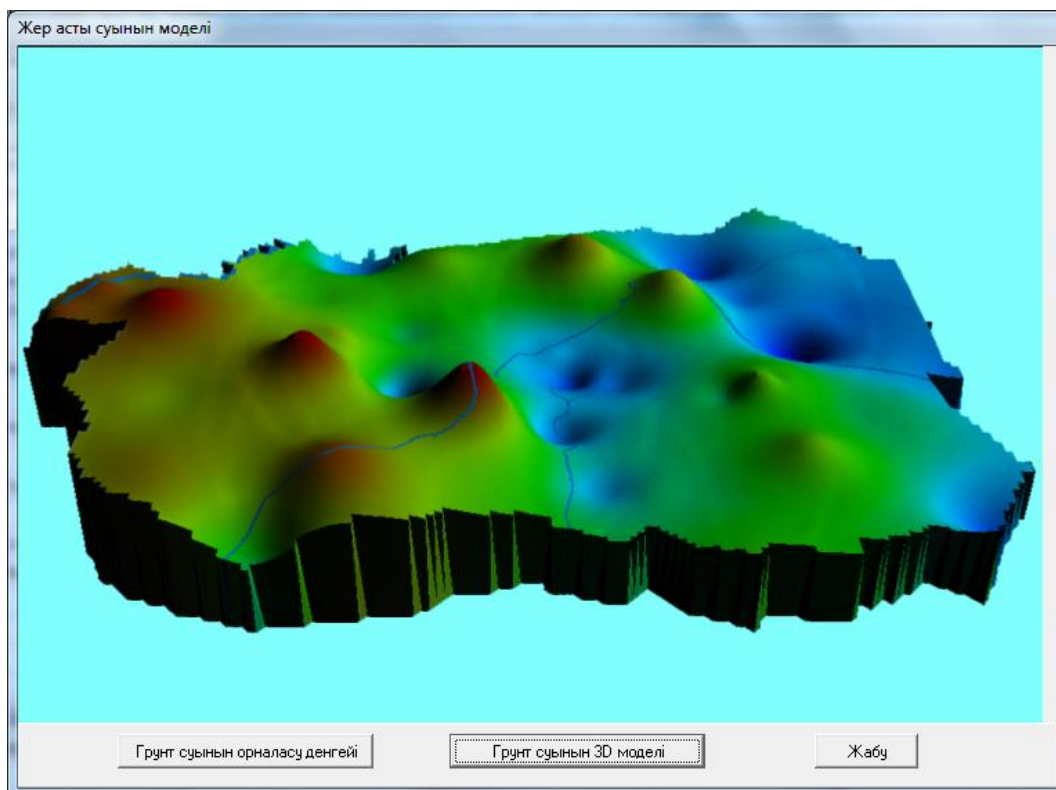
Жоғарғы бөлігінде орналасқан батырманың көмегімен оңнан солға қарай - картаны тышқанның оң жақ батырмасын шерту арқылы ұстап, қалаған бағытымызда жылжытуға; кішірейтуге; керісінше үлкейтуге; бағыттауышты бастапқы қалпына келтіруге болады.



2-сурет. Түркістан қаласының сандық картасы.



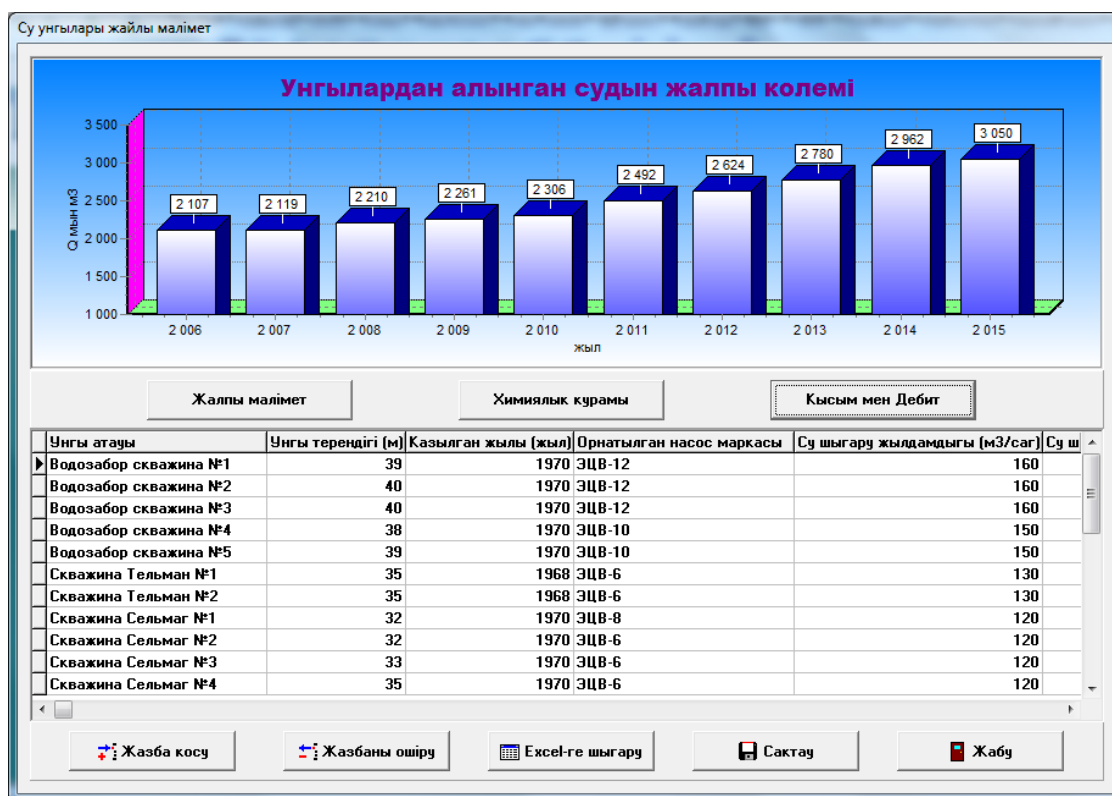
3-сурет. Жерасты суының орналасу деңгейі.



4- сурет. Жерасты суының моделі.

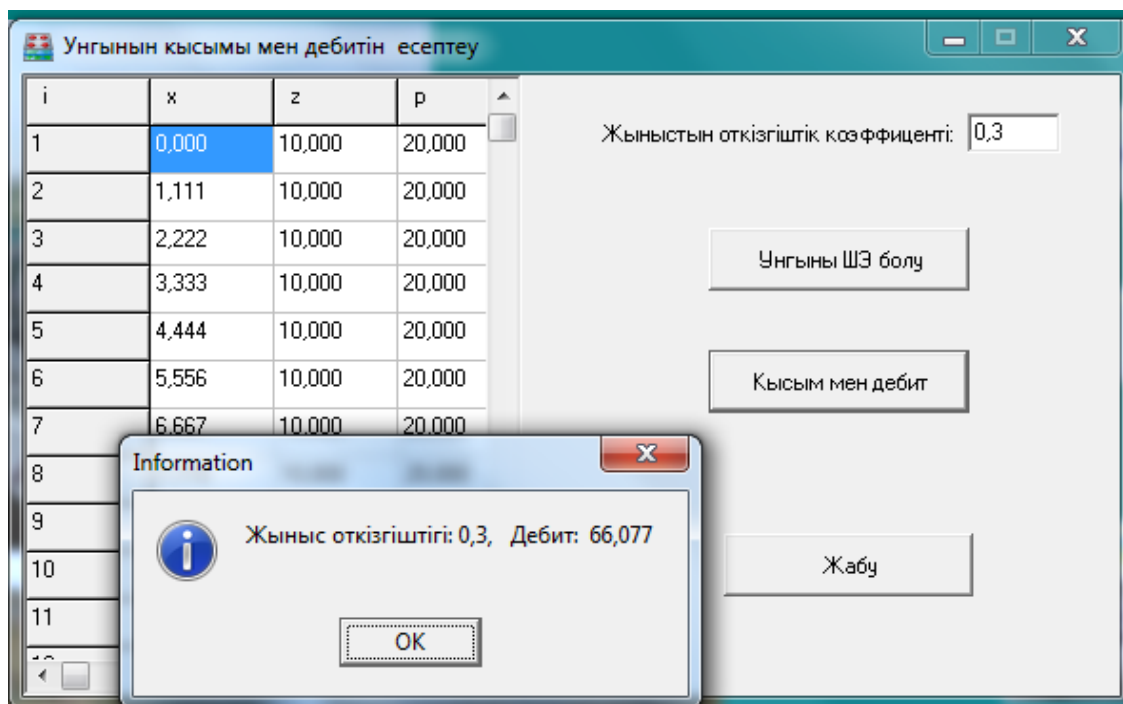
Су ұңғылары туралы мәлімет бетінде жыл бойынша жалпы су ұңғыларынан алынған судың көлемі диаграмма түрінде келтіріген/4/. Сондай-ақ мұнда ұңғылар туралы мәліметтер қоры келтірілген және оларға өзгертулер енгізуге, оларды Excel-ге шығаруға, сақтауға болады.





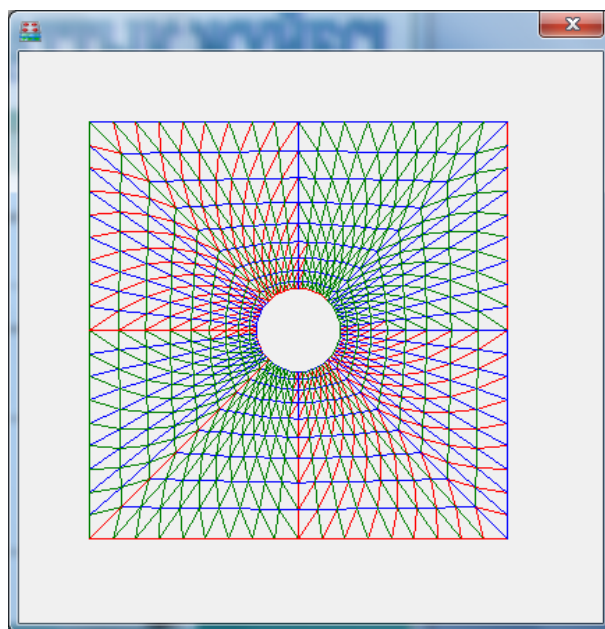
5-сурет. Су ұңғылары туралы мәлімет.

Жерасты суының сүзгіленуінде дебиттің және қысымның өзгеруін анықтауға болады.



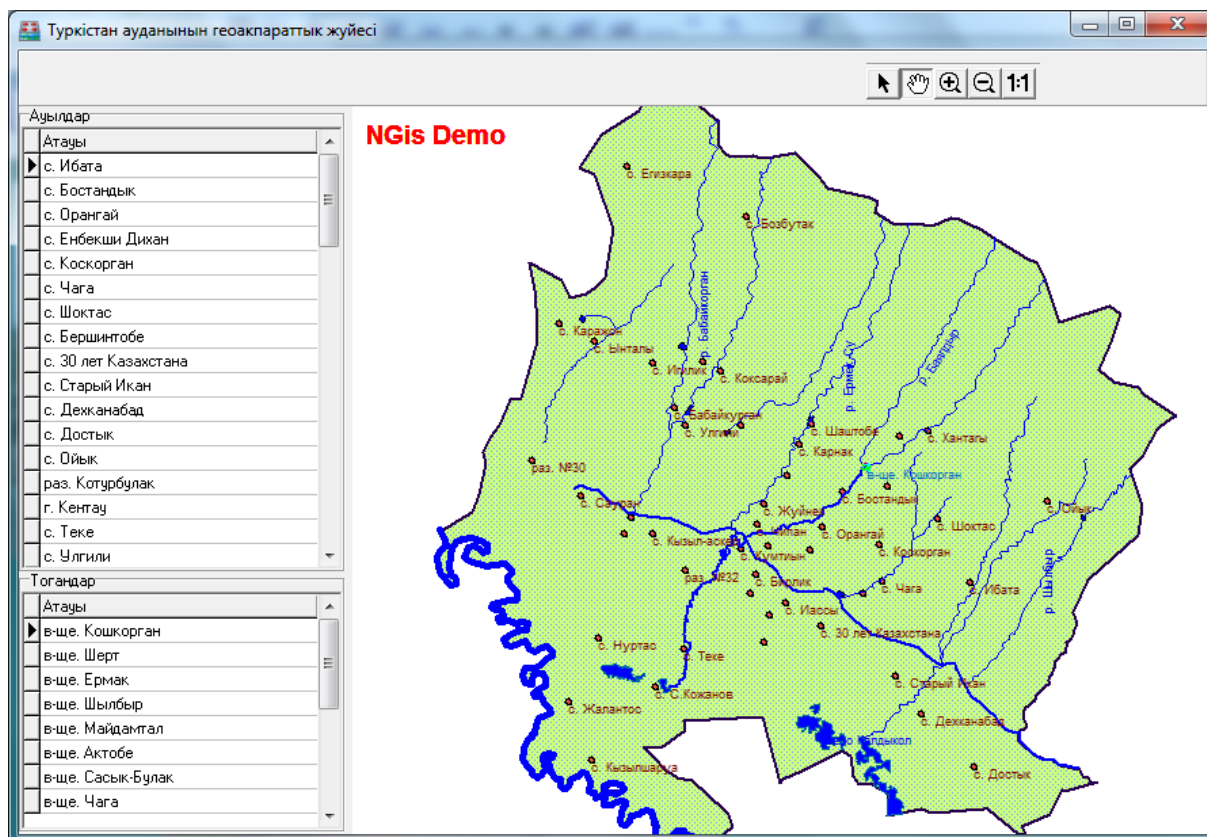
6-сурет. Ұңғы дебиті мен қысымын есептеу

Алдын-ала берілген параметрлері бойынша есептеу облысын шекті элементтерге автоматты түрде бөлудің ішкі бағдарламасы құрылған. Сол ішкі бағдарлама көмегімен есептеу облысын ұңғының діндерінің өлшеміне сәйкес үшбұрышты элементтерге бөле алады.



7-сурет. Есептеу облысын шекті элементтерге бөлу

8-суретте көрсетілген жоба бөлігінде елді мекендерді және аудандағы тоғандардың орынын аттары бойынша іздеуге мүмкіндік береді/5/. Елді мекен немесе тоған атын таңдау арқылы сол елді мекенді немесе тоғанды картадан табуға болады.



8-сурет. Түркістан ауданының ГАЗ-сі

Нәтижесінде Түркістан қаласы жерасты суының сүзгіленуінің компьютерлік моделі және бағдарламалық кешені құрылды.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Р. К. Куандыкова. Состояние водного бассейна Туркестанского района. // Вестник университета Ясави, 1997 г. - № 6. – С. 22-25.
- [2] Байжигитов К. Водные ресурсы Туркестана и вопросы озеленения. //Журнал «Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана», 2003 г, №9, -стр. 52-53.
- [3] Вышпольский Ф.Ф., Караджи Ф. и др. Рекомендации по технологии орошения, водосбережения и повышение плодородия почв в зоне Арысь-Туркестанского канала. - Тараз, КазНИИВХ совместно с ИКАРДА, 2004 г, -18 с.
- [4] Вышпольский Ф.Ф., Караджи Ф. и др. Рекомендации по технологии орошения, водосбережения и повышение плодородия почв в зоне Арысь-Туркестанского канала. -Тараз, КазНИИВХ совместно с ИКАРДА, 2004 г, -18 с.
- [5] Добрякова В.А. Основы MAPINFO. Методические указания по курсу "Географические информационные системы". - Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 1999. - 38 с.

Куатбеков Б.Н., Тулентаева Г.С., Абылова М.К.

**Компьютерное моделирование фильтрации подземных вод г. Туркестана**

**Резюме:** В данной статье рассматриваются методы численных решений уравнений и законов фильтрации подземных вод, а также основные проблемы моделирования с помощью ГИС. Созданная компьютерная модель основана на ГИС технологии. Были исследованы возможности ГИС технологий. Рассмотрены основные параметры для создания модели подземных вод города Туркестан.

**Ключевые слова:** геоинформационные системы, ArcMap, ArcGIS, COM, Net, Java, XHL, SOAP язык объектно-ориентированного программирование–java.

УДК 553.832 (574)

**A. Baibatsha, S. Satibekova**

(Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satbayev, Almaty, Kazakhstan  
E-mail: baibatsha48@mail.ru, s.satibekova@bk.ru)

**ESTIMATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF COAL COUNTRY ROCK IN THE KARAGANDA BASIN BY GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL DATA**

**Abstract.** This article discusses geophysical methods, as a geological tool, to determine the physical-mechanical properties of coal country rock in the Karaganda coal basin. The Karaganda basin mine fields are characterized by a complexity of geological conditions, the variability of technological characteristics of coal, and the physical-mechanical properties of coal country rock, by the basin area and with the depth of coal seams. In connection with this, the requirements for studying a composition and physical-mechanical properties of coal country rock are increasing. From the above, the problem of developing the scientific foundations of methods for predicting the structure, composition, and physical-mechanical properties of coal country rock by a system-factor analysis of coal strata formation and alteration becomes important. It is possible to raise to a qualitatively new level the estimation of the physical-mechanical properties and the forecast of roof rock stability in mine workings. To achieve the goal, we used geophysical parameters as  $\rho_k$  - electrical resistance of rocks,  $d$  - borehole diameter, reflecting the physical state of a rock mass in order to characterize the physical-mechanical properties and roof rock stability of coal seams. As a result, multidimensional mathematical equations have been derived for typical rocks of the Karaganda coal basin - argillites, aleurolites and sandstones, showing the relationship between physical-mechanical properties and geophysical parameters.

**Key words:** physical and mechanical properties of rocks, electrical resistance of rocks, borehole diameter, geophysical methods, coal country rock, roof stability.

**А.Б. Байбатша, С.Б. Сатибекова**

(Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева,  
Алматы, Республика Казахстан)

**ОЦЕНКА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ УГЛЕВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД КАРАГАНДИНСКОГО БАСЕЙНА ПО ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ**

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены геофизические методы, в качестве геологического инструмента, для определения физико-механических свойств углевмещающих пород Карагандинского каменноугольного бассейна. Шахтные поля Карагандинского бассейна отличаются сложностью горно-геологических условий, изменчивостью технологических характеристик углей и физико-механических свойств углевмещающих пород, как по площади бассейна, так и с глубиной залегания угольных пластов. В связи с этим повышаются требования к изучению состава и физико-механических свойств углевмещающих пород. Из сказанного приобретает

актуальность проблема разработки научных основ создания методов прогноза строения, состава и физико-механических свойств массива горных пород с применением системно-факторного анализа формирования и преобразования угольных формаций. Это позволит поднять на качественно новый уровень оценку физико-механических свойств и прогноз устойчивости пород кровли в горных выработках. Для достижения цели нами были использованы такие геофизические параметры, как  $\rho_k$  – электрическое сопротивление пород,  $d$  – диаметр скважины, отражающих физическое состояние массива горных пород для характеристики физико-механических свойств и устойчивости пород кровли угольных пластов. В результате выведены многомерные математические уравнения для типичных пород бассейна – аргиллитов, алевролитов и песчаников, показывающие зависимости между их физико-механическими свойствами и геофизическими параметрами.

**Ключевые слова:** физико-механические свойства горных пород, электрическое сопротивление пород, диаметр скважины, геофизические методы, углевмещающие породы, устойчивость кровли.

**Введение.** Горное производство Казахстана в связи с внедрением механизации и автоматизации технологических процессов добычи полезных ископаемых в шахтах и переходом на глубокие горизонты, ставит перед наукой ряд сложных проблем. Одной из основных геологических задач является прогнозирование устойчивости пород кровли угольных пластов Карагандинского бассейна. Чтобы ее решить, необходимы такие методы и приемы исследований, которые позволяют определять физико-механические свойства пород в условиях разрабатываемого горного массива в предпроектную стадию. Решение этой задачи даст возможность изучить условия устойчивости пород кровли при различном характере их строения, установить параметры рационального и безопасного ведения очистных работ с выбором и типов механизированной крепи в условиях автоматизированных горных предприятий [1-4].

Исследование физико-механических свойств пород кровли угольных пластов являются основой для проектирования, строительства и эксплуатации горнодобывающих предприятий [1-4], правильного выбора оптимальных параметров горнотехнических процессов, заложения новых горизонтов, нормирования горных работ, для расчета горного давления, прогноза устойчивости горных выработок и способа управления кровлей угольных пластов, подготовленных к отработке, так как они отражают количественные характеристики состояния горных пород. Задачи, связанные с определением физико-механических свойств и устойчивостью кровли, можно решать с помощью геофизических методов, таких как сейсмический метод [6], электротомия и кавернометрия для изучения полного разреза пород. Геолого-геофизической модели физико-механических свойств и прогноза устойчивости пород кровли угольных пластов можно создать с помощью сейсмических [5-6], геофизических методов [7-8], бурения и лабораторных исследований [9] для изучения полной характеристики геологического разреза [5-12].

**Метод исследования.** Предлагаемая методика прогноза физико-механических свойств и устойчивости пород в выработках шахт по комплексу геофизических методов основаны на данных натурных наблюдений в очистных и подготовительных выработках шахт Карагандинского бассейна. Данная методика интерпретации геофизических данных позволяет производить определение физико-механических свойств пород непрерывно по всему разрезу скважины в их естественном залегании.

Для определения физико-механических свойств горных пород из геофизических параметров используются данные КС (кажущееся электрическое сопротивление пород) и данные кавернометрии [3, 6, 13].

Удельное электрическое сопротивление пород ( $\rho_{п}$ ) определяется по диаграммам КС – методом бокового каротажного зондирования (БКЗ). При сопоставлении величин  $\rho_{п}$  и  $\rho_k$  (определяется графически с диаграмм КС) было установлено наличие закономерной связи между ними. Аналитическая зависимость между  $\rho_{п}$  и  $\rho_k$  для пород угольных свит бассейна подчиняется линейному закону [14-15]:

$$\rho_{п} = a \rho_k + b \quad (1)$$

Значения эмпирических коэффициентов уравнения (1) по расчету  $\rho_{п}$  приведены в табл. 1 [16].

Таблица 1. Значения эмпирических коэффициентов уравнения (1)

Горная порода	Градиент- зонд	Значения коэффициентов		Коэффициент корреляции $r$	Среднее квадратическое отклонение $\sigma$ , %
		$a$	$b$		
Аргиллит	Стандартный	0,79	1,0	0,90	10,1
	Малый	1,02	1,6	0,80	21,4
	Малый	1,10	-	0,80	21,4
Алевролит	Стандартный	0,59	7,7	0,83	11,5
	Малый	1,00	2,6	0,46	26,2
	Малый	1,10	-	0,46	26,2
Песчаник	Стандартный	0,56	10,7	0,84	14,1
	Малый	0,90	8,6	0,60	28,7
	Малый	1,13	-	0,60	28,7

Более тесная связь получена при корреляции  $\rho_{\text{п}}$  с  $\rho_{\text{к}}$ , полученным стандартным градиент-зондом А1,2М0,1N. Использование для этих целей значения  $\rho_{\text{к}}$ , определенные с помощью малого градиент-зонда А0,3М0,03N, дает большой разброс и малую тесноту связи. Это объясняется, по-видимому, значительным влиянием скважинных условий на результаты записи из-за малого размера зонда и небольшой глубинности исследования.

Процесс определения  $\rho_{\text{п}}$  является довольно трудоемким, а при отсутствии данных резистивиметрии и кавернометрии даже невозможным, поэтому использование полученных зависимостей (табл. 1) намного упрощает задачу по определению  $\rho_{\text{п}}$ . Более того, между величинами  $\rho_{\text{п}}$  и  $\rho_{\text{к}}$  найдено условие сопоставимости (подчиняется линейному закону) с высоким значением коэффициента корреляции и для оценки физико-механических свойств пород можно пользоваться с их кажущимися удельными сопротивлениями, определенными из диаграмм КС стандартного градиент-зонда А1,2М0,1N.

Установлено, что изменение диаметра скважины ( $d$ ) в процессе ее бурения зависит от литологического состава пересекаемых пород и их механической прочности, а также от времени обнаженного стояния стенок скважины ( $t$ ) от момента перебурки до момента записи кавернограммы. Это дает возможность изучать физико-механические свойства пород разреза скважины по данным кавернометрии [14-15].

**Результаты исследования.** Физические свойства пород угленосной толщи Карагандинского бассейна приведены в таблице 2. Для установления характера зависимости и математической реализации установленной нами связи проводилось сопоставление геофизических параметров пород с результатами лабораторных определений их физико-механических свойств – предела прочности одноосному сжатию ( $\sigma_{\text{с}}$ , МПа) и растяжению ( $\sigma_{\text{р}}$ , МПа), объемного веса ( $q$ , г/см<sup>3</sup>), пористости ( $\Pi$ , %), естественной влажности ( $W$ , %), по пробам типичных аргиллитов, алевролитов, песчаников долинской и тентекской угленосных свит бассейна.

Таблица 2. Значения физических свойств пород и углей Карагандинского бассейна

Породы	Возраст	$\rho_{\text{к}}$ , Омм	$q$ , г/см <sup>3</sup>
Угли каменные	карбон	50-600	1,10-1,60
Углистые аргиллиты	"	20-100	1,30-2,00
Аргиллиты	"	5-30	2,30-2,60
Алевролиты	"	20-60	2,35-2,65
Песчаники	"	30-600	2,40-2,70
Угли бурые	юра	40-250	1,10-1,60
Песчано-глинистые породы	"	10-60	2,00-2,40
Конгломераты-песчаники	"	60-300	2,30-2,55
Глины	неоген	5-20	2,00-2,30

Механические прочности пород одноосному сжатию и растяжению можно рассчитать по каждому литотипу с помощью следующих формул [14-16]:

для аргиллитов

$$\sigma_{\text{с}} = 4,342 d^{-0,33} t^{0,44} \rho_{\text{к}}^{1,042} \quad R = 0,94; \quad (2)$$

$$\sigma_{\text{р}} = 109,75 d^{-1,29} t^{0,181} \rho_{\text{к}}^{0,603} \quad R = 0,75; \quad (3)$$

для алевролитов

$$\sigma_{\text{с}} = 5,658 d^{-0,253} t^{0,013} \rho_{\text{к}}^{0,871} \quad R = 0,87; \quad (4)$$

$$\sigma_{\text{р}} = 37,21 d^{-1,06} t^{0,13} \rho_{\text{к}}^{0,625} \quad R = 0,70; \quad (5)$$

для песчаников

$$\sigma_{\text{с}} = 148,33 d^{-0,703} t^{0,10} \rho_{\text{к}}^{0,871} \quad R = 0,83; \quad (6)$$

$$\sigma_{\text{р}} = 693,66 d^{-1,513} t^{0,20} \rho_{\text{к}}^{0,434} \quad R = 0,72. \quad (7)$$

Для упрощенного определения физико-механических свойств пород получены эмпирические формулы по методу КС и кавернометрии в отдельности. Связь механической прочности ( $\sigma_{\text{с}}$ ) пород, слагающих разрез скважины с кавернозностью ( $d$ , мм) [8], учитывая влияние на последнее времени стояния обнаженных стенок скважины от момента перебурки до проведения кавернометрии ( $t$ , сут) и глубины залегания ( $H$ , м), характеризуется соответственно для аргиллитов, алевролитов и песчаников уравнениями [14-16]:

$$\sigma_c^{apг} = 0,4018 \cdot 10^6 d^{-2.362} t^{0.346} H^{0.209} \quad R = 0,80; \quad (8)$$

$$\sigma_c^{ал} = 3118,0 d^{-1.374} t^{0.088} H^{0.357} \quad R = 0,61; \quad (9)$$

$$\sigma_c^п = 5058.7 d^{-1.196} t^{0.188} H^{0.148} \quad R = 0,63. \quad (10)$$

На рис. 1 показан пример определения прочности пород кровли и почвы пласта  $d_6$  непрерывно по разрезу скважины. В таблице 3 приведены формулы и связи зависимости между геофизическими параметрами и физико-механическими свойствами пород для Карагандинского каменноугольного бассейна [14].

Для оценки достоверности и точности определений по предлагаемой методике производилось сопоставление значений физико-механических свойств пород, полученных с помощью геофизических методов и лабораторным путем. Сравнения показали, что расхождения в значениях физико-механических свойств пород, определенных двумя сравниваемыми методами, невелики (среднеквадратическое отклонение по аргиллитам, алевролитам, песчаникам составляет соответственно, %: 15,7; 12,5; 13,2) и находятся в пределах точности производственных лабораторных исследований [14, 16].

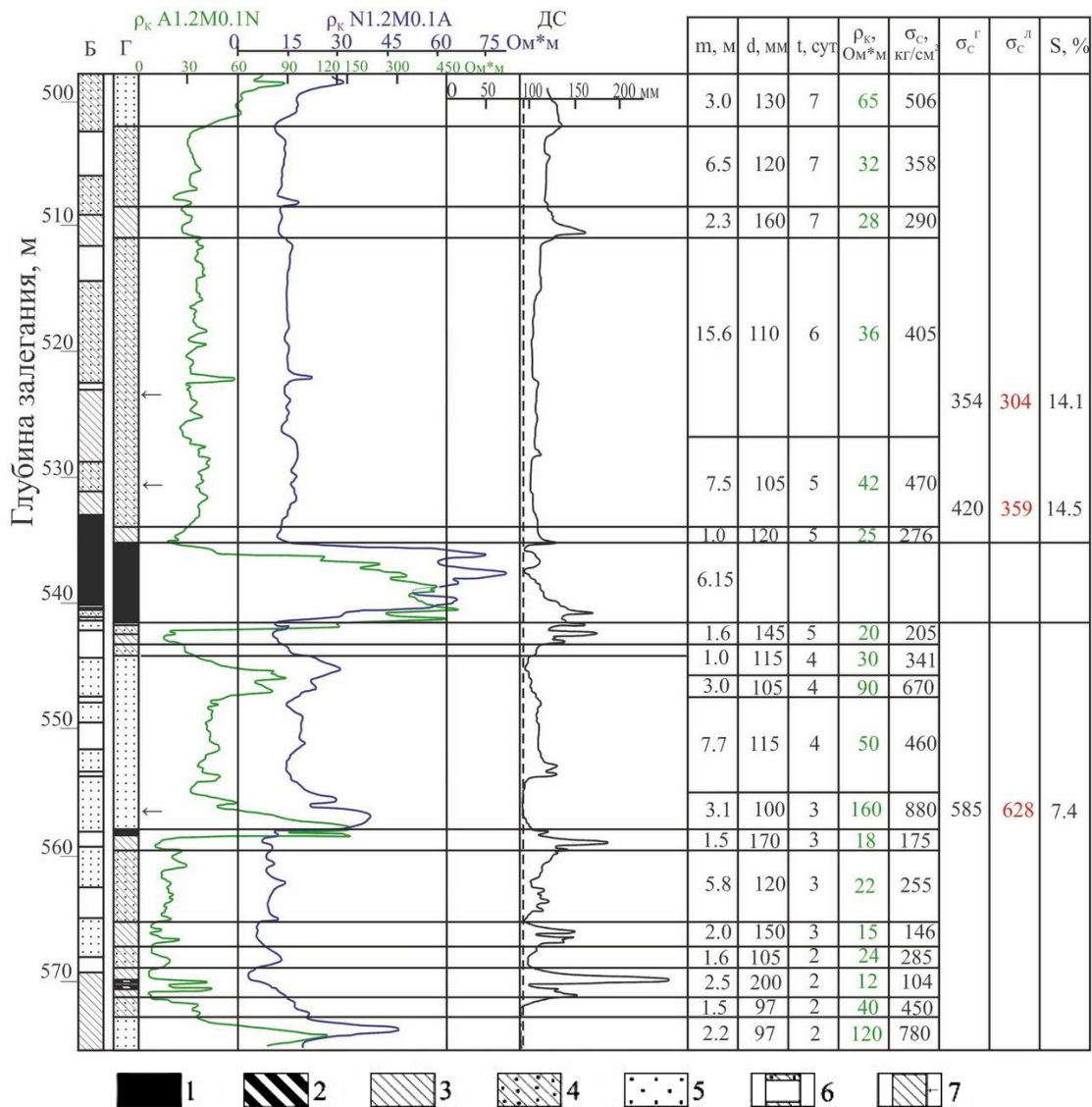


Рис. 1. Определение прочности углевещающих пород Карагандинского бассейна геофизическими методами: 1 – уголь, 2 – углистый аргиллит, 3 – аргиллит, 4 – алевролит, 5 – песчаник, 6 – интервалы невыхода керна, 7 – место отбора проб. Литологическая колонка по: Б – бурению, Г – геофизике.

**Обсуждение результатов.** Геофизические методы определения физико-механических свойств горных пород, слагающих разрезы скважин, основаны на различии их физических свойств (табл. 3), которые являются объективной характеристикой [4, 6, 11] и определяют литолого-минералогические особенности и совокупность геологических процессов, которым подверглись породы.

Аргиллиты характеризуются наименьшими значениями  $\rho_k$ , а также низкими значениями прочности ( $\sigma_c$  и  $\sigma_p$ ) [3, 9], объемного веса ( $q$ ) и высокими значениями пористости ( $\Pi$ ), естественной влажности ( $W$ ). С увеличением обломков алевролитов увеличиваются их  $\rho_k$ ,  $\sigma_c$ ,  $\sigma_p$ ,  $q$ , наоборот уменьшаются  $\Pi$  и  $W$ . Мелко- и среднезернистые песчаники имеют высокие значения  $\rho_k$ ,  $\sigma_c$ ,  $\sigma_p$ , [3, 9],  $q$  и низкие значения  $\Pi$ ,  $W$ . Таким образом, между физико-механическими свойствами пород и их удельными электрическими сопротивлениями наблюдается четкая корреляционная связь. Прямую связь  $\rho_k$  имеет с  $\sigma_c$ ,  $\sigma_p$ ,  $q$  пород и обратную – с их  $\Pi$  и  $W$  [14-15].

Таблица 3. **Формулы и связи зависимости между геофизическими параметрами и физико-механическими свойствами пород**

№ п/п	Горная порода	Уравнение	Корреляционные отношения
1	Аргиллит  -	$\sigma_c = 6,87 \rho_k^{1,13}$	0,90
2		$\sigma_p = 1,02 \rho_k^{0,89}$	0,71
3		$\Pi = 38,61 \rho_k^{-0,39}$	0,68
4		$q = 2,27 \rho_k^{0,03}$	0,77
5		$W = 21,65 \rho_k^{-0,53}$	0,53
6	Алевролит	$\sigma_c = 13,38 \rho_k^{0,94}$	0,86
7		$\sigma_p = 1,17 \rho_k^{0,87}$	0,61
8		$\Pi = 38,46 \rho_k^{-0,38}$	0,46
9		$q = 2,17 \rho_k^{0,04}$	0,57
10		$W = 12,9 \rho_k^{-0,41}$	0,43
11	Песчаник	$\sigma_c = 40,44 \rho_k^{0,62}$	0,80
12		$\sigma_p = 2,86 \rho_k^{0,65}$	0,61
13		$\Pi = 48,86 \rho_k^{-0,41}$	0,50
14		$q = 2,31 \rho_k^{0,02}$	0,61
15		$W = 23,25 \rho_k^{-0,55}$	0,56

**Выводы.** Физико-механические свойства горных пород обычно определяются по керновым пробам лабораторными методами. Главным требованием к геологическому опробованию угольных пластов и вмещающих пород является получение представительной пробы, все определяемые показатели которой должны быть адекватны показателям технологических характеристик углей в угольном пласте и физико-механических свойств горных пород в массиве. Однако обеспечить эти требования в процессе геологоразведочных работ оказывается не всегда выполнимым: неполный выход керна или его отсутствие, избирательная истираемость, засорение его продуктами разрушения горных пород, длительный период времени между отбором пробы и ее исследованием в лаборатории и т. д. Геофизическое опробование, основанное на изучении процессов взаимодействия геофизических полей с горными породами, удовлетворяет выше указанным требованиям [3, 6, 11].

Точность геофизической методики оценки физико-механических свойств горных пород вполне отвечает требованиям практики, кроме того, она позволяет проводить определения без отбора проб экономически выгодно, быстро, с наибольшей полнотой исследований (можно охватить все пробуренные на разведваемом поле скважины). В этом случае лабораторные методы исследования следует предусматривать в небольшом объеме в качестве контроля геофизической методики [1-15].

ЛИТЕРАТУРА

- [1] David C. Oyler etc. In situ estimation of roof rock strength using sonic logging // International Journal of Coal Geology. – 2010. 484-490 pp.
- [2] McCann, D.M., Entwisle, D.C. Determination of Young's modulus of the rock mass from geophysical well logs // Geological applications of wireline logs. – 1992. 317-325 pp.
- [3] G.H. McNally. Estimation of Coal Measures Rock Strength Using Sonic and Neutron Logs // Geoexploration. – 1987. 381-395 pp.
- [4] Peng Suping. Engineering Geology for Underground Rocks. – Berlin, Heidelberg, 2007. – 320 p.
- [5] Li, C., Peng, S., Zhao, J., Cui, X., Du, W., Satibekova, S. Polarity-preserved diffraction extracting method using modified apex-shifted Radon transform and double-branch Radon transform // Journal of Geophysics and Engineering. – 2018, 15 (5), pp. 1991-2000. DOI: 10.1088/1742-2140/aabd8f
- [6] Zhang, Y.G., Han, H.X., Dusseault, M.B. Predicting inter-well rock mechanics parameters using geophysical logs and 3-D seismic data // 1st Canada-US Rock Mechanics Symposium - Rock Mechanics Meeting Society's Challenges and Demands. – 2007. – V. 1. – 121-127 pp.
- [7] Wilson C. Chin. Electromagnetic Well Logging. Models for MWD/LWD Interpretation and Tool Design. – Beverly, MA, Scrivener Publishing, 2014. – 604p.
- [8] Han, H.X., Yin, S. Determination of In-Situ Stress and Geomechanical Properties from Borehole Deformation // Energies. – 2018. – № 11. DOI:10.3390/en11010131
- [9] Hao Xu, Wen Zhou etc. Characterization of Rock Mechanical Properties Using Lab Tests and Numerical Interpretation Model of Well Logs // Mathematical Problems in Engineering. – 2016, DOI: 10.1155/2016/5967159
- [10] Ren, P., Xu, H. The identification of coal texture in different rank coal reservoirs by using geophysical logging data in northwest Guizhou, China: Investigation by principal component analysis // Fuel. – 2018. – Volume 230. – 258-265 pp.
- [11] Hao Xu, Dazhen Tang etc. Evaluation of coal macrolithotypes distribution by geophysical logging data in the Hancheng Block, Eastern Margin, Ordos Basin, China // International Journal of Coal Geology. – 2016. 265-277 pp.
- [12] Juan Teng, Yanbin Yao, Dameng Liu, Yidong Cai. Evaluation of coal texture distributions in the southern Qinshui basin, North China: Investigation by a multiple geophysical logging method // International Journal of Coal Geology. – 2015. 9-22p.
- [13] В.В. Гречухин. Изучение угольных формаций геофизическими методами. М.: Недра, 1980. – 360 с.
- [14] Байбатша А.Б. Инженерная геология месторождений полезных ископаемых с основами геоинформатики. – А.: Ғылым, 2003. – 320 с.
- [15] Н.Н. Гриб, П.Ю. Кузнецов. Прогнозирование физико-механических свойств углеводородных пород на основе данных геофизических исследований скважин и математического аппарата Марковской нелинейной статистики // Уголь. – 2018. – №1. – Стр. 68-73. DOI:10.18796/0041-5790-2018-1-68-73
- [16] Р.Л. Миллер, Дж. С. Кан. Статистический анализ в геологических науках. – М.: Мир, 1965. – 481 с.

Байбатша А.Б., Сатибекова С.Б.

**Қарағанды алабы көмірсыйыстырушы таужыныстарының физикалық-механикалық қасиеттерін геологиялық-геофизикалық мәліметтер бойынша бағалау**

**Түйіндеме.** Мақалада геофизикалық әдістер Қарағанды тас көмір алабы көмірсыйыстырушы таужыныстарының физикалық-механикалық қасиеттерін анықтау үшін геологиялық құрал ретінде қарастырылған. Қарағанды алабы шахта алаптары аудан және тереңдік бойынша кен-геологиялық жағдайларының күрделілігімен, көмірдің технологиялық көрсеткіштері және көмірсыйыстырушы таужыныстарының физикалық-механикалық қасиеттерінің өзгергіштігімен сипатталады. Сондықтан көмірсыйыстырушы таужыныстарының құрамы мен физикалық-механикалық қасиеттерін зерттеуге деген талаптар жоғарылауда. Осы аталғаннан, көмір формацияларының қалыптасу мен өзгеруінің жүйелі-факторлық саралануы негізінде таужыныстары массивінің құрылысын, құрамын және физикалық-механикалық қасиеттерін болжау әдістерінің ғылыми негізін жасау маңыздылығы туындап отыр. Бұл физикалық-механикалық қасиеттерді бағалау және кен үңгімелері жабыны таужыныстарының орнықтылығын болжауды жаңа сапалы деңгейге көтереді. Аталған мақсатқа жетуде таужыныстары физикалық-механикалық қасиеттері мен жабын орнықтылығы таужыныстары массивінің жағдайын сипаттауда  $r_k$  – таужыныстар электрлік кедергісі мен  $d$  – ұңғыма диаметрі секілді геофизикалық көрсеткіштер пайдаланылды. Нәтижесінде физикалық-механикалық қасиеттер мен геофизикалық көрсеткіштер байланысын көрсететін алапқа тиесілі аргиллит, алевролит және құмтас үшін көпөлшемді математикалық теңдеулер анықталды.

**Түйін сөздер:** таужыныстар физикалық-механикалық қасиеттері, таужыныстар электрлік кедергісі, ұңғыма диаметрі, геофизикалық әдістер, көмірсыйыстырушы таужыныстар, жабын орнықтылығы.



УДК 3179

**O. Amangeldi, S.A. Kusaiynov**

(Al-Farabi Kazakh national university, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: amangeldy.ozерke@mail.ru)

## RESEARCH METHODS OF NEOTECTONIC MOVEMENTS IN THE SOUTH-EASTERN ZONE OF KAZAKHSTAN

**Abstract.** The basic laws of neotectonic movements determine the calculation of the intensity of the processes of the modern era, new tectonic maps of the object of study using the capabilities of CorelDRAW X3. As a result of the study of neotectonic movements of the South-Eastern territory of Kazakhstan, the data obtained in the study of some features of tectonic movements in the earth's crust can be used and used in agriculture, seismology, construction.

**Key words:** geology, seismological phenomena, tectonics, CorelDRAW X3

**О. Амангелди, С.А. Құсайынов**

(әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы.

E-mail: amangeldy.ozерke@mail.ru)

## ҚАЗАҚСТАННЫҢ ОҢТҮСТІК-ШЫҒЫС АУМАҒЫНЫҢ НЕОТЕКТОНИКАЛЫҚ ҚОЗҒАЛЫСТАРЫНЫҢ ЗЕРТТЕУ ӘДІСТЕРІ

**Аңдатпа:** Неотектоникалық қозғалыстардың негізгі заңдылықтарын қазіргі дәуір процестерінің қарқындылығы есебін анықтап, CorelDRAW X3 бағдарламасының мүмкіншіліктерін пайдалана отырып, зерттеу нысанының жаңа тектоникалық картасы құрастырылады. Қазақстанның оңтүстік-шығыс аумағының неотектоникалық қозғалыстарды зерттеу нәтижесінде жер қыртысындағы тектоникалық қозғалыстары туралы кейбір ерекшеліктерді пайымдау барысында алынған мәліметтерді шаруашылықта, сейсмологияда, құрылыста қолдануға және пайдалануға болады.

**Түйін сөздер:** геология, сейсмологиялық құбылыстар, тектоника, CorelDRAW X3

### КІРІСПЕ

Бүгінгі таңда жер қыртысы дамылсыз қозғалыста болатындығы ешбір дау туғызбайтыны ақиқат. Тау жыныс қабаттарының, соның ішінде жас шөгінділердің әртүрлі масштабта түрлі иірілімденіп қатпарлануы немесе геологиялық массивтердің тектоникалық жырттылу жігі бойымен тік немесе көлденең бағытта ығысып орын ауысуы біздің планетамыздың жаңа тектоникалық даму кезеңінде де жалғасып жақтандығын дәлелдейді.

Альпілік тау түзілу процесі және оның жалғасы болып табылатын неотектоникалық даму кезеңі әлі де аяқталған жоқ. Бұған дәлел - қазіргі кездегі қамтамасыз еткен тектоникалық процестерді саралайтын геотектоника ғылымының тарауын – неотектоника. Ғалымдардың көпшілігі неотектоникалық қозғалыстардың басталу уақыты көбінесе, олигоцен-төрттік кезеңдермен ғана шектеледі деп тұжырымдайды. Тау жыныстарының қатпарлануын, айырылып-ажырауын, жылжып өзгеруін, вулканизм және жер сілкіну құбылыстарын литосфералық тақталар тектоникасы немесе «Жаңа жаһандық тектоникасы» тұрғысынан түсіндіреді.

Жас плиталардың іргетасы палеозой заманындағы көне тектоникалық құрылымдардан тұрады, қуаттылығы 1-ге км дейінгі қабықты мезо-кайнозой шөгінділері құрайды. Тұран тектоникалық плитасының құрылысы күрделі, оның құрамына Тұран ойпаты, Маңғыстау түбегі, Арал түбі, Үстірт үстірті, Ферған алқабының бөлігі кіреді. Тұран плитасындағы шөгінділердің қуаты ерте палеозойлық кезеңде ішкі теңіздегі каледон қатпарлығы кезінде таулар көтеріле бастады. Тау-кен процесі Сарыарқа ауданының солтүстік-батысында және Тянь-Шань, Желтау, Іле Алатауы, Айтау, Ұзынқараның жеке-леген Солтүстік тау жоталарында өтті [6].

Герциндік қатпарлыққа Оралдың оңтүстігінде Мұғалжар, Сарыарқаның орталығы мен шығысы, Алтайдың батыс сілемдері, Тянь-Шаньның батыс жоталары, Жонғар Алатауы мен Сауыр таулары толығымен қалыптасты. Кейбір аумақтарда герциндік іргетас беткейге шығады, тау арасындағы ойпаттар кешірек шөгінділермен белсенді толтырылды.

Кайнозойда жаңа Альпі қатпарлығы басталды. Сол кезде Жайсан және сәйкесінше Балқаш-Алакөл тауының ойпаттары қалыптасты. Олар біртіндеп палеогенді, неогендік және антропогендік кезеңдердің аллювиалды шөгінділерімен толтырылды.

Альпілік уақытта литосфера қозғалыстары байқалды, олар "жасаруға" бағытталған ескі қатты қираған каледон және герцин тектоникалық құрылымдар. Тянь-Шань, Алтай, Жоңғар Алатауы және Тарбағатай ежелгі таулары қайта көтеріліп, кесектерге жарылған.

Бұл құрылымдарда таудың альпілік процесі қазір де жалғасуын және қазіргі жағжайын CorelDRAW бағдарламасы пайдалану арқылы жаңа тектоникалық карта дайындап, жасап шығаруға болады. Бұл жасалынатын картаны тау-кен өндірісінде, шаруашылықта пайдалануға болады.

CorelDRAW – машиналық графиканың нағыз шедеврлерін жасау үшін қолданылатын компьютерлік дизайнердің құралы. Түрлі-түсті көркемдеулерді; күрделі сызбаларды, кітаптар мен журналдар мұқабаларының фигуралық кітапталарын, фотографиялық шын және фантастикалық шын емес бейнелейлерді; дайын бейнелеулерді редакциялау үшін, графикалық Web-беттерді құру үшін, т.б. жасау үшін қолданылатын қолайлы игеруге қарапайым құрал [1]. Векторлық графика да қолданылады, оның көмегімен сапаны жоғалтпай, бейнелеуді бірнеше есе көбейтуге болады, ал мысалы Paint редакторында суреттерді растрлық берілуі кезінде ондай мүмкіндік жоқ. Corel Draw [винчестерде](#) жадының 120-дан 700 МБ алады. Векторлық графика безендіру және сызба бейнелеулерін құру үшін пайдаланылады. Векторлық графикада қисық негізгі объекті болады. Оны көбейткен кезде векторлық бейнелеулердің сапасы өзгермейді [2]. Мысалы, Corel-де машина жазба бетінен бірнеше метрлік плакаттарға дейінгі көлемде бейнелеулерді құруға болады. Corel-ге кіруде экранның ортасында тікбұрыш орналасқан, мұнда өз объектіні құруға болады. Нысанды беттің сыртында құруға да болады, ал бетте таңдаған беттің форматына өз нысанның орналасуын және көлемін өлшеу үшін қолдануға болады [3]. Corel Draw – бірнеше беттен тұрады, оны толықтыру, жою, басқа атымен атауға болады. Клон – түснұсқаға еңгізілген барлық өзгерістерді қабылдайтын объектінің көшірмесі. Түрлі-түсті модельдер Corel-де түрлі-түсті модельдер пайдаланады:

- **RGB** – (қызыл + жасыл + көк) – бейнелеулерді экранға шығару үшін;
- **CMYK** – (көгілдір + қызыл + сары + қара) – баспа өнімін жасау үшін;
- **HSB** – (рең + қою бояу + жарық) – жеке көркем шығармаларды жасау үшін. [4].

Corel-де басқа форматта файлдардың өңдеуге болады: **CPT, TIF, PCX, BMP, GIF, JPG, IMG, ICO** және тағы басқалар. Нысандарды ерекшелену әртүрлі өзгерісте нысан немесе нысандарының топты дайындау үшін – форматты, түсті, орналастыру, өзгерту үшін ерекшелену қажет болады.

Сонымен, осы бағдарламаның көмегімен “Қазақстанның оңтүстік-шығыс аумағының жаңа тектоникалық картасы” дайындалатын болады.

### **ЗЕРТТЕУ НЫСАНЫ МЕН ӘДІСТЕРІ**

Неотектоникалық қозғалыстар, әсіресе, қазіргі тектоникалық қозғалыстар бүгінгі таңда жер бетінде жиі болып жатқан жер сілкіну құбылыстарын, олардың географиялық таралу заңдылықтарын түсіндіруге мүмкіндік туғызады. Сондай-ақ, неотектониканың көмегімен геофизикалық мәселелерді (магниттік және гравитациялық өрістерінің таралуын) шешуде жер қыртысының қалыңдығын зерттеу барысында едәуір маңызды мәліметтер алуға болады. Сонымен бірге неотектоникалық қозғалыстар жер қыртысының тік және көлденең бағыттағы қозғалыстар табиғаттың, олардың Жердің планеталық ерешеліктеріне қатысты заңдылықтарын анықтауда маңызды рөл атқарады.

Зерттеу әдістері неотектоникалық, геологиялық, геоморфологиялық әдістер. Ал, геология ғылымы – бүкіл өндірістің тамыры. Ол мемлекеттің дамуына, әсіресе, Қазақстан елінің алға басуына үлкен әсер еткен ғылым. Неотектоника ғылымы геология ғылымының бір саласы бола отыра, жердің қыртысын, оның сілкінуі мен құрылысын және оларға байланысты пайдалы қазбаларын зерттейтін ғылым болып табылады [6].

### **НӘТИЖЕЛЕРІ МЕН ОЛАРДЫ ТАЛДАУ**

Қазақстанның оңтүстік-шығыс аумағының жаңа тектоникалық қозғалыстарын көрсететін 1:500 000 масштабтағы неотектоникалық картасы негізінде тектоникалық жарылымдар, қазіргі кездегі биік көтерілімдер мен төмен ойысқан жерлерін ғарыштық суреттертердің көмегі арқылы анықталады және анық түстермен көрсетіледі.

Картада Қазақстанның оңтүстік және оңтүстік-шығыс жағында грабен тәрізді орогенді ойпаңдармен бөлінген, жер бетінде жоталар жүйесі түрінде көрініс берген жақпарлы көтерілімдерден тұратын, биік таулы өлкелер мен неотектоникалық кезеңде жоғары көтерілген және терең тілімделген, сейсмикалық құбылыстармен ерекшеленген таулы алқаптартар көрестілген. Мұнда мезозой кезеңіндегі тау түзілу алдында ұзақ уақыт бойы тектоникалық тыныштық жағдайларда кең ауқымды денудациялық жазықтар (пенеплен) орын тепкен.

Таулы жүйелердің түзілуінде терең тектоникалық жарылымдар маңызды рөл атқарған. Олар кейбір биік тау бөктерлерінде айқын көрінетін біршама ұзаққа созылған денудациялық тектоникалық кертпештер түрінде байқалады. Сонымен қатар жаңа тектоникалық жарылымдар зоналарына жанасқан неоген-төрттік қабаттарының пликвативті деформациясы да байқалады.

Қазақстанның оңтүстік және оңтүстік-шығыс орогенді белдемінің едәуір бөліктері 2-3 мың метрге дейін және одан да жоғары әр амплитудалы дифференциалды қозғалыстармен сипатталады. Мұндай тектоникалық көтерілістер қазіргі кездегі биік таулы алқапты қамтиды. С.С. Шульц пен Н.И. Николаев өздерінің еңбектерінде (1963 жылы) орогенді тауларда кайнозойлық шөгінділердің шоғырлану, неотектоникалық қозғалыстардың қарқынды болуы және таулы бедердің қалыптасуы мен дамуы өзара байланысты және бір мезгілде болған деген бір тұжырымға келді. Бұрын көптеген ғалымдар тау жүйелерінің қалыптасуы жер қыртысының дифференциалды, көбінесе тік бағыттағы қозғалыстармен шектеліп күрделенген кең ауқымды дөңесті-жақпарлы құрылымдардың даму аймағы деп қарастырған. Алайда соңғы жиналған құжаттарға қарағанда көлденең бағыттағы қозғалыстар қарастырылған аймақтың түзілуінде маңызы зор [4].

Жалпы тау өлкесінің неотектоникалық кезеңі негізінде көтеріле дамуымен сипатталса да, тауаралық аумақта және тау етегінде неоген-төрттік шөгінділермен көмкерілген әр көлемдегі жеке грабен тәріздес төмен түскен ойыстар жиі кездеседі. Сонымен қатар ороген алқабы қазіргі тектоникалық қозғалыстарға байланысты жоғарғы сейсмикалық құбылыстармен ерекшеленеді. Атап айтқанда, сейсмикалық құбылыстар қазіргі заманда белсенді тектоникалық құбылыстардың айқын белгісі. Сол себепті биік таулы өлкелерді қарқынды эрозиялық тілімдену және нивация процестер арқылы пайда болған альпілік бедер пішіндері айқын көрінеді.

Бұл таулардың ерекшеліктерінің бірі – биік шыңдармен және терең тілімденген беткейлермен қатар, суайрық бөлігінде немесе жоталардың бір беткейінен екіншісіне ауысып отыратын әр абсолюттік деңгейде тегістелген жазықтар кең дамығанында. Мұндай жоғарғы биіктіктегі тегістелген жазықтарды таулы үстірт немесе сырт деп атап кеткен.

Іле Алатау дөңесті-жақпарлы көтерілімі Қазақстанның орогенді алқабының оңтүстігінде орналасқан. Сонымен қатар неотектоникалық қозғалыстар картасын құрастыруға негіз болатын ежелгі тегістелу беттерінің маңызы өте зор. Іле Алатауы көтерілімінің шығыс сілемдерінің бірі – Кетпен дөңесті-жақпарлы көтерілімі. Оның максималды көтерілу амплитудасы 3000 метрге дейін жеткен. Көбінесе ендік бағыттағы тектоникалық жарылымдармен қарастырған көтерілім өзара горст тәрізді блоктар жүйесімен күрделенген. Осы жоғары бағытталған неодеформациялардың нәтижесінде Ұзынқара (Кетпен) жотасы қалыптасқан. Жотаның солтүстік беткейінде тектоникалық жарылым бойымен созыла орналасқан денудацияланған тектоникалық кертпештер (құламалы беткейлер) байқалады. Бұл беткейдің солтүстігінде кең еңісті аллювийлік-проллювийлік аккумуляциялық жазығы дамыған [5].

## ҚОРЫТЫНДЫ

Жер бедерін қалыптастырудың геологиялық құрылымы мен ұзақ тарихы жазықтар мен таулардың пайда болу суретін ашады. Архей, протерозой қырларында және палеозойдың басында Алтай аумағы теңізді Орыс және Сібір платформаларының арасында созылып жатқан ауқымды геосинклинальды аймақтың бөлігі болды. Палеозойда қуатты тектоникалық қозғалыстар болды, теңіз түбі көлденең және тік бағыттың едәуір ауытқуын бастан кешірді. [5]. Республика аумағының басым бөлігін жас тектоникалық платформалар немесе тақталар алып жатыр. Мұнда Батыс Сібір және Тұран жас платформаларының кең кеңістігі орналасқан. Рельефте оларға Батыс-Сібір жазығының оңтүстігі мен тұрандық ойпаты сәйкес келеді. Олар палеозойдың соңында, мезозойдың басында пайда болды. Жазық аумақта белсенді тау-кен процесі басталды және өте биік таулар көтерілді. Кейінірек оларды бұзу процесі басталды, сыну материалы су ағындарымен тау арасындағы шұңқырларға шайылды [6]. Осындай процестер біріне-бірі ұласып, Жер планетасының қабығы ұдайы өзгерісте болатыны хақ. Шөгінділерді жинақтау үшін, негізінен өзендер әкелген материал есебінен қолайлы жағдайлар жасалады. Төрттік уақытта жазық бедері қалыптасады.

Мақалада жердің ғасырдан ғасырға, мыңжылдықтар бойы өзгеріп отыратынын, бір динамикада тұрмайтын баяндалады. Мысалы, неотектоникалық кезеңде жазықтың төрттік кезеңінде эйперогениялық сипаттағы тектоникалық қозғалыстар сыналады. Жергілікті жердің баяу түсуі орын алады.

## ӘДЕБИЕТ

- [1] Кітап. CorelDRAW 12. Самоучитель
- [2] М.А.Смолина, isbn: 5-8459-0900, 7 бет, 592, 005 баспа, 2005 жыл
- [3] Н.В.Комолова, isbn: 978-5-9775-0239, 9 бет, 656 баспа, БХВ-Петербург, 2008 жыл

- [4] Б.Н.Хованский, Тектоника, рельеф Северного Тянь-Шаня, М.: АН СССР, 1948 жыл
- [5] С.А.Құсайынов, Д.М.Боранқұлова, Р.Т.Бексейітова, Неотектоника, оқу құралы, Алматы, 2011 жыл
- [6] Б.Л.Афанасьев, И.Д.Данилов, В.А.Дедеев. Методология неотектоники. – Сыктывкар, 1988 жыл

Амангелди О., Кусайынов С.А.

**Методы исследования неотектонических движений в Юго-Восточной зоне Казахстана.**

**Резюме.** Неотектонические движения, особенно тектонические движения в настоящее время, позволяют объяснять наиболее часто происходящие на земле явления землетрясений, закономерности их географического распространения. Также с помощью неотектоники можно получить наиболее важные сведения при изучении толщины земной коры при решении геофизических задач (распространения магнитных и гравитационных полей). При этом неотектонические движения в вертикальном и горизонтальном направлении земной коры играют важную роль в определении закономерностей природы касающихся планетарных особенностей Земли.

**Ключевые слова:** геология, сейсмологические явления, тектоника, CorelDRAW X3

Amangeldi O., Kusaiynov S.A.

**Research methods of neotectonic movements in the south-eastern zone of Kazakhstan**

**Summary.** Neotectonic movements, especially tectonic movements at the present time, allow us to explain the most frequently occurring earthquakes on earth, the patterns of their geographical distribution. Also, with the help of neotectonics, you can get the most important information in the study of the thickness of the earth's crust in solving geophysical problems (the spread of magnetic and gravitational fields). Neotectonic movements in the vertical and horizontal direction of the earth's crust play an important role in determining the laws of nature, their laws relating to the planetary characteristics of the Earth.

**Key words:** geology, seismological phenomena, tectonics, CorelDRAW X3

UDC 004.056.55:004.421.5

**B. Akhmetov<sup>1</sup>, S. Gnatyuk<sup>2</sup>, T. Okhrimenko<sup>2</sup>, V. V. Kinzeryavy<sup>2</sup>, Kh. Yubuzova<sup>3</sup>**

(<sup>1</sup>Turan University, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>National Aviation University, Kiev, Ukraine

<sup>3</sup>Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev  
Satbayev University, Almaty, Kazakhstan)

**EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE CORRECTIVE ABILITY OF INTERFERENCE  
STABLE REED-SOLOMON CODES OVER THE  $GF(3^2)$  GALUIS FIELD AT TRANSFERING  
INFORMATION ON A DETERMINISTIC QUANTUM AND CHRISTOCHOLOGICAL CODE**

**Abstract.** Ensuring the secrecy of the messages transfer is one of the most important tasks in information security ensuring. Quantum secure communication allows to ensure privacy and transmission over an open channel without the use of pre-encryption. In this regard, this paper is devoted to the researches of the encoding/decoding system of ternary RS-codes used in the simulation model of a deterministic secure communication protocol in a quantum channel with noise for a pair of qutrits in the eavesdropping control and message transmission modes, there were considered examples of encoding and decoding of 4 pairs of trites, were carried out the researches on the corrective ability of ternary RS-codes depending on the probability of depolarization.

The obtained results can be used in order to create and to optimize quantum cryptography systems in terms of increasing the asymptotic stability of the system and the speed of its operation.

**Keywords:** information security, strength, error-correction codes, errors, quantum cryptography, deterministic protocol, quantum secure direct communication, qutrit

**Introduction**

Nowadays, there have been investigated several dozens of protocols different on quantum direct secure communications (QDSC) [1-4]. Among them are the protocols: direct message transfer between two users; message transfer from one user to another under the control of a third trusted side; message transfer from one user to many others and from many to one, as well as protocols of quantum conferences. Most of them are based on the creation, and later, on the distribution between users of the entangled states of two or more qubits (qudits), which makes it possible to transfer information in binary form. There is always interference in real quantum channels, therefore, for the practical implementation of the QDSC it is necessary to apply additionally error correction codes.

**Related works**

Nowadays, there were developed a certain family of quantum interference stable codes that correct erroneous quantum states directly in the channel [5]. However, in practice, the application of such codes requires quantum logic gates, that, from a technological point of view, is still quite difficult and irrational to implement. The theory of classical binary codes, which makes it possible to correct bundles of errors, has now been developed quite fully, and many binary interference stable codes have been proposed [6-9], which are distinguished by redundancy and corrective ability. For example, Reed-Solomon (RS) codes are used for transmission in classical channels with high interference intensity, when errors occur with the multiplicity of two or more error bundles, as well as message bundles and one-time errors.

The use of deterministic protocols with pairs of entangled qutrits allows to increase the information capacity, and as a result, the speed of information transfer. Ensuring its error-free transmission by such protocols is an urgent task. This problem can be solved by developing a system of ternary RS-codes. But the ternary codes are almost not fully investigated and are not represented in open sources, therefore there is a need for their detailed consideration in order to study and to test their corrective ability. The purpose of this

work is to evaluate the corrective ability of ternary RS-codes for information transfer using entangled pairs of qubits in a quantum channel with noise.

Description of the Reed-Solomon code system over the Galois field  $GF(3^2)$

RS-codes are a special case of the BCH code, definition of generating polynomials that lie in the same field above which the code is created. For clarity, we describe the RS-codes in general. Let  $\alpha$  - an element of the  $GF(q^m)$  field of the  $n$  order, where  $m$  - integers, moreover,  $m > 1$ ,  $m > 0$ , and  $q^m \neq 2$ . If  $\alpha$  is a primitive element, then its order is equal to  $(q^m - 1)$ , that is,  $\alpha^{q^m-1} = 1$  and  $\alpha^i \neq 1$ , where  $0 < i < (q^m - 1)$ . Then the normalized polynomial  $g(x)$  of a minimal degree over the field  $GF(q^m)$ , which solutions is  $(d - 1)$  of the degrees  $\alpha^{i_0}, \alpha^{i_0+1}, \dots, \alpha^{i_0+d-2}, \dots$ , the element  $\alpha$  is a generating polynomial of RS-codes over the field  $GF(q^m)$ :  $g(x) = (x - \alpha^{i_0})(x - \alpha^{i_0+1}) \dots (x - \alpha^{i_0+d-2})$ , where  $i_0$  - is a certain integer, with the help of which it is sometimes possible to simplify the coding procedure. Usually  $i_0 = 1$ . The degree of the polynomial  $g(x)$  is  $(d - 1)$ .

The length of the obtained sign code  $n = q^m - 1$  contains the  $r = d - 1 = \text{deg}(g(x))$  check signs, where  $\text{deg}()$  is the degree of the polynomial, and  $d$  - is the minimum code distance (the minimum of all Hamming distances for all pairs of code symbols). The amount of information signs  $k = n - r = n - d + 1$ . Therefore,  $d = n - k + 1$ , codes with a similar value of the minimum code distance in coding theory are called maximum ones. RS-codes correct errors  $t = r/2$ , but require verification of  $r = 2t$  signs. With their help, there are corrected bundles of errors of the length not more than  $t$ . According to the Reiger boundary theorem [9], RS-codes are optimal from the point of view of the ratio of the packet length and of the error correction possibility.

The encoding/decoding procedures in the RS-code system over the Galois field  $GF(3^2)$  were formalized in [10]. Since the information transfer by the quantum channel makes the probability of errors high enough, this paper studies the corrective ability of RS-codes over the Galois field  $GF(3^2)$ , in which, which  $k = r$ , that allows to correct  $t = n/4$  pairs of false trites. So, the following parameters are used in the work: the length of the obtained code of the  $n = q^m - 1 = 3^2 - 1 = 9 - 1 = 8$  trit pairs, the minimum code distance  $d = 5$ , test signs of the  $r = d - 1 = 5 - 1 = 4$  trit pair, the amount of information symbols of the  $k = n - r = 8 - 4 = 4$  trit pair, the amount of errors that can be corrected of the  $t = r/2 = 2$  trit pair. In order to find the generating polynomial, it is firstly necessary to describe the operations of addition and multiplication in the Galois field  $GF(3^2)$ . The final field  $GF(3^2)$  can be created over such polynomials  $x^2 + 1$ ,  $x^2 + x + 2$ ,  $x^2 + 2x + 2$ ,  $2x^2 + 2$ ,  $2x^2 + x + 1$ ,  $2x^2 + 2x + 1$ . In this paper, a primitive polynomial  $x^2 + x + 2$  is used to create the Galois field  $GF(3^2)$ . Let denote all possible pairs of trites, as it is shown in Table. 1 in a polynomial form. Then, if we denote  $x$  as a primitive element, it is easy to count any ternary pair as a degree  $\alpha$ . For this, it is necessary to multiply the known polynomial degree values for according to the module  $x^2 + x + 2$ , the result is shown in Table 1.

Table 1. Elements of the Galois field  $GF(3^2)$  over the polynomial

In ternary form	In the form of a polynomial	In the form of a degree
00	0	0
01	1	$\alpha^8=1$
02	2	$\alpha^4=2$
10	$x$	$\alpha^1$
11	$x+1$	$\alpha^7$
12	$x+2$	$\alpha^6$
20	$2x$	$\alpha^5$
21	$2x+1$	$\alpha^2$
22	$2x+2$	$\alpha^3$

On the basis of table. 1 there are constructed the tables of addition and multiplication over a primitive polynomial in the Galois field GF (3<sup>2</sup>) (Table 2, Table 3), the results of the subtraction and division operations can also be easily obtained from the same tables.

Table 2. **Addition in the Galois field GF (3<sup>2</sup>) over the polynomial  $x^2 + x + 2$**

+	0	$a^8=1$	$a^4=2$	$a^1$	$a^7$	$a^6$	$a^5$	$a^2$	$a^3$
0	0	$a^8=1$	$a^4=2$	$a^1$	$a^7$	$a^6$	$a^5$	$a^2$	$a^3$
$a^8=1$	$a^8=1$	$a^4=2$	0	$a^7$	$a^6$	$a^1$	$a^2$	$a^3$	$a^5$
$a^4=2$	$a^4=2$	0	$a^8=1$	$a^6$	$a^1$	$a^7$	$a^3$	$a^5$	$a^2$
$a^1$	$a^1$	$a^7$	$a^6$	$a^5$	$a^2$	$a^3$	0	$a^8=1$	$a^4=2$
$a^7$	$a^7$	$a^6$	$a^1$	$a^2$	$a^3$	$a^5$	$a^8=1$	$a^4=2$	0
$a^6$	$a^6$	$a^1$	$a^7$	$a^3$	$a^5$	$a^2$	$a^4=2$	0	$a^8=1$
$a^5$	$a^5$	$a^2$	$a^3$	0	$a^8=1$	$a^4=2$	$a^1$	$a^7$	$a^6$
$a^2$	$a^2$	$a^3$	$a^5$	$a^8=1$	$a^4=2$	0	$a^7$	$a^6$	$a^1$
$a^3$	$a^3$	$a^5$	$a^2$	$a^4=2$	0	$a^8=1$	$a^6$	$a^1$	$a^7$

Table 3. **Multiplication in the Galois field GF (3<sup>2</sup>) over the polynomial  $x^2 + x + 2$**

X	0	$a^8=1$	$a^4=2$	$a^1$	$a^7$	$a^6$	$a^5$	$a^2$	$a^3$
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$a^8=1$	0	$a^8=1$	$a^4=2$	$a^1$	$a^7$	$a^6$	$a^5$	$a^2$	$a^3$
$a^4=2$	0	$a^4=2$	$a^8=1$	$a^5$	$a^3$	$a^2$	$a^1$	$a^6$	$a^7$
$a^1$	0	$a^1$	$a^5$	$a^2$	$a^8=1$	$a^7$	$a^6$	$a^3$	$a^4=2$
$a^7$	0	$a^7$	$a^3$	$a^8=1$	$a^6$	$a^5$	$a^4=2$	$a^1$	$a^2$
$a^6$	0	$a^6$	$a^2$	$a^7$	$a^5$	$a^4=2$	$a^3$	$a^8=1$	$a^1$
$a^5$	0	$a^5$	$a^1$	$a^6$	$a^4=2$	$a^3$	$a^2$	$a^7$	$a^8=1$
$a^2$	0	$a^2$	$a^6$	$a^3$	$a^1$	$a^8=1$	$a^7$	$a^4=2$	$a^5$
$a^3$	0	$a^3$	$a^7$	$a^4=2$	$a^2$	$a^1$	$a^8=1$	$a^5$	$a^6$

In order to calculate the generating polynomial there is taken  $i_0 = 1$ , used the expression  $g(x) = (x - a^{i_0})(x - a^{i_0+1}) \dots (x - a^{i_0+d-2})$  and tables 1, 2, 3:

$$g(x) = (x - a^1)(x - a^2)(x - a^3)(x - a^4) = x^4 + a^7x^3 + a^2x^2 + a^4x + a^2 = \overline{a^8a^7a^2a^4a^2}.$$

Knew  $g(x)$ ,  $n$ ,  $k$ ,  $r$  – RS-codes can be applied in practice.

**Coding example over the Galois field GF (3<sup>2</sup>)**

For clarity of the RS codes (8,4) coding over the Galois field GF (3<sup>2</sup>) let consider an example. Let the information polynomial consist of 4 pairs of trites: 22 21 11 01, we need to encode it, for this we will perform a sequence of operations:

- 1) Transfer  $S(x)$  from the ternary type to the degree type according to the table 1:

$$S(x) = \overline{22210111} = \overline{a^3a^2a^8a^7}.$$

- 2) To  $S(x)$  add  $2t = r = 4$  of zeros:

$$T(x) = S(x)x^4 = \overline{a^3a^2a^8a^70000}.$$

- 3) With the help of the tables 2, 3 perform the division of  $T(x)$  on the calculated above  $g(x)$ . Find the difference  $R(x)$  from the division of  $T(x)$  on  $g(x)$ :

$$\begin{array}{r} \frac{a^3x^7+a^2x^6+a^8x^5+a^7x^4}{a^3x^7+a^2x^6+a^5x^5+a^7x^4+a^5x^2} \Bigg| \frac{a^8x^4+a^7x^3+a^2x^2+a^4x+a^2}{a^3x^3+a^7x+a^2} - Q(x) \\ - \frac{a^7x^5+a^1x^3}{a^7x^5+a^6x^4+a^1x^3+a^3x^2+a^1x} \\ - \frac{a^2x^4+a^7x^2+a^5x}{a^2x^4+a^1x^3+a^4x^2+a^6x+a^4} \\ R(x) = \frac{a^5x^3+a^6x^2+a^7x+a^8}{a^5x^3+a^6x^2+a^7x+a^8} \end{array}$$

Answer,  $R(x) = a^5a^6a^7a^8$ .

4) using the table 2 let calculate  $C(x)$ :

$$C(x) = Q(x)g(x) = T(x) - R(x) = \overline{a^3a^2a^8a^70000} - \overline{a^5a^6a^7a^8} = \overline{a^3a^2a^8a^7a^1a^2a^3a^4}.$$

According to the table 1 transfer the obtained value into a ternary form, which will be the coded sequence

$$C(x) = \overline{a^3a^2a^8a^7a^1a^2a^3a^4} = \overline{2221011110212202}.$$

Decoding example over the Galois field  $\mathbf{GF}(3^2)$

In order to decode the RS-codes (8,4) over the Galois field  $\mathbf{GF}(3^2)$  let give an example. Let the coded polynomial obtained in the previous example is  $C(x) = \overline{2221011110212202}$  (in the degree form of  $C(x) = \overline{a^3a^2a^8a^7a^1a^2a^3a^4}$ ) was affected by the noise  $e(x) = \overline{0021000000110000}$  (in the degree form  $e(x) = \overline{0a^2000a^700}$ ), as a result, a polynomial  $Y(x)$  is obtained:

$$Y(x) = C(x) + e(x) = \overline{2221011110212202} + \overline{0021000000110000} = \overline{2212011110022202}.$$

The polynomial in the degree and polynomial forms  $Y(x) = \overline{a^3a^6a^8a^7a^1a^4a^3a^4} = a^3x^7 + a^6x^6 + a^8x^5 + a^7x^4 + a^1x^3 + a^4x^2 + a^3x + a^4$ , using RS-codes (8,4) must be decoded and corrected  $Y(x)$ . To do this, let perform a sequence of operations:

1) Calculate the components of the error syndrome  $S(x)$ , using the relation  $a^8 = 1$  and tables. 2, 3:

$$s_1 = Y(a^1) = a^{10} + a^{12} + a^{13} + a^{11} + a^4 + a^6 + a^4 + a^4 = a^2 + a^4 + a^5 + a^3 + a^4 + a^6 + a^4 + a^4 = a^5 + a^6 + a^7 + a^8 = a^4 + a^6 = a^7;$$

$$s_2 = Y(a^2) = a^{17} + a^{18} + a^{18} + a^{15} + a^7 + a^8 + a^5 + a^4 = a^1 + a^2 + a^2 + a^7 + a^7 + a^8 + a^5 + a^4 = a^8 + a^4 + a^6 + a^3 = 0 + a^8 = a^8.$$

Similarly, other components of the error syndrome are calculated.

$$s_3 = Y(a^3) = a^3; s_4 = Y(a^4) = a^4.$$

So, the error syndrome  $S(x) = \overline{a^4a^3a^8a^70} = a^4x^4 + a^3x^3 + a^8x^2 + a^7x$ .

2) Calculate the error locator using the Berlekamp-Messi algorithm [8], using tables 1, 2, 3.

To do this, let introduce some variables and their initial values:  $r = 0$  - iteration number,  $L = 0$ ,  $B(x) = 1$  - normalizing additive,  $L(x) = 1$  - initial error locator. During the execution of each  $2t$  iterations, the values will change until we get the final version of the error locator.

Let perform each iteration:

1. For  $r = 1$  firstly find  $\Delta r$  - error in the next component of the syndrome:

$$\Delta r = \sum_{j=0}^L L_j s_{r-j} = \sum_{j=0}^0 L_j s_{1-j} = L_0 s_1 = 1 \cdot a^7 = a^7.$$

Since  $\Delta r \neq 0$  let calculate the new polynomial of connections:

$$M(x) = L(x) - \Delta r \cdot x \cdot B(x) = 1 - a^7 \cdot x \cdot 1 = a^3x + 1.$$

Since the inequality is  $2L = 0 \leq (r-1) = 0$  we calculate new  $B(x)$ ,  $L(x)$  and  $L$ :



$$B(x) = \Delta r^{-1} \cdot L(x) = a^{-7} \cdot 1 = a^1, L(x) = M(x) = a^3x + 1 = \overline{a^3a^8}, L = r - L = 1 - 0 = 1.$$

Since  $r \neq 2t$ , we move on to the next iteration  $r = r + 1 = 2$

2. For  $r = 2$  find  $\Delta r$ :

$$\Delta r = \sum_{j=0}^L L_j s_{r-j} = \sum_{j=0}^1 L_j s_{2-j} = L_0 s_2 + L_1 s_1 = a^8 \cdot a^8 + a^3 \cdot a^7 = a^8 + a^2 = a^3 \cdot$$

Since  $\Delta r \neq 0$ , let calculate the new polynomial of connections:

$$M(x) = L(x) - \Delta r \cdot x \cdot B(x) = a^3x + a^8 - a^3 \cdot x \cdot a^1 = a^3x + a^8 - a^4x = a^5x + a^8$$

Since the inequality  $2L = 1 \leq (r-1) = 1$  is not satisfied, let calculate new errors  $L(x)$  and

$$B(x): L(x) = M(x) = a^5x + a^8 = \overline{a^5a^8}, \quad B(x) = x \cdot B(x) = x \cdot a^1 = \overline{a^10}.$$

Since  $r \neq 2t$  we move on to the next iteration  $r = r + 1 = 2$

3. For  $r = 3$  we find similarly  $B(x)$ ,  $L(x)$  and  $L$ :

$$B(x) = a^7x + a^2 = \overline{a^7a^2}, L(x) = a^3x^2 + a^5x + a^8 = \overline{a^3a^5a^8}, L = r - L = 3 - 1 = 2.$$

4. For  $r = 4$  we find similarly  $B(x)$ ,  $L(x)$  and  $L$ :

$$B(x) = a^7x^2 + a^2x = \overline{a^7a^20}, L(x) = a^8x^2 + a^8 = \overline{a^80a^8}, L = 2.$$

Since  $r = 2t = 4$  a final error locator is  $L(x) = \overline{a^80a^8} = a^8x^2 + a^8$

3) Find the roots of the error locator using the Chen algorithm [9], using the tables 2, 3 sequentially calculate  $L(a^{-j})$  for each  $j=1, \dots, q-1$ . If  $L(a^{-j}) = 0$ , then the element  $Y_j$  of the code combination  $Y(x)$  contains an error:

$$L(a^{-7}) = L(a^1) = a^{10} + a^8 = a^2 + a^8 = a^3 \neq 0;$$

$$L(a^{-6}) = L(a^2) = a^{12} + a^8 = a^4 + a^8 = 0 - \text{error in } Y_6;$$

$$L(a^{-5}) = L(a^3) = a^{14} + a^8 = a^6 + a^8 = a^1 \neq 0;$$

$$L(a^{-4}) = L(a^4) = a^{16} + a^8 = a^8 + a^8 = a^4 \neq 0;$$

$$L(a^{-3}) = L(a^5) = a^{18} + a^8 = a^2 + a^8 = a^3 \neq 0;$$

$$L(a^{-2}) = L(a^6) = a^{20} + a^8 = a^4 + a^8 = 0 - \text{error in } Y_2;$$

$$L(a^{-1}) = L(a^7) = a^{22} + a^8 = a^6 + a^8 = a^1 \neq 0;$$

$$L(a^0) = L(a^8) = a^{24} + a^8 = a^8 + a^8 = a^4 \neq 0.$$

Then, we found, that in  $Y_6$  and  $Y_2$  element of the error code combination, which corresponds to  $e(x)$ .

4) Determine the nature of the error using the Forni algorithm [9], using the tables 2, 3. To do this, firstly we calculate the polynomial of error values  $W(x)$ :

$$W(x) = s(x) \cdot L(x) \bmod x^{2t} = (a^4x^3 + a^3x^2 + a^8x + a^7) \cdot (a^8x^2 + a^8) \bmod x^4 =$$

$$= (a^4x^5 + a^3x^4 + a^8x + a^7) \bmod x^4 = a^8x + a^7 = \overline{00a^8a^7}.$$

Find the derivative of  $L(x)$ :

$$L'(x) = (a^8x^2 + a^8)' = 2a^8x = a^4x.$$

Let find a corrective polynomial, for this in the formula  $e'_i = -\frac{W(X_i^{-1})}{L'(X_i^{-1})}$  instead of  $X_i^{-1}$  we substitute

the degrees found in point 3  $a$ , at which  $L(a^{-j}) = 0$ :

$$e'_6 = -\frac{W(a^{-6})}{L'(a^{-6})} = \frac{W(a^2)}{L'(a^2)} = \frac{a^{10} + a^7}{a^6} = \frac{a^2 + a^7}{a^6} = \frac{a^4}{a^6} = a^{-2} = a^6;$$

$$e'_2 = -\frac{W(a^{-2})}{L'(a^{-2})} = \frac{W(a^6)}{L'(a^6)} = \frac{a^{14} + a^7}{a^{10}} = \frac{a^6 + a^7}{a^2} = \frac{a^5}{a^2} = a^3.$$

Therefore, a corrective polynomial is  $e'(x) = 0a^6 000a^3 00 = \overline{0012000000220000}$ .

5) Correct errors in  $Y(x)$ . To do this, we add the corrective polynomial  $e'(x)$  with  $Y(x)$ , using the table 2:

$$C'(x) = Y(x) + e'(x) = \overline{a^3 a^6 a^8 a^7 a^1 a^4 a^3 a^4} + \overline{0a^6 000a^3 00} = \overline{a^3 a^2 a^8 a^7 a^1 a^2 a^3 a^4} = C(x)$$

Therefore,  $C'(x) = C(x)$ , that is, using the RS-codes (8.4) over the Galois field  $GF(3^2)$  there were corrected 2 erroneous pairs of trites. Now, in order to obtain the initial information polynomial, we discard four pairs of test trites and obtain  $S'(x) = \overline{a^3 a^2 a^8 a^7} = \overline{22210111}$  that is the initial information polynomial.

**Experimental results**

At information transfer by a quantum channel, it is necessary to take into account quantum noise features. One of the main models of quantum noise is the depolarizing channel model described in [5]. According to this model, in the quantum channel during the transfer the pure state of an individual qubit (qudit) is depolarized with probability  $p$ , that is, its state becomes completely mixed (an error occurs), and with probability  $(1 - p)$  the qubit state (qudit) remains constant. Similarly, during the transfer of qutrit, which is in an entangled state with another qutrit, depolarization in the quantum channel leads to a change in the entire entangled state [11]. Therefore, there was investigated the corrective ability of ternary RS-codes depending on the probability of depolarization. The results of the research are given in table 4, and also on fig. 1-3.

**Table 4. Tests of the corrective ability of RS-codes (8.4) over the Galois field  $GF(3^2)$**

$P$	Amount of transmitted blocks by 8 pairs of trites	Amount of transmitted qutrit pairs		Percentage of transmitted qutrit pairs without errors	Amount of transmitted blocks by 8 pairs of trites		Percentage of blocks without errors
		Without errors	With errors		Without errors	With errors	
0	1000000	8000000	0	100	1000000	0	100
0,05	1000000	7600105	399895	95,0013	994179	5821	99,4179
0,1	1000000	7198339	801661	89,9792	961506	38494	96,1506
0,15	1000000	6799046	1200954	84,9880	894519	105481	89,4519
0,2	1000000	6400722	1599278	80,0090	797656	202344	79,7656
0,25	1000000	6000164	1999836	75,0020	678759	321241	67,8759
0,3	1000000	5597119	2402881	69,9639	551034	448966	55,1034
0,35	1000000	5196660	2803340	64,9582	426666	573334	42,6666
0,4	1000000	4798706	3201294	59,9838	314579	685421	31,4579
0,45	1000000	4400166	3599834	55,0020	220449	779551	22,0449
0,5	1000000	3998354	4001646	49,9794	144018	855982	14,4018
0,55	1000000	3600062	4399938	45,0007	88577	911423	8,8577
0,6	1000000	3198925	4801075	39,9865	49676	950324	4,9676
0,65	1000000	2800679	5199321	35,0084	24998	975002	2,4998
0,7	1000000	2399026	5600974	29,9878	11279	988721	1,1279
0,75	1000000	1999520	6000480	24,9940	4265	995735	0,4265
0,8	1000000	1599767	6400233	19,9970	1206	998794	0,1206
0,85	1000000	1200305	6799695	15,0038	240	999760	0,024
0,9	1000000	801655	7198345	10,0206	19	999981	0,0019
0,95	1000000	399902	7600098	4,9987	0	1000000	0
1	1000000	0	8000000	0	0	1000000	0

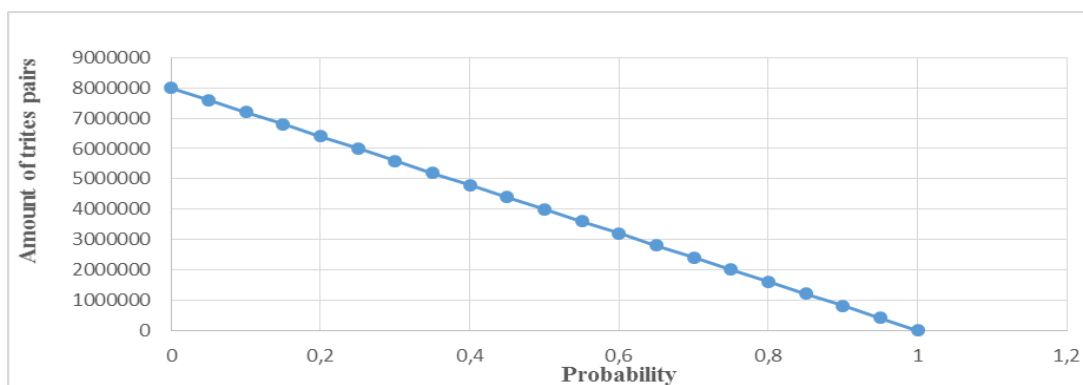


Fig. 1. Dependence of the amount of transferred qutrits pairs on the probability of depolarization

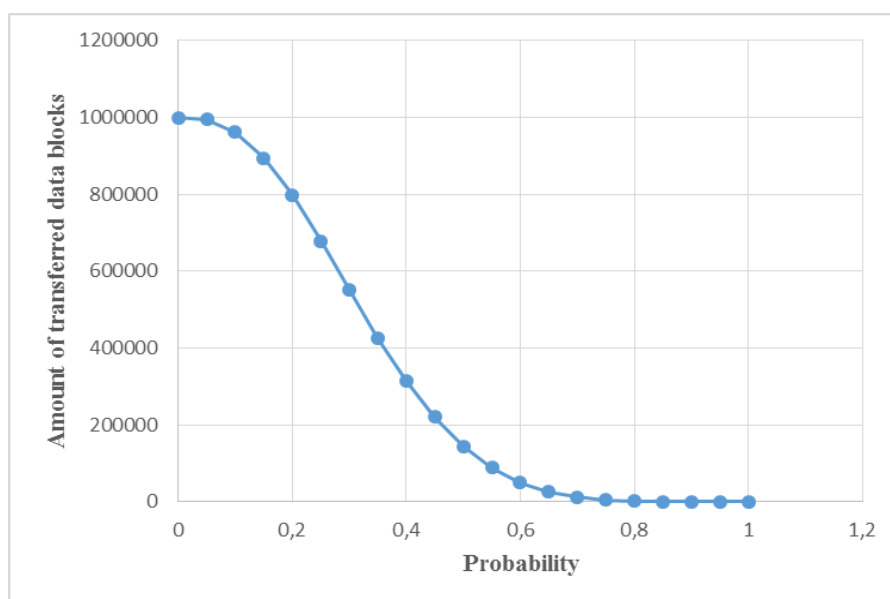


Fig. 2. Dependence of the amount of transferred qutrits blocks on the probability of depolarization

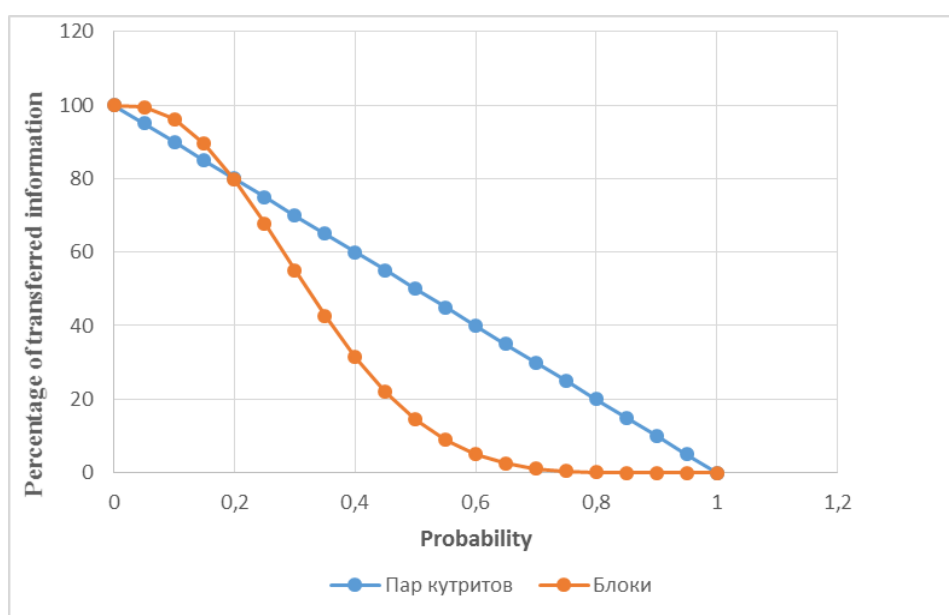


Fig. 3. Percentage ratio of transferred information (pairs and blocks of qutrits) without errors depending on the probability of depolarization

At each stage of the research, the probabilities of depolarization  $p$  are recorded, then the process of information transfer by the quantum channel is simulated, pre-coded by ternary RS-codes and pairs of entangled qutrits. Enumeration of  $p$  values is carried out with the step of 0.01. Using a pseudo-random trites generator, proposed in [12], there is generated the transfer information as a sequence of ternary data, then it is divided into blocks of four pairs of trites. Then they are encoded by RS-codes (8.4) over the Galois field  $GF(3^2)$ , as a result, each block is expanded to eight pairs of trites, which are transferred in pairs by a quantum channel. For each  $p$ , there are transferred  $10^6$  of such blocks. With a given probability  $p$ , there were simulated errors during the transmission of each pair of trites, and the value of the pair of trites was randomly changed to one of the other eight possible, which corresponds to a change in the state of entangled pairs of qutrits due to depolarization in the quantum channel. After receiving the blocks, they are decoded by RS-codes. If during decoding it turned out that the amount of erroneous pairs of trites in each block is no more than two - the RS-codes correct them, otherwise it was impossible to decode the block. Data about the amount of received and corrected errors, amount of blocks that have been successfully decoded and which cannot be decoded are collected in the form of statistics (see Table 4).

#### Conclusion and future work

The paper discusses in detail the use of ternary RS-codes and evaluates their corrective ability during the information transfer using mixed pairs of qutrits in a quantum channel with noise.

The statistical information obtained as a result of an experimental study shows that the ternary codes, proposed by the authors, do a good job with error correction if the probability of qutrit depolarization in a quantum channel does not exceed 20–25%.

Since in modern experiments the level of errors at the photons transfer by a quantum channel, as a rule, does not exceed a few percent (in particular, 7-10%), then the proposed ternary RS-codes are suitable for error-corrective coding in deterministic quantum cryptographic protocols that are based on the use of qutrits [13-15].

Further research will be devoted to the synthesis of models for eavesdropping and message transfer control using the proposed system of ternary RS-codes, as well as the construction of efficient QDSC systems and quantum key distribution.

#### REFERENCES

- [1] Advanced Technologies of Quantum Key Distribution, Edited by Sergiy Gnatyuk, IntechOpen, London, 2018. - 227 p. DOI: 10.5772/65232, ISBN: 978-1-78923-197-7, Print ISBN: 978-1-78923-196-0, Available from: <https://www.intechopen.com/books/advanced-technologies-of-quantum-key-distribution>
- [2] Korchenko O., Vorobiyenko P., Vasiliu Ye., Gnatyuk S. and others, Quantum secure telecommunication systems, Telecommunications Networks. Current Status and Future Trends. Monograph edited by J.H. Ortiz, Rijeka, Croatia: InTech, 2012, - 446 s.
- [3] Dushkin R. V. Obzor tekushhego sostojanija kvantovyh tehnologij. Komp'juternye issledovanija i modelirovanie. 2018. T. 10. - № 2. - S. 165–179, DOI: 10.20537/2076-7633-2018-10-2-165-179.
- [4] Gnatyuk S., Zhmurko T., Iavich M., Yubuzova Kh. Deterministic Quantum Cryptography Protocol Model for Depolarized Quantum Channel. //Proceedings of International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics (UkrMico), 2018. - P. 23-32.
- [5] Nil'sen M., Chang M. Kvantovye vychislenija i kvantovaja informacija. - M.: Mir, 2006. - 824 s. ISBN: 5-03-003524-9, 0-521-63503-9
- [6] Bleyhut R. per. angl. Grushko I.I., Blinovskogo V.M. Teoriya i praktika kodov, kontroliruyuschih oshibki. - M.: Mir, 1986. - 576 s.
- [7] Verner M. Osnovy kodirovaniya: uchebnik dlya VUZov. – M.: Tehnosfera, 2004. – 288
- [8] Morelos-Saragosa R. Iskustvo pomehoustojchivogo kodirovaniya. Metody, algoritmy, primenenie /A. Morelos-Saragosa. - M.: Tehnosfera, 2005. - 320 s. ISBN 5-94836-035-0, 0471-49581-6
- [9] Mak-Vilyams F.Dzh., Sloen N.Dzh.A. Teoriya kodov, ispravlyayuschih oshibki. - M.: Svyaz, 1979. - 744 s. ISBN 5-94836-019-9
- [10] Akhmetov B., Gnatyuk S., Zhmurko T., Yubuzova Kh. Simulation model for deterministic protocol of quantum secure direct communication with error-correcting coding. //VESTNIK KazNRTU, 2018. - №5 (129). - P. 150-158. ISSN 1680-9211
- [11] Korchenko O.G., Vasiliu E.V., Gnatyuk S.O., Kinzerjavij V.M., Gorchins'ka A.M. Ocinka koreguval'noi zdatnosti zavodostijkih trijkovyh RS-kodiv pri peredachi informacii povnistju pereplutanimi stanami kutritiv u kvantovomu kanali z shumom. //Zahist informacii. 2010. - № 4. - S. 44-53. ISSN 2410-7840
- [12] Gnatyuk S. A., Zhmurko T., Kinzerjavij V., Sejlova N. A. Metod generirovaniya tritovyh psevdosluchajnyh posledovatel'nostej dlja sistem kvantovoj kriptografii. Bezohasnost' informacii. 2015. - № 2 (22). -S. 140-147.

[13] Gnatyuk S. A., Zhmurko T., Kinzeryavyy V., Yubuzova Kh. Jeksperimental'noe issledovanie metoda obespechenija stojkosti kutritovyh protokolov kvantovoj kriptografii. Zashhita informacii. 2016. Vol. 18 №3. S. 218-228. doi={10.18372/2410-7840.18.10851}

[14] Akhmetov B., Gnatyuk S., Zhmurko T., Kinzeryavyy V., Yubuzova Kh. Experimental study of the simulation model for deterministic secure communication protocol in quantum channel with noise. //Reports of the National Academy of sciences of the republic of Kazakhstan, 2018. - V 5. Number 321. - P. 5-11. ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print), doi.org/10.32014/2018.2518-1483.1

[15] Gnatyuk S.O., Okhrimenko T.O (Zhmurko), Akhmetov B.S., Seilova N.A., Yubuzova Kh.I. Approach to Increase Speed for Deterministic Protocols of Quantum Cryptography. «The Eighth World Congress «AVIATION IN THE XXI-st CENTURY – Safety in Aviation and Space Technologies». Kyiv, 2018. - P. 302-310.

Ахметов Б.С., Гнатюк С.А., Охрименко Т.А., Кинзерявый В., Юбузова Х.И.

**Детерминистік кванттық және криптографиялық хаттама бойынша ақпарат алмасу кезінде бөгеуілге тұрақты Рида-Соломон кодының Галуа  $GF(3^2)$  өрісінде түзетушілік қабілеттерін эксперименттік зерттеу**

**Түйіндеме.** Хабарламаларды жіберудің құпиялығын қамтамасыз ету ақпараттық қауіпсіздікті қамтамасыз етудегі маңызды міндеттердің бірі болып табылады. Кванттық қауіпсіз байланыс алдын-ала шифрлауды пайдаланбай құпиялықты қамтамасыз етуге және ашық арнада жіберуге мүмкіндік береді. Осыған сәйкес, берілген мақалада хабарламаларды тыңдауды және жіберуді басқару режиміндегі жұп кутриттерге арналған шулы кванттық арнадағы қауіпсіз байланыстың детерминистік хаттамасының еліктеме үлгісінде қолданылатын үш өлшемді РС кодтарын кодтау/декодтау жүйесі зерттеу келтірілген, 4 жұп тритит кодтау және декодтау мысалдары қарастырылған, деполаризация ықтималдығына қарай үш өлшемді РС кодтарының түзету қабілетін зерттеу жүргізілді.

Алынған нәтижелер жүйенің асимптоталық тұрақтылығын және оның жұмыс жылдамдығын ұлғайту тұрғысынан кванттық криптографиялық жүйелерді құру және оңтайландыру үшін пайдаланылуы мүмкін.

**Кілттік сөздер:** ақпаратты қорғау, беріктілік, түзетуші кодтар, қателер, кванттық криптография, детерминистикалық хаттама, кванттық түзу қауіпсіз байланыс, кутрит.

Ахметов Б.С., Гнатюк С.А., Охрименко Т.А., Кинзерявый В., Юбузова Х.И.

**Экспериментальное исследование корректирующей способности помехоустойчивых кодов Рида Соломона над полем Галуа  $GF(3^2)$  при передаче информации по детерминистическому квантово-криптографическому протоколу**

**Резюме.** Обеспечение секретности передачи сообщений одна из важнейших задач в обеспечении информационной безопасности. Квантовая безопасная связь позволяет без применения предварительного шифрования обеспечить секретность и передачу по открытому каналу. В этой связи, в данной работе проведены исследования системы кодирования/декодирования троичных РС-кодов, применяемой в имитационной модели детерминистического протокола безопасной связи в квантовом канале с шумом для пары кутритов в режиме контроля подслушивания и передачи сообщений, рассмотрены примеры кодирования и декодирования 4 пар тритов, проведены исследования корректирующей способности троичных РС-кодов в зависимости от вероятности деполаризации.

Полученные результаты могут быть использованы для построения и оптимизации систем квантовой криптографии с точки зрения повышения асимптотической стойкости системы и скорости ее работы.

**Ключевые слова:** защита информации, стойкость, корректирующие коды, ошибки, квантовая криптография, детерминистический протокол, квантовая прямая безопасная связь, кутрит.

УДК 66.02.071.7

**A. Yeshzhanov, A. Volnenko, Zh. Khusanov, A. Torsky, D. Zhumadullayev**  
(M.Auyezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan)  
E-mail: nii\_mm@mail.ru

## **DUST COLLECTION IN THE APPARATUS WITH A COMBINED REGULAR-WEIGHTED NOZZLE**

**Abstract.** One of the promising mechanisms of interaction of gas and liquid flows in the volume of the working area of the dust collector is their vortex interaction. Such a mechanism is implemented in an apparatus with a combined regular-weighted nozzle, the working area of which is represented by a tubular bundle of regular structure and in the lower part on the lattice of large free cross section is a layer of spherical packing elements. In the operating mode, the chaotic movement of the ball nozzle elements prevents the formation of deposits on the surface of the pipes and the walls of the apparatus.

Studies of the overall efficiency of dust collection with changing operational parameters were carried out, and a mathematical model of turbulent-diffusion deposition of solid particles was proposed for processing the experimental data obtained, with an equation for calculating the efficiency of dust collection. This equation can be used to calculate the overall efficiency, and with a known fractional composition of dust and to calculate the fractional efficiency.

**Key words:** dust collection, regular-weighted nozzle, gas velocity, irrigation density, coefficient of turbulent diffusion

**А. Ешжанов, А. Волненко, Ж. Хусанов, А. Торский, Д. Жумадуллаев**  
(Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауэзова, Шымкент, Казахстан)  
E-mail: nii\_mm@mail.ru)

## **ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИЕ В АППАРАТЕ С КОМБИНИРОВАННОЙ РЕГУЛЯРНО-ВЗВЕШЕННОЙ НАСАДКОЙ**

**Аннотация.** Одним из перспективных механизмов взаимодействия потоков газа и жидкости в объеме рабочей зоны пылеуловителя является их вихревое взаимодействие. Такой механизм реализуется в аппарате с комбинированной регулярно-взвешенной насадкой, рабочая зона которого представлена трубчатым пучком регулярной структуры и в нижней части на решетке большого свободного сечения расположен слой шарообразных насадочных элементов. В рабочем режиме хаотичное движение шаровых насадочных элементов препятствует образованию отложений на поверхности труб и стенках аппарата.

Проведены исследования общей эффективности пылеулавливания при изменении режимных параметров и для обработки полученных экспериментальных данных предложена математическая модель турбулентно-диффузионного осаждения твердых частиц с выводом уравнения для расчета эффективности пылеулавливания. Это уравнение может быть использовано для расчета общей эффективности, а с известным фракционным составом пыли и для расчета фракционной эффективности.

**Ключевые слова:** пылеулавливание, регулярно-взвешенная насадка, скорость газа, плотность орошения, коэффициент турбулентной диффузии, эффективность.

**Введение.** В настоящее время известно большое количество пылеуловителей, работа которых основана на различных механизмах взаимодействия потоков газа и жидкости. В большинстве случаев такими механизмами являются пленочное течение жидкости и барботаж, реализуемые в насадочных (со стационарной насадкой) и тарельчатых аппаратах, ударное взаимодействие газа и жидкости в аппаратах ударно-инерционного действия [1,2]. На ином механизме – вихревом взаимодействии потоков газа и жидкости основана работа аппаратов с подвижной насадкой. Нерегулируемое вихревое взаимодействие, реализуемое в аппаратах со взвешенной насадкой и регулируемое вихревое в аппаратах с регулярно размещенными насадочными телами позволяет проводить процессы пылеулавливания в интенсивных режимах работы с высокой эффективностью [3,4].

В аппаратах с комбинированной регулярно-взвешенной насадкой рабочая зона представлена трубчатым пучком регулярной структуры и в нижней части на решетке большого свободного сечения расположен слой шарообразных насадочных элементов [5]. При обработке газового потока, содержащего частицы пыли с повышенными адгезионными свойствами хаотичное движение шаровых насадочных элементов препятствует образованию отложений на поверхности труб и стенках аппарата. Это позволяет значительно увеличить срок межремонтного пробега.

**Методы.** Для данной конструкции аппарата проведены исследования процесса пылеулавливания. При проведении исследований для распыления порошков в подводящем газоходке был установлен пылеподатчик ЛИОТ [6-9]. Для определения общей эффективности процесса пылеулавливания использовали метод внутренней фильтрации. Для заполнения аллонжей применяли стекловату. Расход газа через аллонжи устанавливали исходя из условия изокINETического отбора.

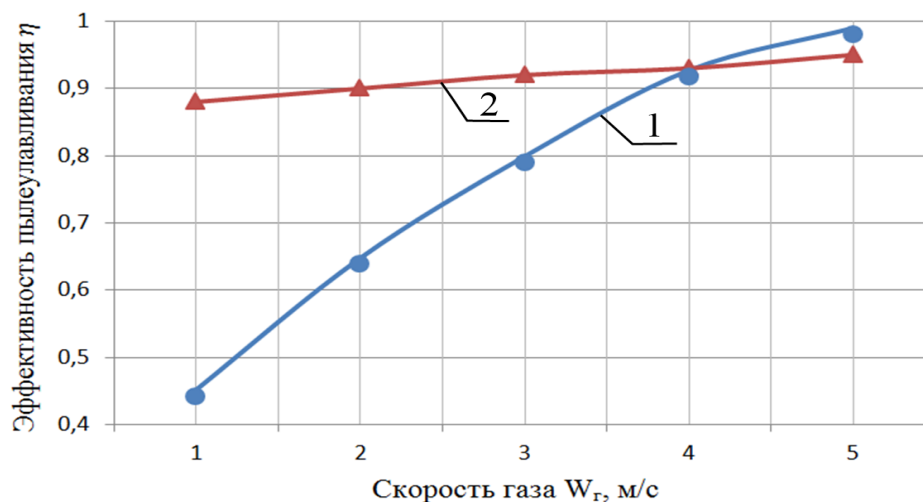
**Результаты.** Результаты исследований общей эффективности пылеулавливания аппарата с трубчато-фонтанирующей насадкой (ТФ) и аппарата со взвешенной насадкой (ВН) в зависимости от скорости газового потока и плотности орошения представлены на рисунках 1 и 2.

Как видно из рисунка 1 с увеличением скорости газового потока общая эффективность пылеулавливания возрастает как у исследуемого аппарата, так и в аппарате ВН. Это связано с тем, что при повышении скорости газа происходит значительная турбулизация потоков и растет межфазная турбулентность.

В работах, посвященных изучению процесса пылеулавливания в аппаратах ПН [10,11] подчеркивается перспективность их применения в процессах мокрого обеспыливания газов, сопровождающихся

образованием взвесей и осадков. При этом исследователи полагают, что механизм пылеулавливания носит турбулентно-инерционный характер. Эффективность процесса зависит от многих факторов, из которых основными являются физико-химические свойства пыли и гидродинамический режим работы аппарата [11].

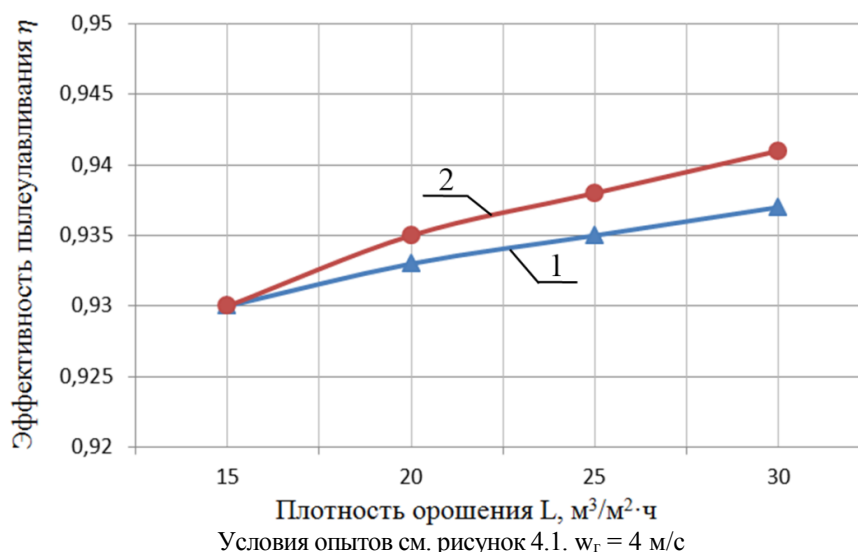
Кривая общей эффективности пылеулавливания комбинированного аппарата с трубчато-фонтанирующей насадкой расположена выше, чем аналогичная кривая для аппарата ВН. Более высокая эффективность аппарата с трубчато-фонтанирующей насадкой обусловлена реализацией режима одновременного вихреобразования, реализуемого при шаге расположения труб  $t_b/b=4$ .



Условия опытов: аппарат ТФ (одна опорно-распределительная решетка;  $\rho_H = 600 \text{ кг/м}^3$ ;  $d_H = 0,015 \text{ м}$ ;  $H_{CT}=0,03 \text{ м}$ ;  $S_R/S_{ан}=0,28 \text{ м}^2/\text{м}^2$ ;  $t_b/b=4$ ;  $t_p/b=2$ ;  $L=15 \text{ м}^3/\text{м}^2\cdot\text{ч}$ ); аппарат ВН ( $S_o = 0,4 \text{ м}^2/\text{м}^2$ ;  $H_{CT} = 0,2 \text{ м}$ ;  $\rho_H = 650 \text{ кг/м}^3$ ;  $d_H = 0,04 \text{ м}$ ;  $\alpha = 60^\circ$ ;  $L_o = 20 \text{ м}^3/\text{м}^2\cdot\text{ч}$ ) [11]. 1 -  $\eta$  – трубчато- фонтанирующая насадка; 2 -  $\eta$  - взвешенная насадка (ВН) [11]

Рис. 1. Зависимость общей эффективности пылеулавливания аппаратов с подвижной насадкой от скорости газа

С увеличением плотности орошения (рисунок 2) общая эффективность пылеулавливания аппаратов с подвижной насадкой растет. Это связано с увеличением поверхности контакта фаз за счет роста числа капель жидкости и пузырей в газожидкостном слое, участвующих в процессе.



Условия опытов см. рисунок 4.1.  $w_r = 4 \text{ м/с}$   
1 -  $\eta$  – трубчато- фонтанирующая насадка; 2 -  $\eta$  - взвешенная насадка (ВН) [11]

Рис. 2. Зависимость общей эффективности пылеулавливания аппаратов с подвижной насадкой от плотности орошения

Для обработки полученных экспериментальных данных предложена математическая модель турбулентно-диффузионного осаждения твердых частиц.

Как известно, улавливание твердых частиц размером менее 0,1 мкм происходит вследствие молекулярной диффузии [10,12].

В аппаратах с регулярной структурой насадки реализуется турбулентный режим, характеризующийся вихреобразованием [6].

Твердые частицы пыли имеют размер значительно меньше масштаба турбулентных пульсаций и поэтому вовлекаются в пульсационное движение газового потока. Причем, степень увлечения также зависит от диаметра и плотности частиц, т.е. от ее инерционности [12]. Следовательно, при расчете эффективности осаждения в интенсивных режимах течения газа необходимо учитывать наряду с инерционным механизмом осаждения и молекулярной диффузией также турбулентную диффузию, которая вносит существенный вклад в эффективность улавливания частиц с размером 1-2 мкм и более [13].

Рассмотрим диффузию частиц пыли к поверхности осаждения, которая представлена пленками, струями и каплями жидкости, причем принимаем, что диаметр частиц мал по сравнению с масштабом вихрей.

Уравнение, описывающее перенос массы за счет молекулярной и турбулентной диффузии имеет вид [14]:

$$\frac{dm}{d\tau} = D_0 \cdot A \cdot \frac{\Delta Z}{\Delta x}, \quad (1)$$

где  $m$  – количество уловленной пыли, кг;  $\tau$  – время, с;  $D_0$  – эффективный коэффициент диффузии, м<sup>2</sup>/с;  $\Delta Z = Z_2 - Z_1$  – разность концентраций (движущая сила процесса), кг/м<sup>3</sup>;  $\Delta x$  – размер ячейки, в которой происходит осаждение, м;  $A$  – поверхность контакта фаз, м<sup>2</sup>.

Эффективный коэффициент диффузии определяется по уравнению:

$$D_0 = D_M + D_T, \quad (2)$$

в котором  $D_M, D_T$  – соответственно, коэффициенты молекулярной и турбулентной диффузии, м<sup>2</sup>/с.

Коэффициент молекулярной диффузии для частиц размером  $d_p > \ell_i$ , равен [6,7, 15]:

$$D_M = \frac{K_\sigma \cdot T \cdot C_k}{3\pi \cdot \nu_r \cdot d_p}, \quad (3)$$

где  $K_\sigma$  – постоянная Больцмана, ( $K_\sigma = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/к);  $T$  – абсолютная температура, К;  $C_k$  – поправка Кенингема-Мелликена:

$$C_k = 1 + \frac{10^{-4}}{p \cdot d} \cdot [6,32 + 2,01 \exp(-1095 \cdot p \cdot d)], \quad (4)$$

здесь  $p$  – давление среды, Па.

Коэффициент турбулентной диффузии частиц является функцией пульсационной скорости потока  $\bar{u}'$  и его определяющего размера  $\ell$  и не зависит от физических свойств потока (Фукс, 1955) [14]:

$$D_T \approx 0,7 \cdot \bar{u}' \cdot \ell, \quad (5)$$

где  $\ell = \frac{\rho \cdot d \cdot u}{18\mu_r}$  – длина инерционного пробега частицы, м.

Количественное значение  $\ell$  зависит от величины инерционной силы, которая воздействует на твердую частицу в момент ее выброса из турбулентного потока. Следовательно [16,17]:



$$D_T = 0,7 \cdot \bar{u}' \cdot \frac{\rho_c \cdot d_c^2 \cdot u_c}{18\mu_r} \quad (6)$$

здесь  $\bar{u}'$  – пульсационная скорость, м/с;  $\rho_c$  – плотность твердой частицы, кг/м<sup>3</sup>;  $d_c$  – диаметр частицы, м;  $u_c$  – скорость движения частицы, м/с.

При определении величины коэффициента турбулентной диффузии отмечено, что при обтекании насадочных элементов реализуется турбулентный режим течения. Здесь же выброс пыли из турбулентного ядра осуществляется только за счет сил инерции.

Определяя мощность потока в зоне трубчато-фонтанирующей насадки с учетом средней пульсационной скорости  $u'$ :

$$\bar{U}' = \mathcal{E}^{1/3} \cdot l^{1/3} = \mathcal{E}^{1/3} \cdot d^{1/3}, \quad (7)$$

где  $l$  – масштаб пульсаций, сравниваемый с диаметром капли, т.е.  $l \sim d_k$ , получим формулу для расчета коэффициента турбулентной диффузии:

$$D_T = 0,177 \cdot (\xi_L)^{1/3} \cdot (1 - \varepsilon_{обц})^{1/3} \cdot \left(\frac{H_{cm}}{d_{ui}}\right)^{1/3} \cdot \left(\frac{H}{t_B}\right)^{1/3} \cdot \left(\frac{\rho_r}{\rho_{ж}}\right)^{1/3} \cdot (h_0)^{-1/3} \cdot d_k^{4/3} \cdot u_r \cdot Stk, \quad (8)$$

где  $Stk = \frac{\rho_c \cdot d_c^2 \cdot u_c}{18\mu_r \cdot d_k}$  – критерий Стокса.

Эффективность пылеулавливания определяется по формуле:

$$\eta = 3,0 \cdot \left(\frac{W_r \cdot d_k}{D_T}\right)^{-1/4} \quad (9)$$

**Обсуждение.** Таким образом, проведены исследования процесса пылеулавливания в аппарате с комбинированной регулярно-взвешенной насадкой. Для расчета эффективности пылеулавливания получено уравнение, учитывающее изменения режимных и конструктивных параметров. Это уравнение может быть использовано для расчета общей эффективности, а с известным фракционным составом пыли и для расчета фракционной эффективности.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Балабеков О.С., Волненко А.А., Раматуллаева Л.И. Использование принципа ударно-инерционного взаимодействия потоков для интенсификации химико-технологических процессов // Энциклопедия инженера-химика №3, 2008.- С.8-14.
- [2] Волненко А.А., Балабеков О.С., Раматуллаева Л.И., Хусанов Ж.Е., Бажиров Т.С. Методы режимно-конструктивной интенсификации процессов газоочистки в аппаратах с ударно-вихревым взаимодействием потоков // Химический журнал Казахстана, №4(40), 2012.- С.112-120
- [3] Балабеков О. С., Волненко А.А. Расчет и конструирование теплообменных и пылеулавливающих аппаратов с подвижной и регулярной насадкой /Монография – Шымкент, 2015. – 184с.
- [4] Волненко А.А., Балабеков О. С. Расчет теплообменных и пылеулавливающих аппаратов со взвешенной и регулярной насадкой. Примеры и задачи. - Шымкент, 2016. – 223 с.
- [5] Заключение о выдаче патента на полезную модель по заявке №2018/0037.2 от 16.01.2018г. МПК В01D 53/20 (2006/01); В01D 47/14 (2006/1) / Волненко А.А., Ешжанов А.А., Абжапбаров А.А., Ескендилов М.З., Жумадуллаев Д.К.
- [6] Волненко А.А. Научные основы разработки и расчета вихревых массообменных и пылеулавливающих аппаратов: дис. ... докт. техн. наук. – Шымкент, 1999. -300 с.
- [7] Раматуллаева Л.И. Гидродинамика и улавливание аэрозолей в аппарате с ударно-вихревым взаимодействием потоков: дис. ... канд. техн. наук. – Шымкент, 2009. -137 с.
- [8] Коузов П.А., Мыльников С.И. Сравнительная оценка и рекомендации унификации мокрых пылеуловителей //Сб. научн. трудов институтов охраны труда ВЦСПС. – М.: Профиздат, 1971. Вып. 74. С.17 – 23.

- [9] Коузов П.А. Пылеподатчик ЛИОТ //Сб. научн. трудов институтов охраны ВЦСПС. – М.: Профиздат, 1969. Вып. 60. С.3 – 12.
- [10] Балабеков О.С, Гидродинамика, массообмен и пылеулавливание при противоточных и прямоточных двухфазных капельных и пленочных течениях в слое подвижной насадки: Дис. ... д-ра техн. наук. – М., 1985. – 430с.
- [11] Абсорбция и пылеулавливание в производстве минеральных удобрений /О.С.Ковалев, И.П.Мухленов, А.Ф.Туболкин, О.С.Балабеков и др.; под ред. И.П.Мухленова, О.С.Ковалева. – М.: Химия, 1987. – 208 с.
- [12] Шарыгин М.П. Разработка и расчет устройств для разрушения отложений и пылеулавливания с управляемым вихревым потоком: Дис. ... докт. техн. наук. – М.: 1992. – 480с.
- [13] Очистка промышленных газов от пыли / В.Н.Ужов, А.Ю.Вальдберг, Б.И.Мягков, И.К.Решидов. – М.: Химия, 1981. – 390с.
- [14] Кафаров В.В. Основы массопередачи (системы газ-жидкость, пар-жидкость, жидкость-жидкость). 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1979. – 439с.
- [15] Аэрозоли – пыли, дымы и туманы /Грин Х., Лейн В; Под ред. Н.А.Фукса. – Л.: Химия, 1969. – 428с.
- [16] Волненко А.А., Раматуллаева Л.И., Корганбаев Б.Н. Расчет гидродинамических характеристик и параметров пылеулавливания аппарата ударно-инерционного действия с регулярной подвижной насадкой // Наука и образование Южного Казахстана-2007.- №1(60).-С.91-95.
- [17] Раматуллаева Л.И., Волненко А.А., Балабеков О.С. Исследование и расчет параметров пылеулавливания в аппарате с ударно-вихревым взаимодействием потоков // Вестник МКТУ им. Х.А.Ясави.- 2008.-№2. - С.66-71.

Ешжанов А.А., Волненко А.А., Хусанов Ж.Е., Торский А.О., Жумадуллаев Д.К.

**Ретті-қалықтамалы саптамалы комбинирленген аппаратта шаңұстау**

**Түйіндеме.** Ретті-қалықтамалы саптамалы комбинирленген аппаратта шаңұстау процесіне зерттеу жүргізілді. Шаңды жинаудың тиімділігін есептеу үшін операциялық және жобалау параметрлеріндегі өзгерістерді ескеретін теңдеу алынды. Бұл теңдеу жалпы тиімділікті, шаңның белгілі бөлшек құрамын және бөлшек тиімділігін есептеу үшін пайдаланылуы мүмкін.

**Түйін сөздер:** шаңұстау, ретті-қалықтамалы саптама, газ жылдамдығы, су бүрку тығыздығы, турбулентті диффузия коэффициенті, тиімділік.

УДК 001.8

**В.А. Myrzakhmetov**

(Kazakh National Research Technical University

n.a. K.I. Satpayev, Kazakhstan, Almaty)

E-mail: myrzakhmetov\_ba@mail.ru

**THE PROBLEMS OF INTERACTION BETWEEN SCIENCE AND MANUFACTURE IN IMPLEMENTATION OF INNOVATIVE DEVELOPMENT OF INDUSTRY OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

**Abstract.** There are some problems of interaction between science and industry in implementation of the program of innovative development analyzed in this paper and offered variety of mechanisms, which could contribute their successful solution in practice.

**Key words:** innovations, the science, industry, investment activity, developers, prototype, implementation.

**Б.А. Мырзахметов**

(Казакский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева,

Алматы, Республика Казахстан)

E-mail: myrzakhmetov\_ba@mail.ru

**ПРОБЛЕМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НАУКИ И ПРОИЗВОДСТВА В РЕАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**Аннотация:** В работе анализируются некоторые проблемы взаимодействия науки и промышленности в реализации программ инновационного развития и предлагается ряд механизмов, которые могли бы способствовать их успешному решению на практике.

**Ключевые слова:** Инновации, наука, промышленность, инвестиционная активность, разработчики, прототип, внедрение.

Перед современной промышленностью длительное время стояли задачи выживания в условиях низкого уровня спроса на новые технологии. За эти годы многие предприятия исчезли с рынка или перепрофилировали свою деятельность, некоторые крупные предприятия оформили «развод», разбившись на множество мелких предприятий для самостоятельного плавания в условиях становления рыночной экономики.

Но отдельные крупные предприятия смогли сохранить свои не только производственные активы, но и трудовые коллективы. И именно эти предприятия на сегодняшний день составляют костяк промышленности Казахстана. Вовлечение их в процесс инновационного развития промышленности Республики требует коренной технологической модернизации имеющихся основных фондов с внедрением прогрессивных технологий, что позволит наладить выпуск конкурентноспособной и востребованной продукции. Причем, технологическая модернизация должна предусматривать возможность повышения гибкости производства для быстрой переналадки и освоения производства новой продукции. Предприятия, нацеленные на выпуск одного конкретного вида продукции в течение длительного времени в современных условиях становятся неконкурентноспособными.

В последние годы программы инновационного развития превратились в чисто финансовый рынок, которые подразумевали закупки импортного оборудования на кредиты, чем разработка и освоение выпуска отечественного оборудования.

Несмотря на то, что существующий уровень инвестиций государства в инновационно-технологическое развитие перерабатывающей промышленности значительно вырос, по сравнению с предыдущими годами, крайне низкими остаются темпы внедрения новых технологий, что является следствием низкой инвестиционной активности, нацеленностью бизнеса на извлечение быстрой и высокой прибыли. Можно констатировать, что глубокий кризис инвестиционной и инновационной деятельности, характерный для промышленности в период 90-х годов прошлого столетия, продолжается и в настоящее время. Ситуация усугубляется тем, что за эти годы возрастная структура активной части основных фондов предприятий изменилась в сторону еще большего увеличения доли изношенной техники. Поэтому внедрение инноваций в различных отраслях стала вынужденной необходимостью и способом выживания в современных условиях.

Развитие инновационной сферы отраслей, широкое освоение прогрессивных технологий обеспечит переход на качественно новый уровень промышленного производства и позволит достичь такого уровня ресурсосбережения и качества выпускаемой продукции, которые могут способствовать существенному повышению степени импортозамещения и конкурентоспособности на внешнем рынке [1,2,3].

Однако понятие инновационной продукции (технологии) требует некоторых разъяснений.

Инновационной принято считать ту продукцию, которая качественно эффективнее традиционной за счет практической новизны. В последнее время идет очень много дискуссий и публикаций в средствах массовой информации, принимаются различные программы с применением словосочетания «...инновационная продукция (развитие)». При этом, даже продукцию, которая уже успешно и давно выпускается за пределами страны, но выпуск которой впервые планируется на внутреннем рынке, уже называют инновационной. Особенно это было заметно в отчетах чиновников по выполнению первого пятилетнего этапа государственной программы форсированного индустриально-инновационного развития Казахстана (ГПФИИР). Как показала жизнь, в ее выполнении было больше ошибок, нежели достижений, связанных со слабым привлечением широкой научной общественности и авторитетных представителей бизнес-сообщества по тем или отраслям в обсуждении и экспертизе планируемых программ. Часто, процесс их реализации напоминает очередную кампанейщину в добровольно-принудительном порядке чиновниками от науки и курируемых министерств, основным девизом которых - «инновации любой ценой!». Часто эти программы «умирают» на полпути, к ним теряется интерес и придумывается новая программа. Все эти шараханья и ошибки ложатся тяжким бременем на бюджет. Создаваемые государством для достижения этих целей многочисленные фонды, агентства не решают задачу создания инновационной продукции не только без четкого, продуманного, пошагового плана ее претворения в жизнь и непосредственной их ответственности в достижении конечных целей. И здесь особая роль должна отводиться представителям научной общественности, которые способны генерировать новые инженерные идеи, однако не имеют реальной возможности для их реализации на практике.

Необходимо создать стимул для промышленных предприятий в налаживании выпуска инновационной продукции, которую предлагают разработчики-новаторы. Здесь должны быть задействованы меры государственного стимулирования разработки и внедрения отечественных разработок на предприятиях, а не только закуп ими готовых импортных технологий, которые, как часто оказывается впоследствии, невозможно адаптировать к существующим реалиям. Кроме как имитацией работы со стартап - сообществом и отчета по выполнению программ инновационного развития это не назвать.

Существующая система закупа товаров и услуг предприятиями стимулирует лишь покупку готового товара с т.н. казахстанским содержанием, но не учитывает добавленную стоимость в виде затрат на ее разработку, испытание, сертификацию и т.п. процедуры, предшествующие выпуску конечной продукции. Поэтому бурно развиваются предприятия с отверточным производством, в конечной продукции которой отсутствует их собственная интеллектуальная составляющая. Часто они решают узкие и кратковременные задачи местного значения без выхода на широкий рынок.

Необходимо иметь в виду и то, что инновации — это не только повышение эффективности, но и риск иногда получить отрицательный результат, чего нельзя полностью исключать. Поэтому, говоря о принуждении к закупкам инноваций, важно помнить о механизмах снижения рисков. Особенно это касается работ на стадии НИОКР. К примеру, прежде чем выносить результат научной работы на потенциальный рынок потребителей требуется трудоемкая и материалоемкая работа по изготовлению, испытанию и доводке опытного образца. Это связано с тем, что при последующем решении задач коммерциализации разработки и продвижения продукции на рынок потенциальным покупателям требуется наличие апробированного демонстрационного образца, что не под силу ВУЗам, не имеющим собственной производственной базы. Отраслевые же НИИ и научные центры, ранее широко практиковавшиеся и хорошо зарекомендовавшие себя, практически канули в лету или влачат жалкое существование. Их реанимация в большинстве случаев стала невозможной из-за утечки квалифицированных кадров за годы простоя, потери связей с производством, моральной изношенности оборудования и т.п.

В этих условиях основным и активным участником реализации программы могут стать технические ВУЗы исследовательской направленности.

В ведущих промышленно развитых странах значительную долю задач по разработке и внедрению инновационной продукции берут на себя университетские или отраслевые научные центры, обладающие всем необходимым парком технологического оборудования и сертифицированными испытательными центрами. Причем, как показывает практика, работа таких центров при ведущих университетах мира часто более продуктивна, чем отраслевых.

По мнению большинства участников разработки инновационной продукции, основной проблемой для них является невозможность изготовить и испытать их изделия в реальных, а не лабораторных условиях. Даже проведение лабораторных испытаний с максимальным приближением к реальным условиям представляет значительные трудности, связанные с изготовлением действующего образца разработанной продукции, так как, как правило, НИИ и ВУЗы не имеют собственной производственной базы. Поэтому длительное время затрачивается на поиск изготовителей опытного образца и согласование с ними многочисленных вопросов, так как для большинства из них это, как правило, является нестандартной продукцией и требует переналадки технологического оборудования или перепрофилирования отдельных производственных участков. Причем, не каждое предприятие имеет свои ОКБ, для которых разработка и изготовление опытного оборудования является стандартной задачей.

Поэтому для решения задач инновационного развития техники и технологий технические университеты на современном этапе должны, по существу, представлять собой крупные научно-исследовательские центры, имеющих достаточные *производственные возможности*, в которых должно быть сосредоточено современное производственно-технологическое и научное оборудование и в которых удобно вести научную работу по комплексным проблемам объединенными усилиями различных лабораторий и кафедр. Эти же производственные базы ВУЗов могут являться площадкой для проведения широкомасштабных экспериментальных исследований опытных образцов техники, выпуска опытных партий и служить базами производственных и научных практик студентов и магистрантов. Одновременно, наиболее «продвинутые» сотрудники этих баз — это резерв для подготовки научных и педагогических кадров.

Помимо заключения хозяйственных договоров на выполнение отдельных видов НИОКР непосредственно между научным коллективом и предприятием-заказчиком, одним из реальных возмож-

ностей реализации своих идей для новаторов-инженеров является их участие в конкурсах научных проектов по государственной программе грантового финансирования, организуемого МОН РК. Несмотря на то, что процедура оценки проектов постоянно совершенствуется и в достаточной степени становится все более открытой, вызывают вопросы процедуры последующей его реализации. Очень важно, чтобы критерием при отборе лучшего предложения на конкурсе была не цена приобретения, а экономический эффект от его применения.

Существующая процедура распределения имеющихся в распоряжении финансовых средств Национальным научным Советом по принципу «всем сестрам по серьгам» часто наталкивают на мысль, что в первую очередь решаются социальные вопросы сохранения и удержания на плаву научных коллективов, что, конечно, также немаловажно.

Однако это приводит к тому, что выделяемые средства «размазываются» мизерными суммами по многим проектам. Причем, фактически выделенные суммы финансирования могут составлять от 3 до 8 раз меньше от запланированной в проекте суммы, что приводит к вынужденному сокращению объема исследований, страдает их качество, на выходе они остаются часто незавершенными, не достигшими конечной цели. Может быть стоит сконцентрировать имеющиеся средства по нескольким наиболее значимым проектам, имеющим высокую востребованность производства и предполагающим доведение результатов исследований до выпуска конечной продукции. Одновременно повысив ответственность исполнителей проекта за конечный результат.

Но даже после старта работ по проектам могут возникнуть вынужденные ситуации, связанные с получением некоторых отрицательных результатов на отдельных этапах или появлением новых подходов и идей, что приведет к некоторой корректировке плана работ по поиску дополнительных методологических или инженерных решений проблемы.

Более разумное решение в этом случае – без излишних бюрократических процедур своевременно скорректировать план работ для достижения конечной цели. Оценка результатов выполнения проекта должна производиться по конечному результату, а не по промежуточным показателям.

Необходимо также отметить, что в ходе выполнения работ по проекту у исполнителя могут появиться новые идеи, требующие «закрытия» некоторой информации на некоторый период. Это может потребовать дополнительного времени для патентования возникшей по ходу идеи (технологический шпионаж никто не отменял и он, наоборот, все больше усиливается между конкурирующими фирмами). Но тогда возникает проблема недооценки качества и сроков выполняемых промежуточных этапов независимым экспертом контролирующего органа, опирающимся на вынужденно ограниченную информацию, представленную в промежуточном отчете.

Поэтому должна быть упрощена процедура внесения корректив в промежуточные этапы календарного плана работ без сложной и нудной процедуры согласований с контролирующими органами. Это даст возможность некоторого маневрирования на промежуточных задачах для качественной доработки конструкции объекта или технологии.

И, даже оценка конечного результата проекта по заключительному отчету не всегда может дать объективный ответ на вопрос - инновационная она или нет? Только последующая успешная его реализация на практике может позволить дать на это окончательный ответ. В противном случае разработанная инновационными компаниями продукция останется лишь на стадии прототипа, тогда как от прототипа до серийного изделия дистанция огромного размера.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] Послание Президента Республики Казахстан Нурсултана Назарбаева народу Казахстана от 31.01.2017г.

[2] Послание Президента Республики Казахстан Нурсултана Назарбаева народу Казахстана от 10.01.2018г.

[3] Государственная программа индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2015 – 2019 годы

Мырзахметов Б.А.

**Қазақстан республикасының өнеркәсібін инновациялы дамытуды іске асыру барысындағы ғылым мен өндірістің өзара қатынасу мәселелері**

**Түйіндеме.** Жасалған сараптама инновациялы даму бағдарламасын жүзеге асыру барысында туындайтын ғылым мен өнеркәсіптің өзара қатынасының мәселелерін ашады. Мақала авторымен осы мәселелердің іс жүзінде шешімін табуына септігін тигізетін бірқатар механизмдер ұсынылады.

**Түйін сөздер:** Инновациялар, ғылым, өнеркәсіп, инвестициялық белсенділік, әзірлеушілер, прототип, енгізу.

Z.Zh. Sakiyeva, R.N. Zholmyrzayeva, S.T. Dabzhanova, G. Djumagaliyeva

## THE BIOCHEMICAL FEATURES OF SUNFLOWER PLANTS AND THEIR RESISTANCE TO DISEASES

**Summary.** The article presents biochemical studies of sunflower varieties using biochemical tests to improve the selection process, as well as to identify resistance to environmental stress factors in the selection of resistant species of pathogenic microorganisms in the sunflowers.

**Key words:** sunflower, biochemistry, peroxidase, exogenous, acetylsalicylic acid, elicitor.

**З.Ж. Сакиева, Р.Н. Жолмырзаева, С.Т. Дабжанова, Г. Джумагалиева**  
(Қазақ ұлттық аграрлық университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы)  
E-mail: rauan.2006@mail.ru

## КҮНБАҒЫСТЫҢ АУРУЛАРҒА ТӨЗІМДІ ТҮРЛЕРІНІҢ БИОХИМИЯЛЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

**Түйіндеме.** Күнбағыстың ауылшаруашылық-құнды белгілері бар түрлерін сұрыптау биохимиялық тестілерді қолдану селекцияның тиімділігін арттыру жолдыры қарастырылды, сонымен қатар селекцияда ауру қоздырғыштарының түрлеріне төзімді сорттарды шығаруда табиғаттың стресті факторларына қарсы тұратын формаларын анықталды.

**Кілт сөздер:** күнбағыс, биохимия, пероксидаза, экзогенді, ацетилсалицил қышқылы, элиситор.

### КІРІСПЕ

Күнбағыс дақылдары бактериалды, вирусты және саңырауқұлақ қоздырғыштарының 40 шақты түрімен зақымданады және осының әсерінен шаруашылықта 80 %-ға дейін ысырап әкеледі. [1,2,4 б.]

Күнбағыстың ауылшаруашылық-құнды белгілері бар түрлерін сұрыптауда биохимиялық тестілерді қолдану селекцияның тиімділігін арттырады.

Селекцияда ауру қоздырғыштарының түрлеріне төзімді сорттарды шығаруда табиғаттың стресті факторларына қарсы тұратын формаларын анықтайтын әдістерді пайдалану болып табылады.

Өсімдіктердің изопероксидаза спектрлері түрлік, сорттық және арнайы мүшелік болып табылады. Оның үстіне, ол өсімдіктің физиологиялық жағдайы мен экзогенді факторлардың әсеріне, сондай-ақ, ісер ететін субстратқа тәуелді болып табылады. Peroксидаза көптеген өсімдік ағзасының өмір сүру кезеңіндегі барлық негізгі физиологиялық процестерді реттеуге қатысады деп айтуға болады. Атап айтсақ, өсіп-даму, апикальді басымдылық, тыныштық кезеңі, тамыр түзілу, гүлдеу, өнімнің пісіп-жетілуі мен дамуы, қолайсыз жағдайларға бейімделу, тітіркендіргіштерге, паразиттер мен ауруларға қарсы төзімділігі мен жауап беру реакциясы. [2]

Пероксидазаның салыстырмалы белсенділігі өсімдіктер объектілерінің стресті факторларға төзімділігінің көрсеткіші болып табылуы мүмкін. Peroксидаза фотосинтез процесінің негізгі тыныс алу және кілтті ферменті бола отырып, өсімдіктің өсу процестерін реттеуге қатысады. Сыртқы ортаның экстремальды өзгерістеріне жауап ретінде пероксидаза спектрінің өзгеру деңгейісорттың генетикалық табиғатымен байланысты. [3]

Пероксидаза ереже бойынша молекулалаық салмағы, заряды және өзге де қасиеттері бойынша ерекшеленетін бірнеше формалардан (изозимдерден) тұрады. Изозим құрамының өзгермелілігі нақты ұлпаның, мүшенің, мүше жасының ферменттік жүйесіне қарай және сондай-ақ, абиотикалық және биотикалық табиғаттың әртүрлі стресті факторларының әсеріне де байланысты [4]

Күнбағыс жапырағындағы пероксидазаның жалпы белсенділігі және эеке изоформдарының көрсеткіштері арқылы стресті факторларға төзімді формаларын сұрыптауға болатыны анықталған [5]. Peroксидаза ферментінің белсенділігі бкл өсімдіктің патоген әсеріне ерте жауап беру көрсеткіші ретінде және дақылдардың суыққа төзімділігін алдын-ала бақылауда қолдануға болады, яғни суыққа төзімді үлгілерде пероксидаза белсенділігі жоғары болады [3, 4].

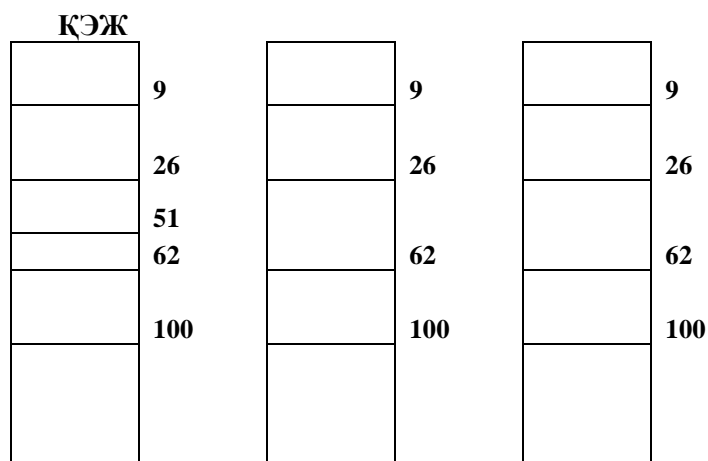
Күнбағыс жапырағындағы пероксидазаның жалпы белсенділігі мен оның анодтық компоненттеріндегі спектрлерін тұзға төзімді формаларды сұрыптауда пайдалануға болады, яғни *in vitro* NaCl тұзды өңдеуде резистентті, тұзға төзімділігі аса жоғары линиялар үшін анодтық изофермент онтогенезінде ҚЭЖ 0,35-0,39 ерте көріну қасиеті тән. Оптимальді және құрғақшылық жағдайда хлорофилл құрамы мен пероксидаза белсенділігінің әсер еткенде өзгеру қасиеті Румынияның дәнді және техникалық дақылдар институтында зерттеледі. Осыкөрсеткіштер бойынша күнбағыс будандарының арасында айырмашылық байқалған [5].

**НЫСАНДАР МЕН ӘДІСТЕР**

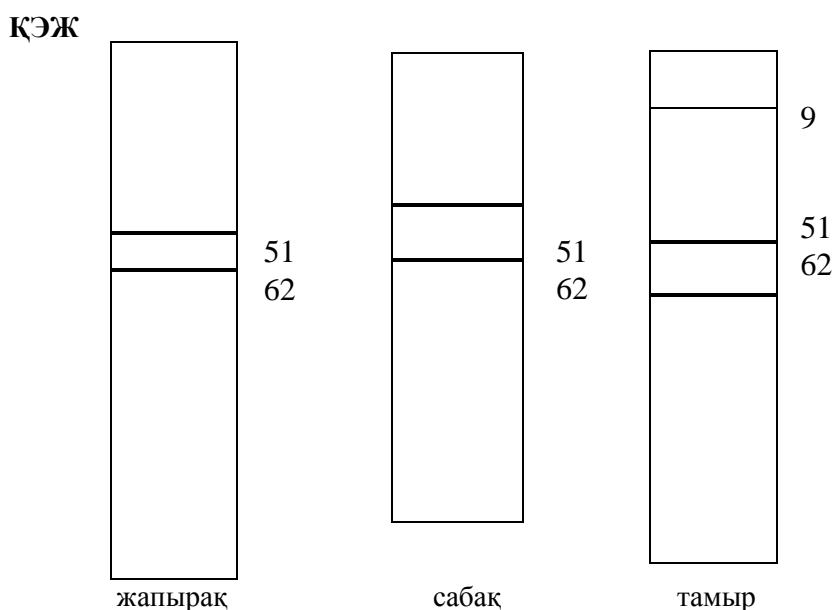
Күнбағыстың будандары мен оның ата-аналық түрлерінің ауруларға төзімділігін, оның ішінде күнбағыстың әртүрлі мүшелеріндегі пероксидаза ферментінің белсенділігін анықтау және оның төзімділікпен байланысын зерттеу үшін зертханалық жағдайда күнбағыстың будандары мен линияларының тұқымдары өсіріліп, алынған 7 күндік өскендер (тәжірибелік варианты) 2мМ салицил қышқылымен 3 күн өңделді. 10 күндік өскендердің жапырақ, сабақ және тамыр мүшелерінен пероксидаза рН-8,3 трис-глицинді буферімен экстакцияланып, жалпы белсенділігі колориметрлік әдіспен анықталады.

**НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ТАЛДАУ**

Катодты және анодты бағытта түтікшелі геледе фракцияланған екі жапырақшалы өскін кезеңіндегі жапырақ, сабақ және тамыр мүшелеріндегі пероксидазаның құрамы анықталады. Будандардағы анодты пероксидазаның спектрлері ата-аналық линияларға қарағанда қанық болып келеді. Жапырақ мүшесіндегі пероксидаза ҚЭЖ 9,26,51,62,100 изоформдарынан тұрса, сабақ пен тамыр мүшелеріндегі пероксидаза ҚЭЖ 9,26,62,100 изоформдарынан тұрады (суреттер 1,2). Сонымен будандарының екі жапырақшалы өскін жапырақтарының анодты пероксидазаның спектрлері сабақ пен тамыр изоформдарының құрамына қарағанда анағұрлым гетерогендік танытады. Ал линияның пероксидаза спектрлері буданға қарағанда жапырақ пен сабақта екі изоформдан тұрса (ҚЭЖ 51,62), тамырында жай қозғалатын 1 изоформаға (ҚЭЖ 9) артық болды.



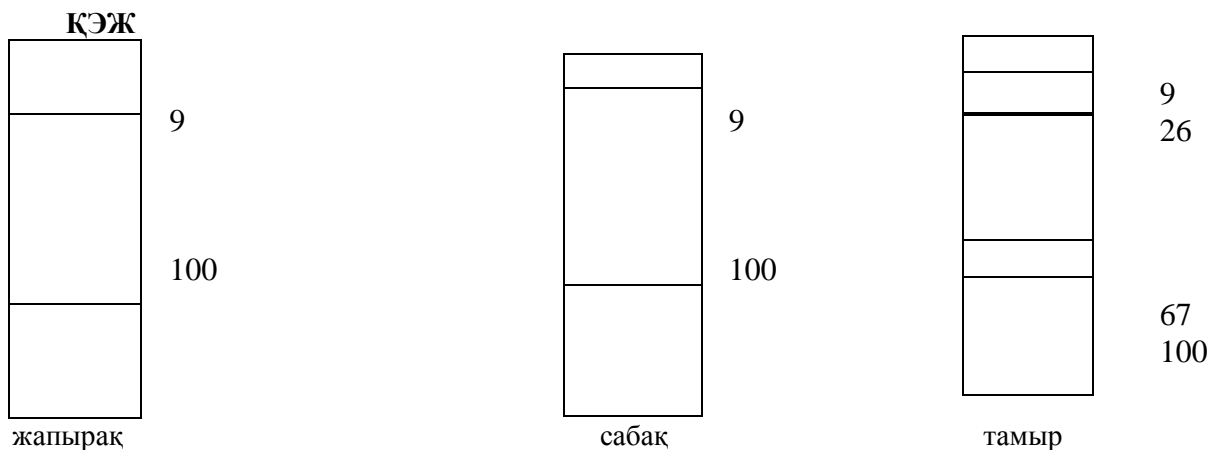
**Сурет 1.** Күнбағыс Казахстанский 1 буданының екі жапырақшалы өскін кезеңіндегі анодты пероксидазасының спектрлері



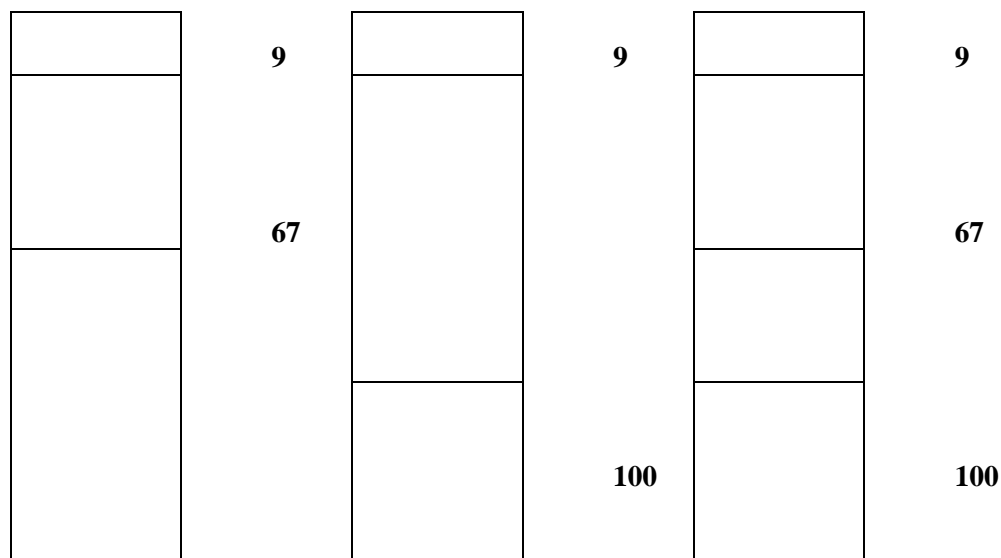
**Сурет 2.** Күнбағыстың ВКУ41 аталық линиясының екі жапырақшалы өскін кезеңіндегі анодты пероксидазасының спектрлері

• **Технические науки**

Күнбағыстың будандары мен ата-аналық линияларының жапырақ, сабақ және тамыр мүшелерінің катодты пероксидазасының спектрлерін зерттегенде жапырақ және сабақ мүшелерінде спектрларының изоформа саны (ҚЭЖ 9,100) бірдей болып табылды, ал тамыр мүшесінде пероксидаза спектрлерінің біршама гетерогенділігі яғни оның 4 изоформдарынан тұратындығы анықталды (ҚЭЖ 9, 26, 67 және 100). (сурет 3). Ата-аналық түрлерде пероксидазаның катодты изоформдарының саны жапырақ пен сабақта да тамырға қарағанда изоформ саны (ҚЭЖ 9, 67 – жапырақта, ҚЭЖ 9,100 – сабақта, ҚЭЖ 9, 67, 100 тамырда) аз болды (сурет 4).



**Сурет 3.** Күнбағыстың Қазақстанский 3124 буданының екі жапырақшалы өскін кезеңіндегі катодты пероксидазасының спектрлері



**Сурет 4.** Күнбағыстың ВКУ41 аталық линиясының екі жапырақшалы өскін кезеңіндегі тамырының катодты пероксидазасының спектрлері.

Күнбағыстың жалған ақ ұнтақ ауруларына төзімді және төзімсіз түрлерін екі жапырақшалы өскін кезеңінде таниннің жинақталуы бойынша салыстырғанда, төзімді түрлерде экзогенді элиситорлардың әсеріне жауап ретінде таниннің жинақталуы жоғары деңгейде көрсетілді (кесте 1).



**Кесте 1. Экзогенді элиситормен әсер еткендегі күнбағыстың екі жапырақшалы өскін кезеңінде таниннің жинақталуы**

Үлгілердің атаулары	Төзімділігі	Танин, мкг/%		Тәжірибе / бақылау
		Бақылау	Тәжірибе	
Казахстанский 1	төзімді	91,6	137,2	1,5
Казахстанский 5	төзімсіз	103,8	80,0	0,8
Казахстанский 3124	төзімді	91,2	117,4	1,3
Казахстанский 465	төзімсіз	146,6	73,6	0,5

Күнбағыстың екі жапырақшалы өскін кезеңіндегі экзогенді элиситорлармен әсер еткендегі пероксидаза ферментінің жалпы белсенділігі төзімді және төзімсіз формаларда да артты (кесте 2).

**Кесте 2. Күнбағыстың екі жапырақшалы өскін кезеңінде (салицил қышқылымен әсер еткендегі) пероксидазаның жалпы белсенділігінің өзгеруі**

Үлгілердің атаулары	Төзімділігі	Пероксидаза белсенділігі, н/кат	
		Бақылау	Тәжірибе
ВКУ В	төзімсіз	720	946
Казахстанский 1	төзімді	1200	1378
Казахстанский 5	төзімсіз	653	813
Казахстанский 3124	төзімді	911	1044
Казахстанский 465	төзімсіз	693	826

Әйтсе де, бастапқы кезеңде, яғни бақылау вариантында ауруларға төзімді будандарда бұл ферменттің белсенділігі біршама жоғары болғанын көрсетеді. Мысалыға жалған ақ ұнтақ ауруына төзімді Казахстанский 1 мен Казахстанский 3124 будандарының бақылау нұсқасында пероксидазаның жалпы белсенділігі 1200 н/нат, 911 н/кат сәйкес болды. Жұмыстың нәтижесінде төзімді будандардың екі жапырақшалы өскіндерінде жалпы пероксидазаның белсенділік көрсеткіштері жоғары деңгейде екендігі анықталады.

Күнбағыстың будандары мен линиялардың екі жапырақшалы өскіндерімен қатар 10 күндік өскіндері де экзогенді элиситормен өңделді. 2-3 жапырақ кезеңінде де әртүрлі мүшелерінде пероксидазаның жалпы белсенділігі генотиптердің ауруларға төзімділігіне тәуелсіз түрде өзгергені байқалады (кесте 3). Барлық будандар мен линиялардың жапырақ мүшесінде сабақ пен тамырға қарағанда пероксидазаның жалпы белсенділігінің көрсеткіштері жоғары деңгейді көрсетті. Ал сабақ пен тамырдағы пероксидаза белсенділігінің көрсеткіштері біршама төмен болды.

**Кесте 3. Экзогенді элиситормен әсер еткенде күнбағыстың 2-3 жапырақ кезеңіндегі әртүрлі мүшелерінде пероксидазаның жалпы белсенділігінің өзгеруі**

Үлгілердің атаулары	Өсімдік мүшелері	Пероксидазаның жалпы белсенділігі, н/кат	
		бақылау	тәжірибе
Казахстанский 1	Жапырақ	469	543
	Сабақ	129	276
	Тамыр	165	276
Казахстанский 2	Жапырақ	432	538
	Сабақ	214	347
	Тамыр	227	307
ВКУ 41 В	Жапырақ	440	400
	Сабақ	218	307
	Тамыр	222	312
ВКУ 102 А	Жапырақ	333	436
	Сабақ	245	365
	Тамыр	254	312
ВКУ 457 А	Жапырақ	418	447
	Сабақ	254	312
	Тамыр	267	312

Күнбағыстың будандары мен линияларының егістік жағдайында өсірілген өсу мерзімдері әртүрлі жапырақ нұсқалары алынды. Пероксидазаның жалпы белсенділігі күнбағыстың өсу мерзімінің әр кезеңдерінде әртүрлі болғаны көрсетілді. Яғни екі жапырақшалы өскін кезеңінде пероксидазаның жалпы белсенділігі едәуір жоғары да, нағыз 2-3 жапырақ кезеңінде орташа, ал себеттік кезеңінде біршама төмен түседі.

#### ҚОРЫТЫНДЫ

Алынған мәліметтерге сүйене отырып, өскіндердегі пероксидаза ферменті белсенділігінің жүйкелік бағамын күнбағыс селекциясында будандар мен линиялардың ауруға төзімділігін болжау үшін пайдалануда болашағы бар екендігі анықталды. Күнбағыс өсімдігінің екі жапырақшалы өскін кезеңіндегі морфологиялық мүшелерінің анодты және катодты изопероксидазаларын зерттеу негізінде жапырақшалардың анодты пероксидазасы мен тамырдың катодты пероксидазасының изоформ санының құрамы бойынша едәуір гетерогенді екендігі анықталды.

Зерттеулердің нәтижесінде жалған ақ ұнтақ ауруына ауруына төзімді күнбағыстың формалары экзогенді эликсир (салицил қышқылы) әсеріне жауап ретінде өскіндерде қатынасты электрофоретикалық жылжымалылығы 51 және 62 пероксидаза изоформдары белсенділігінің артуымен сипатталады.

Келешекте күнбағыстың ауруларға төзімді түрлерін сұрыптауда екі жапырақшалы өскін кезеңіндегі пероксидаза ферментінің ҚЭЖ 51 және 62 анодты изоформдарының белсенділігін маркер ретінде қолдануға болады.

#### ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Минакова А. Щербаков В.Г., Лобанов В.Г., Троянова С.Л. Биохимические изменения в белковом комплексе созревающих семян подсолнечника // Пищевые биотехнологии: проблемы и перспективы в 21 веке. // Тезисы докладов 1-ого Международного симпозиума, Владивосток, 13-16 сен., 2000. – Владивосток. 2000. -С.32-34

[2] Мальшева А.Г., Шевцова В.П. Метод электрофоретического разделения глобулинов семян подсолнечника. // Сборник «методы биохимических исследований в селекции культур» ВНИИМК, Краснодар. 1973. С. – 50-54

[3] Бородулина А.А., Супрунова Л.Б. Методика определения аминокислот состава бетков и условия из лабораторного поучения из семян масличных культур. // Методы биохимических исследований в селекции масличных культур // ВНИИМК, 1973 стр. 5-6.

[4] Горбаченко Ф.И., Усатенко Т.В., Горбаченко О.Ф. Селекция семеноводство подсолнечника в Ростовской области. Земледелие. №8, 2009. с.6

[5] Бородин С.Г. Волошина О.Н., Государственное научное учреждение ВНИИ масличных культур РАСХН. \\ Способ содания скороспелого исходного материала для селекции подсолнечника. Пат РФ 2284289 №200511248/13 от. 10.10.2006.

Сакиева З.Ж., Жолмырзаева Р.Н., Дабжанова С.Т., Джумагалиева Г.

#### **Биохимические особенности видов подсолнечных растений и их устойчивость к заболеваниям**

**Резюме.** Показано, что биохимические испытания сортов подсолнечника с использованием биохимических тестов улучшают процесс селекции, а также устойчивость к факторам стресса окружающей среды при селекции устойчивых видов патогенных микроорганизмов в селекции подсолнухе.

**Ключевые слова:** подсолнух, биохимия, пероксидаза, экзогенный, ацетилсалициловая кислота, элиситор.

УДК 681.5

**V.P. Kulikov, A.S. Kazanbayeva**

(North Kazakhstan State University named after M. Kozybayev, Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan)

E-mail: akazanbaeva83@mail.ru

#### **TO THE QUESTION OF ADAPTIVE TESTING ANALYSIS**

**Abstract.** In this article, the authors describe the mechanism and benefits of computer adaptive testing; and how it can improve the learning process in the subject area. The question of what combining the oral exam, adaptive testing and artificial intelligence is considered.

**Keyword:** adaptive testing, test, the task, exam, artificial intelligence.

**В.П. Куликов, А.С. Казанбаева**  
(Северо-Казахстанский государственный университет им. М. Козыбаева,  
Петропавловск, Республика Казахстан)  
E-mail: akazanbaeva83@mail.ru

## **К ВОПРОСУ АНАЛИЗА АДАПТИВНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ**

**Аннотация.** Описаны механизм и преимущества компьютерного адаптивного тестирования, а также то, каким образом оно может улучшить процесс обучения в предметной области. Рассматривается вопрос о том, что общего у устного экзамена, адаптивного тестирования и искусственного интеллекта.

**Ключевые слова:** Адаптивное тестирование, тест, тестовое задание, экзамен, искусственный интеллект.

### **1. Введение.**

Современный этап развития Казахстана ориентирован на ускоренное продвижение государства в сообщество 50-ти наиболее конкурентоспособных стран мира. В связи с этим, нужно дать импульс развитию системы профессионального образования для подготовки специалистов новых производств в рамках обозначенной экономики. В этих целях необходимо обновление профессиональных стандартов в соответствии с требованиями рынка труда и передовым мировым опытом обучения на производстве[1].

Компьютерное тестирование может принимать различные формы, в зависимости от того, насколько адаптирован тест[2]. Например, некоторые компьютерные тесты, которые также называются фиксированные компьютеризированные испытания, являются чисто линейными[3]. Это тесты, которые наиболее близко напоминают бумагу и карандаш для тестирования, поскольку они фиксированной формы, фиксированной длины, и тестовые задания заранее поставлены в определенном порядке.

### **2. Методы исследований.**

Опыт, который имеется в практике, показал, что одной из важнейших составляющих модернизации учебного процесса является разработка объективных методик контроля знаний и оценки качества обучения. Контроль качества знаний выполняет три основные функции:

1. Управляет процессом усвоения знаний. Контроль дает возможность увидеть ошибки, оценить результаты обучения, осуществить коррекцию знаний, умений и навыков;
2. Воспитывает познавательную мотивацию и стимулирует творческую деятельность. Правильно организованная система контроля позволяет пробудить чувство ответственности за результаты обучения (получение более высокой оценки), способствует стремлению к целенаправленной работе по исправлению ошибок;
3. Является средством обучения и развития (данные методы были исследованы в работах[4]).

Организация тестовой базы основана на следующих принципах:

- тестовая база (другими словами, базовый тест, банк тестовых заданий или базовое множество тестовых заданий) представляет собой генеральную совокупность заданий для оценивания уровня знаний, полностью отражающую содержание предметной области. При этом тест представляет собой выборку заданий из тестовой базы, формируемую в зависимости от ответов испытуемого (обучающегося). По завершении тестирования на основе информации, получаемой из анализа ответов на предъявленные задания теста, делается вероятностный вывод об уровне знаний;
- содержательная валидность базового теста проверена экспертами и не вызывает сомнений;
- каждое задание тестовой базы имеет ряд атрибутов (параметров), основным из которых является трудность тестового задания;
- значение параметров тестовых заданий на начальном этапе определяют экспертно, в дальнейшем по мере проведения тестирований и накопления статистических данных, значения параметров тестовых заданий уточняют с использованием ИРТ-моделей. При этом оценивание знаний также осуществляется в соответствии с положениями математической теории оценки качества тестовых заданий[5].

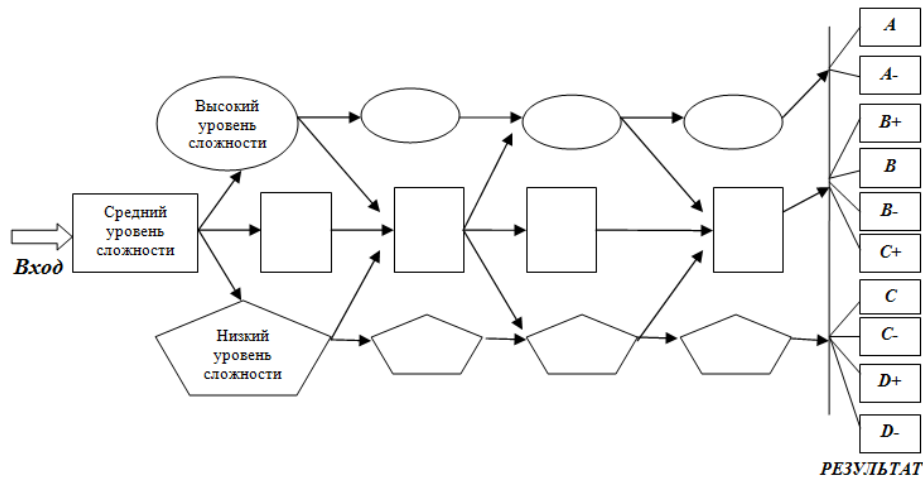


Рис.1. Схема адаптивного теста

Согласно принципам организации тестовой базы тестовые задания являются «кирпичиками», из которых складывается тест – измеритель уровня знаний, и обладают рядом параметров, основным из которых является трудность.

При формировании адаптивных тестов в практических приложениях, как правило, используется модель Раша либо модель Бирнбаума модель Раша либо модель Бирнбаума[6]. Тем не менее, наиболее адекватно тестовое задание описывает четырехпараметрическая логистическая IRT-модель

$$P_j(\theta) = \gamma_j + (\lambda_j - \gamma_j) \frac{e^{a_j(\theta - \beta_j)}}{1 + e^{a_j(\theta - \beta_j)}} = \gamma_j + \frac{\lambda_j - \gamma_j}{1 + e^{-a_j(\theta - \beta_j)}}, \quad (1)$$

с учетом

$$|\Psi(1,7x) - \Phi(x)| < 0.01 \quad (2)$$

примет вид

$$P_j(\theta) = \gamma_j + (\lambda_j - \gamma_j) \frac{e^{1.7a_j(\theta - \beta_j)}}{1 + e^{1.7a_j(\theta - \beta_j)}} = \gamma_j + \frac{\lambda_j - \gamma_j}{1 + e^{-1.7a_j(\theta - \beta_j)}}. \quad (3)$$

Учитывая то, что содержательная валидность базового теста, а именно содержательная валидность тестовых заданий, проверена экспертами и не вызывает сомнений, можно полагать  $\lambda_j = 1$ . Таким образом, равенство (3) примет вид

$$P_j(\theta) = \gamma_j + (1 - \gamma_j) \frac{e^{1.7a_j(\theta - \beta_j)}}{1 + e^{1.7a_j(\theta - \beta_j)}} = \gamma_j + \frac{1 - \gamma_j}{1 + e^{-1.7a_j(\theta - \beta_j)}}, \quad (4)$$

что соответствует трехпараметрической логистической IRT-модели и выражает вероятность  $P_j(\theta)$  правильного решения испытуемым с уровнем знаний  $\theta$  задания  $j$ , обладающего дифференцирующей способностью  $\alpha_j$  и трудностью  $\beta_j$ ,  $\gamma_j$  - вероятность угадывания правильного ответа.

### 3. Результаты исследований.

Рассмотрим пример самого рядового тестирования, когда используется тест закрытого типа. Это может быть экзамен в сессию, вступительное тестирование или, например, ВОУД (Внешняя оценка учебных достижений). Видимые различия в объеме (количестве) тестовых заданий на тест, времени на заполнение и форме подачи (типе издания – бумажный или электронный). Поскольку консервативное исполнение на бумажном носителе вряд ли переводимо на «адаптивные рельсы», будем считать все рассматриваемые далее варианты тестирования имплементированными электронными версиями[7].

Опишем видимые (или предполагаемые в наличии) признаки типичного неадаптивного теста. Закрытая форма, объемы заданий (вопросов) от десятков до сотен, вопросы содержат от нескольких

до десятка вариантов выбора (задания на соответствие или восстановление последовательности, как и открытая форма, принципиально мало что меняет, впрочем[8]). Комплект тестовых заданий собирается «случайным» с вероятным контролем некоторых качеств – примерного уровня (баланса) трудности, сложности, валидности, надежности, точности, адекватности и возможно еще ряда подобного свойства характеристик. Наличие конкретной характеристики доказывается (обосновывается) экспертами и статистикой массового применения [9]. Как правило, осуществляется контроль времени отводимого на применение тестового комплекта, либо в форме «в целом» на комплект, либо по каждому заданию в тесте в отдельности.

Поясним, почему сильные вариации в оформлении комплекта не принципиальны. Открытый тест, по завершении либо потребует контроля и оценки «в ручном» режиме экспертом, либо развитого ИИ, идеально имитирующего интеллект человека-эксперта. Иначе открытое тестирование сводится к сверке ответов с более-менее «продвинутым» шаблоном и все-таки потребует оформления ответа на достаточно формальном языке (тезаурус) и знакомства тестируемого с этим тезаурусом и шаблоном. Что, видимо, сведется к выбору в пределах десятка альтернатив (с вариациями), то есть неоформленному, но подразумеваемому «закрытию» теста по форме. Тест оформленный как задание на установление соответствия (многих ко многим) преобразуется к тесту на соответствие один-к-одному с закрытым выбором истина-ложь в смысле соответствия. То есть это стандартная форма закрытого теста, но собранная в компактное представление в виде единственного задания на соответствии. Аналогично преобразуется и тест на восстановление последовательности, преобразование приводит к комбинаторному взрыву в случае демонстрации «всех» последовательностей (соответствий) в отдельных заданиях с выбором истина-ложь, но его легко избежать, сохраняя только «типичные» ошибки выбора последовательности (соответствия). Собственно, и все различные по форме «закрытые» тестовые задания также приводимы к бинарной форме с выбором истина-ложь по отношению к завершеному связному предложению из вариантов связки вопрос-ответ исходного тестового задания[10].

Разумеется, полученный «случайным» образом тестовый комплект из унифицированного к бинарному представлению тестового пула заданий будет в разы более громоздким. Но это нивелируется отчасти отбрасыванием «нетипичных» ошибок и параметризацией оформления тестового задания. То есть, счетные задания могут генериться из формул на основе датчика случайных чисел. Чертежи (рисунки) также восстанавливаются из параметризованных случайных параметров работающих алгоритмов. Так же алгоритмически можно задавать варьируемые тексты. Очевидно, затраты на так подготовленную тестовую базу вырастут кратно, в том числе и затраты времени экспертов в связке с программистами. Видимо, эта проблема одна из тех, что мешает такому прочтению компьютерной версии тестирования[11].

Снижение затрат времени, особенно специалистов, собираемых в группы, можно решать переходя в тестирование адаптивное, которое, как отмечалось выше нереализуемо на бумажной основе, но активно используется лидерами технологий (например, Microsoft).

Что дает адаптивное тестирование? Сокращение объемов подготавливаемого тестового материала, так как адаптивная схема имеет возможности более тонкой «настройки», учитывающей поведение тестируемого в процессе проведения теста, что сокращает как количество вопросов, генерируемых в тестовом комплекте, так и время, отводимое на собственно тестирование[10].

Рассмотрим адаптируемое тестирование подробнее, так как в его применении есть своеобразные «подводные камни» преткновения.

Нулевой вариант. Адаптивное тестирование спровоцированное самим тестируемым. Предположим наличие студента, пришедшего на экзамен, с текущим рейтингом по предмету такого уровня, что максимум, на который он может рассчитывать по предмету, по итогам экзамена – «не F», даже при идеальном ответе на тестовый комплект. Такой студент может пролистать весь тест, обнаружить половину заданий, которые ему кажутся «простыми», «знакомыми» или просто известными в силу каких-то не обсуждаемых здесь причин, отметить в них ответы и – завершить тест, в «лучшем случае» протыкав-пометив наугад оставшуюся незнакомой половину тестового комплекта. Итог такого «адаптивного» оценивания повлияет абсолютно минимально на самого студента, но на качество тестовой базы, в статистическом смысле обработки его результатов, этот результат не повлияет и самое разумное, отказаться от заметной части тестовой базы в силу ее «общеизвестности».

Простейший вариант. Адаптивность реализована индивидуальным подбором времени на ответ каждого тестового задания. Очевидно, назначение самого минимального времени на выбор вари-

анта ответа, компьютерное тестирование «адаптирует» поведение экзаменуемого в том смысле, что он успеет ответить только на «знакомые» ему тестовые задания. Конечно, его либо стоит о таком выборе предупредить, либо он какую-то часть заданий потратит на осознание этого факта.

Вариант на основе простейшего. Реализуется невозможность вернуть и перевыбрать отмеченный ранее выбор в тестовом задании, вплоть до реализации движения в тестовом комплекте «только вперед». Время ограничивается только на тест в целом, а объем тестовых заданий, предлагаемых тестируемому, определяется только емкостью базы заданий. Часть испытуемых, вероятно, пойдет в этом случае, по нулевому варианту, особенно если «в зачет» идут только задания с совершенным выбором.

«Классическая» адаптация. Все задания, даже внутри одной серии, скорее всего «невозвратной» реализации, как в простейшем случае. Временные ограничения либо на тест целиком, либо в пределах каждой серии одного уровня, сам уровень может подниматься ужесточением контроля времени. Первые несколько тестовых заданий предлагаются из заданий классифицируемых в базе тестовых заданий как задание на «С». Верный выбор в большинстве из них, переключает задания на уровень «В», если выбор по-прежнему преимущественно верный, то на задания уровня «А». В случае сохраняющейся тенденции экзаменуемый получит А, иначе – А-. Если тенденция «сломалась» раньше, то оценка В. Если первая серия уровня С «не задалась», предлагается уровень «D», повтор неудачи и в этой серии вопросов приводит к завершению на уровне оценки F. Средний уровень серии, выбранной первой, предполагает сокращение объема тестового комплекта для всех тестируемых, поскольку «экстремалам» не придется проходить тесты всех уровней, а «средничкам» все уровни и предъявлять не придется. Таким образом, адаптивная схема допускает тестовые задания с параметризацией, поскольку ограничивает объемы по сравнению с простыми надерганными наугад тестами из большой базы. Тратится много ресурсов на разработку относительно компактной базы алгоритмов и шаблонов, стратифицированных по уровням. Неясно как прогнозируются уровни вопросам включаемых в уровень, если это не экспериментально подобранные тайминги. Более того, шансы угадать ответы для медианной серии уровня «С» критичны для всего хода тестирования[12].

Вариация предыдущей адаптивной схемы. Серия, переключающая уровень состоит из одного тестового задания, правильный ответ повышает уровень вопроса, неправильный выбор – понижает, объем заданий максимальный, если средняя оценка уровня правильных ответов нестабильна и выставляется как усредненная в любом случае, впрочем, если серия сопровождается некоторый уровень осреднения с малым отклонением, то тест завершается раньше. Алгоритм завершения можно предложить следующий – на протяжении первой трети[13] тестовых заданий фиксируется лучший уровень (как вариант, средний), далее, по достижению (превышению) этого же уровня оценки тестирование завершается с достигнутой оценкой, иначе, тест завершается исчерпанием времени тестирования (всего запланированного ранее объема тестового комплекта) и усредненным по всему тесту результатом (или медианной оценкой, как более устойчивой к случайностям). Сложности назначения уровня тестовым заданиям те же, что и ранее.

Вариация предыдущей адаптивной схемы. Можно предлагать тестируемому, на определенном этапе (или постоянно), выбирать уровни задания, если своими ответами тестируемый выбор не хуже подтверждает более какого-то количества раз, тестирование прекращать на достигнутом уровне. Эта версия предполагает движение от самых простых заданий.

#### **4. Обсуждение.**

Вариации адаптивной схемы можно продолжать, но главное тут – разметка содержимого тестового комплекта по уровням. Можно предложить строить тестовую базу адаптивного тестирования по максимальной аналогии с устным экзаменом. Пусть движок базы допускает участие тестируемого и эксперта-экзаменатора в процессе тестирования «интерактивно-двусторонне», то есть: эксперт присутствует на тестировании как часть процесса. Движок позволяет ему вмешиваться в процесс, переназначая тестовое задание для экзаменуемого, в том числе назначая вновь уровень заданию[14]. Протокол далее будет использован для настройки системы принятия решений при подаче тестовых заданий в автоматическом (или на ранних стадиях автоматизированном, но при участии эксперта) режиме. Сам протокол будет просматриваться и утверждаться для приложения в базе тестов минимум еще одним независимым экспертом. Стартовать тестирование может с базы тестов минимального наполнения и разметки по уровням, просто чтобы понизить трудозатраты эксперта в интерактивном режиме по выбору и разметке (переразметке) уровней задания. Задания имеет смысл готовить на простейших уровнях в виде закрытых бинарных тестов (обсуждали выше по тексту), затем в версии с выбо-

ром единственного варианта из многих, затем неединственного выбора из многих, затем, с учетом присутствия эксперта в процессе – допускать открытые варианты ответов (в дальнейшем их можно «закрывать», включая в множественный выбор с помощью эксперта прямо в интерактивном режиме). Понятно, что такой интерактивный режим тестовой базы должен предполагать совершенно другой регламент учета времени теста и строго последовательную сдачу экзамена тестируемыми, чтобы не превращать эксперта в «многостаночника». Возможно, стоит начинать такие эксперименты с мало-комплектных групп[15].

Открытые и полуоткрытые версии тестовых заданий могут преобладать на ранних этапах разработки адаптивных тестов в интерактивной среде, в том числе и с целью накопить статистику интервалов времени между нажатиями клавиш клавиатуры и мыши по тестируемым и экспертам для косвенных методов опознания работающего на ПК пользователя, исключая, таким образом подлог и соучастие[16].

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Послание президента Республики Казахстан Н. Назарбаева народу Казахстана. – 2017. – 31 января.
- [2] The College Board. (2000, April). An overview of computer-based testing, RN-09.
- [3] Parshall, C. G., Spray, J. A., Kalohn, J. C. & Davey, T. (2002). Practical considerations in computer-based testing. NY: Springer.
- [4] Bride Hadrien, Julliard Jacques, Masson Pierre-Alain. Tri-modal under-approximation for test generation // Science of computer programming. Vol:132. pp.190-208.
- [5] Julliard, J., Kouchnarenko, O., Masson, P. A., Voiron, G. Test Generation from Event System Abstraction to Cover Their States and Transition // PROGRAMMING AND COMPUTER SOFTWARE. - 2018. Vol: 44. - pp. 1-14.
- [6] Сумин В. И., Кравченко А. С., Рябинин В. В. Адаптивное тестирование. Логические модели Раша и Бирнбаума // Вестник ВГТУ. 2009. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/adaptivnoe-testirovanie-logicheskie-modeli-rasha-i-birnbauma> (дата обращения: 08.01.2019).
- [7] Мутанов Г.М., Куликов В.П., «К созданию экспертной системы тестирования», Материалы I-го Международного симпозиума «Проблемы создания информационной инфраструктуры общества» Алматы 1997, 5с.
- [8] Куликов В.П., Шевчук Е.В., «Развитие концепции «нечетких» тестов: от закрытой формы до теста на соответствие», Материалы международной конференции «Современные технологии обучения в едином образовательном пространстве 21 века», Астана, 25-26 мая 2000, 5 с.
- [9] Куликов В.П., Куликова Е.В., «Информационное решение для обеспечения учебного процесса» Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 40-летию КГУ, «Валихановские чтения», Кокшетау т.10, 2002, 3 с.
- [10] Куликов В.П., «Квалификационное оценивание в ВУЗе», Научный журнал. Межвузовский вестник. Петропавловск, 2004, 7 с.
- [11] Куликов В.П., Шатилова Е.М., «Автоматизация процесса проведения практических занятий по программированию» Материалы V республиканской студенческой научно-технической конференции, Усть-Каменогорск, 2005, 2 с.
- [12] Куликов В.П., «О «тонкостях» в компьютерных технологиях оценки знаний методами тестирования», Вестник ВКГТУ им. Д.Серикбаева, №1(35), Усть-Каменогорск, 2007, 5 с.
- [13] С. М. Гусейн-Заде. Разборчивая невеста. – МЦНМО, 2003. – Т. 25. – 20 с.
- [14] Куликов В.П., Федина Е.В., «Технология повышения качества компьютеризованных тестов» Материалы Республиканской научно-практической конференции «Актуальные проблемы высшей школы в современных условиях» г.Петропавловск т.1, 1997, 2 с.
- [15] Kulikov V., Kulikov A. Modeling of the group effect during the studying process, Материалы конференции, СКГУ им. М.Козыбаева, Петропавловск, 2008, 8 с.
- [16] Широкин В.П., Кулик А.В., Марченко В.В. «Динамическая аутентификация на основе анализа клавиатурного почерка». // <http://www.masters.donntu.edu.ua/2002/fvti/aslamov/files/bioauthentication.htm>.

Куликов В.П., Қазанбаева А.С.

#### **Адаптивті тестілеуді талдау мәселесі туралы**

**Түйіндемe:** Ұсынылған мақалада авторлар адаптивті компьютерлік тестілеудің механизмі мен артықшылықтарын сонымен қатар, оның пәндік салада оқу үрдісін қалай жақсарту алатынын сипаттайды. Ауызша емтихан, адаптивті тестілеу және жасанды интеллект арасындағы жалпы қарымқатынас мәселесі қарастырылды.

**Кілт сөздер:** Адаптивті тестілеу, тест, тестік тапсырма, емтихан, жасанды интеллект.

**A.S. Aben, Y. Zhakypbek**  
(Satbayev University  
ardana\_c\_m@mail.ru, moldir\_09@mail.ru)

**SIGNIFICANCE STUDY OF THE CITY GEODETIC NETWORK RECONSTRUCTION DURING  
THE CONSTRUCTION OF THE ALMATY SUBWAY**

**Abstract.** The article discusses the role of geodetic reference networks in solving topographic and geodetic works and scientific problems and the importance of the rational use of the geodetic network of thickening in the process of building the metro in Almaty. At present, due to the intensive growth of the city's border, effective ways of reconstructing geodetic reference networks during the construction of the metro through the use of modern technologies have been analyzed.

**Key words:** subway construction, geodetic network, reconstruction, Almaty subway, modern methods.

**А.С. Әбен, Ы. Жакыпбек**  
(Сәтбаев Университеті, Алматы, Қазақстан  
ardana\_c\_m@mail.ru, moldir\_09@mail.ru)

**АЛМАТЫ МЕТРОПОЛИТЕНІ ҚҰРЫЛЫСЫ КЕЗІНДЕГІ ҚАЛАНЫҢ ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ  
ТОРАБЫН ҚАЙТА ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУДІҢ МАҢЫЗДЫЛЫҒЫН ТАЛДАУ**

**Аңдатпа.** Мақалада қала аумағында жүргізілетін топографиялық-геодезиялық жұмыстар мен ғылыми мәселелерді шешудегі геодезиялық тірек тораптарының атқаратын рөлі және Алматы қаласындағы геодезиялық жиілендіру тораптарының метрополитен құрылысы барысында тиімді қолданылуының маңыздылығы қарастырылған. Қазіргі таңда қала шекарасының қарқынды өсуіне байланысты метро құрылысын жүргізуде заманауи технологияларды пайдалану арқасында геодезиялық тірек тораптарын қайта құрудың тиімді жолдары талданған.

**Түйінді сөздер:** метрополитен құрылысы, геодезиялық торап, қайта қалпына келтіру, Алматы метрополитені, заманауи әдіс.

**Кіріспе.** Жер бетінің заманауи қозғалыстарын зерделеу, қазіргі уақытта оның шаруашылыққа икемділігін жеткізіп қана қоймай, жер шары қозғалыстары және ғаламшардың даму тарихы туралы мәліметтерді алуға, сонымен қатар жердің жоғарғы бетінің тектоникасы туралы тұжырымдамаларды жасауға мүмкіндік береді. Бүгінгі таңда осы салада әртүрлі геофизикалық өрістермен және геодезиялық жиілендіру тораптарының тұрақтылығын уақыт мерзімінде тектоникалық үдерістермен бақылайтын қозғалыстарға қатысты және байланысты орнатуды айқындау мақсатында ауқымды аумақтардағы жер қыртысының вертикаль жылжулары зерделенеді. Сондай-ақ геодезиялық тірек тораптары осы саланың ғылыми мәселелерін және халық шаруашылығының маңызды ғылыми-техникалық мақсаттарын шешудің, топографиялық түсірістерді орындаудың, әртүрлі ғимараттар құрылысын және пайдаланылуын, метрополитен құрылысын жобалаудың және жүргізудің негізі болып саналады. Осы кезде пайдаланылатын геодезиялық тірек тораптарының пункттері бірыңғай координаталар жүйесінде анықталады да, жер бетінде тұрақты түрде бекітілген пункттер жиынтығы болып саналады.

Барлық тірек жүйелері пункттерінің жалпыдан жекеге қарай құрылу ұстанымына сәйкес олар бірнеше кластарға бөлінеді де, мынадай сатыда жүзеге асырылады: жоғарғы кластағы тораптан төменгілеріне, ірі және дәл құрылулардан ұсақ және дәлдігі аз құрылуларға қарай дамытылады. Жоғарғы кластағы пункттерді бір-бірінен үлкен қашықтықтарда (бірнеше оншақты километрге дейін) орналастырады да, содан соң олардың арасында ең төмен кластарды тізбектеп дамыту арқылы жиілендіреді. Осындай амал елдің барлық өңірінде жоғары дәлдікті бірыңғай координаталар жүйесін таратуға мүмкіндік тудырады [1,2]. Сонымен қатар қала жағдайында метрополитен құрылысын жүргізуде де тірек жүйесі пункттерін қажетті дәлдігіне сәйкес жер бетінде тиімді орналастырудың жолдарын қарастыру өзекті мәселе қатарына жатады.

Геодезиялық тораптар пландық және биіктік болып бөлінеді де, оларда әрбір пункттің жалпы-мемлекеттік жүйеде тікбұрышты координаталарын  $x, y$  және пункттердің биіктігін  $H$  Балтық биіктіктер жүйесінде анықтайды. Геодезиялық тораптардың жиілігі және пункттің пландық орнын анықтаудың қажетті дәлдігі ғылыми және инженерлік-техникалық мәселелерді шешудің сипатымен айқындалады. Сондықтан олар ірі және дәлдігі жоғары құрылулардан көп әрі ұсақ және дәлдігі аздауларға



қарай жүргізіледі. Осыған сәйкес геодезиялық тораптар 1-4 класс мемлекеттік геодезиялық тораптарға, 1-2 разрядты геодезиялық жиілендіру тораптарына және түсірулік геодезиялық тораптарға бөлінеді. 1-4 класс мемлекеттік геодезиялық тораптардың дәлдігі жоғары болып саналады да, 1 класс пункттері бір-бірінен едәуір қашықтықта (20 км және одан да артық) орналасады; пункттер бағыттары арасындағы бұрыштар және қашықтықтар ұзындығы жоғары дәлдікпен өлшелінеді. Тораптың 1 класс пункттері негізінде дәлдігі бойынша төмен 2 класс пункттер жүйесі құрылады. Содан соң 3 және 4 класс торап пункттері дамиды және олардың координаталары дәлдігі жоғары 1 және 2 класс пункттерінен есептелінеді.

Геодезиялық тораптарды дамытуда ғаламдық навигациялық спутниктік жүйелерді пайдаланғанда іргелі астрономиялық-геодезиялық тораптарда пункттер арасындағы арақашықтық 800-1000 км, жоғары дәлдікті геодезиялық торапта 150-300 км, 1 кластық спутниктік геодезиялық тораптарда 25-35 км шамасында болады. Ал астрономиялық-геодезиялық және геодезиялық жиілендіру тораптарында пункттер бір-бірінен 6-3 км қашықтықта орналасады. Спутниктік жүйелерді қала жағдайында қолданудың артықшылығына пункттер арасындағы арақашықтықтың қаншалықты болғанын ескерудің және көрінушіліктің қажеттігі жоқ екендігі жатады. Сондықтан геодезиялық тораптарды метрополитен құрылысын дамытуда қолданылатын полигонометрия әдісімен қатар ғаламдық навигациялық спутниктік жүйені пайдаланудың тиімді жолдарын табу маңызды мәселе болып саналады.

Мемлекеттік геодезиялық торап шаруашылық, ғылыми және қорғаныстық мағынасы бар мынадай мәселелерді шешуге арналады:

- еліміздің аумағында мемлекеттік геодезиялық координаталар жүйесін жасау және тарату, оны заманауи деңгейінде ұстап отыру;

- еліміз аумағын картографиялауды қамтамасыз ету;

- жер ресурстарын және жерді пайдалануды зерделеуді, табиғи ресурстарды барлауды және игеруді, жер бетінде және жер астында салынатын әртүрлі құрылыстарды жүргізуді геодезиялық қамтамасыз ету;

- геодинамикалық құбылыстарды, Жердің бетін және гравитациялық өрісін зерделеу;

- өлшеу құралдарын, теңіз және аэроғарыштық навигацияны, жерлердің аэроғарыштық мониторингін, табиғи және техногенді ортаны бастапқы геодезиялық мәліметтермен қамсыздандыру.

**Тұжырым.** Дүние жүзінің барлық елдерінде алдыңғы кезде мемлекеттік геодезиялық тораптар дәстүрлі геодезиялық әдістерде триангуляция, полигонометрия және трилатерация тәсілдерімен дамыған болатын. Геодезия саласында ғылым мен техниканың қарқынды дамуына байланысты мемлекеттік геодезиялық тораптарды құруда ғаламдық навигациялық спутниктік жүйелерді пайдалануға ерекше назар аудару қажеттігі пайда болды. Әртүрлі геодезиялық жұмыстарды жүргізуде жер бетіндегі қала құрылысының кез келген нысанының орнын анықтау кезінде ғаламдық навигациялық спутниктік жүйелерді пайдаланудың дәстүрлі геодезиялық әдістермен салыстырғанда мынадай елеулі артықшылықтары бар:

- анықталатын геодезиялық торап пункттерін, мысалы геодезиялық негіздеме нүктелерін, өзара көрінушілік жағдайында орналастырудың қажеттігі жойылады;

- анықталатын пункттер арасындағы қашықтықтар оншақты километр болуы мүмкін;

- бақылауларды кез келген ауа райында, күндіз де және түнде де жүргізудің мүмкіндігі бар;

- өлшеулер мен нәтижелерді өңдеу барынша автоматтандырылған;

- геодезиялық пункттердің, жер телімдері шекарасының бұрылу нүктелерінің, түсіру станцияларының, метро құрылысын жайғастырудағы нысандардың сипатты нүктелерінің координаталарын нақтылы мерзімде алудың мүмкіндігі болады.

Бүгінгі уақытта Алматы қаласының екі миллионға жуық тұрғыны бар, сонымен қатар аймақ сейсмикалық жағынан күрделі болғандықтан, мегаполисте метрополитен құрылысын геодезиялық қамтамасыздандыру жұмыстарында ұқсас нысандарды геодезиялық қамтамасыз ету тәжірибесіне, инженерлік ізденістер мен бақылау деректеріне негізделген дәстүрлі тәсіл қолданылады. Сондай-ақ, ғылым мен техниканың соңғы жетістіктері негізінде әзірленген заманауи геодезиялық әдістер мен өлшеу құралдарын қолдану мүмкіндігі жан-жақты зерттелуде. Метрополитен құрылысын геодезиялық қамтамасыз ету жұмыстары жиынтығының ең маңызды мәселесіне геодезиялық тораптарды құру тәсілін тиімді шешу жатады. Геодезиялық тораптар метро құрылысының жерасты және жер беті нысандарының жобалық мәліметтерін жер бетіне дәл көшіру үшін қажет болады. Метрополитен құрылысында геодезиялық пландық және биіктік тораптар екі бөлімнен тұрады: жер бетіндегі және жер астындағы геодезиялық тораптарды орналастыру жұмыстары [3-5]. Осы аталған жұмыстар ұтымды



X=+6070.927 - 1 класс; Артур порты Y=+4063.140, X=+422.440 - 2 класс; Автобекет Y=-43.970, X=+1287.130 - 4 класс).

Қазіргі кезде қалалық геодезиялық тораптың және метрополитен құрылысы үшін басты пландық геодезиялық негіздің құрылуына 30-ға жуық жыл өткеніне, қала жағдайы құрылысының өзгеруіне байланысты бұл пункттерді бүгінде қолдану мүмкін емес. Осыған орай, Алматы қаласының дамуына байланысты, метро құрылысын одан әрі дамыту мақсатында геодезиялық торапты және метрополитеннің пландық геодезиялық негізін кешенді қалпына келтіру қажеттілігі туады. Қаланың геодезиялық торабының жағдайына баға беру үшін қолданыстағы пункттерге талдау жасау және дәлдігін анықтау қажет.

Жерсеріктік геодезиялық қабылдағыштардың пайда болуы - қалалық геодезиялық тораптарды жаңадан құру мәселесіне дәстүрлі тәсілдерді қайта қарауды талап етеді. Қалалық геодезиялық торапты қалпына келтірудің мақсаты – тораптардың дәлдігін жоғарылату, бүкіләлемдік геоцентрлік координаталық жүйемен, мемлекеттік және қалалық геодезиялық координаталар жүйелері арасындағы түрлендіру параметрлерін анықтау сенімділігін, қала аумағында қолданылатын барлық координаталар жүйелеріндегі пункттердің координаталар каталогын құру мүмкіндігі. Қаланың геодезиялық тораптарын құру мен қалпына келтірудің басты ерекшелігіне қала аумағында бұрын жүргізілген ірі-масштабты түсірістердің (1:500-1:2000) қалалық координаталық жүйесін сақтап қалу және басқада мәселелерді шешу үшін қалалық геодезиялық тораптың жоғарғы дәлдігін қамтамасыз ету жатады.

Ресей Федерациясы қалаларындағы геодезиялық тораптарды қалпына келтіру тәжірибесіне негізделі отырып, Алматы қаласындағы геодезиялық тораптың қалпына келтірудің негізді үрдістерін белгілеуге болады:

– қалалық геодезиялық торап негізін қала аумағы мен жақын аймақтарда бірқалыпты орналасқан қаңқалы торап пункттері түрінде құру;

– қалпына келтірілетін торап пункттері мемлекеттік және қалалық геодезиялық торап пункттерімен, сондай ақ I, II класс нивелирлік реперлерімен, геодинамикалық полигон құрамына кіретін пункттермен біріктірілуі қажет;

– торап пункттерінің тығыздығы түсіріс жүрісін құруға мүмкіндік беру керек;

– өлшеу дәлдігін бағалау үшін, базалық сызықты жерсеріктік және жербеттік әдістермен өлшеу мүмкіндігі;

– геодезиялық тірек торап пункттерінің өзара пландық орналасуының шекті қателігі 1:500 масштабта план құру үшін 5 см аспауы керек. Кейін қаланың геодезиялық торабы 1:200 масштабта топографиялық мәліметтер құруға дәлдігі жағынан жетілдірілуі қажет [9-14].

Метрополитен құрылысын қамтамасыз ету үшін геодезиялық тірек негізін құруда Америка құрама штатының GPS және ғаламдық навигациялық спутниктік жүйе технологиялары қолданылуда. Заманауи технологияларды қолдану үшін ең алдымен, бұрын салынған құрылыстармен түйісуді қамтамасыз ету мақсатында, жергілікті жердегі туннельдер құрылысында қолданылған геодезиялық тірек торабын ескеруді талап етеді. Сонымен қатар, қайтадан анықталған пункттер бірыңғай геодезиялық тірек торабына далалық өлшеулер және теңестірулермен байланыстырылуы қажет [3, 9, 15]. Осы жұмыстар дер кезінде орындалатын жағдайда метро құрылысына қажетті геодезиялық тірек негізіне сенімділік арта түседі.

**Қорытынды.** Қазіргі таңда қалалық геодезиялық торап пункттерінің тығыздығы метрополитен туннелінің құрылысын қамтамасыз етуге қойылатын заманауи талаптарға дәлдігі жағынан сәйкес келмейтіндігі, пункттердің басым көпшілігінің жоғалғандығы, олардың үстіне құрылыстың салынғандығы немесе тұрақтылығының сақталмағандығы қаладағы геодезиялық тірек торабын қайта қалпына келтіруді туындатып отыр. Сонымен қатар қаладағы метрополитен құрылысын дамытуға байланысты геодезиялық жұмыстарды ойдағыдай орындау мақсатында жер бетінің бедеріне байланысты полигонометрия мен ғаламдық навигациялық спутниктік жүйеден тұратын тірек торабын сенімді пайдаланудың жолын табудың қажеттігі туындайды. Сонда метро құрылысының геодезиялық тірек торабын құрудың дәлдігін жоғарылатудың, мемлекеттік және геодезиялық координаталар жүйелері арасындағы түрлендіру параметрлерін анықтаудың сенімділігін арттырудың және қолданылатын барлық координаталар жүйелеріндегі тіректік пункттер каталогын құрудың мүмкіндігі туады.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- [1] Қалыбеков Т., Жарқимбаев Б.М. Мұнай және газ кенорындарын игерудегі маркшейдерия. – Астана: Фолиант, 2017. – 296 б.
- [2] Юнусов А.Г., Беликов А.Б., Баранов В.Н., Каширкин Ю.Ю. Геодезия: Учебник для вузов. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2011. – 409 с.
- [3] Никоноров В.Б. Проблемы создания опорного планово-высотного геодезического обоснования для обеспечения строительства метрополитенов и тоннелей с использованием Глобальной Навигационной Спутниковой Системы (ГНСС) // Метро и тоннели. – 2015. – № 5. – С. 24-27.
- [4] Нурпеисова М.Б., Мустафаулы Р. Инженерлік құрылыстардың техникалық жағдайын бағалауда геодезиялық өлшеулердің дәлдігін жоғарылату // Горный журнал Казахстана. – 2014. – №9. – С. 4-10.
- [5] Куприянов А.Г. Цифровое моделирование при подземных геодезических работах // Московский университет им. С.Ю. Витте. Образовательные ресурсы и технологии. – 2015. – №4(12). – С. 57-65.
- [6] Земцова А.В., Тарасова Е., Журсиналиев Р. Реконструкция Алмаатинской городской сети на основе геодезической сети // Инновационные технологии сбора и обработки геопространственных данных для управления природными ресурсами: Международной научно-практической конференции. – 2011. – С. 83-88.
- [7] Жуков Б.Н., Карпик А.П. Геодезический контроль инженерных объектов промышленных предприятий и гражданских комплексов. Учеб. Пособие. – Новосибирск: СГГА, 2006. – 148 с.
- [8] Московчук П.А. Совершенствование методики маркшейдерского обеспечения при строительстве перегонных тоннелей метрополитена. Дисс. на соискание уч. ст. канд. тех. наук. Алматы, 2010.
- [9] ГКИНП (ОНТА)-01-271-03. Руководство по созданию и реконструкции городских геодезических сетей с использованием спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS.
- [10] Генике А.А., Побединский Г.Г. Глобальные спутниковые системы определения местоположения и их применение в геодезии. – М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 2004. – 355 с.
- [11] Бородко А.В. Создание и реконструкция городских геодезических сетей по спутниковым технологиям: геодезия /А.В. Бородко, С.В. Еруков, Г.Г. Побединский, Х.К. Ямбаев// Геодезия и картография. – 2004. – №2. – С. 15-25.
- [12] Яхман В.В. Комбинированный метод создания городской геодезической основы // Интерэкспо Гео-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. –Новосибирск, 2013. – Т.3. – С. 56-60.
- [13] Земцова А.В., Беккарнаева Г.С. Предложения по повышению точности геодезической основы города Алматы // Инновационные технологии и проекты в горно-металлургическом комплексе, их научное и кадровое сопровождение: Сборник трудов Международной научно-практической конференции. – Алматы, 2014. – С. 422–425.
- [14] Земцова А.В. Геодезические исследования геодезических процессов: Учеб.пособие. – Алматы: КазНТУ, 2014. – 205 с.
- [15] Инструкция по геодезическим маркшейдерским работам при строительстве метрополитенов и транспортных тоннелей (ВСН – 160 – 69).

Әбен А.С., Жакыпбек Ы.

**Анализ реконструкции геодезической сети города при строительстве алматинского метрополитена**

**Резюме.** В статье рассмотрена роль геодезических опорных сетей в решении топографо-геодезических работ и научных проблем и важность рационального использования геодезической сети сгущения в процессе строительстве метрополитена в городе Алматы. В настоящее время в связи с интенсивным ростом границы города проанализированы эффективные пути реконструкции опорных геодезических сетей при строительстве метро за счет использования современных технологий.

**Ключевые слова:** строительство метрополитена, геодезическая сеть, реконструкция, метрополитен Алматы, современные методы.

УДК 331.45

**Zh. Kh. Yesbenbetova, R.T. Shaikhy**

(Republic State Scientific Research Institute of the Ministry of Labor for Labor Protection and Social Protection of the Population of the Republic of Kazakhstan, Astana)

E-mail: esbenbetova@rniiot.kz

**GROUNDWORKS OF TRANSITION TO THE OCCUPATIONAL RISK MANAGEMENT SYSTEM IN LABOR SAFETY**

**Abstract.** The article outlines the conditions for the implementation of the occupational risks management system at the company and the application of risks assessment and management methods to implement the International Labor Organization Convention No. 187 "On Occupational Safety and Health" ratified by the Republic of Kazakhstan.

**Key words:** occupational risks, accident, harmful and hazardous work conditions, occupational safety, risk assessment.

**Ж.Х. Есбенбетова, Р.Т. Шайхы**

(Қазақстан Республикасы Еңбекті және халықты әлеуметтік қорғау министрлігінің  
Еңбекті қорғау бойынша ғылыми-зерттеу институты, Астана, Қазақстан Республикасы)  
E-mail: esbenbetova@rniiot.kz

## **ЕҢБЕКТІ ҚОРҒАУДАҒЫ КӘСІБИ ТӘУЕКЕЛДЕРДІ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІНЕ АУЫСУДЫҢ НЕГІЗДЕРІН ҚАЛЫПТАСТЫРУ**

**Аңдатпа.** Мақалада Қазақстан Республикасында ратификацияланған Халықаралық Еңбек Ұйымының №187 «Еңбек қауіпсіздігі мен еңбекті қорғауды ынталандыру негіздері туралы» конвенциясының қағидаларын жүзеге асыру мақсатында өндірістегі тәуекелдерді бағалау және оны басқарудың кәсіби жүйесін жұмыс орындарында енгізуге көшудің әдістемелері қарастырылған.

**Түйін сөздер:** кәсіби тәуекелдер, жазатайым оқиғалар, зиянды және қолайсыз еңбек жағдайлары, еңбек қауіпсіздігі, тәуекелді бағалау.

### **Кіріспе.**

Қазақстан Республикасы Президентінің «Қазақстанның үшінші жаңғыруы: жаһандық бәсекеге қабілеттілік» Жолдауында еңбек өнімділігін арттыру мен өндірістік шығыстарды төмендетуге [2] басты назар аудару керек екендігі айқын айтылған. Оның басты факторы кәсіби жарақаттану мен кәсіптік ауруларды төмендету болып табылады.

ҚР Ұлттық экономика министрлігі Статистика комитетінің деректері бойынша, 2017 жылы жалдамалы қызметкерлер саны 3726,3 мың адамды, соның ішінде, зиянды және қолайсыз еңбек жағдайларында жұмыс істейтіндердің саны 1660,6 мың, яғни 44,6% құрады (еңбек жағдайлары бойынша өндірістік объектілерді аттестаттау нәтижелері бойынша). Осыған байланысты еңбек жағдайларын жақсарту мақсатында әлемдік тәжірибені ескере отырып, кәсіби тәуекелдерді басқару жүйесін республика кәсіпорындарына енгізу қазіргі таңдағы өзекті мәселелер қатарына кіреді.

**Әдістер.** Зерттеудің әдістемелік негізі статистикалық деректерді талдау әдісі болып табылады. Зерттеуде салыстыру, талдау және синтез әдістері қолданылды. Зиянды және қолайсыз еңбек жағдайларында жұмыс істейтіндердің еңбегін реттейтін нормативтік - құқықтық актілерге талдау жасалды.

### **Негізгі бөлім.**

Қазақстан Республикасының Еңбек кодексінде (бұдан әрі - ҚР ЕК) жұмыс берушіні өндірістік жабдықтар мен технологиялық процестерді неғұрлым қауіпсіз түрлерімен ауыстыру арқылы жұмыс орындарында және кез келген тәуекелдерді болғызбау шараларын қабылдауға және өндірістік, ғылыми-техникалық прогресті ескере отырып, еңбек қауіпсіздігі мен еңбекті қорғау бойынша ішкі бақылауды жүзеге асыруға міндеттейтін нормалары бар (23, 182 баптары) [1]. Бұл нормалар жұмыс орындарында еңбек қауіпсіздігі мен еңбекті қорғауға және жұмысшылардың денсаулықтарын сақтауға бағытталған шараларды орындауға негізделген.

Қазіргі таңда республикамызда еңбекті қорғауды басқаруда жаңа тәсілдерді әзірлеу бойынша белсенді жұмыс жүргізілуде. Жалпы әлемдік тәжірибе тәуекелдерді бағалау мен оны басқару өндірістік жұмыс орындарында жарақаттардан сақтанудың тиімді шаралары екендігін көрсетеді. Осыған байланысты, Қазақстан Республикасында ратификацияланған Халықаралық Еңбек Ұйымының №187 «Еңбек қауіпсіздігі мен еңбекті қорғауды ынталандыру негіздері туралы» конвенциясындағы тәуекелдерді басқарудың кәсіби жүйесін жұмыс орындарында, кәсіптік тәуекелді немесе қауіптілікті басқарудың кәсіби жүйесін жұмыс орындарында енгізу шараларына өтуге бағытталған.

Конвенцияны ратификациялаған мемлекеттер өзінің ұлттық саясатын әзірлеу кезінде ұлттық жағдайлары мен практикасын ескереді. Еңбек жағдайлары, кәсіби аурулар мен жұмыс орнында мерт болу қаупін болдырмау үшін еңбек қауіпсіздігі мен денсаулық сақтау шараларын жетілдіру қағидаларын басшылыққа алады.

Еңбекті қорғау саласындағы халықаралық міндеттемелерді қабылдау елдің әлеуметтік жаңғыру қағидаттарына сәйкес келеді және мемлекет басшысының қауіпсіз еңбек жағдайларын жасау жөніндегі тапсырмасын жүзеге асыруға негізделеді. Бұл қағидаттарды қабылдау жұмыс берушілердің еңбек қауіпсіздігі мен денсаулығын сақтауда жауапкершілігін арттырып, жұмыс орнында болатын жарақаттар мен кәсіби аурулардың деңгейін төмендетеді.

Қазіргі уақытта Қазақстанда еңбек жағдайлары бойынша өндіріс объектілерін аттестаттау жұмыс берушінің маңызды міндеттерінің бірі. Ол жұмысшылардың еңбек жағдайларын бағалаудың жалғыз механизмі болып табылады.

Еліміздің кәсіпорындарында бағалау мен тәуекелдерді басқарудың алғы шарттарының енгізілуіне мемлекет тарапынан жұмыстар жүргізілуде. Осыған орай оларды енгізуге әдістемелік ұсынымдар жасау маңызды болып табылады. Кәсіби тәуекелдерді басқару жүйесіне ауысу жұмыс берушілерді экономикалық ынталандыру арқылы жүзеге асырылуы керек және жұмыс орнындағы жазатайым жағдайдан сақтандыру жүйесіне, жұмыс орындарында еңбек жағдайларына байланысты жеңілдіктер мен өтемақы кепілдіктерін төлеу жүйесіне өзгерістер енгізу арқылы қамтамасыз етілуі тиіс.

Кәсіби тәуекелдерге көшу жарақаттанудың алдын алу себептерін төмендетуге мүмкіндік береді [4]. Қауіпсіз еңбек жағдайларын жасау өндірісті қайта құру және техникалық қайта жарақтау, жұмыс берушілердің қызығушылығын және жауапкершілігін арттыру және қазақстандық ұйымдардың халықаралық стандарттарға тезірек көшуіне жәрдемдесу арқылы жүзеге асырылуы мүмкін [5].

Кәсіпорындардағы тәуекелдерді басқарудың кәсіби жүйесін іске асыру бойынша институттың ғылыми қызметкерлерімен еңбек қатынастарының негізгі қатысушыларының рөлін айқындайтын, қауіпсіздік және еңбекті қорғауды қамтамасыз етуге қатысты еңбек заңнамасына өзгерістер мен толықтырулар енгізу арқылы ғылыми-әдістемелік негіздеу мақсатымен әдістемелік ұсынымдар әзірленді [6].

Әзірленген нұсқаулыққа сәйкес тәуекелдерді басқару еңбекті қорғау және еңбек қауіпсіздігі қызметінің мамандарымен бірлесе отырып жүзеге асырылады. Кәсіпорындарда тәуекелдерді басқару оның көлеміне және оның қызметіне байланысты жүргізіледі. Бұл технологиялық процестерге сәйкес бөлімдерде, учаскелерде, бригадаларда және т.б. жүргізілуі тиіс. Кәсіби тәуекелдерді басқару жүйесі (бұдан әрі - КТБЖ) кәсіпорында еңбекті қорғаудың құрылымдық элементі болып табылады және бес процедуранан тұрады: 1) Жоспарлау; 2) Тәуекелді анықтау (идентификация); 3) Тәуекелді бағалау; 4) Түзету шаралары; 5) Тәуекелдерді бақылау және мониторинг жүргізу. Бұл процесс бес жылда бір рет тәуелсіз сараптама ұйымы тарапынан жүргізілуі тиіс. Сондай-ақ, тәуекелдерді басқарудың уақытылы орындалуын қадағалау мемлекеттік еңбек инспекциясының құзыретіне берілуі керек.

Кәсіби тәуекелдерді басқару жүйесін жоспарлауға бағаланатын нысандарды анықтау және жұмыс тобының құрамын белгілеу, оның нәтижелері бойынша түзету шараларын әзірлеу және тағы да басқадай шаралар енеді.

Тәуекелдерді *анықтау* (идентификациялау) кәсіпорындағы нақты жұмыс жағдайларындағы зиянды және қауіпті факторларды айқындау үшін қажет.

Тәуекелдерді *бағалау* әр мамандық үшін жеке және интегралды жүргізіледі. Жеке кәсіби тәуекел кәсіпорындағы жұмыскердің өндіріс факторларының әсер етуі нәтижесінде еңбек ету қабілетінен айырылуын сипаттайды. Интегралдық кәсіби тәуекел жеке кәсіби тәуекелдердің жиынтығымен анықталған жұмыскердің еңбекке қабілеттілігінен айырылу қауіпін анықтайды.

Тәуекелдерді жоюға немесе оларды төмендетуге бағытталған *түзету шаралары* кәсіпорынның еңбек қауіпсіздігі мен еңбекті қорғауға жауапты тұлғаларымен жүргізіледі.

Тәуекелдерді *бақылау және оған мониторинг жүргізу* еңбек жылына бір рет жүргізіледі. Мониторингті жүргізу тәуекелдерді бағалау кезінде анықталған қауіптер мен сәйкессіздіктерді қайта болдырмауды ұадағалайды. Нормативтік - құқықтық актілердің, нұсқаулықтардың, кәсіпорынның жоспарлары талаптарының орындалуына ықпал етеді.

Сонымен, ұсынылып отырған әдістеме дамыған шетел мемлекеттерінің тәжірибесіне негізделіп жасалған. Бұл жұмысшылардың еңбек жағдайларының үздіксіз жақсаруына, жаңа қауіпсіз технологияларды және жаңа өнеркәсіптік жабдықтарды енгізуге негіз болып табылады.

Осылайша, Қазақстан Республикасында дамыған экономиканы қалыптастыру және әлемдік нарықта бәсекеге қабілетті ұлттық өндірісті құру үшін:

- кәсіби тәуекелдерді басқарудың заманауи әдістерін енгізу;
- еңбек қауіпсіздігі мен еңбекті қорғау саласындағы ғылыми зерттеулерді нәтижелерін енгізу;
- кәсіпорындарды жаңа техникалық құралдар мен қауіпсіз технологиялармен қамтамасыз ету;
- жергілікті еңбек инспекторларының бақылау және қадағалау функцияларын күшейту қажет.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Қазақстан Республикасының Еңбек кодексі <http://online.zakon.kz/>.
- [2] Қазақстан Республикасы Президентінің «Қазақстанның үшінші модернизациясы: жаһандық бәсекеге қабілеттілік» Жолдауы 2017 жылғы 31 қаңтар <http://adilet.zan.kz/>
- [3] Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігі Статистика жөніндегі комитеті <http://www.stat.gov.kz>
- [4] Э.И. Денисов, Н.Н. Мазитова, М.В. Шеметова и соавт. Еңбек қауіпсіздігі және еңбекті қорғау жөніндегі ХЕҰ іс-қимылдарының жоспары (2010-2016 жж.) және кәсіби аурулардың, кәсіптік медицина мен өнеркәсіптік экологияның жаңа тізбесі, № 3, 7–10
- [5] «ACTUALIS: Кадровое дело» электрондық жүйесі.
- [6] Бисақаев С.Ғ., Әбікенова Ш.К., Есбенбетова Ж.Х. Кәсіпорында кәсіби тәуекелдерді басқару жүйесін жөніндегі әдістемелік ұсынымдар. Астана, 2017.

Есбенбетова Ж.Х., Шайхы Р.Т.

**Формирование основ перехода к системе управления профессиональными рисками в охране труда**

**Резюме.** В статье излагаются условия внедрения системы управления профессиональных рисков на предприятии и применения методов оценки и управления рисками, изложенных в Конвенции Международной организации труда № 187 «О безопасности и гигиене труда» ратифицированным Республикой Казахстан.

**Ключевые слова:** профессиональные риски, несчастный случай, вредные и опасные условия труда, безопасность труда, оценка риска.

УДК. 004.82

<sup>1</sup>**U.B. Ashimov**, <sup>2</sup>**B.S. Kubekov**, <sup>2</sup>**A.U. Utegenova**, <sup>3</sup>**V.V. Naumenko**, <sup>3</sup>**R.A. Alenova**

(<sup>1</sup>Almaty University of Energy and Communications, <sup>2</sup>Institute of Information and Computational Technologies, <sup>3</sup>The faculty of "Academy of cinema and television" of the Turan University, Almaty, the Republic of Kazakhstan)

E-mail: b.kubekov@mail.ru

**INNOVATIVE COGNITION DISPLAY MODEL OF LEARNING ENGINEERING**

**Abstract.** The article provides the results of research related to the use of ontological and design competence approaches for the development of knowledge components, and their subsequent use in the designing personal pathways of learning engineering.

The cognition display model is based on the use of the CDIO concept (Conceive, Design, Implement, Operate), the design competency model and the use of ontology as a means of modeling the propositional ideas performance. The concept of propositional performance is known to be based on concepts, and the concepts study reveals not only the way of knowledge performance, but also the principles of its processing.

The modeling of semantic context of learning resources is carried out owing to the so-called supporting concepts displayed by ontologies, and using the worked out specification language, ontologies are performed as expressions of cognition.

The introduced pro-forms and the language rules of the knowledge specification provide the expressions of cognition by adaptive features, extensibility, ease of processing and maintenance, which is important when designing learning engineering level programs, which, as a rule, actively absorb and use the results of many related areas.

This model was tested using the Hassan Goma's famous monograph "UML. Design of real-time systems, parallel and distributed applications". The client-server type banking system was chosen as a project, within this system a competency model was described for each of the CDIO stages, ontologies of the basic concepts and their specifications were formulated in the form of expressions of cognition.

The expressions of cognition, along with their interfaces, are knowledge components from which the individual pathways of learning engineering can be formulated.

**Key words.** Ontological approach, propositional performance, expression of cognition, CDIO initiative, project-based learning method, knowledge component, competence-based approach.

<sup>1</sup>У.Б. Ашимов, <sup>2</sup>Б.С. Кубеков, <sup>2</sup>А.У. Утегенова, <sup>3</sup>В.В. Науменко, <sup>3</sup>Р.А. Аленова

(<sup>1</sup>Алматинский университет энергетики и связи,

<sup>2</sup>Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК,

<sup>3</sup> Университет Туран, Алматы, Республика Казахстан)

E-mail: b.kubekov@mail.ru

## **ИННОВАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ОТОБРАЖЕНИЯ ЗНАНИЙ ИНЖЕНЕРНОГО ОБУЧЕНИЯ**

**Аннотация.** В статье приведены результаты исследований, связанные с применением онтологического и проектно-компетентного подходов для разработки знаниевых компонент, и их последующего применения при проектировании индивидуальных траекторий инженерного обучения.

Модель отображения знаний основана на применении концепции CDIO (Conceive, Design, Implement, Operate), проектно-компетентной модели и использовании онтологии, в качестве средства моделирования пропозиционального представления мысли. Как известно, концепция пропозиционального представления основывается на понятиях, а исследования понятий раскрывают не только способ представления знаний, но и принципы их обработки.

Моделирование семантического контекста образовательных ресурсов осуществляется с помощью так называемых опорных понятий, отображаемых онтологиями, а с помощью разработанного языка спецификации, онтологии представляются в виде выражений знаний.

Введенные формализмы и правила языка спецификации знаний придают выражениям знаний свойства адаптивности, расширяемости, удобства обработки и сопровождения, что актуально при проектировании уровневых программ инженерного образования, которые, как правило, активно впитывают в себя и используют результаты множества смежных областей.

Данная модель апробирована на материале известной монографии Хассан Гома «UML. Проектирование систем реального времени, параллельных и распределенных приложений». В качестве проекта была выбрана банковская система типа клиент-сервер, в рамках которой для каждого из этапов CDIO описана компетентностная модель, построены онтологии опорных понятий и их спецификации в виде выражений знаний.

Выражения знания, вместе со своими интерфейсами, представляют собой знаниевые компоненты, из которых можно конструировать индивидуальные траектории инженерного обучения.

**Ключевые слова.** Онтологический подход, пропозициональное представление, выражение знания, инициатива CDIO, метод проектного обучения, знаниевый компонент, компетентностный подход.

### **1 ВВЕДЕНИЕ**

Инновационность модели заключается в развитии новой парадигмы представления знаний, основанной на проектно-компетентном и онтологическом подходах. В рамках проведенных исследований рассматривались новые области научных и методологических проблем, такие, как разработка методики построения знаниевых компонент, на основе компетентности и семантической модели представления понятий образовательных ресурсов, применение концепций и стандартов всемирной инициативы CDIO и проектного метода инженерного обучения [1-4].

Особо подчеркивается актуальность перевода информационной базы обучения на новую парадигму представления знаний, с целью повышения эффективности и качества обучения, диверсификации методик электронной педагогики и ассортимента образовательных услуг, а также расширению новых образовательных, в том числе Smart-технологий.

Для отображения знаний использована онтологическая модель  $Om = \langle C, R, F \rangle$ , в которой  $C$  – множество понятий образовательных ресурсов;  $R$  – множество отношений между понятиями;  $F$  – множество функций интерпретации, определения которых заданы на отношениях между понятиями в онтологии. Семантический контекст образовательных ресурсов моделируется онтологиями опорных понятий, спецификации которых представляются в виде выражений знаний [5-9].

### **2 ФОРМАЛИЗМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗНАНИЙ**

Инженерия образовательной области - это интеллектуальная деятельность, связанная с анализом образовательных ресурсов, формализацией семантического контекста ресурсов, в виде онтологий опорных понятий, и их спецификацией выражениями знаний.



Применение онтологической модели требует:

- во-первых, проведение анализа структуры и организации семантического контекста домена обучения - когнитивной области знаний, в пределах которой наиболее точно и конкретно выявляются семантика и значение входящих в эту область понятий, фраз или совокупности фраз;

- во-вторых, создание визуально-мыслительных образов, с помощью ассоциативного связывания понятий и структурных элементов семантического контекста домена обучения, необходимых для формирования целостной системы знаний, в рамках отдельной дисциплины, или курса;

- в-третьих, включение механизмов взаимодействия визуально-мыслительных образов семантического контекста домена обучения, способствующих приобретению обучающимися профессиональных навыков и практических умений.

Процесс построения онтологии, начинается с определения базовых абстракций домена обучения - опорных понятий, составляющих семантический контекст домена обучения. Каждое опорное понятие, являясь корневой вершиной онтологии, определяется своими экземплярами, составленными из идентифицирующих и конкретизирующих понятий.

Идентифицирующее понятие – понятие первого уровня онтологии опорного понятия, с помощью которого определяется семантическое и отличительное свойство опорного понятия, относительно других опорных понятий домена обучения. Идентифицирующее понятие связано с опорным понятием ассоциативно - семантическими признаками, что гарантирует уникальность опорного понятия в масштабах домена обучения.

Конкретизирующее понятие – понятие второго уровня онтологии опорного понятия, которое, в контексте своего идентифицирующего понятия, конфигурирует семантические и отличительные свойства опорного понятия, с помощью типичных, либо всевозможных сочетаний дочерних понятий, обладающих ясным и недвусмысленным описанием опорного понятия.

Синтаксис и правила языка описания знаний позволяют формулировать утверждение об опорном понятии домена обучения и специфицировать данное утверждение в виде выражения знания. Операндами выражения знания являются идентифицирующие и конкретизирующие понятия онтологии опорного понятия, над которыми определены отношения «композиция», «агрегация» и «альтернативный выбор».

Данные отношения позволяют отображать семантическую идентичность между понятиями онтологии посредством следующих определений функции интерпретации:

Определение 1. Отношение "композиция" - отношение, в котором отражается свойство общности для дочернего понятия, и обязательность присутствия дочернего понятия в экземплярах опорного понятия.

Определение 2. Отношение "агрегация" - отношение, в котором отражается свойство общности для дочернего понятия, и необязательность присутствия дочернего понятия в экземплярах опорного понятия.

Определение 3. Отношение "альтернативный выбор" - отношение, в котором отражается свойство изменчивости дочернего понятия, через альтернативность выбора смежных понятий, относительно дочернего, в экземплярах опорного понятия.

Семантическая идентичность и спецификация отношения "композиция" порождает набор обязательных конкретизирующих дочерних понятий опорного понятия. Данное отношение предполагает использование обязательных конкретизирующих понятий только в рамках данного опорного понятия, придавая им некоторую уникальность.

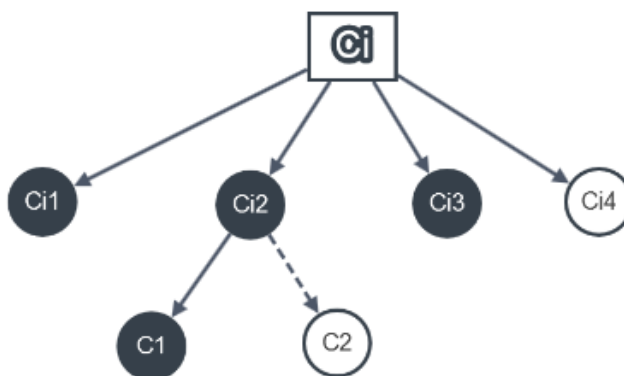
Отношение "агрегация" - сочетание обязательных и необязательных дочерних понятий опорного понятия, предполагающее использование конкретизирующих понятий не только в рамках данного опорного понятия.

Отношение "альтернативный выбор" определено для различных сочетаний обязательных, либо различных сочетаний обязательных и необязательных понятий опорного понятия. Например, в данном выражении знания:

$$C_i \leftarrow *C_{i.1} * C_{i.2} (*C_{i.1} \sim + C_2) * C_{i.3} + C_{i.4}; \quad (1)$$

опорное понятие  $C_i$  - идентифицируется композицией из обязательных  $C_{i.1}$ ,  $C_{i.2}$ ,  $C_{i.3}$  и агрегацией необязательного  $C_{i.4}$  дочерних понятий, причем обязательное понятие  $C_{i.2}$  определяет семантический контекст для понятий своего уровня конкретизации, как альтернатива выбора обязательного  $C_{i.1}$ , либо необязательного понятия  $C_{i.4}$ .

На рисунке 1 показана онтология опорного понятия  $C_i$ :



**Рис. 1.** Онтология опорного понятия  $C_i$

Как известно, инженерия образовательной области - методика, позволяющая осуществлять разработку образовательных ресурсов, на основе семейства знаниевых компонент повторного использования [10]. Повторное использование - один из результатов качественного анализа домена обучения и обычно синоним расширяемости и удобства сопровождения компонентной системы в будущем.

Под доменом обучения будем подразумевать не только те знания, которые реально относятся к образовательной сфере, но и такие знания, которые регламентируют разработку в этой сфере новых образовательных программ и процессов. Это хорошо удается, если можно разбить образовательный ресурс на общие/стабильные и изменчивые части по принципу различий в свойствах и структуре данных.

Поэтому, в основу модели отображения знаний положен проектный метод обучения, выполнение которого регламентировано этапами инициативы CDIO, описанием компетентностных моделей этапов, каждая из которых представляется наборами опорных понятий. Далее, происходит моделирование онтологий опорных понятий системой идентифицирующих и конкретизирующих понятий, и с помощью введенного языка, их спецификация, в виде выражений знаний.

Выражение знания онтологии опорного понятия, таким образом, имплицитно утверждает истинность заключения об опорном понятии, то есть, из истинности импликации следует, что если «посылка – выражение знания» верно, то это же верно и для «заключение – опорное понятие».

Знаниевый компонент – набор выражений знаний, имеющий следующий контракт [11]:

$$p(K) \{KE\} q(K) \tag{2}$$

где  $p(K)$  – утверждение, аргументами которого являются обязательные компетентности, необходимые обучающемуся для успешного усвоения учебного материала, представленного набором выражений знаний -  $\{KE\}$ . Постусловие  $q(K)$  – утверждение, аргументами которого являются компетентности, которые будет иметь обучающийся, при успешном усвоении учебного материала, представленного набором выражений знаний -  $\{KE\}$ .

Таким образом, знаниевый компонент является единицей сборки знаниевой архитектуры индивидуальной траектории инженерного обучения, а контракты - условием проверки корректности проектирования такой архитектуры. Механизм документирования знаниевой архитектуры, задаваемый в интерфейсе конструктора, должен всегда перечислять полный список предусловий, определяющий, при каких условиях допустимо использовать тот или иной знаниевый компонент.

### 3 РЕЗУЛЬТАТЫ

В качестве проекта, рассматривалась «Банковская система типа клиент-сервер» [12]. Для каждого этапа CDIO были определены компетентностные модели, являющиеся композициями профессиональных, базовых и дополнительных компетентностей. Семантический контекст всех этапов был представлен пятьюдесятью четырьмя опорными понятиями, каждое из которых моделировалось в виде онтологии. Из спецификаций онтологий опорных понятий выражениями знаний составляется

репозиторий модели обучения, при этом, любое опорное понятие, являясь корневой вершиной онтологии, отображается двумя уровнями из идентифицирующих и конкретизирующих понятий.

Так, профессиональные компетенции этапа Design были представлены шестью опорными понятиями, из которых, например, рассмотрим опорное понятие  $C_6$  - Детальное проектирование программы.

Онтология данного опорного понятия  $C_6$ , была представлена следующей иерархической структурой понятий:

\* $C_{6.1}$  - детальное проектирование составных задач, содержащих вложенные объекты. При этом, данное идентифицирующее понятие является семантическим контекстом второго уровня конкретизации, включающим следующие дочерние понятия: \* $C_1$  - отношения между задачами и классами; \* $C_2$  - разделение обязанностей между задачами и классами; \* $C_3$  - темпоральная группировка и объекты интерфейса устройств; \* $C_4$  - группировка по управлению и объекты, скрывающие информацию.

\* $C_{6.2}$  - синхронизация доступа к классам. При этом, данное идентифицирующее понятие является семантическим контекстом второго уровня конкретизации, включающим следующие дочерние понятия: \* $C_1$  - синхронизация доступа к хранилищу данных методом взаимного исключения; \* $C_2$  - синхронизация доступа к хранилищу данных методом нескольких читателей и писателей.

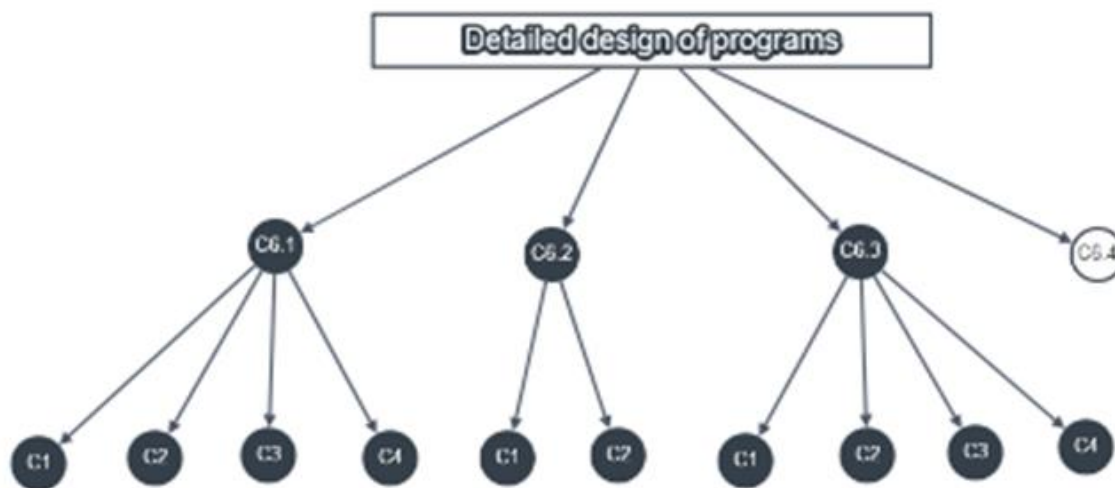
\* $C_{6.3}$  - проектирование классов - разъемов для межзадачных коммуникаций. При этом, данное идентифицирующее понятие является семантическим контекстом второго уровня конкретизации, включающим следующие дочерние понятия: \* $C_1$  - проектирование класса - разъема, реализующего очередь сообщений; \* $C_2$  - проектирование класса - разъема, реализующего буфер сообщений; \* $C_3$  - проектирование класса - разъема, реализующего буфер сообщений с ответом; \* $C_4$  - проектирование группы кооперативных задач с использованием объектов - разъемов.

+ $C_{6.4}$  - логика упорядочения событий в спецификации поведения задач.

Таким образом, выражение знания опорного понятия «Детальное проектирование программы» имеет следующий вид:

$$C_6 \leq *C_{6.1}(*C_1*C_2*C_3*C_4)*C_{6.2}(*C_1*C_2)*C_{6.3}(*C_1*C_2*C_3*C_4)+C_{6.4}; \quad (3)$$

а соответствующий граф, представлен на рисунке 2.



**Рис.2.** Граф онтологии опорного понятия  $C_6$  - Детальное проектирование программы

Таким образом, представленная модель определяет разработку онтологий опорных понятий образовательных ресурсов и их спецификацию в виде выражений знаний. Выражения знаний, вместе со своими интерфейсами, могут служить для проектирования знаниевых компонент, и последующего конструирования индивидуальных траекторий инженерного обучения.

Данная модель прошла апробацию и используется в учебном процессе для студентов специальности «Вычислительная техника и программное обеспечение», университета «Туран».

## 5 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Фактически, рассмотренная модель отображения знаний инженерного обучения предусматривает переход к новой образовательной парадигме представления и организации знаний, в совершенствовании управленческого механизма, путем адаптивного планирования и реализации образовательных программ. Модель может оказать существенное влияние как на экономические, так и на социальные аспекты, связанные с образованием, к которым можно отнести: массовое внедрение открытых образовательных курсов и инструментов Smart-технологий в образовательных учреждениях для нового (сетевое) поколения, а также качественное изменение содержания образования и методов обучения. Концепции и механизмы модели будут способствовать развитию гибкого обучения в интерактивной образовательной среде, персонализации обучения, свободного доступа к образовательному контенту, повышению эффективности педагогических и информационных технологий, направленных на развитие эпистемологической функции компетентностного подхода.

Данные исследования выполняются в рамках грантового проекта: "Исследование и разработка моделей и методики представления и организации знаний с применением онтологического подхода и инструментальных средств Smart-технологии, при реализации образовательных программ и процессов", руководитель Кубеков Б.С.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Хуторской А.В. Компетентностный подход в обучении. Научно-методическое пособие. - М.: Издательство «Эйдос», 2013. - стр.73 (Серия «Новые стандарты»).
- [2] Кроули Е.Ф. Программа CDIO: Описание целей и задач бакалаврского инженерного образования, Доклад CDIO №1 изд. МИТ, 2001. [Электронный ресурс]. <http://www.cdio.org>.
- [3] Чучалин А.И. Модернизация бакалавриата в области техники и технологий, с учетом международных стандартов инженерного образования // Высшее образование в России. 2011. №10.
- [4] Чучалин А.И. О применении подхода CDIO для проектирования уровневых программ инженерного образования// Высшее образование в России. 2016. №4(200).с. 17-32.
- [5] Kubekov B., Utepbergenov I. The use of multiparadigm approach to knowledge modeling.- // 7th International Conference on Education and New Learning Technologies".- Barcelona (Spain), 6th-8th of July 2015.- pp.136-141.
- [6] Kubekov B., Kuandykova J., Utepbergenov I., Utegenova A. Application of the conceptual model of knowledge for formalization of concepts of educational content //9th International Conference on Application of Information and Communication Technologies AICT2015.- Rostov-on-Don, 14-16 October 2015.- pp.294-306.
- [7] Kubekov B., Utegenova A., Naumenko V. Applying of ontological engineering to represent knowledge and training sessions. 10th International Conference on Application of Information and Communication Technologies - AICT2016, Baku (Azerbaijan), 12-14 October 2016, pp.115-118.
- [8] Kubekov B. Educational components formation technology for the planned CDIO SYLLABUS education. 9th annual International Conference of Education, Research and Innovation - ICERI2016, Seville (Spain), 14-16 November, 2016, pp.6139-6145.
- [9] Kubekov B.S., Ditmar Beyer, Utegenova A.U., Zhaksybaeva N.N. Innovative paradigm of education of knowledge - competency form based on ontology. Journal of theoretical and applied information technology 15th November 2017, Vol.95. №21, 2005-ongoing JATIT@LLS (E-ISSN 1817-3195 / ISSN 1992-8645). pp. 5859-5868.
- [10] Чарнецки К., Айзенекер У. Порождающее программирование: методы, инструменты, применение. Для профессионалов. - СПб.: Питер, 2005- с.731.
- [11] Мейер Бертран. Почувствуй класс /Мейер Б.; пер. с англ. под ред. В.А. Биллига.-М.: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ»: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011.-775с.
- [12] Хассан Гома. UML. Проектирование систем реального времени, параллельных и распределенных приложений: Пер. с англ. - М.: ДМК Пресс, 2014. – 704 с. (Серия «Объектно-ориентированные технологии в программировании»).

Әшімов У.Б., Кубеков Б.С., Утегенова А.У., Науменко В.В., Аленова Р.А.

#### **Инженерлік оқытудың білім беру инновациялық моделі**

**Түйіндеме.** Мақалада білім компоненттерін дамыту бойынша онтологиялық және жобалық құзыреттілік әдістерін пайдалану және оларды инженерлік білімнің жеке траекториясын жобалауда қолдану туралы зерттеулердің нәтижелері келтірілген.

**Түйін сөздер.** Онтологиялық тәсіл, пропозициялық түсінік, білім беру өрнегі, CDIO бастамасы, жобалық оқыту әдісі, білім компоненті, құзыреттілік тәсіл

ӘОЖ 378:625.162.22

**M.N. Bayaziyeva, Z.A. Makhanova, P.A. Kozhabekova, S.K. Mamekova**

## **THE IMPORTANCE OF THE HUMAN RESOURCES DEPARTMENT**

**Summary.** The article covers the issues of work process arrangement for the training and retraining of personnel.

The personnel policy of a company operating in any field of activity must respond to changes in the external and internal environment; should be focused on establishing a responsible and highly productive team.

All the issues of the company's personnel management, starting with recruitment, ending with dismissal, are solved in the human resources department of the company.

**Key words:** personnel management, staff subdivisions, staff policy, employment policy, training policy, reward policy, welfare, policy.

**М.Н. Баязиева, З.А. Маханова, П.А. Қожабекова, С.Қ. Мамекова**

(М.Әуезов атындағы ОҚМУ Шымкент қ., Қазақстан Республикасы)

E-mail: mahanova\_zliha@mail.ru

## **КАДРЛАР БӨЛІМІ ЖҰМЫСЫНЫҢ МАҢЫЗДЫЛЫҒЫ**

**Түйіндеме.** Персоналды басқару мәселесі, кәсіпорынның кадрлық бөлімшесінде шешіледі, яғни мекеменің кадрлық бөлімшесінде жұмысшыларды жұмысқа қабылдаудан бастап жұмыстан шығаруға дейінгі міндеттері қойылған. Кәсіпорынның кадрлық саясаты дегеніміз кәсіпорынның сыртқы және ішкі ортасының өзгеруін байқап отыратын, жауапты және жоғарғы өнімді коллективті жасау мақсаты бар, әр түрлі қызмет түрлерін біріктіретін қызметкерлермен жұмыс жасау жүйесі. Ұйымның кадрлық саясатының негізгі құрамалы элементтеріне: жұмысбастылық саясаты, оқыту саясаты, еңбек ақы саясаты, әл-ауқат саясаты, еңбек қатынасының саясаты еңбек конфликтерін шешу үшін нақты процедураларды құру жатады.

**Кілттік сөздер:** персоналды басқару, кадрлық бөлімше, кадрлық саясат, жұмысбастылық саясаты, оқыту саясаты, еңбек ақы саясаты, әл-ауқат саясаты.

ҚР-сы дамуының қазіргі сатысы экономикамен, қоғамды өзгертуде өте күрделі мәселелер пайда болуымен сипатталады. Елде нарық қатынастарын дамытуға бейімдейтін стратегиялық бағыт басқару жүйесін жетілдіруді талап етеді. Басқару жүйесінде маңызды ресурстың бірі - ол адам факторы. Әсіресе, кез-келген ұйымда персоналды басқару мәселесінің маңызы зор.

«Мырзакент» ЖШС Мақтарал ауданы, Мырзакент қалашығында орналасқан. Ол - мақта өңдеу зауыты. Кәсіпорынның міндеті – халықтан мақта талшығын жинау, қабылдау, яғни сатып алу, келісілген бағамен нақты ақшасын беру. Халықты жұмыспен қамтамасыз ету, жұмысшылардың айлық жалақыларын уақтылы кешіктірмей беру, тағы басқа да жұмысшылардың жағдайын жасау.

Кәсіпорынның мақсаты – жиналған мақта талшығын өңдеу-өндіру, сату, пайда табу және тиімділігін арттыру-асыру, тағы басқа жұмыстардың дұрыс жүргізілуін көздейді. Сондықтан кадрлар бөлімі жұмысы әрқашан өзекті. Ол жаңа техника, технология және өндірістік қызметінің әдістерінің дамуына байланысты персоналдың ролі артуда. Еңбек өзгеруі 20 ғасырда өндірістің автоматизациялануынан басталды. Соның арқасында жұмысшы мен еңбек құралдары бөлініп қарастырыла бастады. Автоматизация, компьютеризация - персоналды басқарудың жаңа мәселелерінің бірі, ол басқаруды жаңа технологияларын талап етуде. Өйткені автоматизация, компьютеризация арқылы тек физикалық жұмыстарды істеткізе қоймай және интеллектуалдық жұмыстарды (мысалы, программалар арқылы) істеуге болады. Сол кезде қызметкердің интеллектуалдық қызметін басқару, қадағалау қиын. Осы салада басқарудың жаңа технологияларын, әдістерін құру қажет. Қазіргі қоғамда персонал ролінің жоғарылауы қызметкерлерді бағалау, қадағалау мүмкіндіктері және өзін - өзі бақылау, өзін - өзі тәрбиелеу мәндерінің жоғарылауына байланысты. Еңбек процесіндегі бұл өзгерістер қызметкерлерді ынталандыру әдістерінің қатынастарының өзгеруіне, бұрынғы алғыс айту – сөгіс, ынталандыру – реакция әдістерден жаңа аса күрделі персоналды басқару технологияларына алып келді. Өндірістегі персоналды басқару ролі макроэкономикалық факторлардың әсерінен артуда. Оған әлемдік нарықтағы бәсекелестіктің жоғарылауын, тұтынушылардың талғамы мен сұранысын, өнім сапасының маңыздылығын және т.б. факторларды жатқызуға болады. Өндірістегі еңбекті ұйымдастыруға ұжымдық формада пайдалануды жатқызуға болады. Ол макродеңгейде – бүкіл ұйымда, ал микродеңгейде – тек құры-

лымдық бөлімшелерде. Қызметкерлердің білім, мәдениет деңгейінің жоғарылауы еңбек қызметінде және оның жеке қажеттіліктерінің өсуіне алып келуде. Қазірде жай жұмысшыға қарағанда біліктілігі жоғары мамандарды басқару, бақылау күрделі болып келуде. 90 жылдардан қызметкерлердің жаңа типі қалыптаса бастады. Ол өмір мәнін еңбек қызметінде табуға тырысып, еңбек қызметіне белсенді қатысушысы және ұйымды басқарудың бір бөлігін өзіне қаратқысы келеді. ҚР-ң Президенті Н.Ә.Назарбаев Қазақстан халқына жариялаған Дағдарыстан - дамуға атты жолдауында мынадай негізгі мәселелерді де атап өткен болатын: Кадрларды қайта даярлау және қайта оқыту жөніндегі жүйелік жұмыс мынадай мақсаттарды көздеуі тиіс:

- Жаңа мамандық бойынша жұмыс істегісі келетін әрбір адамның оқу мүмкіндігі болуы тиіс.
- Экономиканың еңбек ресурстарына деген болашақ сұраныстарын, ең алдымен, ауыл шаруашылығында қамтамасыз ету.
- Шетелдік жұмысшыларды отандық кадрлармен біртіндеп алмастыру. Біз оларды жартылай қысқартып өз адамдарымызбен алмастырмақпыз.

Сондықтан да заманауи кәсіпорындардың жұмысын тиімді жүргізу үшін, персоналды басқару мәселесін бірінші орынға қою керек, өйткені жоғарыдағы мақсаттарды түбегейлі шешуде кадрлық саясаттың маңызы орасан зор [1].

Персоналды басқару мәселесі, кәсіпорынның кадрлық бөлімшесінде шешіледі, яғни кадрлық бөлімшесінде жұмысшыларды жұмысқа қабылдаудан бастап жұмыстан шығаруға дейінгі міндеттері қойылған.

Кәсіпорынның кадрлық саясаты дегеніміз кәсіпорынның сыртқы және ішкі ортасының өзгеруін байқап отыратын, жауапты және жоғарғы өнімді коллективті жасау мақсаты бар, әр түрлі қызмет түрлерін біріктіретін қызметкерлермен жұмыс жасау жүйесі.

Кадрлық саясаттың құрылуының қажетті негізгі шарттарына мыналар кіреді:

1. Кадрлық саясаттың қоғамдық және құқықтық нормаларға, мемлекеттің әлеуметтік – экономикалық саясатына сәйкес келуі;
2. Адамды технологиялық, экономикалық, әлеуметтік, ұйымдық, демографиялық және басқа да даму аспектілерімен бірегей қарастыру, яғни, дамудың мақсаты және құралы ретінде қарастыру;
3. Жоспарлаудың горизонт уақытын есепке алу;
4. Кадрлық саясаттың стратегиялық және ағымдық мақсаттарының, сонымен қатар оған жету құралдарының енгізілуі;
5. Кадрлық саясаттың жұмысшылардың жауапкершілігінің және мансапқа ынталандыруға баланс жасау.

Кадрлық саясаттың негізгі құратын, алдыңғы қатарлы кәсіпорындардың нәтижесінен бірнеше принциптер бар. Оларға жататындар:

1. Басқару демократизмі, осыған байланысты бірігіп жұмыс жасауға дайындық;
2. жеке адамдардың білімі және олардың тұтынуы, сонымен қатар әлеуметтік топтардың және индивидтердің қызығушылығын есепке алу;
3. әділеттілік, теңдік және бірлікті сақтау.

Кадрлық саясаттың негізгі мақсаты кәсіпорындардың стратегиясын іске асыруына тиімді үлес қосу және қоғам мен кәсіпорын алдында қызметкерлердің әлеуметтік жауапкершіліктерін қаржыландыру [2].

Ұйымның кадрлық саясатының негізгі құрамалы элементтеріне келесілер жатады:

1. Жұмыс бастылық саясаты – жоғарғы білімді маман қызметкерлермен қамсыздандыру және олардың қауіпсіздігі мен тартымды еңбек жағдайларын құру. Сонымен қатар олардың жұмыспен қанағаттандырылуы жоғары дәрежелі болу үшін жұмысшылардың алға басуына мүмкіндік береді.
2. Оқыту саясаты – жұмысшылар өздерінің маман дәрежесін көтеру үшін оқыту базасын құру.
3. Еңбек ақы саясаты – жұмысшылардың тәжірибесінде қабілетіне байланысты басқа ұйымдарға қарағанда жоғары еңбек ақысын ұсыну.
4. Әл-ауқат саясаты – басқа жұмыс берушілерге қарағанда, көбірек қызмет көрсету және жеңілдік берумен қамсыздандыру; ұйым және жұмысшылар үшін әлеуметтік жағдайлар тартымды болу керек.
5. Еңбек қатынасының саясаты еңбек конфликтерін шешу үшін нақты процедураларды құру.

Персоналды басқару жүйесін кадрлармен қамсыздандыру дегеніміз кәсіпорынның жұмысшыларының сандық және сапалық қажетті құрылымының кадрлық қызметі.

Демократияның макродеңгейде, яғни мемлекеттік деңгейде персоналды басқаруға әсер етуі екі бағыт бойынша әсер етеді:

Экономиканың барлық саласында кәсіпорындардың иелері мен еңбек ұжымдары шикізат пен материалдарды ұқыпты жұмсауға, өндіріс қалдықтарын азайтуға, ысырапты жоюға, бәсекеге жарамды өнімдерін өндіруге, оның сапасын көтеруге, өзіндік құнын төмендетуге, қоршаған ортаны сақтауға мүдделі. Кәсіпорынның сыртқы экономикалық байланыстарын жандандыру үшін оның ең алдымен заңдылық базасын тиісті әлемдік үлгілерге келтіру талап етеді және өндірілген өнімнің сапасын әлемдік стандартқа сай етуі тиіс. Экономика саласындағы мамандар, яғни соның ішінде, бірінші кезекте, бухгалтерия қызметкерлері есепке алудың және есеп берудің барлық жүйесін жақсы білулері, оларды оңтайластыруды қарастырулары қажет.

#### ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Управление персоналом организации. Учебник / Под ред. А.Я. Кибанова. – М.: Инфра-М, 2005. Стр. 124-184.

[2] Маслов, Е.В. Управление персоналом предприятия: Учебное пособие / Е.В. Маслов - М.: ИНФРА - М, 2010. - 298 с.

Баязиева М.Н., Маханова З.А., Кожабекова П.А., Мамекова С.К.

#### **Значимость работы отдела кадров**

**Резюме.** Статья освещает вопросы систематизации работы по подготовке и переподготовке кадров.

Кадровая политика организации, функционирующей в любой сфере деятельности должна, реагировать на изменения внешней и внутренней среды; должна быть ориентирована на создание ответственного и высокопродуктивного коллектива.

Все вопросы управления персоналом организации, начиная с приема на работу, заканчивая увольнением, решаются в отделе кадров организации.

**Ключевые слова:** управления персоналом, кадровое подразделения, кадровая политика, политика занятости, политика обучения, политика оплаты труда, благосостояния, политика.

УДК: 621.43

**A.M.Dostiyarov<sup>1</sup>, D.R. Umyshev<sup>2</sup>, Zh.S.Duissenbek<sup>3</sup>, A.K.Yamanbekova<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Kazakh Agrotechnical University named after S.Seifullin, Astana

<sup>2</sup>Kazakh National Technical University named after K.I. Satpayev, Almaty

<sup>3</sup>Almata University of Energy and Communications, Almaty)

E-mail: zhaniko.adina@mail.ru

### **THE INFLUENCE OF THE MAIN PARAMETERS ON THE NITROGEN OXIDES FORMATION DURING MICRO-FLAME BURNING**

**Abstract.** The paper reviews the model of natural gas combustion in gas turbine combustion chambers, as well as the empirical dependences based on the results of the study of various authors. The aim of the work is to study the technology of micro-flame combustion and, on their basis, to create new and improve existing micro-flame devices with improved environmental performances.

**Key words:** micro-flame burning, nitrogen oxide, gas turbine engine, combustion chamber.

**A.M. Достияров<sup>1</sup>, Д.Р. Умышев<sup>2</sup>, Ж.С. Дуйсенбек<sup>3</sup>, А.К. Яманбекова<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Казахский Агротехнический университет им С.Сейфуллина, Астана

<sup>2</sup>Казахский Национальный технический университет им.К.И.Сатпаев, Алматы

<sup>3</sup>Алматинский университет энергетики и связи, Алматы)

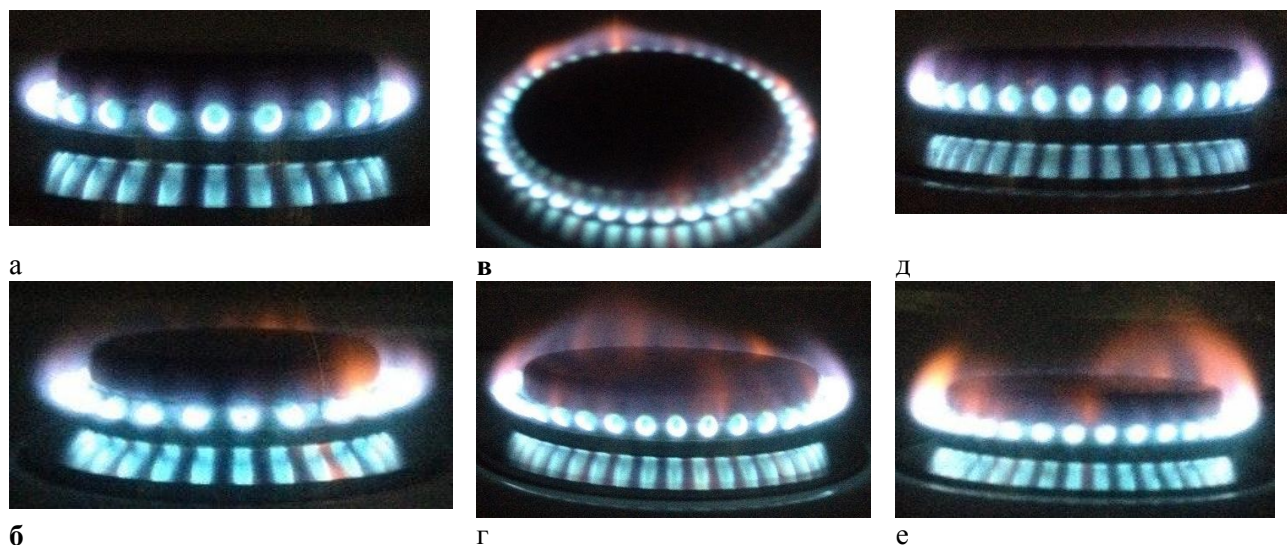
E-mail : zhaniko.adina@mail.ru

### **ВЛИЯНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ОБРАЗОВАНИЕ ОКСИДОВ АЗОТА ПРИ МИКРОФАКЕЛЬНОМ СЖИГАНИИ**

**Аннотация.** В работе рассматривается модель горения природного газа в камерах сгорания ГТУ, а так же эмпирические зависимости на основе результатов исследования различных авторов. Целью работы является исследования технологии микрофакельного сжигания и на их основе создания новых и совершенствование действующих микрофакельных устройств с улучшенными экологическими показателями.

**Ключевые слова:** микрофакельное сжигание, оксид азота, газотурбинный двигатель, камера сгорания.

Впервые о микрофакельном горении газообразного топлива упоминается в книге Хитрина Л. [1]. Обеспечение МФС для газа не представляет трудностей, его можно увидеть в газовой комфорке. При проведении замеров вредных выбросов при МФС мы увидим минимальную токсичность продуктов сгорания, особенно при синем пламени, когда обеспечивается высокая полнота сгорания.



**Рис.1.** Фотографии горелок при разных уровнях расхода газа: а – горелка тип А при 0,25 дм<sup>3</sup>/мин; б – горелка тип Б при 0,5 дм<sup>3</sup>/мин; в – горелка тип Б при 0,45 дм<sup>3</sup>/мин; г – горелка тип Б при 0,7 дм<sup>3</sup>/мин; д – горелка тип В при 0,5 дм<sup>3</sup>/мин; е – горелка тип В при 0,75 дм<sup>3</sup>/мин.

На рис.1 представлена зависимость концентраций NO<sub>x</sub> и СО в уходящих газах от расхода газа горелок тип Б и В. Из фотографии заметно, что при практически одинаковых уровнях эмиссии NO<sub>x</sub>, у горелки типа В заметно выше температура (разница в 20 °С). По уровню СО горелки практически одинаковы, но у горелки типа В образование СО стабильнее и не больше 1 ppm. Это можно объяснить следующим: при большом количестве сопел, топливо распределяется по зоне горения более равномерно, что снижает возможность образования «богатых» топливом локальных объемов, тем самым увеличивая полноту сжигания. Снижение оксидов азота можно объяснить тем что, увеличение количество сопел увеличивает теплонапряженность огневого пространства вокруг горелок, повышается равномерность распределение температуры по всему объему горелки, снижая локальные высокие температуры, которые напрямую влияют на образование NO.

На рис. 1 представлены фотографии горелок при различных уровнях расхода газа. На рисунках 1 а показан минимальный режим, на 1б представлен максимальный режим горелки А.

На рис. 1в, минимальный режим горелки тип Б. (На рисунке видно, что факела находятся очень близко). На рис. 1 г максимальный режим горелки тип Б.

На фотографиях показана микрофакельное сжигание природного газа. Мы видим на картину горения (по цвету пламени влияет соотношение воздуха и топлива).

Наша задача более широкое внедрение МФС в топливосжигающих агрегатах и показать влияние других параметров. Например: в печах и котельных агрегатах, в камерах сгорания ГТУ и ПГУ. С этой целью надо разработать основные принципы МФС для газовых горелок различного назначения. В настоящее время мы из различных источников [2,3,4] знаем об использовании МФС для уменьшения вредных выбросов. Вместе с тем в связи с проблемой борьбы с загрязнением атмосферы токсичными продуктами сгорания органического топлива необходима предварительная оценка образования вредных выбросов.

За последние годы предпринималось много попыток создать модель процесса горения в горелочных устройствах и камере сгорания ГТД, позволяющую прогнозировать характеристики выбросов. На сегодня в литературе описано много систем расчета уровня выбросов NO<sub>x</sub> из горелок и камер сгорания, которые существенно разнятся по сложности, применимости и строгости. Однако существует наиболее распространённые методики, которые представлены в работах [5,6,7].

Современные многомерные модели горения только качественно согласуются с измерениями и поэтому их следует использовать как вспомогательное средство в эмпирическом методе



проектирования с целью изучения различных физико-химических процессов, происходящих в камерах сгорания газовых турбин. По мере совершенствования моделей физических процессов и строгости численных методов расчета аналитические модели будут играть все более важную роль при проектировании и доводке камер сгорания.

Трудности разработки и использования сложных математических моделей в совокупности с неуверенностью в достоверности получаемых результатов стимулируют разработку методов основанных на упрощающих допущениях [8,9,10]. К наиболее простым моделям расчета уровней выбросов  $\text{NO}_x$  в стандартных условиях, и прогнозирования выбросов в условиях отличных от расчетных относятся эмпирические зависимости. Обзор чисто эмпирических уравнений данные в таблице 1, где представлены некоторые уравнения и основные параметры существенно влияющие на образование  $\text{NO}_x$ .

Из таблицы 1. видно, что представленные уравнения дают различную оценку влияния отдельных параметров на выбросы  $\text{NO}_x$  для различных топливосжигающих устройств.

Уравнение	Давление	Температура	Расход воздуха	Соотношение топливо-воздух	Другие
$C_{NO} = A \exp\left(\frac{T_g}{300}\right) P_{\kappa}^{0,5} G_g^{-0,22} \left(\frac{1}{\alpha}\right)^{1,4}$	$P_{\kappa}^{0,5}$	$\exp\left(\frac{T_g}{300}\right)$	$G_g^{-0,22}$	$f^{1,4}$	
$C_{NO} = B \exp\left(\frac{T_g}{248}\right) P_{\kappa}^{0,5} G_g^{-1} \left(\frac{1}{\alpha}\right)$	$P_{\kappa}^{0,5}$	$\exp\left(\frac{T_g}{248}\right)$	$G_g^{-1}$	$f$	
$C_{NO} = D \exp\left(\frac{T_g}{200}\right) P_{\kappa}^{0,5} \left(\frac{1}{\alpha}\right)$	$P_{\kappa}^{0,5}$	$\exp\left(\frac{T_g}{200}\right)$		$f$	
$C_{NO} = E \exp\left(\frac{1,14T_g}{300}\right) P_{\kappa}^{1,5} G_g^{-1} T_g^{-0,5} \left(\frac{f}{1+f}\right)$	$P_{\kappa}^{1,5}$	$\exp\left(\frac{1,14T_g}{300}\right) T_g^{-0,5}$	$G_g^{-1}$	$\left(\frac{f}{1+f}\right)$	
$C_{NO} = k \exp\left(\frac{-38000}{T_s}\right) P_{\kappa}^{1,79} G_g^{-1} T_g^{-1} O_{равн} \left(\frac{f}{f_s}\right)$	$P_{\kappa}^{1,79}$	$\exp\left(\frac{-38000}{T_s}\right) T_g^{-1}$	$G_g^{-1}$	$\left(\frac{f}{f_s}\right)$	$O_{равн}$
$C_{NO} = \frac{AV_c \exp\left(\frac{-0,009}{T_s}\right) P_{\kappa}^{1,2}}{G_g T_s (\Delta P / P)^{0,5}}$	$P_{\kappa}^{1,2}$	$\exp\left(\frac{-0,009}{T_s}\right) T_s^{-1}$	$G_g^{-1}$		$V_c / (\Delta P / P)^{0,5}$

Так влияние давления на выход  $\text{NO}_x$  оценивается значением от  $P^{0,5}$  до  $P^{1,5}$ , влияние температуры значительно и неоднозначно оценивается в уравнениях, в некоторые выражения не входит время пребывания  $\tau$ , неоднозначно влияние соотношения топливо-воздух. Массовый расход воздуха входит не во все уравнения, в некоторых выражениях присутствуют дополнительные параметры. Видно, что взаимосвязь параметров неоднозначна и связь представленных уравнений не проста, но ограниченность параметров и простота уравнений привлекательны для использования их при оценке возможных выбросов  $\text{NO}_x$  в предварительных расчетах.

Эти зависимости не учитывают физических процессов проходящих в камере сгорания, так как входные параметры не отражают ни схемы, ни конструкции горелки, ни геометрии камеры сгорания, а также не учитывает используемый метод сжигания топлива, а ведь именно процессы, проходящие в камере сгорания и в горелках определяют в значительной степени выброс оксидов азота.

Расчеты, проведенные в показали, что использование простых уравнений позволяет описать выход  $\text{NO}_x$  в традиционных камерах с погрешностью до 30 %, большая строгость едва ли возможна, если не включить в уравнения значительно более строгое рассмотрение рабочего процесса протекающего в камерах сгорания. Кроме того, эмпирические соотношения не позволяют проследить, как меняется эмиссия при изменении конструкции фронтального устройства или самой камеры сгорания.

Большинство более сложных моделей, предложенных для прогнозирования выделений  $\text{NO}_x$  в камерах сгорания, содержит две части. Первая часть имеет кинетическую схему образования оксидов азота, разработанную из правдоподобного химического механизма их образования в первичной зоне камеры. Вторая часть – это модель течения, которая связывает кинетику образования оксидов азота с газодинамическими, тепловыми процессами и структурой турбулентного пламени, а также элементы конструкции фронтального устройства. Тем не менее мы четко выяснили, что связь образования  $\text{NO}_x$  от следующих параметров: температура и давление в зоне горения, коэффициент избытка воздуха и время пребывания продуктов сгорания в зоне высоких температур.

Формально суммарное время горения газообразной горючей смеси может определяться, как

$$\tau_{\text{гор}} = A(\tau_{\text{см}} + \tau_{\text{хим}}), \quad (1)$$

где  $A$  – опытный множитель ( $A < 1$ ), учитывающий одновременность протекания процессов смешения и химического реагирования компонентов горючей смеси. Для облегчения задачи, сделаем некоторые допущения.

Фактически по принятому условию работы микрофакельного устройства время смешения может не учитываться. Время горения смеси будет в основном определяться временем протекания химической реакции, куда войдет и время предварительного подогрева горючей смеси до температуры начала воспламенения. В целом же, суммарное время горения смеси может рассматриваться, как время пребывания продуктов сгорания в высоко-температурной зоне  $\tau_{\text{гор}} = \tau_{\text{пр}}$ .

В зоне горения при микрофакельном сжигании гомогенной смеси неравномерность температурного поля мала, поэтому с достаточным приближением можно считать что химические реакции протекают при постоянной температуре для соответствующего  $\alpha_r$  (коэффициент избытка воздуха в зоне горения).

Рассмотрим образование окиси азота в зависимости от времени реакции, считая, что  $\tau_{\text{NO}} \approx \tau_{\text{пр}}$ .

При сжигании бедных смесей газового топлива ( $\alpha_r > 1,2$ ), существенное значение для образования  $\text{NO}$  имеет только реакции механизма, предложенный академиком Я.Зельдовичем.

Тогда общее уравнение скорости выхода можно записать с учетом механизма следующим образом:

$$\frac{d(\text{NO})}{d\tau} = k_1 \text{O} \cdot \text{N}_2 - k_{-1} \text{N} \cdot \text{NO} + k_2 \text{N} \cdot \text{O}_2 - k_{-2} \text{O} \cdot \text{NO}. \quad (2)$$

Полагая  $dN/d\tau = 0$  (для случая камер сгорания ГТД – когда диапазон температур в зоне горения составляет 1600-2000 °C), имеем:

$$\frac{d(\text{NO})}{d\tau} = 2\text{O} \left[ \frac{k_1 \text{N}_2 - k_{-1} k_{-2} \text{NO}^2 / k_2 \text{O}_2}{1 + k_{-1} \text{NO} / k_2 \text{O}_2} \right]. \quad (3)$$

Для реакции горения в воздухе при  $\alpha_r > 1,2$  можно принять при постоянной температуре  $\text{N}_2 = \text{N}_{2e}$  и  $\text{O}_2 = \text{O}_{2e}$  (индексом "е" обозначено здесь конечное равновесие). При конечном равновесии реакции образования  $\text{NO}$  будут равновесными и тогда

$$\frac{k_1}{k_{-1}} \cdot \frac{k_2}{k_{-2}} = \frac{(\text{NO})_e^2}{(\text{N}_2)_e (\text{O}_2)_e} = K_{\text{NO}}^2. \quad (4)$$

Допустим, что количество (O) приближенно равно его величине при конечном равновесии, т.е.

$$(\text{O})_e = (\text{O}_2)_e^{0,5} \frac{K_0}{\sqrt{RT}}. \quad (5)$$

Тогда выражение (3) преобразуется в следующий вид:

$$\frac{d[NO/(NO)_e]}{d\tau} = 2k_1O \frac{N_2}{(NO)_e} \left[ \frac{1 - NO^2/(NO)_e^2}{1 + \frac{k_{-1}(NO)_e}{k_2 O_2} \frac{NO}{(NO)_e}} \right]. \quad (6)$$

Если ввести следующие обозначения:

$$y = \frac{NO}{(NO)_e}; \quad A = \frac{4k_1k_0\sqrt{N_2}}{k_{NO}\sqrt{RT}}; \quad B = \frac{k_{-1}k_{NO}\sqrt{N_2}}{k_2\sqrt{O_2}},$$

то уравнение (6) принимает вид:

$$\frac{dy}{d\tau} = \frac{A}{2} \left[ \frac{1 - y^2}{1 + By} \right]. \quad (7)$$

Разделяя переменные и интегрируя выражение (7) получим:

$$\begin{aligned} \frac{2(1 + By)dy}{1 - y^2} &= Ad\tau; \\ \int \frac{2dy}{1 - y^2} + \int \frac{2Bydy}{1 - y^2} &= \int Ad\tau; \\ \ln \left| \frac{1 + y}{1 - y} \right| - [\ln(1 - y^2)] \cdot B &= A\tau \end{aligned} \quad (8)$$

или

$$\ln(1 + y) - \ln(1 - y) - B \ln(1 + y) - B \ln(1 - y) = A. \quad (9)$$

Откуда окончательно получаем следующее уравнение:

$$(1 + y)^{B-1} \cdot (1 - y)^{B+1} = e^{-A\tau}. \quad (10)$$

Данное уравнение показывает зависимость величины безразмерного выхода  $NO_x$  от времени пребывания продуктов сгорания в высокотемпературной зоне. Параметры  $A$  и  $B$  выражаются через факторы  $P_v$ ,  $T_r$  и концентрации  $O_2$  и  $N_2$  в мольных долях:

$$\begin{aligned} A &= 5,4 \cdot 10^{15} \frac{\sqrt{P}}{T_r} \sqrt{C_{N_2}} \cdot \exp\left(-\frac{57900}{T_r}\right); \\ B &= 2,08 \cdot 10^4 \sqrt{\frac{C_{N_2}}{C_{O_2}}} \frac{1}{T_r} \exp\left(-\frac{7690}{T_r}\right). \end{aligned}$$

Существенное влияние на образование окислов азота оказывает температура в зоне горения и, естественно, для снижения скорости образования  $NO$  очевидно необходимо сохранение наименьшей допустимой конечной температуры. Это возможно за счет оптимального соотношения между низкой температурой на входе, отвечающей устойчивому горению и увеличением значения  $\alpha_r$  в зоне горения.

Но в случае, когда имеем ГТД с регенерацией, где  $T_v$  достигает 600-800 К, следует максимально уменьшить время пребывания в зоне высоких температур за счет оптимальной конструкции жаровой грубы и прежде всего геометрии фронта. Влияние конструктивных особенностей камер сгорания на выход  $NO_x$  отмечены во многих работах.

Для диффузионного пламени средний состав смеси в первичной зоне не являемся существенным конструктивным параметром, однако, для фронтных устройств с предварительным перемешиванием топливозвоздушной смеси коэффициент избытка воздуха приобретает существенное значение (рисунок 2). При этом в этих камерах обычная зона обратных токов может существовать для стабилизации пламени.

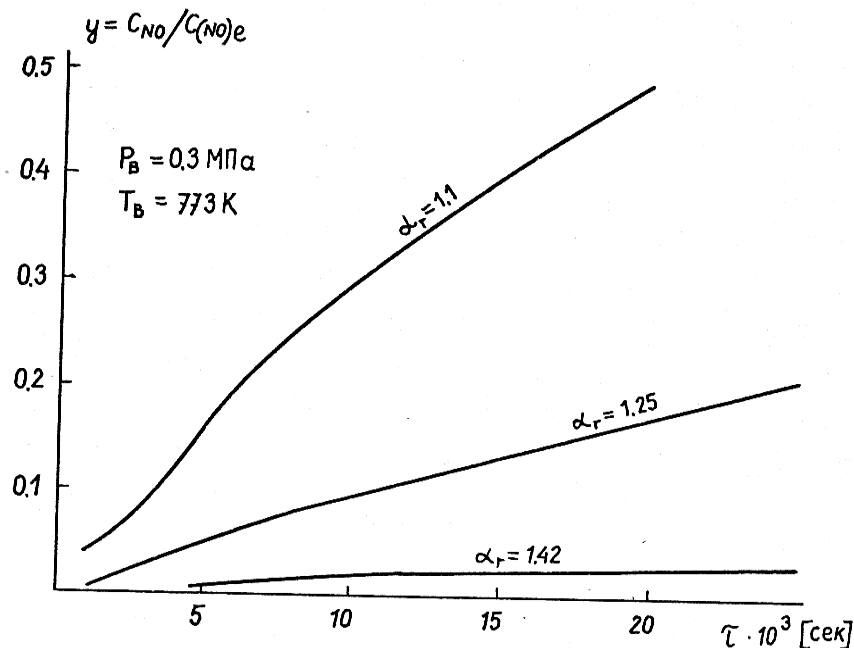


Рис. 2. Зависимость относительной концентрации NO<sub>x</sub> от времени пребывания

Как видно из рисунка 2, концентрации NO<sub>x</sub> повышается в зависимости от времени пребывания в камере сгорания.

#### Заключение

Таким образом, для создания инженерной методики по оценке выбросов NO<sub>x</sub> следует установить явную зависимость  $\tau_{пр}$  от геометрии микрофакельного устройства и условий распределения воздуха в зоне горения с тем, чтобы давать окончательную зависимость NO<sub>x</sub>. А также надо учесть влияющие аэродинамических и конструктивных параметров топливосжигающей установки при ее доводке.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Хитрин Л.Н. Физика горения и взрыва. –М.: МГУ, 1957. – 442 с.
- [2] Зельдович Я.Б., Садовников П.Я., Франк-Каменецкий Д.А. Окисление азота при горении. - М.: Изд-во Наука, 1947. – 146 с.
- [3] Достияров А.М., Умышев Д.Р., Катранова Г.С. Численное моделирование процессов горения за профилями лопаток. В сб. материалов// Матер. 8-ой междунар. науч. – прак. конф. «Академическая наука - проблемы и достижения». - North Charleston; USA, 2017. - С.82-87.
- [4] Достияров А.М. Разработка топливосжигающих устройств с микрофакельным горением и методики их расчета: дис. ... док. техн. наук: 05.14.04. - Алматы: КазНИИ Энергетики им. Чокина, 2000. – 237 с.
- [5] Лебедев В.П. Разработка устройств для микрофакельного сжигания топлива и промежуточного подогрева газов в ГТУ: дис. ... канд. техн. наук. – М., 1984. – 150 с.
- [6] Кибарин А.А. Разработка микрофакельного фронтного устройства для камеры сгорания транспортно-го ГТД с пониженным образованием оксидов азота: дис. ... канд. техн. наук. - М., 1991. – 160 с.
- [7] Майсутов Т.Б. Теория и практика оценки экологической безопасности работы газотурбинных установок: автореф. ... канд. техн. наук: 25.00.36. - Тараз, 2008. – 26 с.
- [8] Тумановский А.Г. Некоторые пути снижения концентрации окислов азота в камерах сгорания ГТУ// Теплоэнергетика. - 1973. – Вып.6. - С.30-33.
- [9] Иссерлин А.С. Газовые горелки. - Изд. 3-е переработанное. – Л.: Изд-во Недр, 1966. – 188 с.
- [10] Христин В.А. О путях снижения эмиссии NO<sub>x</sub> при сжигании топлив с высокими и переменными избытками воздуха//В кн.: Образование окислов азота в процессах горения и пути снижения выброса их в атмосферу. - Киев: Изд-во Наукова думка, 1979. - 300 с.
- [11] Umyshev et.al. Application of semi perforated v-gutter flameholders in heat-generating systems for autonomous building heating// International journal of mechanics and mechanotronics. – 2016. - Vol.16, №6. - P. 63-69.
- [12] Dias R. Umyshev, Abay M. Dostiyarov, Musagul Y. Tumanov, Galia M. Tyutebayeva. Experimental investigation of recirculation zones behind v-gutter type flameholders// International Journal of Pharmacy and Technology. – 2016. - Vol. 8, №4. - P. 27369-27380.
- [13] Umyshev D.R., Dostiyarov A.M., Tyutebayeva G.M. Experimental investigation of the management of NO<sub>x</sub> emissions and their dependence on different types of fuel supply// Espacios. – 2017. - Vol.38, №24. – P.17.

[14] Достияров А.М., Туманов М.Е., Умышев Д.Р. Численное моделирование процессов горения в газовой микрофакельной горелке// Матер. форума с международным участием «Неделя науки СПбПУ». – Санкт-Петербург: СПбПУ, 2015. - С. 174-176.

[15] Достияров А.М., Туманов М.Е., Умышев Д.Р. Экспериментальное исследование горелок с микрофакельными насадками// Вестник КазНТУ. – 2016. - №1. - С. 174-182.

[16] Достияров А.М., Тютөбаева Г.М., Умышев Д.Р. Результаты исследования угольковых стабилизаторов для камер сгорания ГТД// Вестник ПГУ. – 2016. - №1. - С. 68-80.

[17] Достияров А.М. Разработка топливосжигающих устройств с микрофакельным горением и методики их расчета: дис. ... док. техн. наук: 05.14.04. - Алматы: КазНИИ Энергетики им. Чокина, 2000. – 237 с.

[18] Достияров А.М., Умышев Д.Р., Мусабеков Р.А., Яманбекова А.К. Изучение влияния выходного регистра на процессы горения в воздушной форсунке стабилизаторе. Ежемесячный международный научный журнал «European multi science journal». - Szabadság út 27, Budaörs, Венгрия, 2017. – С. 73-77.

Достияров А.М., Умышев Д.Р., Дуйсенбек Ж.С., Яманбекова А.К.

**Микрофакельно азиядағы нитроген оксидінді пайдалануға негізгі параметрлердің анықтауы.**

**Түйіндеме.** Жұмыс барысында газ турбины жаңу камераларында табиғи газды жағу үлгісі, сондай –ақ әртүрлі авторлардың зерттеу нәтижелері бойынша эмпирикалық тәуелділіктер қарастырылған. Жұмыстың мақсаты микроалаудың жаңу технологиясын зерделеу және олардың негізінде қоршаған ортаны жақсарту отырып, қолданыстағы микро- алау қодырығыларын жаңартып, жетілдіру болып табылады.

**Түйінді сөздер:** микро алаулы жағу, азот оксиді, газ турбинылық қозғалтқыш, жаңу камерасы.

УДК 622.276.72

**G. A. Baymakhanov, A. Bairambayev**  
(Al-Farabi Kazakh National University)

**PROCESS APPROACH OF QUALITY MANAGEMENT SYSTEM IMPROVEMENT**

**Abstract.** Currently, there are two types of international quality standards: product standards (product specifications, production specifications, quality indicators, means and methods of control, etc.) and quality assurance standards related to the supplier. Quality standards play a fundamental role regarding to specific relationships between the consumer and the manufacturer, they are the foundation for solving emerging quality problems. A good perspective in this direction is provided by the concept of universal quality management.

**Key words:** Standardization, certification, quality management, quality manual.

**Г.А. Баймаханов, А. Байрамбаев**  
(КазНУ им. Аль-Фараби)

**ПРОЦЕССНЫЙ ПОДХОД СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА  
КАЧЕСТВА**

**Аннотация.** В настоящее время существуют два вида международных стандартов в области качества: стандарты на продукцию (спецификация продукции, спецификация производств, показатели качества, средства и методы контроля и т.д.) и стандарты обеспечения качества, связанные с поставщиком. Стандарты качества играют фундаментальную роль в отношении конкретных связей между потребителем и производителем, они являются фундаментом для решения возникающих проблем качества. Хорошие перспективы в этом направлении дает концепция всеобщего управления качеством.

**Ключевые слова:** Стандартизация, сертификация, управление качеством, руководство по качеству, система менеджмента качества.

Последовательная и непрерывная интернационализация производств, рост числа фирм на зарубежных рынках способствовали разработке соответствующих международных нормативных документов и стандартов, регулирующих взаимоотношения продавцов и покупателей, характеристики продукции, обеспечение качества и других аспектов взаимоотношений участников международного обмена товарами и услугами.

В настоящее время существуют два вида международных стандартов в области качества: стандарты на продукцию (спецификация продукции, спецификация производств, показатели качества, средства и методы контроля и т.д.) и стандарты обеспечения качества, связанные с

поставщиком. Международные стандарты семейства ИСО 9000 устанавливают основные требования к созданию общих программ управления качеством (обеспечения качества) в промышленности и сфере обслуживания. Стандартами ИСО 9000 предусмотрены рекомендации для выбора той системы качества, которая требуется на предприятии с учетом конкретных условий и планируемых действий в области обеспечения качества. Созданию семейства стандартов ИСО 9000 предшествовал трехязычный словарь терминов и их определений в области обеспечения качества - ИСО 8402 [1]. Стандарт ИСО 9000 определяет условия общего руководства качеством и совокупность стандартов по обеспечению качества.

Стандарты ИСО 9001, 9002 и 9003 определяют различные модели обеспечения качеством, в том числе: ИСО 9001 - модель для обеспечения качества при проектировании, производстве и обслуживании; ИСО 9002 — модель для обеспечения качества при производстве и монтаже, ИСО 9003 — модель для обеспечения качества при окончательном контроле и испытаниях. Они используются для контрактных ситуаций и для целей сертификации системы качества предприятия. Стандарт ИСО 9001 является наиболее полным из трех стандартов, регламентирующих базовые модели системы качества предприятия, поглощая стандарты 9002 и 9003. Стандарт ИСО 9002, в свою очередь, включает в себя требования стандарта ИСО 9003 [3].

Стандарт ИСО 9004 относится к общему руководству качеством и определению системы качества, в котором приведено описание всех элементов, рекомендуемых для применения в зависимости от варианта производственного процесса. В стандарте рассмотрены экономические аспекты качества, различные виды затрат, приведены рекомендации по проведению внутренних проверок качества для оценки готовности подразделений предприятия к стабильному обеспечению качества продукции, отвечающего требованиям спецификаций, стандартов и ожиданиям потребителей. Стандарт ИСО 9004 предназначен для решения задач в области внутреннего обеспечения качества и не должен использоваться в контрактных ситуациях и для целей сертификации.

Стандарты семейства ИСО 9000 получили международное признание в силу того, что они представляют собой объективный итог определения и обеспечения качества бизнеса. Они отражают содержание опыта хорошо организованной работы профессионально обученных и заинтересованных людей в сфере обеспечения качества, ориентированных на удовлетворение потребителя и обеспечение конкурентоспособности, а также заинтересованных в результативной и эффективной работе предприятия в целом. Кроме того, эти стандарты учитывают и базируются на общепризнанных принципах, методах и технологиях организации и управления современным производством, показавших свою практическую эффективность в двадцатом столетии [2].

При реализации всеобщего управления качеством на предприятии наиболее актуальной является проблема освоения отечественными предприятиями всех требований международных стандартов семейства ИСО 9000. Принципиальным отличием создаваемых на предприятиях систем качества, основанных на стандартах ИСО 9000, от существовавших ранее, является их четкая направленность на удовлетворение конкретных запросов потребителя [5]. Международный опыт создания и внедрения международных стандартов показывает, что, в первую очередь, они разрабатывались и применялись в целях обеспечения качества на этапах проектирования и производства в важнейших отраслях промышленности.

Приведенные стандарты семейства ИСО 9000 получили дальнейшее развитие на основе анализа предложений национальных организаций по стандартизации и опыта их применения в различных странах и сферах деятельности. Позже был завершён первый пересмотр стандартов семейства ИСО 9000. В состав версии вошло 16 стандартов, включая новые версии ранее выпущенных стандартов. Они отражают прогресс в области управления качеством и практический опыт применения стандартов семейства ИСО 9000. Стандарты этой версии включают три отдельные группы: базовые стандарты, стандарты поддержки и методические руководства [6].

Группа базовых стандартов включает рассмотренные выше стандарты ИСО (9001, 9002, 9003, 9004) с учетом их новой редакции, регулирующие контрактные и неконтрактные ситуации.

Стандарты поддержки предназначены для оказания помощи: в выполнении деятельности, связанной с инспекцией системы качества предприятия (ИСО 10011/1, ИСО 10011/2 и 10011/3); в определении терминов, областей применения различных стандартов (ИСО 9000/1) и базовых характеристик системы метрологического обеспечения качества поставщика (10012/1). Принципиально новым положением является определение четырех ключевых аспектов качества:

качество, обусловленное спросом на продукцию и проектированием продукции, соответствием продукции проекту и определяемое материально-техническим обеспечением.

Методические руководства представляют собой документы по оказанию помощи: в практическом применении базовых стандартов (ИСО 9000/2, 9000/3 и 9000/4); в применении стандарта ИСО 9004/1 для системы качества в сфере услуг (9004/2), управления качеством перерабатываемых материалов (9004/3) и непрерывного улучшения качества внутри организации (9004/4). Они содержат рекомендации для подготовки Руководства по качеству (ИСО 10013), подготовки и применения планов качества (ИСО 1005), а также для обеспечения качества в перспективном управлении (ИСО 1006), конфигурации управления (ИСО 1007), персональной ответственности за определение потребностей потребителя и последующее их удовлетворение (ИСО 10014) [7].

Стандарты семейства ИСО 9000 приняты в качестве национальных в различных модификациях более чем в 100 различных странах, включая США, Японию, Англию, Германию, Францию, Данию и другие страны. Во всех случаях содержание стандартов включает требования к Системе качества предприятия (фирмы) как основное условие для достижения стабильного качества выпускаемой продукции.

На наш взгляд, это: формирование и документальное оформление общей политики менеджмента предприятия; структурирование системы на подсистемы, элементы и основные виды деятельности (функции); четкое распределение ответственности и полномочий в системе; акцентирование внимания не на вертикальных, а на горизонтальных связях в менеджменте; делегирование прав и ответственности на нижние этажи управленческой иерархии; документирование всех управленческих процедур, реализуемых в подсистеме; принятие мер по устранению причин выявленных или потенциальных несоответствий в системе; аудит системы менеджмента; непрерывное улучшение общего менеджмента. Представление о подсистеме менеджмента качества как основе системы менеджмента предприятия согласуется с позицией ряда специалистов, которые утверждают, что сегодня на предприятии не должно быть никакой отдельной системы качества, а должна быть единая система менеджмента, базирующаяся на принципах менеджмента качества.

В последние десятилетия развитие менеджмента качества шло опережающими темпами по сравнению с развитием менеджмента предприятия. Это обусловило разработку высокоэффективных методов решения проблем менеджмента качества, а также моделей, основанных на принципах качества (моделей TQM), которые, по мнению специалистов ЕОК, являются «идеальной основой для развития предпринимательства и повышения конкурентоспособности предприятий». Наибольший вклад в развитие теории TQM внесли В.Эдвардс Деминг, Джозеф М.Джуран и Филип Б.Кросби, которые подчеркивали необходимость подхода к качеству на уровне организации. По существу, создание моделей TQM уже означает переход от менеджмента качества к качеству менеджмента предприятия. В соответствии со стандартизованным определением качества под качеством менеджмента предприятия следует понимать совокупность характеристик, относящихся к способности менеджмента предприятия достигать поставленные перед ним цели.

Очевидно, что к числу важнейших характеристик менеджмента предприятия, наряду с достижением необходимого качества его продукции (услуг), следует отнести: обеспечение конкурентоспособности, устойчивость развития предприятия в экономической и социальной сферах, экономию ресурсов, эффективное предпринимательство, охрану окружающей среды. Повышение качества менеджмента предприятия базируется на: повышении качества принятия решений на всех уровнях управленческой иерархии предприятия; реализации принятых решений с наименьшими затратами ресурсов; совершенствовании качества процедур менеджмента; постоянном совершенствовании и обновлении методов менеджмента.

Система качества определена стандартами семейства ИСО 9000 как инструмент для управления и обеспечения качества продукции предприятия. Она охватывает большинство методов и установившийся порядок в работе предприятия, а также распределение и практическую реализацию ответственности для обеспечения качества продукции, требуемого потребителем. Стандарты определяют требования к оформлению документации на систему качества и ее основные элементы (подсистемы), которая является необходимым условием сертификации системы качества поставщика.

Координацию работ по сертификации систем качества предприятий (фирм) осуществляет Международная организация по стандартизации (ИСО), разработавшая стандарты семейства ИСО 9000 и осуществляющая их развитие. Она является неправительственной организацией, имеющей статус специализированной организации ООН, со своим аккредитованным центром в Женеве.

Сотрудничество с этой организацией осуществляется через национальные органы по стандартизации (например, США -Американский Национальный институт стандартизации, Англия - Британский институт стандартов, Россия - Государственный комитет по стандартизации). В Республике Казахстан таким органом является Комитет технического регулирования и метрологии Министерства по инвестициям и развитию Республики Казахстан. Процедуры и порядок сертификации продукции и систем качества установлены отечественными и международными нормативными документами. На данный момент Казахстан сотрудничает с международными и региональными организациями по стандартизации, метрологии и аккредитации. Казахстан является полноправным членом 56-ти технических комитетов ISO (Participating Member) и членом-наблюдателем (Observing Member) в 39 технических комитетов ISO.

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 [8].

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.

Применение стандартов способствует улучшению качества продукции, повышению уровня унификации и взаимозаменяемости, развитию автоматизации производств и процессов, росту эффективности эксплуатации и ремонта изделий и конструкций.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Абонеев, В.В., Коник, Н.В. Селекционные и технологические приемы повышения конкурентоспособности тонкорунного овцеводства // Овцы, козы, шерстяное дело. 2015. № 3. С. 3.
- [2] Коник, Н.В. Особенности управления качеством в сельском хозяйстве / Н.В. Коник, О.А. Голубенко, Е.В. Максименко, В.А. Коновалов // Актуальные вопросы науки и техники: Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. - Саратов: Инновационный центр развития образования и науки, 2015.- с. 165.
- [3] Коник, Н.В. Современные представления о безопасности и качестве / Н.В. Коник, О.А. Голубенко, О.А. Шутова // Актуальные вопросы науки и техники: Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. - Саратов: Инновационный центр развития образования и науки, 2015.- с. 171.
- [4] Коник, Н.В. Разработка системы измерения управленческих процессов вуза в условиях функционирования системы менеджмента качества / Н.В. Коник, О.А. Голубенко, О.А. Шутова // Аграрный научный журнал. - 2015. - № 10. - с. 83.
- [5] Коник, Н.В. Влияние продления пастбищного периода на эффективность откорма овец / Н.В. Коник // Международный сельскохозяйственный журнал. - 2009. - № 1. - с. 52.
- [6] Максименко, Е.В. Метрологический анализ процессов в сельском хозяйстве / Е.В. Максименко, В.А. Коновалов, Н.В. Коник // Актуальные проблемы ветеринарной медицины, пищевых и биотехнологий: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. - Саратов, 2015. с. 311.
- [7] Организация и проектирование предприятий торговли: учеб. пособие / Н.В. Коник. - М.: Альфа-М, 2009. - 301 с.
- [8] Мухамбетов Г.М. Инновации в области менеджмента – ключ к успеху казахстанских предприятий // Менеджмент качества (Алматы). – 2009. - № 1 – с. 18.

Баймаханов Г.А., Байрамбаев А.

#### **Сапа менеджменті жүйесін жетілдірудің үдерістік тәсілі**

**Түйіндемe.** Қазіргі уақытта сапа облысында екі халықаралық стандарттар қалыптасқан: өнімнің стандарттарына (өнімнің спецификациясы, өндіріс спецификациясы, сапа көрсеткіштері, құралдар мен әдістерді бақылау және т.б.) және жеткізушімен байланысты сапаны қамтамасыз ету стандарттары. Сапа стандарттары пайдаланушылар мен өндірушілер арасында нақты байланысына фундаментальды рөл ойнайды, олар іргелі проблемаларды шешу үшін негіз болып табылады. Осы бағытта барлық сапаны басқарудың концепциясы жақсы бағыттыр береді.

**Түйінді сөздер:** Стандартттау, сертификаттау, сапаны басқарусы, сапа басшылығы.



УДК 665.775.4

**S.A. Shagymgereyeva, Y. Tileuberdi, Z.R. Yaliev, Y.K. Ongarbayev**  
(Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Republic of Kazakhstan)  
E-mail: shagymgereyeva@mail.ru

## **MODELLING OF LAYER HYDRAULIC FRACTURING**

**Abstract:** Hydraulic fracturing is widely accepted and applied to improve the gas recovery in unconventional reservoirs as well as intensify the amount of executed product. In order to effectively and economically recover gas from such reservoirs, the initiation and propagation of hydraulic fracturing in the heterogeneous fractured/porous media under such complicated conditions should be mastered. Based on the results of constructing hydrodynamic models, the determining factor for success is the correct choice of the object for operations and a reasonable selection of wells for processing.

**Key words:** hydraulic fracturing, modeling, wellbore, deposit, discharge.

Unconventional gas mainly includes shale gas, tight gas and coal seam gas. Shale gas is commonly in mudstone, shale and between them the interlayers of sandstone. Tight gas often has been stored in tight sandstone or sometimes limestone. Coal bed methane is contained within coal seams. Their common attribute is that the permeability of the matrix is very low, and the permeability often has been improved by artificial or natural fractures [1]. However, the differences between them are also significant. For example, the effective shale thickness for gas production should be more than 15 m while the height of coal is generally from 0.6 m to 5.0 m [4], as coal seams to be fractured may be multiple and thin, hydraulic fracturing in coal needs to be more accurately designed and controlled. Moreover, the Young's modulus of coal is smaller than shale and tight sandstone, the permeability of coal is more sensitive to stress due to the development of cleat system, and leakoff in coal may be more severe, which can significantly affect the fracturing result. Due to the complexity of unconventional reservoirs, it is challenging to predict the initiation and propagation of hydraulic fractures. For example, the complex in situ stress state and distribution of rocks of varied attributes, which may change the profile of hydraulic fractures; the existence of arbitrary pre-existing interfaces may diversify or arrest hydraulic fractures [3]; the temperature effect; the fluid loss and transport of proppant; the competition between hydraulic fractures, and its recession and closure [5]. Thus, it is crucial to explore how hydraulic fracturing process will happen in complex geological settings.

Field study is much more complex because the mechanical traits and geologic conditions and in-situ stress fields are different and unique while laboratory experiments can be controlled and repeated, and difficulties for hydraulic fracturing can be easily added by in situ experiences. Many methods can be used to evaluate hydraulic fracturing in field study. For example, historical production data such as bottomhole pressure and near-wellbore pressure losses can be used to understand the fracturing process; sonic anisotropy and radioactive tracer logs can be used to analyse hydraulic fracture geometry; and both resistivity and acoustic imaging can be used to evaluate dominant fracture azimuths and borehole features [2].

### **Influences of in-situ stresses on hydraulic fracturing**

In order to optimize gas production in shale, it is necessary to create as much contact area between the unconventional gas reservoir and fracture system as possible, within economical permit. Stress condition in formation is a dominating factor in creating hydraulic fractures at different locations and being able to control their propagation [1]. In-situ stress was the overriding factor that influenced the fracture propagation when it was in a high-stress region compared to interfaces, modulus, strength changes, fluid pressure gradients, and most bedding planes. Near wellbore stress condition can control the initiation and propagation of hydraulic fracture, and the size of hydraulic fracture and injected fluid can also change the stress field in the reservoir. Also the real time change along the near wellbore can change the hydraulic fracture direction and affect the production greatly [3], [9], [11]. The differences in far-field principal stress can alter the direction of hydraulic fractures and also determine whether there is a main fracture or there are many secondary fractures, as well as the shape of fracture has also been constrained. Thus, the well should be perforated to bypass the near wellbore stress field in order to create oriented fractures perpendicular, angularly or longitudinal to the wellbore, as shown in Fig. 1.

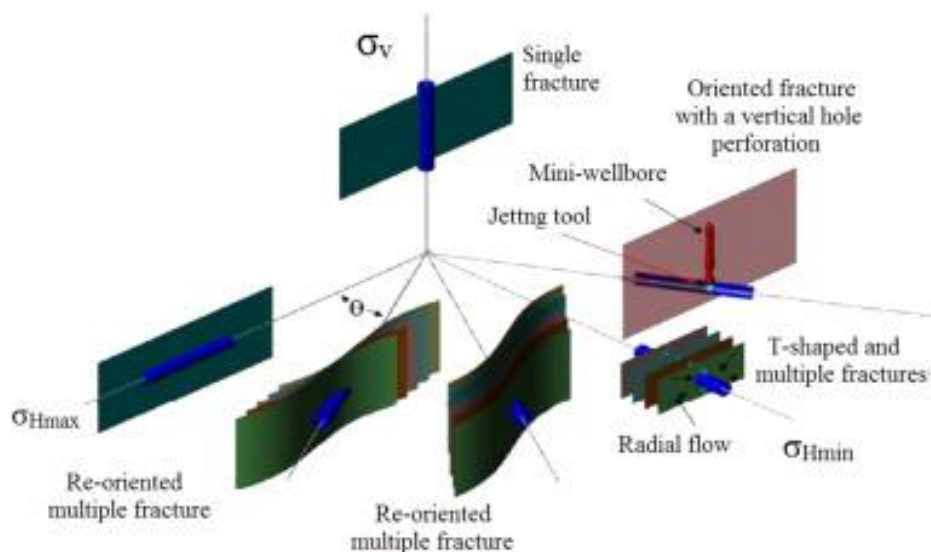


Fig. 1. Fracture geometry with different wellbore orientations relative to in-situ stress field [2].

Stress difference not only influences the direction of hydraulic fractures, but also the quantity. It can be clearly seen that within the scope of high horizontal stress difference, hydraulic fracture was a dominating fracture with random multiple branches, while within the scope of low horizontal stress difference the hydraulic fracture was partly vertical, planar fracture with branches. Moreover, they related the pressure profile to natural network conditions. For example, a high frequency of pressure fluctuation during fracture propagation could mean the existence of small natural fractures while the smooth pressure could mean the existence of natural fractures with strong network. Stress field will be changed during or after hydraulic fracturing process, thus, hydraulic fractures may mutually affect each other. Because the stress field was changed after the fracture was created, subsequent created fracture would be affected by the new stress field and would not be parallel to the first fracture. Moreover, stress field with other factors, such as fluid viscosity and flow rate, may be together affect hydraulic fracturing process.

The intersection angle between in-situ stress and wellbore direction directly affects the orientation of hydraulic fracture, and due to the geological structure and stress condition, the expected initiation and propagation of hydraulic fracture will reversely determine the spacing of wells and fractures, and orientation of wells. Thus, in order to effectively perforate strata and develop dominant fractures and maximize fracture complexity, it is important to master the stress condition in the reservoir and also know how it will evolve with hydraulic fracturing process. However, the initiation locations of hydraulic fractures are usually equally spaced, which is a waste of fracturing capital because the formation is heterogeneous [11]. Thus, in order to properly select locations for hydraulic fractures, factors such as near wellbore stress condition, wellbore direction, direction of principal stress etc. should be considered with cautious. Horizontal well is popular in unconventional gas stimulation because it can greatly increase the contact area between fracture and reservoir.

In shale gas reservoirs horizontal wells that can reach 1600 m long are predominant, multiple hydraulic fractures are placed along horizontal wells and multi-stage fracture often has been performed. Earth deformation is significant because of the leakoff, anelastic deformation, enlarged fracture width when hydraulic fracturing has been performed in a large area, or residual fracture width is common after hydraulic fracturing due to rough fracture surface and/or sliding. Stages of hydraulic fracturing process will be performed on a single well or on multiple wells, moreover, simultaneous and sequential fracking has been adopted to lead the orientation of hydraulic fracture. Previous hydraulic fractures impacts on later fracking work and simultaneous fracking will influence each other by reforming the stress field and transfiguring the formation. Different spacing will lead to different stress condition which can prevent/enhance secondary hydraulic fractures [11]. Moreover, contact area between hydraulic fracture and rock matrix has been enlarged by increase the fracture complexity or networking. Even in some cases, bottomhole pressures were varied between zones, and this difference could impact on in-situ stress profiles and affect the fracture propagation. However, the complex geological structure and stress condition is unable to be reproduced in in-door experiment. Thus, the numerical methods are effective tools for figuring out the mechanisms of hydraulic fracturing in intricate geological setting..

**Influences of complex geological structures on hydraulic fracturing**

Heterogeneities of rocks also have an impact on hydraulic fracturing, such as the variation of rock properties including the permeability, porosity and Young's modulus . Fluctuations of averaged porosity and permeability may be intense due to the range and position of selected area [10]. However, if the compaction stress was large enough, grains would be crashed in front of the fracture. Moreover, under compressive stress state, the deboned and/or crashed grains could repack into tighter and less porous configuration around the fracture tip, which changed the regional porosity and permeability, as well as the stress condition that dominated the propagation of fracturing. Also, the permeability of faults could be strongly affected by in-situ stress magnitudes and orientation , thus, it is important to trace the variation of stress-permeability during hydraulic fracturing process, but now it can only be evaluated after the fracking is finished .

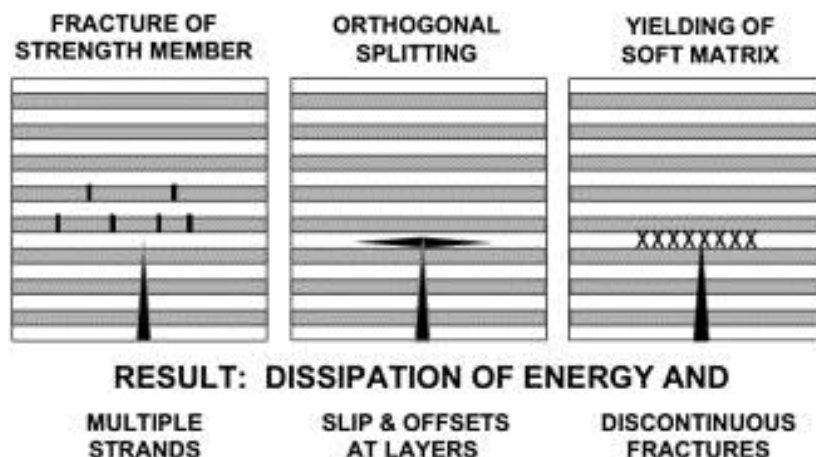


Fig. 2. Composite behaviour for height growth [7].

It is common that rock exhibits elastic-brittle behaviour, but sometimes the rock for hydraulic fracturing is not in elastic-brittle. For example , did a series of both small and large scale tests on particular rocks. Three kinds of fracture fronts had been observed. They were round, bevelled and fingered, as shown in Fig. 4. It was observed that cavityexpansion was firstly occurred before the injection pressure reaches its peak, then hydraulic fracture initiated from the expanding cavity near the pressure peak, and finally it propagated after the pressure peak. Boundary instability also had been observed in small scale tests, and plastic deformation and compressive stress state were important to hydraulic fracturing.

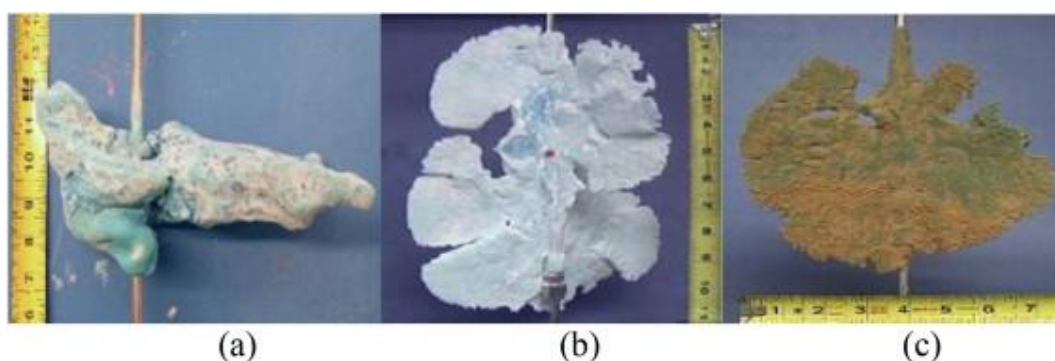


Fig. 3. Fracture profiles in different types of particulate materials: (a) mixture of fine sand of silica flour; (b) silica flour; (c) Georgia Red Clay .

Density also can influence hydraulic fracturing process. Hanson researched on the effects of elastic modulus, friction coefficient of the interface and density of the rock sample on hydraulic fracturing geometry based on unbounded interface tests. They concluded that lowering the friction on the surface of pre-existing fracture had a similar effect on lowering the elastic modulus of the rock on the opposite side of the pre-existing fracture. They also concluded that a change in elastic modulus across the interface had a greater effect than a change in density.

### **Pre-existing fracture**

In field, natural fractures although several feet far from the widespread hydraulic fracture would open or slip due to hydraulic fracturing process [9], and the hydraulic fracture could transvers a large pre-existing weak plane, or be arrested by the plane, or grow along an end of the plane. Moreover, deviated wellbore often produces non-planar fracture [1], reorientation and interaction between fractures .

The open or close state of small pre-existing fractures, such as fissures, micro-cracks, is important for production because they can change the regional properties of reservoir studied the natural fractures in the Barnett shale. It is found that the natural fractures distributed in a power-law size mode and the largest fracture would stay in open state. The open fracture could on one hand prevent the propagation of hydraulic fracture, and on other hand contribute to the flow network that connected to the wellbore. A group of natural fracture often performed a high anisotropy that depends on their linkage to hydraulic fractures, and if they were connected to water, they could be detrimental. The evolvement of the fractures around the main fracture would increase the regional permeability, but it also could lead to significant leakoff, which could limit the development of hydraulic fracture. However, it is hard to determine whether these fractures are in open state and stay as viable flowpaths . They observed that hydraulic fracture could penetrate into joints through the interface, while often terminate near faults, and the orientation was often changed when they succeeded to propagate across the faults. They also observed that hydraulic fracture was terminated at a parting plane but with a small length of propagate, and the reason was that the friction was enough to reinitiate the fracture on the other side but there was not sufficient transmitted stress to let it propagate easily in the higher stress layer.

In some situations, natural fracture may be filled with different kinds of minerals, which forms a combination and the strength of the combination may have an influence on hydraulic fracturing process. They used epoxy and grout to fill in interfaces within the rock sample to make artificial joints which had different stiffness. They found that the epoxy joint with a lower stiffness than the rock sample arrested hydraulic fracture while the grout joint with a higher stiffness than the rock sample did not stop the fracture crossover.

### **Numerical methods for hydraulic fracturing modeling**

Hydraulic fracturing basically involves three processes: (1) the deformation of fracture surfaces; (2) the fluid flow within the fracture; (3) the fracture propagation [3], [4]. Linear elasticity is usually used as the deformation law of rock; power law fluid is set for the fluid within the fracture; linear elasticity fracture mechanics theory is usually adopted as the propagation law; an additional term is often given to the fluid flow equation to calculate the leakoff effects [15], [4].

In order to simulate the real time fracturing process and avoid singularity problems in classic fracture mechanics, cohesive element method, which is implemented by FEM and pre-assumes a fracture zone, has been developed by using traction-separation law the singularity problem in crack tip [2]. Width of fracture shrinks to zero at the tip of fracture due to the corresponding energy dissipation, namely, no separation in front of the fracture [16] and lubrication theory often is adopted to simulate the fluid flow within fracture. Although this method is capable of simulating real time crack growth , the fracture path is predefined by pre-installing cohesive elements, thus, it cannot predict the fracture orientation under complex stress condition, such as reorientation.

Another method is to implement FEM with continuum damage mechanics, in which the fracture is represented by the continuum element whose strength is reduced to a minimal value, and the permeability of cracked elements can be related to the corresponding strain or stress state . Or a scalar damage variable related to strain can be used to represent the isotropic damage extent of continuum rock, and crack closure process was simulated by recovering the elastic moduli of rock . This method is capable of simulating non-planar or ‘out of plane’ effects , however, the elements should be very small in order to precisely predict the path and shape of HF, and the one first order scalar damage index cannot represent the anisotropic damage for a single element, which can be solved by introducing more damage indices with higher orders [6]. Actually, the geometric choice of crack modelling depends on the its size compared to the micro-structure of rock, to the overall structure, the crack initiation, propagation, and local behaviour in crack zone [7]. Adaptive mesh strategy could be used to increase the accuracy and create reasonable mesh distribution .

### **CONCLUSION**

Hydraulic fracturing is an essential stimulation method in unconventional reservoirs. The operation cost for a hydraulic fractured well can reach millions of dollars and the benefits from better understanding and controlling this technology are obvious. Under complex geological settings, it is important but hard to predict how the hydraulic fracturing will evolve and it should be controlled with caution, because hydraulic fractures always cover a large scope and meet different rocks and structures, and endure various stress condi-

tions. Undesirable hydraulic fracturing results will not only cause economic lost but also lead to environment pollution, such as water contaminant caused by the hydraulic fracture penetrating into groundwater layer, which is harmful for ecosystem and is always a public concern. Thus, it is important to understand the mechanisms of hydraulic fracturing with complex geological structures and stress conditions.

Because of the low permeability in unconventional gas reservoir, hydraulic fracturing is applied to generate the fracture and their networks to improve gas recovery. In order to create a suitable fracture system, many parameters need to be optimized, such as the number of perforation clusters per stage, the spacing between stages, the length of the horizontal well, the sequence of fracturing operations etc. However, hydraulic fracturing in unconventional reservoir is more complex than the conventional one, and it is affected by many factors, such as the low porosity/permeability, complex in situ stress state, the distribution of rocks of varied attributes and the existence of arbitrary pre-existing interfaces etc. Especially when multiple hydraulic fractures have been performed, the competition between hydraulic fractures will also influence hydraulic fracturing process. The limitation in the knowledge on the mechanisms of hydraulic fracturing in complex geological setting has restricted the invention and application of innovative stimulation methods.

#### REFERENCES

- [1] J. Geertsma, F.d. Klerk. A rapid method of predicting width and extent of hydraulically induced fractures, *J. Pet. Tech.*, 21 (1969), pp. 1571-1581
- [2] .F.W. Gale, R.M. Reed, J. Holder. Natural fractures in the Barnett Shale and their importance for hydraulic fracture treatments, *AAPG Bull.*, 91 (4) (2007), pp. 603-622
- [3] B.C. Haimson. Large scale laboratory testing of hydraulic fracturing, *Geophys. Res. Lett.*, 8 (7) (1981), pp. 715-718
- [4] A.E. Green, I.N. Sneddon. The distribution of stress in the neighbourhood of a flat elliptical crack in an elastic solid, *Math. Proc. Camb. Philos. Soc.*, 46 (01) (1950), pp. 159-163
- [5] D. Ramaswamy, D.D. Kar, S. De, A study on recovery of oil from sludge containing oil using froth flotation, *J. Environ. Manage.* 85 (2007). – C.150–154
- [6] R.A. Tahhan, T.G. Ammari, S.J. Goussous, H.I. Al-Shdaifat, Enhancing the biodegradation of total petroleum hydrocarbons in oily sludge by a modified bioaugmentation strategy, *Int. Biodeter. Biodegr.* 65 (2011). – C. 130–134
- [7] B.K. Biswal, S.N. Tiwari, S. Mukherji, Biodegradation of oil in oily sludges from steel mills, *Bioresour. Technol.* 100 (2009). – C. 1700–1703.
- [8] W.J. Hahn, High-temperature reprocessing of petroleum oily sludges, *SPE Prod. Facil.* 9 (1994). – C.179–182.
- [9] D. Ramaswamy, D.D. Kar, S. De, A study on recovery of oil from sludge containing oil using froth flotation, *J. Environ. Manage.* 85 (2007). – C. 150–154
- [10] E.L. Hagström, J.M. Adams. Hydraulic fracturing: identifying and managing the risks, *Environ. Claims J.*, 24 (2) (2012), pp. 93-115
- [11] M.E. Hanson, R.J. Shaffer, G.D. Anderson. Effects of various parameters on hydraulic fracturing geometry, *SPE 1980 Unconventional Gas Recovery Symposium. Pittsburgh* (1980)
- [12] R.L. Johnson, B. Glassborow, A. Datey, Z.J. Pallikathekathil, J.J. Meyer. Utilizing current technologies to understand permeability, stress azimuths and magnitudes and their impact on hydraulic fracturing success in a coal seam gas reservoir, *SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition, Society of Petroleum Engineers, Brisbane, Queensland, Australia* (2010)
- [13] R.L. Johnson, J.L. Rogerson. More effective hydraulic fracturing in secondary, in-fill developments, permian basin, using bottomhole pressure and in-situ stress profiling techniques, *SPE Permian Basin Oil and Gas Recovery Conference. Midland, Texas* (1998)
- [14] A.A. Ketter, J.L. Daniels, J.R. Heinze, G. Waters. A field study in optimizing completion strategies for fracture initiation in barnett shale horizontal wells, *SPE Prod. Oper.*, 23 (3) (2008), pp. 373-378
- [15] R. Keshavarzi, S. Mohammadi. A new approach for numerical modeling of hydraulic fracture propagation in naturally fractured reservoirs, *SPE/EAGE European Unconventional Resources Conference and Exhibition, Society of Petroleum Engineers, Vienna, Austria* (2012)

Шагымгереева С.А., Тілеуберді Е., Уалиев Ж.Р., Оңғарбаев Е.Қ.

#### **Қабаттың гидравликалық жарылуын модельдеу**

**Түйіндеме.** Мұнай және газ ұңғымаларының өткізгіштік деңгейі мен өндірістік жұмыстарының қарқындылығын арттыру үшін қолданылатын әдістердің бірі болып қабатты гидравликалық жару болып табылады. Бұл мақалада қабаттың гидравликалық жарылу технологиясы негізіндегі өзекті мәселелер қарастырылады, сонымен қатар эксперименттік зерттеулер мен сандық модельдеу жүзеге асырылды. Зерттеулерге сәйкес, өндірістік нысандарының өз кезегінде дұрыс таңдалуы атқарылатын жұмыстардың өнімділігінің айқындаушы фактор екендігі дәлелденді.

**Түйінді сөздер:** гидравликалық жарылу, модельдеу, ұңғыма, кен орны, разряд.

Шагымгереева С.А., Глеуберды Е., Уалиев Ж.Р., Онгарбаев Е.К.

**Моделирование гидравлического разрыва пласта**

**Резюме:** Гидравлический разрыв пласта является одним из способов интенсификации работы нефтяных и газовых скважин и увеличения приёмистости нагнетательных скважин. В этой статье были рассмотрены некоторые вопросы, связанные с технологией гидравлического разрыва, в том числе экспериментальные исследования и численное моделирование. На основании результатов построения гидродинамических моделей сделан актуальный вывод, что определяющим фактором успешности является правильный выбор объекта для проведения операций и обоснованный подбор скважин для обработки.

**Ключевые слова:** гидравлический разрыв, моделирование, скважина, месторождение, разряд.

УДК 614.8:340

**К.Т. Zhantasov<sup>1</sup>, K.S. Baibolov<sup>1</sup>, B.A. Lavrov<sup>2</sup>, B.A. Ismailov<sup>1</sup>, K.S. Dosaliyev<sup>1</sup>**

(<sup>1</sup>South Kazakhstan State University named after M. Aueyev, Shymkent, Republic of Kazakhstan,

<sup>2</sup>Saint Petersburg State Institute of Technology, St. Petersburg, Russian Federation)

E-mail: baxa-86\_8@mail.ru

**PLANNING AND MANAGING THE SAFETY OF MINERAL FERTILIZER PRODUCTION FACILITIES**

**Abstract.** The article provides the main causes leading to accidents and emergencies, information on the safety concept regulated by law, acceptable risk characterizing features, the nature of risk management, based on which a conclusion of the life safety issues management and humans of the populated facility and the environment in case of accidents and emergencies can be made. This is should be considered in hierarchy, where each level bears a certain responsibility.

The arrangement and functional structure of the management of man-made safety and risk testifies living contact with the tasks the decisions of which are most appropriately carried out within the framework of a unified state system of emergency prevention and response. Where at every level of the system the permanent controls are created, forces and means, financing reserves and material resources, communication systems of illustrating and information support.

The information is given that the issues of managing a unified system are constantly operating at different levels, and conclusions are drawn from the above studies.

**Key words:** risk, explosive objects, fire hazardous objects, chemically hazardous objects, emergency situations, safety management, industrial facilities, environmental protection.

**К.Т. Жантасов<sup>1</sup>, К.С. Байболов<sup>1</sup>, Б.А. Лавров<sup>2</sup>, Б.А. Исмаилов<sup>1</sup>, К.С. Досалиев<sup>1</sup>**

(<sup>1</sup>Южно-Казахстанский государственный университет имени М.Ауэзова,

Шымкент, Республика Казахстан,

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный технологический институт,

Санкт-Петербург, Российская Федерация)

E-mail: baxa-86\_8@mail.ru

**ПЛАНИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ОБЪЕКТОВ ПО ПРОИЗВОДСТВУ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ**

**Аннотация.** В статье приведены данные по основным причинам, приводящим к несчастным случаям и авариям, даны сведения по понятию безопасности, регулируемой законом, показатели характеризующие допустимый риск, сущность управления риском, на основании которого можно сделать вывод о том, что эти вопросы управления безопасностью жизнедеятельности и риском для населения территории объектов и окружающей среды при авариях и катастрофах, следует рассматривать в иерархических условиях, где каждый уровень несет определенную ответственность.

Показано, что организационно-функциональная структура процесса управления техногенной безопасностью и риском органически завязана с задачами решения, которых наиболее целесообразно осуществлять в рамках единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуации, где на каждом уровне системы создаются постоянно действующие органы управления, силы и средства, резервы финансирования и материальных ресурсов, системы связи освещения и информационного обеспечения.

Приведены сведения о том, что вопросы управления единой системы является постоянно действующими на разных уровнях, а также сделаны выводы по приведенным исследованиям.

**Ключевые слова:** риск, взрывоопасные объекты, пожароопасные объекты, химически опасные объекты, аварийные ситуации, управление безопасностью, промышленные объекты, охрана окружающей среды.

Основными причинами, приводящими к авариям и несчастным случаям, являются значительный до 80% износ основных фондов, нарушение технологии производства работ, зачастую не выполнение требований инструкций и регламентов, недисциплинированность, халатность обслуживающего технологического персонала исполнителей, а также выполнение работниками не в полном объеме возложенных на них обязанностей.

Понятие безопасности регулируемых законом можно охарактеризовать объекты как важнейший критерий, определяющий всю систему технического регулирования. Главной мерой безопасности, согласно закона, является отсутствие недопустимого риска причинения вреда жизни или здоровью человека, имуществу и окружающей среды. Требования по обеспечению безопасности регулируемых объектов в своей основе сводятся к установлению тех или иных показателей для продукции и процессов, нарушение которых не допустимо и может привести к авариям.

Показатели, характеризующие допустимый риск, должны быть разработаны для всех объектов технического регулирования с максимальным учетом всех факторов, влияющих на риск от объекта [1, 2, 3, 4, 5], так как в настоящее время отсутствует единый подход к оценке и нормированию допустимого риска всеобщий.

Сущность управления безопасностью и риском техногенных воздействий заключается в распознавании, выявлении и решении проблемных ситуаций, связанных с обеспечением безопасности и риска, особенно в условия аварий и катастроф на объектах производственного назначения. По своей внутренней основе это единый функционально и организационно-сформирований процесс, в котором объединена целенаправленная деятельность государственных, ведомственных и функциональных органов управления и структур, включая научно-исследовательские и научно-технические организации, а также органы управления силами и средствами наблюдения, контроля и ликвидации чрезвычайных ситуаций техногенного характера [6, 7].

В законе Республики Казахстан «О безопасности», понятие безопасность определяется как состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества, промышленных объектов и государства от внутренних угроз. Под этим подразумевается, что жизненно важные интересы личности и общества – это совокупность потребностей, удовлетворение которых надежно обеспечивает существование и возможность прогрессивного развития индивида и общественных ячеек производственных объектов и государства в целом и которые являются объектом обеспечения безопасности жизнедеятельности.

Приведенная формулировка безопасности приемлема и для характеристики взрыво-, пожаро-, химически и радиационно опасных объектов, если они рассматриваются вместе с инфраструктурой, объектами опасных воздействий, связанных с их функционированием, в комплексе сил и средств, предназначенных для предотвращения аварий, катастроф и иных происшествий. Данный подход предотвращения аварийных ситуаций раскрывает перспективу решения важных задач по обеспечению безопасности жизнедеятельности на основе теории динамического саморегулирования системы, где могут быть учтены все многообразные связи информационного и управленческого характера [6, 7].

На основании этого можно сделать вывод о том, что вопросы управления безопасностью жизнедеятельности и риском для населения, территорий объектов и окружающей среды при авариях и катастрофах на всех опасных объектах, входящих в состав определенных социально-экономических систем, следует рассматривать на нескольких иерархических уровнях. Низовой ступенью или уровнем этой системы является техногенно опасный объект, а затем несколько ступеней в управленческом процессе принадлежат социально-экономическим системам различного уровня с низу в верх. Каждый из уровней в процессе этого управления несет определенную функциональную нагрузку и ответственность. На объектовом уровне управления безопасностью жизнедеятельности и риском он сосредотачивается на решении практических задач, связанных с организации комплексного мониторинга и осуществлением всех видов контроля за источниками техногенных воздействия, выявлением, оценкой и прогнозированием развития обстановки в условиях регламентного функционирования опасных объектов в аварийных случаях, с разработкой и принятием управленческих решений по нормализации обстановки защиты населения и персонала объектов, снижению уровней риска обеспечению безопасности людей и окружающей среды [8, 9].

Анализ вышеприведенных взглядов на содержание, методологию управления техногенной безопасностью и риском, а также возможных путей реализации этого процесса показывает, что обеспечение рассматриваемого вида безопасности жизнедеятельности и риска наиболее целесообразно осуществлять в рамках Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычай-

ных ситуаций (далее - РСЧС), опираясь на информационную базу Государственного комплексного мониторинга и контроля, организуемого на территории опасных в техногенном отношении объектах.

Так же, следует подчеркнуть, что организационно – функциональная структура процесса управления техногенной безопасностью и риском органически связана с задачами которые решает РСЧС и ее построением.

РСЧС состоит из функциональных и территориальных подсистем, действует на республиканском, межрегиональном, региональном, административном и объектовом уровнях.

Территориальные подсистемы РСЧС создаются в субъектах Республики Казахстан для предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций в пределах их территорий и состоят из звеньев, соответствующих административно – территориальному делению этих территорий.

На каждом уровне единой системы создаются координирующие органы, постоянно действующие органы управления, органы повседневного управления, силы и средства, резервы финансовых и материальных ресурсов, системы связи оповещения и информационного обеспечения.

Постоянно действующими органами управления единой системы являются:

- на республиканском уровне - Министерство Республики Казахстан по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (далее - МЧС РК), подразделения республиканских органов исполнительной власти для решения задач в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций и (или) гражданской обороны;

- на межрегиональном уровне - территориальные органы МЧС РК (далее - региональные центры) - региональные центры по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий;

- на региональном уровне - территориальные органы МЧС РК - органы специально уполномоченные решать задачи гражданской обороны и задачи по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций по субъектам Республиканской Казахстанским Главные управления МЧС РК по субъектам Республики Казахстан.

- на административном уровне - органы, специально уполномоченные на решение задач в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций и (или) гражданской обороны, входящие в состав органов местного самоуправления;

- на уровне объекта - структурные подразделения организаций, уполномоченных на решение задач в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций и (или) гражданской обороны.

Органами повседневного управления единой системы являются:

- центры управления в кризисных ситуациях, информационные центры, дежурно-диспетчерские службы региональных органов исполнительной власти;

- центры управления в кризисных ситуациях региональных центров;

- центры управления в кризисных ситуациях главных управлений МЧС РК.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о том, что своевременное предупреждение аварийных ситуаций в промышленных объектах, имеющих связь с пожарной опасностью, взрывоопасными веществами и сильно действующими ядовитыми препаратами необходимо разработать системы предупреждения и оповещения чрезвычайных ситуаций, по нанесению ущерба здоровью людей, а возможно и их гибели, а также по сохранению и защите флоры и фауны окружающей нас среды.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] [Today.kz](http://Today.kz).

[2] Закон РК от 03 апреля 2002 года №314-П

[3] Айвоян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика: исследование зависимостей. - М.: Финансы и статистика, 1985. - 489 с.

[4] Акимов В.А., Повиков В.Д., Радаев П.П. Природные и техногенные чрезвычайные ситуации: опасности, угрозы, риски. — М.: ЗАО ФИД «Деловой экспресс», Москва. 2001. - 344 с.

[5] ГОСТ Р 22.3.05-96. М. – 1996. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. «Жизнеобеспечение населения в чрезвычайных ситуациях. Общие требования».

[6] ГОСТ Р 22.3.01-94. М. – 1994. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. «Жизнеобеспечение населения в чрезвычайных ситуациях. Общие требования».

[7] Чрезвычайные ситуации мирного и военного времени (<http://www.bgsha.com/ru/education/library/fulltext/bgd/R3-1.htm>)

[8] Официальный сайт МЧС РК (<http://www.emer.kz/>)

[9] Третьяков П.А. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук «Управление безопасностью потенциально опасных объектов». Инжевск 2006 г. 181 с.



Жантасов К.Т., Байболов К.С., Лавров Б.А., Исмаилов Б.А., Досалиев К.С.

**Минералды тыңайтқыштарды өндіруге арналған объектілердің қауіпсіздігін жоспарлау және басқару**

**Түйіндеме.** Мақалада жазатайым оқиғалар мен жазатайым оқиғаларға әкелетін негізгі себептер туралы мәліметтер келтірілген, заңмен реттелетін қауіпсіздік тұжырымдамасы, рұқсат етілген тәуекелді сипаттайтын көрсеткіштер, тәуекелдерді басқару сипаты туралы ақпарат көзделеді, оның негізінде бұл мәселелер халықтың өмірі мен қауіпсіздігіне қауіп төндіретіні туралы қорытынды жасауға болады. Авариялар мен апаттар жағдайында объектілердің аумағы мен қоршаған ортаны иерархиялық жағдайлар деп санауға болады, мұнда әр деңгей белгілі бір жауапкершілікке ие.

Технологиялық қауіпсіздікті және қауіп-қатерді органикалық басқарудың ұйымдастырушылық және функционалдық құрылымы, оның міндеттері ең алдымен бірыңғай мемлекеттік төтенше жағдайлардың алдын алу және оған қарсы әрекет ету жүйесі шеңберінде жүзеге асырылады, мұндай жүйенің тұрақты басқару жүйесінің барлық деңгейінде, күштер мен құралдар, резервтер қаржыландыру және материалдық ресурстар, коммуникациялық жарықтандыру және ақпараттық жүйелері болады.

Біртұтас жүйені басқару мәселелері әртүрлі деңгейде үнемі жұмыс жасайтындығы және жоғарыда аталған зерттеулерден қорытындылар жасалды.

**Түйін сөздер:** тәуекел, жарылғыш заттар, өрт қауіпті объектілер, химиялық қауіпті объектілер, төтенше жағдайлар, қауіпсіздік техникасы, өндірістік объектілер, қоршаған ортаны қорғау.

Zhantassov K.T., Baibolov K.S., Lavrov B.A., Ismailov B.A., Dosaliyev K.S.

**Planning and managing the safety of mineral fertilizer production facilities**

**Summary.** The article provides the main causes leading to accidents and emergencies, information on the safety concept regulated by law, acceptable risk characterizing features, the nature of risk management, based on which a conclusion of the life safety issues management and humans of the populated facility and the environment in case of accidents and emergencies can be made. This is should be considered in hierarchy, where each level bears a certain responsibility.

The arrangement and functional structure of the management of man-made safety and risk testifies living contact with the tasks the decisions of which are most appropriately carried out within the framework of a unified state system of emergency prevention and response. Where at every level of the system the permanent controls are created, forces and means, financing reserves and material resources, communication systems of illustrating and information support.

The information is given that the issues of managing a unified system are constantly operating at different levels, and conclusions are drawn from the above studies.

**Key words:** risk, explosive objects, fire hazardous objects, chemically hazardous objects, emergency situations, safety management, industrial facilities, environmental protection.

УДК 004.418

**V.A. Chsheglov, R.B. Bolatbekov, S.T. Amanzholova, K. Basiri**  
(International Information Technology University, Almaty, Kazakhstan)  
E-mail: rinat.bolatbekov@gmail.com, vlad.chsheglov@gmail.com

**INTRODUCTION FEATURES AND SUCCESS FACTORS FOR THE BPMS IMPLEMENTATION**

**Abstract.** Digital technologies have led to a radical change in the methods of managing enterprises, whose objects have become part of a single information space. Business process management received an additional impetus in the form of mandatory automation. To reach this goal, companies must turn to BPM platforms. The BPM approach provides quick time to value and engages business users. The article provides an overview of the features of the implementation of the BPM management concept with a process approach to managing an organization, as well as an analysis of success factors in implementing BPMS class systems.

**Key words:** BPM, business process, BPMS, critical success factors, TQM, BPR, WFM, EAI, BAM, as-is, KPI

**В.А. Щеглов, Р.Б. Болатбеков, С.Т. Аманжолова, К. Басири**  
(Международный университет информационных технологий, Алматы, Республика Казахстан)  
E-mail: rinat.bolatbekov@gmail.com, vlad.chsheglov@gmail.com

**ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ И ФАКТОРЫ УСПЕХА РЕАЛИЗАЦИИ BPMS**

**Аннотация.** Цифровые технологии привели к кардинальному изменению методов управления предприятиями, объекты которого стали частью единого информационного пространства. Дополнительный импульс в виде обязательной автоматизации получило управление бизнес-процессами. Что-

бы достичь этого, компании должны обратить внимание на платформы BPM. Подход BPM обеспечивает быстрое время для оценки и привлечения бизнес-пользователей. В статье приведено рассмотрение особенностей внедрения управленческой концепции BPM при процессном подходе к управлению организацией, а также анализ факторов успеха в реализации систем класса BPMS.

**Ключевые слова:** BPM, бизнес-процесс, BPMS, критические факторы успеха, TQM, BPR, WFM, EAI, BAM, as-is, KPI

### **Введение**

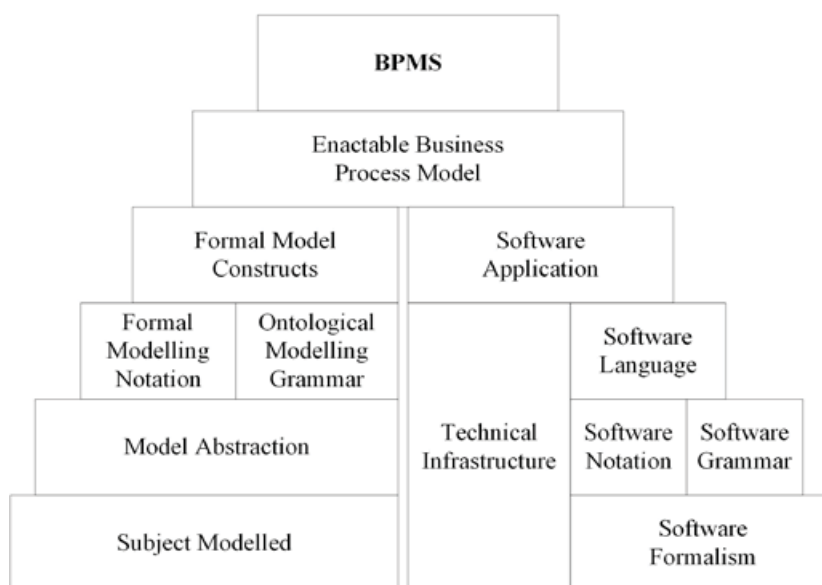
В настоящее время многие компании заинтересованы в снижении издержек путем повышения производительности труда и общей оптимизации внутренних бизнес-процессов. На практике этого можно достичь, применяя процессный подход в управлении организацией — подход, при котором деятельность компании и анализ ее структуры рассматриваются как совокупность бизнес-процессов. Концепция Business Process Management (BPM) позволяет эффективно управлять бизнес-процессами предприятия посредством их интеграции с информационными системами.

### **Развитие BPM систем**

Несмотря на то, что BPM как сформировавшаяся управленческая концепция достигла определенного положения среди практикующих специалистов, а также как достаточно серьезная тема в академической среде, знания о BPM-системах остаются недостаточно сформировавшимися.

В настоящее время BPM-системы иногда расцениваются лишь как еще одно прикладное программное обеспечение, в то время как другие специалисты рассматривают его как основание для новой парадигмы. Как следствие, на данном этапе развития не существует достаточного количества научных работ, посвященных анализу систем управления бизнес-процессами класса BPMS.

Наиболее значительная работа в этом вопросе была проделана доктором Дунканом Шоу из Бизнес Школы Университета Ноттингема с соавторами в 2007 году, который предложил архитектуру систем класса BPMS в виде пирамиды с двумя основаниями. Первым основанием является субъект, который моделируется, второе основание — связующая информационная система (рисунок 1) [1].



**Рис. 1.** Архитектура BPMS в виде пирамиды

В связи с данной особенностью появляется вопрос: может ли процесс выбора и реализации BPM-систем быть осуществлен с использованием имеющихся методологий и методов, или же необходим новый или скорректированный метод. Весьма примечательно, что большинство поставщиков ИТ-услуг и интеграторов пренебрегают некоторыми аспектами реализации BPM-систем, поскольку они склонны использовать уже существующие методологии разработки программного обеспечения и принципы управления проектами в процессе внедрения BPM. Следовательно, внедрение BPM-систем рассматривается, главным образом, как обычный проект по разработке и внедрению программного обеспечения.

### Концепция внедрения BPM

Главной особенностью развития концепции BPM является то, что данная концепция является разработкой на стыке бизнеса и информационных технологий. Можно выделить конкретные эволюционные факторы, являющиеся предтечей появления BPMS. Со стороны бизнеса:

TQM (Всеобщее управление качеством), затем BPR (Реинжиниринг бизнес-процессов) и далее непосредственно BPM (Управление бизнес-процессами). Со стороны информационных технологий: WFM (Управление потоком операций), EAI (Интеграционная программная структура) и BAM (Мониторинг бизнес-процессов).

В 2007 году на базе Университета прикладных наук Утрехта было проведено комплексное исследование по выявлению критических факторов успеха реализации BPM-систем. Методология исследования включала в себя создание специального опросника, включающего в себя вопросы по определениям, терминологии и различным подходам, касающимся BPM-систем. Исследование было проведено среди 925 голландских компаний, также было проанализировано порядка 104 статей и книг. Выявленные критические факторы успеха были специальным образом категорированы и их количество было сокращено до наиболее значимых, что в конечном итоге привело к снижению общего числа факторов до 55, что позволило выделить пять особенностей, которые необходимо учитывать при реализации BPMS:

1. Сфера деятельности компании или организации
2. Функции измерения и контроля в рамках деятельности организации
3. Проектная область реализации BPMS
4. Архитектурные проблемы в рамках проектной области
5. Опытные разработки в рамках проектной области на основе исследования авторами была предложена следующая модель реализации BPMS (рисунок 2) [2]:



**Рис. 2.** Модель реализации BPMS

На данном рисунке показано, что особенностью данной модели является наличие двух стадий реализации BPMS:

1. Проектирование архитектуры
2. Стадия разработки

При рассмотрении данной модели, следует отметить, что в большинстве случаев, организация, которая хочет внедрить BPMS, к этому моменту уже будет иметь постоянную организационную структуру с работающими процессами, которые и будут начальной точкой («как есть» — англ. as-is) для реализации. Аналогично, любая организация, которая уже осуществляет деятельность, будет иметь собственный подход к управлению и оценке собственной деятельности. Для предприятий малого бизнеса это, вероятно, будет только анализ финансовых показателей. Для средних и крупных организаций подобные функции осуществляют отделы и подразделения, имеющие информацию о структуре и процессах, происходящих в компании. Чтобы добиться успеха в реализации BPMS, необходимо иметь достаточное количество информации по оценке доступных процессов, которые должны быть смоделированы. В данном случае, можно выделить два вида анализа — оперативный мониторинг, осуществляемый непосредственно по отношению к процессу, и стратегический — анализ групп процессов, осуществляемый на основе ключевых показателей эффективности (KPI).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Shaw, D. R., Holland, C. P., Kawalek, P., Snowdon, B., & Warboys, B. (2007). Elements of a business process management system: theory and practice. *Business Process Management Journal*, 13(1), 91–107.
- [2] Ravesteyn, P., & Batenburg, R. (2010). Surveying the critical success factors of BPM-systems
- [3] Association of Business Process Management Professionals (ABPMP). (2011). How to Become a Certified Business Process Professional CBPP®. <http://www.abpmp.org/displaycommon.cfm?an=1&subarticlenbr=200>
- [4] CertiBPM project (2009). Certified Business Process Manager. Contract No. LLPLdV/TOI/10/RO/010.
- [5] Process Knowledge Initiative. Overview. (2011). Retrieved from
- [6] <http://www.processknowledge.org/>
- [7] Silver, B. (2013). BPMN Method & Style.
- [8] The BPM Council (2011). BPM Certification - Online on Demand - Program Details. <http://www.bpmcouncil.org/>

Щеглов В.А., Болатбеков Р.Б., Аманжолова С.Т., Башири К.

**Кәсіпорындағы BPM жүйелеріндегі SOA эволюциясы**

**Түйіндеме.** Цифрлық технологиялар объектілер бірыңғай ақпараттық кеңістіктің құрамына кіретін кәсіпорындардың басқаруындағы іргелі өзгерістерге әкелді. Міндетті автоматтандыру нысанында қосымша серпін бизнес-үдерістерді басқару арқылы алынды. Бұған қол жеткізу үшін компаниялар BPM платформасына назар аударуы керек. BPM тәсілі бизнесті пайдаланушыларды бағалауға және тартуға тез уақыт береді. Мақалада BPM басқару тұжырымдамасын ұйымды басқарудың технологиялық тәсілімен жүзеге асырылу ерекшеліктеріне шолу, сондай-ақ BPMS сыныптық жүйелерін енгізудегі табыстылық факторларын талдау қарастырылған.

**Кілттік сөздер:** BPM, бизнес-процесс, BPMS, табысқа жетудің маңызды факторлары, TQM, BPR, WFM, EAI, BAM, as-of, KPI

УДК 513.3

**A. Zhaksylyk, T.D. Imanbekova**

(The International Information Technology University, Almaty, Kazakhstan)

E-mail: a.ordabekova@mail.ru

**APPLICATION BASES OF LOFT AND SHIFT COMMANDS AT CREATING 3d MODELS  
IN AUTOCAD**

**Abstract.** This article demonstrates the use of the Loft and Shift commands to construct complex models. An example of constructing a three-dimensional model reveals the capabilities of the AutoCAD program used and gives the necessary information for working with complex geometric models.

**Key words:** 3d model, object, visualization, computer graphics, loft, section.

**А. Жаксылык, Т.Д. Иманбекова**

(Международный университет информационных технологий, Алматы, Казахстан)

E-mail: a.ordabekova@mail.ru

**ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОМАНД ЛОФТ И СДВИГ ПРИ СОЗДАНИИ  
3 d МОДЕЛЕЙ В AUTOCAD**

**Аннотация.** Показано применение команд Лофт и Сдвиг для построения сложных моделей. Пример построения объемной модели раскрывает возможности применяемой программы AutoCAD и дает необходимую информацию для работы со сложными геометрическими моделями.

**Ключевые слова:** 3d модель, объект, визуализация, компьютерная графика, лофт, сечения.

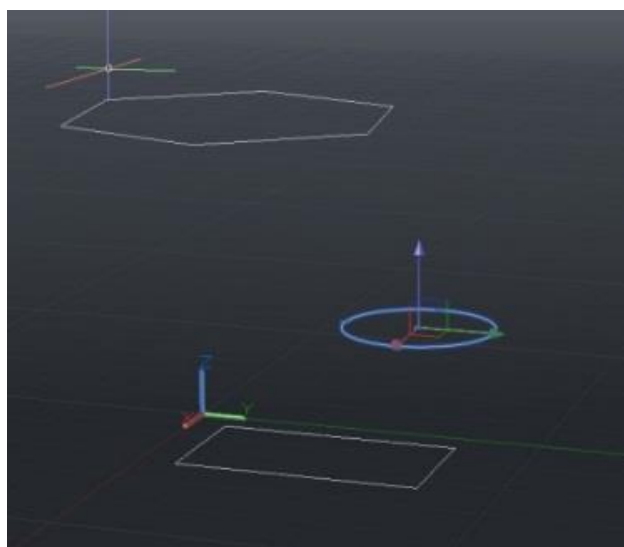
При автоматизированном выполнении реальных проектов необходимы навыки работы со сложными геометрическими моделями. Целью данной статьи является помощь в быстром освоении 3D – моделирования в системе автоматизированного проектирования AutoCAD. В работе показано создание объемной модели с применением лофта и сдвига. В настоящее время компьютерная графика представляет большой практический интерес, так как исследователи имеют возможность получения реалистичных изображений, графически представлять инновационные проекты.

Имея навыки работы в двухмерной среде AutoCAD, можно легко овладеть 3D - моделированием. Команда *Лофт* означает создание 3D-тела или поверхности в пространстве между поперечными сечениями. Данная команда позволяет управлять формой тела после его построения. Различают ку-

сочно-линейчатую и гладкую формы управления лофтингом построенного тела [1]. *Кусочно-линейчатая* – соединяет поперечные сечения плоскостями. *Гладкая* – строит гладкую поверхность между сечениями. Законы образования гладкой поверхности:

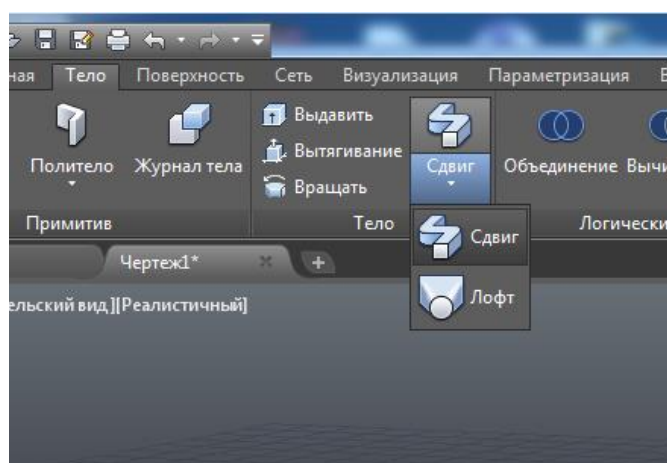
- По нормали ко всем сечениям;
- По нормали к начальному сечению;
- По нормали к конечному сечению;
- По нормали к начальному и конечному сечениям;
- Угол наклона;
- Замкнуть поверхность и тело.

Для создания фигур с помощью команды Лофт необходимо создать несколько простых 2-х мерных фигур, например прямоугольник, круг и произвольную фигуру. Далее для наглядности нужно перейти в 3d и выставить все три фигуры по высоте. Делаем это с помощью Гизмы перемещения, т.е. выделяем фигуру и поднимаем или переносим ее так, как показано на рисунке 1.



**Рис. 1.** Модель для создания команды Лофт

Теперь нужно активировать команду ЛОФТ. В панели выделяем команду Тело - Лофт и активируем ее нажатием курсора мыши:



**Рис. 2.** Фрагмент создания лофтинга

По очереди выделяем фигуры, необходимые для лофтинга. Они автоматически соединятся. После этого подтверждаем команду Enter. В результате получаем изображение, показанное на рисунке 3.

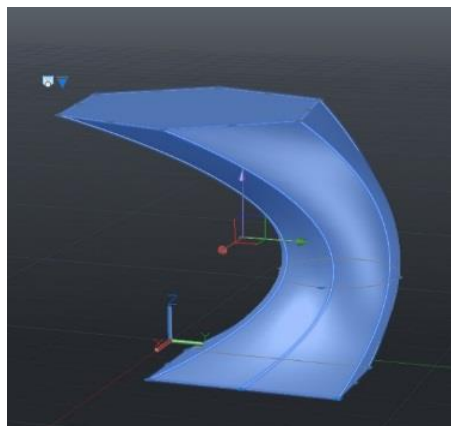


Рис. 3. Фрагмент создания 3D модели

Данную сложную 3D фигуру не возможно получить путем соединения обычных 3D примитивов [2]. Также на чертеже изображены значок Лофтинга и треугольник с меню. Выбирая меню, можно менять логику просчета и изменения самой фигуры:

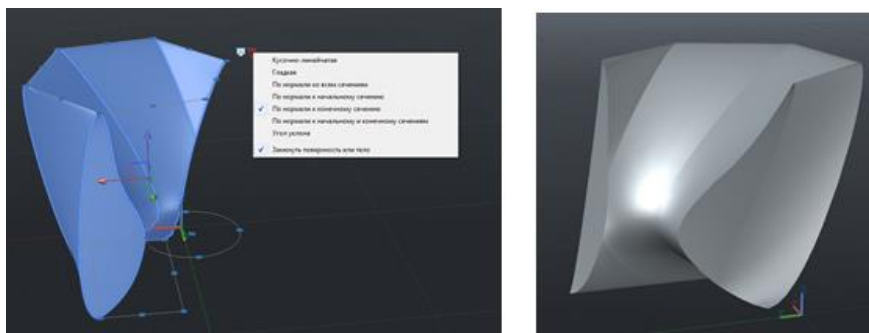


Рис. 4. Фрагмент создания 3D модели различной модификации

После выполнения данных действий, необходимо закончить преобразование, нажав на Enter.

Применение команды *Сдвиг*. С помощью инструмента Сдвиг можно также строить сложные фигуры. Команда Сдвиг создает 3D-тела, сдвигая замкнутые плоские объекты вдоль траектории сдвига. Например, построим двутавровую балку. Для этого нам необходимо создать два примитива: сечение двутавра и направляющую линию. Затем необходимо выбрать из меню Тело - Сдвиг:

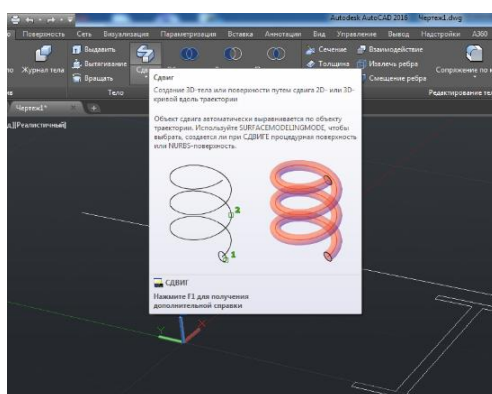
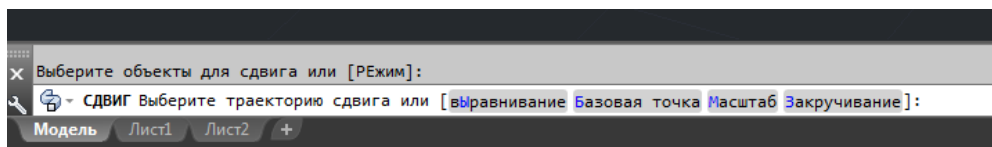
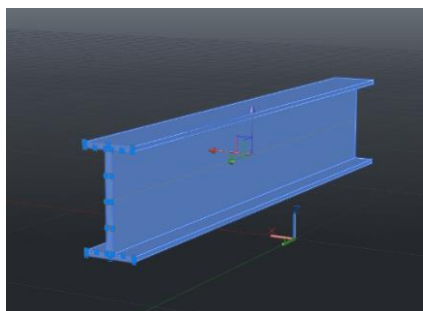


Рис. 5. Фрагмент панели инструментов

Активируем команду Сдвиг и выделяем фигуру для сдвига, в нашем случае контур сечения двутавра, нажимаем Enter для подтверждения. В командной строке появится подсказка - выбрать траекторию Сдвига:



Необходимо выделить курсором прямую, по которой пройдет Сдвиг. В результате получим 3D фигуру двутавровой балки.



**Рис. 6.** Модель балки

Степень детализации можно улучшить, если более специализированные задачи по созданию некоторых моделей (например, модели самолета) выполнять в других прикладных программах (3D MAX, Компас).

Данный способ создания 3D-тел позволяет создать большой класс реальных объектов, раскрывает весь спектр возможностей применения визуализации в программе AutoCAD. Материал, изложенный в данной статье, может быть полезен пользователям для подготовки чертежей в среде AutoCAD.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Габидулин В.М. Трехмерное моделирование в AutoCAD 2014.–М.: ДМКПресс, 2014. – 280с.  
 [2] Ордабекова А. Ж. Исследование и создание графических моделей в системе AutoCAD. Алматы: МУИТ, 2016 – 120 с.

Жаксылык А., Иманбекова Т. Д.

#### **AUTOCAD-ТА 3-D моделін жасағанда лофт және жылжыту командаларын қолдану негіздері**

**Түйіндеме.** Бұл мақалада күрделі модельдерді құру үшін Лофт және Жылжыту командаларын қолдану мысалдары көрсетілген. AutoCAD бағдарламасын қолдану мүмкіндіктерін 3D модельдерді құру мысалы арқылы көрсету және күрделі геометриялық үлгілермен жұмыс істеу үшін қажетті ақпараттар берілген.

**Түйін сөздер:** 3d модель, нысан, визуализация, компьютерлік графика, лофт, бөлім.

УДК 614.8:340

**K.S. Dosaliyev<sup>1</sup>, B.A. Ismailov<sup>1</sup>, T.T. Zaurbekov<sup>1</sup>, V.N. Bosak<sup>2</sup>, S.B. Zhumatayeva<sup>1</sup>**

(<sup>1</sup>South Kazakhstan State University named after M. Auyezov, Shymkent, Kazakhstan, <sup>2</sup>State Agricultural Academy of Belarus, Minsk, Belarus)

E-mail: baxa-86\_8@mail.ru

#### **STUDYING A CAPABILITY OF APPLYING VARIOUS INDUSTRIAL WASTES IN THE LEAN CONCRETE PAVEMENT**

**Abstract.** The paper provides basic information about physical state defining of various industrial wastes, such as coal-mining and phosphorus wastes industries, to be applied in the road construction to get lean concrete and embankment of the road bed. Various industries wastes are aimed at the integrated and rational use of the secondary material and raw material resources. The data on the grain size distribution of the internal overburden of coal mining industry wastes and electrothermophosphoric slag of two types, cast and granulated, are provided, as well as methods of their production. The angles of repose of the charge components for the lean concrete and road bed are provided.

**Key words:** road, internal overburden, electrothermophosphoric slag, phosphogypsum, road bed, man-made wastes of various industries, grain size distribution, crystalline phase.

**К.С. Досалиев<sup>1</sup>, Б.А. Исмаилов<sup>1</sup>, Т.Т. Заурбеков<sup>1</sup>, В.Н. Босак<sup>2</sup>, С.Б. Жуматаева<sup>1</sup>**  
(<sup>1</sup>Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан,  
<sup>2</sup>Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Минск, Беларусь)  
E-mail: baxa-86\_8@mail.ru

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОТХОДОВ РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВ В ТОЩИХ БЕТОНАХ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ**

**Аннотация.** В работе приведены основные сведения по определению физического состояния различных отходов производств, как отходы угледобывающей и фосфорной промышленности, для применения их в дорожном строительстве при получении тощего бетона и для насыпи земляного полотна. Применяемые отходы различных производств направлены на комплексное и рациональное использование вторичных материально-сырьевых ресурсов. Даны сведения по гранулометрическому составу внутренних вскрышных пород отходов угледобывающей промышленности и электротермофосфорного шлака двух видов – литого и гранулированного, а также способы их образования. Показаны углы естественного откоса компонентов шихты для тощего бетона и насыпи земляного полотна.

**Ключевые слова:** автомобильная дорога, внутренние вскрышные породы, электротермофосфорный шлак, фосфогипс, земляное полотно, техногенные отходы различных промышленности, гранулометрический состав, кристаллическая фаза.

Промышленные отходы занимают значительные площади земельных угодий и их применение позволяет значительно снизить материалоемкость производства строительных материалов и изделий, их применение в строительстве автомобильных дорог улучшает качество и снижает себестоимость получаемой продукции из техногенных отходов за счет использования местных природных материалов в дорожном строительстве.

На сегодня рациональное и комплексное использование промышленных отходов различных отраслей экономики и в строительной индустрии составляет менее 20% от ежегодного объема их образования. Так например, для изготовления строительных материалов различного назначения из отходов фосфорных производств и производств металлургии используется незначительная часть расплавленных шлаков и фосфогипса, где большая их часть не находят широкое применение. Предприятиями горно-перерабатывающей и горно-химической отраслей ежегодно добывается сотни тонн минерального сырья, из которой пригодные для получения строительных материалов попутные минералы и техногенные отходы составляют около 10% от горной массы. Значительные объемы этих материалов могут применены как заполнители и добавок при изготовлении бетона, железобетона, кирпича и простых заполнителей при рациональном подходе к этому вопросу [1-3].

Вопрос применения того или иного материала в определенной сфере экономики связан с необходимостью выявления его физико-химических свойств и состава, так как знание его сведений оказывает существенное значение на технико-экономические, технические и технологические показатели разрабатываемого композиционного материала. Для разработки дорожной одежды и насыпи полотна автомобильной трассы нами предлагается применение отходов различных отраслей экономики, которые по своим специфическим характеристикам близки к сырью, используемому в строительной индустрии в замен природных ресурсов [4, 5].

В методологию проведения эксперимента включается отбор и анализ исходных материалов, которые по своим физико-химическим свойствам близки к компонентам, используемыми в дорожном строительстве.

При исследовании в качестве основного сырья для создания тощего бетона и полотна дорожной насыпи применялись техногенные отходы фосфорного производства, фосфогипс, электротермофосфорный шлак литый и гранулированный также внутренние вскрышные породы угледобычи.

Определение гранулометрического состава, угла естественного откоса и насыпной плотности компонентов входящий в состав фосфорного производства техногенных отходов проводится по ниже приведенной методике.

Из воздушно-сухого грунта отобрать пробу. Для этого на листе бумаги весь образец грунта тщательно перемешать, разровнять линейкой и разделить на одинаковых ячеек. Затем из каждой ячейки ложкой отбирается приблизительно одинаковое количество грунта, чтобы в итоге ровнялись 200-1000 г. Пробу грунта взвесить на технических весах с точностью до 0,01. Взвешенный грунт высыпать на верхнее сито, закрыть его и встряхивать до тех пор, пока не будет достигнута полная от-



сортировка частиц грунта на ситах. Содержимое каждого сита в отдельности и поддона высыпать в заранее взвешенные чашечки и взвесить. Расхождение между массой навески и суммой масс фракций не должна отличаться более 1%. Из суммарной массы грунта вычислить процентное содержание каждой фракции по формуле:

$$X = \frac{m_x \cdot 100}{m_0}$$

где X - процентное содержание фракций в грунте ;

$m_x$ - масса фракций ;

$m_0$ - масса средней пробы. Полученный результат выразить в процентах к массе средней пробы и занести в журнал для лабораторных работ.

Угол естественного откоса

Углом естественного откоса  $\phi$  называется угол, при котором неукрепленный откос грунта сохраняет предельное равновесие или угол под которым располагается свободно осыпавшийся грунт. Для сухих и вода насыщенных рыхлых грунтов значение угла естественного откоса практически совпадает с углом внутреннего трения. В воздушно-сухом состоянии  $\phi=30-40^\circ$ , под водой  $\phi = 24-33^\circ$ .

Для определения угла естественного откоса необходимо ящик из плексигласа с делениями по вертикали и горизонтали, транспортир, сухой грунт (рис. 1).

В малое отделение прозрачного ящика из плексигласа засыпать доверху сухой грунт.

Придерживая прибор, постепенно без толчков поднять выдвижную створку. Песок при этом осыпается и, разрыхляясь, образует откос с углом, определяемым транспортиром или по формуле:

$$\tan = \frac{h}{L}$$

Для определения угла естественного откоса грунта под водой необходимо в малое отделение ящика засыпать песок, а в большое отделение налить воду и затем поднять выдвижную стенку. Когда грунт весь пропитается водой поднять выдвижную стенку определить угол откоса

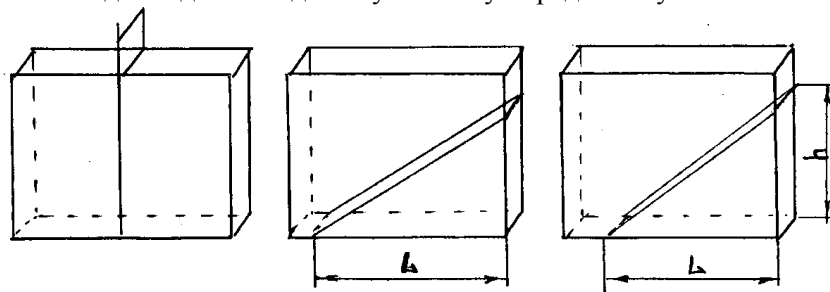


Рис.1. Определение угла естественного откоса песка.

Определение насыпной плотности

1. Отобрать пробу грунта массой 0,5-0,1 кг и высушить при комнатной температуре, затем растереть в фарфоровой ступке и просеять через сито.

2. Просеянный грунт высушить до постоянной массы при температуре  $105^\circ \text{C}$ .

3. Из полученной пробы взять навеску грунта и на технических весах определить ее массу -  $m_0$ .

4. Навеску грунта через воронку осторожно высыпать в пикнометр.

5. В пикнометр с грунтом влить примерно на половину объема дистиллированную воду. Смесь воды с грунтом тщательно взболтать до образования однородной суспензии, затем пикнометр с суспензией грунта поставить на песчаную или водяную баню.

6. Суспензию грунта в пикнометре кипятить на песчаной или водяной бане в течений 30 минут для песчаного или супесчаного или в течении 1 часа для суглинков и глин. Кипячение суспензии грунта производится для удаления из адсорбированного его частицами воздуха.

7. После кипячения пикнометр охладить до температуры  $15-20^\circ \text{C}$  и долить в него до мерной кольцевой риски дистиллированной воды, взвесить на технических весах -  $m_2$ .

8. Суспензию из пикнометра вылить. Пикнометр тщательно прополоскать и наполнить дистиллированной водой до кольцевой мерной риски. Пикнометр с водой взвесить на технических весах -  $m_1$ .

Результат: плотность частиц грунта

$$P_s = \frac{P_w \cdot m_o}{m_o + m_1 - m_2} = \frac{1,0 \cdot 14,86}{14,86 + 162,67 - 171,97} = 2,67(\text{г/см}^3)$$

Произвести не менее двух определений и найти среднее арифметическое значение  $P_s$ . Расхождение между результатами определений более чем на  $0,02 \text{ г/см}^3$  не допускается.

Внутренние вскрышные породы пустая порода, покрывающей залежи полезного ископаемого извлекаемая и попутно при добыче угля. Добыча бурых углей показывают, что при подготовке углей образуется около 45-50% отходов углей класса менее 5 мм, в дальнейшем требующих утилизации [6-8].

Усредненный гранулометрический состав ВВП Ленгерского месторождения показан в следующем показателе: 5-10 мм - 6,2%; 2-5 мм - 21,3%; 1-2 мм - 25,4%; 1-0,5 мм - 20,1%; 0,1-0,5 мм - 25,2%; менее 0,1 мм - 1,8%.

Фосфогипс – отход фосфорного производства, образующие при производстве простых и сложных удобрений [4-5].

Усредненный гранулометрический состав показан в следующем показателе: 2-5 мм-0,3%; 1-2 мм-21,8%; 1-0,5 мм - 63,6%; 0,1-0,5 мм – 10,1%; менее 0,1 мм- 4,2%.

Гранулированный электротермофосфорный шлак образуются путем подачи огненно-жидкого шлака после рудно термической печи в потоке воды. Насыпная масса гранулированного электротермофосфорного шлака от 0,6 до 1,3 т/м<sup>3</sup>.

Усредненный гранулометрический состав показан в следующем показателе: 2-8 мм - 42,6%; 1-2 мм - 36,5%; 1-0,5 мм - 18,6%; 0,1 - 0,5мм -1,7%; менее 0,1 мм - 0,6%;

Литой электротермофосфорный шлак образуются в рудно термической печи, в траншеях после их остывания. Остывший шлак в траншеях дробят на различные фракции от 5 до 10мм; от 10 до 20мм; от 20 до 40мм и от 40 до 70мм.

Проведенный анализ показывает, что гранулированный и литой электротермофосфорный шлак соответствует гранулометрическому составу природного песка и щебня, применяемые при строительстве автомобильных дорог [9-11].

Промышленные отходы, как и сырьевые материалы хорошо можно применить в дорожном строительстве, как дорожно-строительные материалы. При этом утилизируя эти промышленные отходы, освобождая огромные площади для их складирования. Применение отходов различных производств для выпуска строительных материалов, изделий и конструкции, не только экологически целесообразно, но и экономически выгодно, так как не требует добычу и переработку природных сырьевых материалов.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] Починков. В.А., Мясков А.В. Анализ существующих методов использования и переработки отходов угледобычи. Сборник трудов XIII международной научно-практической конференции «Энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности». Кемеров, 2011.

[2] Кикава О.Ш. и др. Строительные материалы из отходов производства.// Экология и промышленность России, 1997.-№12.-С.23-28.

[3] Шпирт М.Я. Рациональное использование отходов добычи и обогащения углей/ М.Я. Шпирт; В.А. Рубан; Ю.В. Иткин.-М.: Недра, 1990.

[4] Фосфогипс и его использование. В.В. Иваницкий, П.В. Классен, А.А. Ховановидр. -М: Химия. 1990, 224 с.

[5] Волженский А.В., Ферроиская А.В. «Гипсовые вяжущие и изделия» М., Стройиздат, 123 с.

[6] Змагинский А.Э. «Композиционные материалы на основе полимерных вяжущих и отходов производств», «Строительные композиционные материалы на основе отходов отраслей промышленности и энергосберегающей технологии» Липецк, 1986, 140 с.

[7] Пщенко А.А., Свицерский В.А., Чирикалов И.И. «Модифицированный фосфогипс-активный наполнитель для пластиков» - Ж. Строительные материалы и конструкции. 1985. №3.

[8] Мухамедова Д.Н. «Гипсобетоны с добавками АЦФ-смола» Автореферат. Дисер. к.т.н Ташкент 1983.

[9] Соломотов В.Н., Аннаев С.Г., «Влияние поверхностно-активных веществ на организацию структуры дисперсно-наполненных полиэфирных композитов» В кН «Композиционные строительные материалы с использованием отходов промышленности» -Пенза 1968.

[10] Штеров В.А., Григорьева А.Т. «Особенности экстрафизического формирования фосфогипс со полимерных композиций», «Производство и применение в строительстве вяжущих и изделий на основе фосфогипса» Каунас, 1983, С. 29-30.

[11] Методические рекомендации по устройству основания дорожных одежд из «тощего» бетона. Москва 2003.

Досалиев К.С., Исмаилов Б.А., Заурбеков Т.Т., Босак В.Н., Жұматаева С.Б.

**Әртүрлі өндіріс қалдықтарын жолқозғалыс алдығы белгілерге қолдану мүмкіндіктерін зерттеу**

**Түйіндеме.** Мақалада көмір өндіру және фосфор өндірісінің қалдықтары сияқты түрлі өнеркәсіптік қалдықтардың физикалық жай-күйін анықтау, оларды жолсыз бетон өндірісінде және жол төсенішінің жағалауын қамтамасыз ету үшін пайдалану туралы негізгі ақпарат берілген. Әр түрлі салалардағы пайдаланылған қалдықтар қайталама материалдық және шикізаттық ресурстарды кешенді және ұтымды пайдалануға бағытталған. Көмір өндіру өнеркәсібінің қалдықтары мен электротермофосфор қалдықтарының ішкі түріндегі бөлшектердің мөлшерін бөлу және құю және түйіршіктелген екі типті электротермофосфор қалдықтары туралы мәліметтер келтірілген. Төменгі бетон мен жол төсемі үшін зарядталатын компоненттердің бұрыштары көрсетілген.

**Түйінді сөздер:** жол, ішкі қабат, электротермофосфор қалдығы, фосфогипс, жол төсеніші, түрлі салалардың өндірістік қалдықтары, астық мөлшерінің таралуы, кристалды фаза.

Dosaliyev K.S., Ismailov B.A., Zaurbekov T.T., Bosak V.N., Zhumatayeva S.B.

**Studying a capability of applying various industrial wastes in the lean concrete pavement**

**Summary.** The paper provides basic information about physical state defining of various industrial wastes, such as coal-mining and phosphorus wastes industries, to be applied in the road construction to get lean concrete and embankment of the road bed. Various industries wastes are aimed at the integrated and rational use of the secondary material and raw material resources. The data on the grain size distribution of the internal overburden of coal mining industry wastes and electrothermophosphoric slag of two types, cast and granulated, are provided, as well as methods of their production. The angles of repose of the charge components for the lean concrete and road bed are provided.

**Key words:** road, internal overburden, electrothermophosphoric slag, phosphogypsum, road bed, man-made wastes of various industries, grain size distribution, crystalline phase.

УДК 62-83:681.3

**T.D. Imanbekova<sup>1</sup>, A. Zhaksylyk<sup>1</sup>, M.B. Zharkymbekova<sup>2</sup>**

(<sup>1</sup>The International Information Technology University, Almaty, Kazakhstan,

<sup>2</sup>Almaty University of Power Engineering & Telecommunications, Almaty)

E-mail: tanya\_nespayeva@mail.ru

**COMPUTER SIMULATION AND STABILITY OF CLOSED NONLINEAR FC-AM SYSTEM USING MATLAB**

**Abstract.** The article presents a block diagram of a computer model of an automated nonlinear frequency converter-asynchronous motor system and graphs of the transient processes of the speed and electromagnetic moment of the motor. The nonlinear algebraic equations of the closed FC-AM system in the symbolic form are given, as well as the program for solving the system of algebraic equations in MATLAB, which help to determine the stability of the system.

**Keywords:** links, frequency converter, asynchronous motor, feedback, overshoot, transfer function, stability.

**Т.Д. Иманбекова<sup>1</sup>, А. Жаксылык<sup>1</sup>, М. Б. Жаркымбекова<sup>2</sup>**

(<sup>1</sup>Международный университет информационных технологий, Алматы, Казахстан,

<sup>2</sup>Алматинский университет энергетики и связи, Алматы)

E-mail: tanya\_nespayeva@mail.ru

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И УСТОЙЧИВОСТЬ ЗАМКНУТОЙ НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ ПЧ – АД С ПОМОЩЬЮ MATLAB**

**Аннотация.** Приведены структурная схема компьютерной модели автоматизированной нелинейной системы преобразователь частоты – асинхронный двигатель и графики переходных процессов скорости и электромагнитного момента двигателя. Даются нелинейные алгебраические уравнения замкнутой системы ПЧ-АД в символическом виде, а также дается программа решения системы алгебраических уравнений MATLAB, с помощью которой устойчивость системы.

**Ключевые слова:** звенья, преобразователь частоты, асинхронный двигатель, обратная связь, перерегулирования, передаточная функция, устойчивость.

При анализе системы преобразователь частоты – асинхронный двигатель (ПЧ – АД) с обратной связью по скорости определение устойчивости системы управления является одной из необходимых задач анализа системы. Структурная схема компьютерной модели замкнутой нелинейной системы ПЧ – АД в среде MATLAB представлена на рисунке 1.

В структурной схеме (рисунок 1) асинхронный двигатель представлен двумя динамическими звеньями с отрицательной обратной связью. Структурная схема ПЧ – АД является линеаризованной [1]. Преобразователь частоты (ПЧ) также является линейным звеном. Система управления ПЧ – АД состоит из множительного звена и звена типа реле без гистерезиса [2]. Введение нелинейных звеньев обеспечивает качественные характеристики переходных процессов скорости и момента двигателя [3]. Переходные процессы скорости и момента асинхронного двигателя с параметрами двигателя АКЗ 20НР (15 kW), преобразователя частоты и системы управления приведены на рисунке 2.

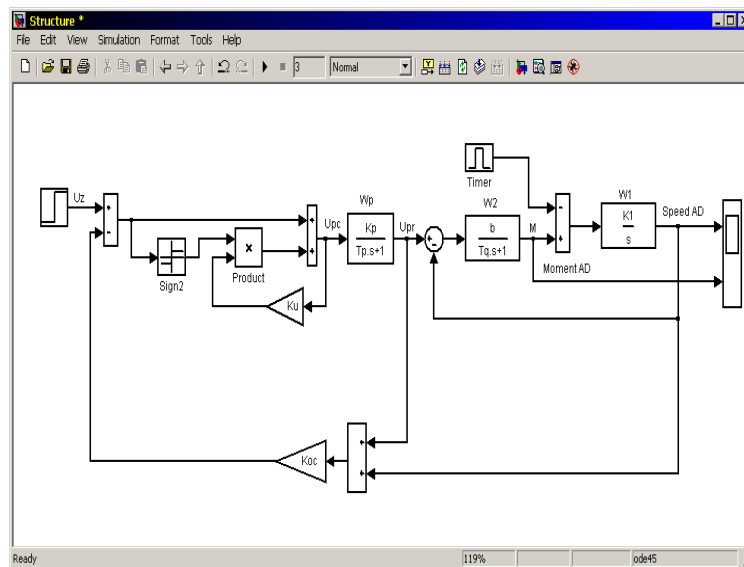


Рис. 1. Структурная схема замкнутой нелинейной системы ПЧ – АД

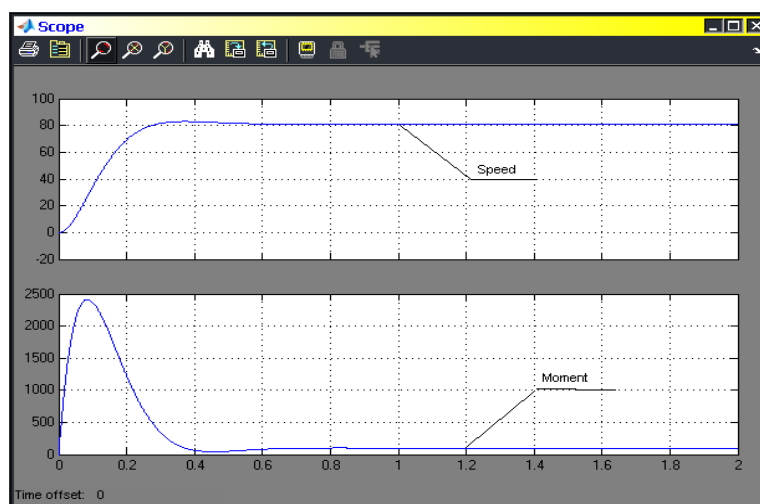


Рис. 2. Графики переходных процессов скорости и момента асинхронного двигателя

Как видно из рисунка 2, переходные процессы скорости и момента асинхронного двигателя (АД) получаются без перерегулирования и колебаний. Для определения устойчивости замкнутой нелинейной системы ПЧ – АД, прежде всего, необходимо получить передаточную функцию системы. Получение передаточной функции системы осуществляется с помощью символьных вычислений в MATLAB по передаточным функциям звеньев системы. Передаточная функция асинхронного двигателя в операторной форме имеет вид

$$W_D = W_1 * W_2 / (1 + W_1 * W_2), \quad (1)$$

где  $W_1 = K_1 / s$  – передаточная функция (ПФ) первого динамического звена АД,  $W_2 = b / (Tq s + 1)$  – передаточная функция второго звена; коэффициент  $b$  – жесткость механической характеристики,

$Tq$  – постоянная времени электромагнитной цепи двигателя.

Передаточная функция преобразователя частоты с коэффициентом передачи  $Kp$  и постоянной времени  $T_p$  имеет вид

$$W_p = Kp / (T_p s + 1) \quad (2)$$

Определения передаточной функции замкнутой системы ПЧ – АД осуществляется с помощью систему алгебраических уравнений в символьном виде. Алгебраическое уравнение, в символьном виде, АД можно записать в виде

$$x_1 - W_D * x_2 = 0, \quad (3)$$

где  $x_1 = \omega$  – частота вращения вала двигателя,

$x_2 = M$  – электромагнитный момент двигателя.

Алгебраическое уравнение ПЧ в символьном виде можно записать следующим образом

$$x_2 - W_p * x_3 = 0, \quad (4)$$

здесь  $x_3 = u_{PH}$  – напряжение на входе преобразователя частоты.

Напряжения на входе ПЧ описывается следующим уравнением

$$k_{OC} \omega + k_{OC} u_{PR} + (1 - k_U \text{sign}(u_Z - k_{OC} \omega - k_{OC} u_{PR})) \cdot u_{PH} - u_Z = 0$$

или

$$k_{OC} x_1 + k_{OC} x_2 + (1 - k_U \text{sign}(u_Z - k_{OC} x_1 - k_{OC} x_2)) \cdot x_3 - u_Z = 0. \quad (5)$$

На основе символьных уравнений (3), (4) и (5) составляется программа решения уравнений на алгоритмическом языке MATLAB приведенная на рисунке 3.

```

1 - syms wd wp
2 - f1=sym('x1-wd*x2'); f2=sym('x2-wp*x3');
3 - fa=sym('u-ks*(x1+x2)'); fb=sym('ku*sign(u-ks*(x1+x2))*x3');
4 - f3=sym(x3-(fa+fb)); [x1,x2,x3]=solve(f1,f2,f3)
5 - k1=0.2; b=25; ks=0.1; kp=20; ku=0.2; Tp=0.001; Tq=0.05;
6 - w1=tf([k1],[1 0]); w2=tf([b],[Tq 1]);
7 - w3=w1*w2; wd=feedback(w3,[1]);
8 - wp=tf([kp],[Tp 1]);
9 - u=5; R=eval(x1);
10 - G=minreal(R)
11 - p=pole(G)
12 - step(G,1)
13 - grid
14

```

Рис. 3. Программа расчета корней ПФ замкнутой системы ПЧ-АД

## • Технические науки

Программа определения устойчивости системы написана на алгоритмическом языке MATLAB. Рассчитанная передаточная функция замкнутой нелинейной системы ПЧ - АД представлена на рисунке 4.

$$\begin{array}{c} \text{Transfer function:} \\ 1.25\text{e}007 \\ \hline s^3 + 3520 s^2 + 7.01\text{e}004 s + 6\text{e}005 \end{array}$$

Рисунок 4. – ПФ замкнутой нелинейной системы ПЧ - АД

Корни характеристического уравнения ПФ имеют следующий вид:

$$\begin{array}{l} p = \\ 1.0\text{e}+003 * \\ -3.5000 \\ -0.0100 + 0.0085i \\ -0.0100 - 0.0085i \end{array}$$

Вещественные часть корней характеристического уравнения ПФ отрицательные система устойчива.

График переходного процесса скорости асинхронного двигателя приведен на рисунке 5.

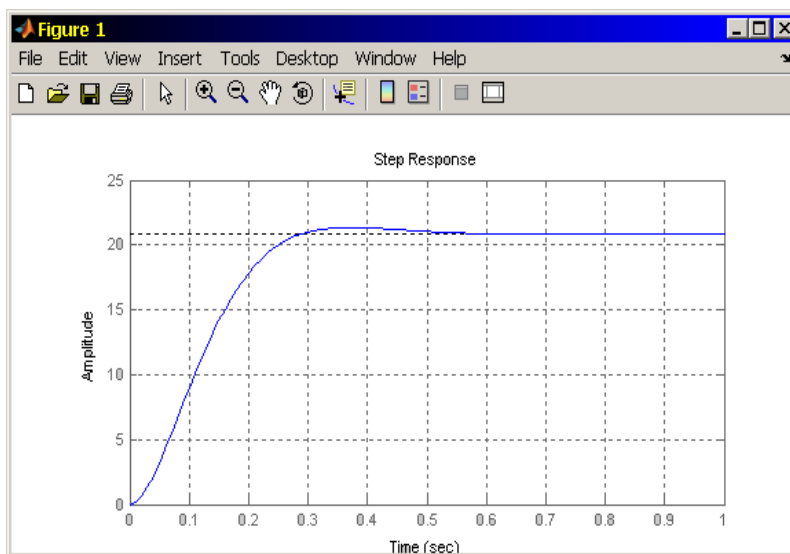


Рис. 5. Переходной процесс скорости АД

График переходного процесса скорости подтверждает устойчивость замкнутой нелинейной системы ПЧ - АД.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Терехов В.М., Осипов О.И. Системы управления электроприводов. –М.: Издательский центр «Академия», 2008. - 304 с.
- [2] Гайдук А.Р. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB. – М.: Горячая линия - Телеком, 2011.- 464 с.
- [3] Кудинов Ю.И. Теория автоматического управления (с использованием MATLAB + SIMULINK): Учебное пособие. – СПб.: «Лань», 2016.- 256 с.

Иманбекова Т.Д., Жаксылық А., Жаркымбекова М. Б.

**MATLAB көмегімен тұйықталған сызықты емес ЖТ-АҚ жүйесінің орнықтылығын зерттеу және компьютерде моделденуі**

**Түйіндеме.** Мақалада жиіліктік түрлендіргіш - асинхронды қозғалтқыштың автоматтандырылған сызықты емес жүйесінің компьютерлік моделінің құрылымдық сұлбасы келтірілген және қозғалтқыштың электромагниттік моменті мен жылдамдығының өтпелі процестерінің графиктері көрсетілген. Жиіліктік түрлендіргіш - асинхронды қозғалтқыштың тұйықталған жүйесінің сызықты емес алгебралық теңдеулері символды түрде берілген, сонымен қатар жүйенің орнықтылығын анықтауға болатын MATLAB бағдарламасындағы алгебралық теңдеулер жүйесін шешу жолдары қарастырылған.

**Түйін сөздер:** буын, жиіліктік түрлендіргіш, асинхронды қозғалтқыш, кері байланыс, асырареттеу, беріліс функциясы, орнықтылық.

УДК 004.418

**R.B. Bolatbekov, S.T. Amanzholova, K. Basiri**

(International Technology University, Almaty, Kazakhstan)

E-mail: rinat.bolatbekov@gmail.com, s.amanzholova@iitu.kz, k.baisiri@iitu.kz

### **RESEARCH AND RATING OF THE ENTERPRISE SERVICE BUSES**

**Abstract.** This article rate the enterprise service buses (ESB) Fuse, Mule and OpenESB, concentrating on their backing of high availability. Because high availability for these ESBs is dependent on transactional Java messaging service (JMS) in a staged event driven architecture (SEDA), we review JMSs first. Based on this, the ESB will be assessed for their support of services both stateless and stateful.

**Key words:** SOA, ESB, JMS, high availability, failover

**Р.Б. Болатбеков, С.Т. Аманжолова, К. Басири**

(Международный университет информационных технологий, Алматы, Республика Казахстан,

E-mail: rinat.bolatbekov@gmail.com, s.amanzholova@iitu.kz, k.baisiri@iitu.kz)

### **ИССЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА СЕРВИСНЫХ ШИН ПРЕДПРИЯТИЯ**

**Аннотация.** Оцениваются сервисные шины предприятия (ESB) Fuse, Mule и OpenESB, с акцентом на их поддержку высокой доступности. Поскольку высокая доступность этих ESB зависит от транзакционной службы обмена сообщениями Java (JMS) в архитектуре поэтапного управления событиями (SEDA), сначала будут рассмотрены JMS. Исходя из этого, будет произведена оценка ESB на их поддержку сервисов как без сохранения состояния(stateless), так и с сохранения состояния(stateful).

**Ключевые слова:** SOA, ESB, JMS, высокая доступность, отказоустойчивость

#### **Введение**

Сервисная шина предприятия (ESB) является одной из основных технологий, обеспечивающих реализацию сервис-ориентированной архитектуры (SOA). SOA - это архитектурный стиль, целью которого является достижение слабой связи между взаимодействующими сервисами. Это стало чрезвычайно популярной парадигмой. Очевидным доказательством этого факта является то, что более 80% бизнес-приложений, проданных в период с 2005 по 2008 год, были основаны на принципах SOA [1]. Основной частью SOA являются сервисы. Сервисы - это информативные, самостоятельные, независимые от платформы и открытые узлы, которые взаимодействуют по сети. Другими словами, сервис - это узел, который выполняет функции поставщика услуг для достижения желаемых конечных результатов для потребителя услуги. Сервисы могут быть с запоминанием состояния(stateful) или без запоминания состояния(stateless). Под состоянием мы подразумеваем, что предыдущие запросы влияют на обработку текущего запроса. Другими словами, способ, которым службы будут обрабатывать текущий запрос, зависит от их состояния, которое доступно в памяти. Напротив, на сервисы без сохранения состояния не влияют предыдущие запросы, которые могут быть отправлены любому сервису, если сервис реплицируется.

Под запоминанием состояния подразумевается, что предыдущие запросы влияют на обработку текущего запроса. Другими словами, способ, которым службы будут обрабатывать текущий запрос, зависит от их состояния, которое доступно в памяти. Напротив, на сервисы без сохранения состояния

не влияют предыдущие запросы, которые могут быть отправлены любому сервису, если сервис реплицируется.

Учитывая особые характеристики приложений SOA и их среды реализации, многие организации хотели бы получить оценку ESB платформ, потому что эта оценка занимает меньше времени и является менее затратной, чем фактическая реализация приложения SOA или даже покупка ESB. Другими словами, оценка может помочь организациям выбрать ESB платформу. Сегодня на рынке доступно множество различных ESB, поэтому выбор ESB становится все труднее. При выборе не только нужно учитывать множество различных факторов, но также существует взаимосвязь между этими факторами и требованиями конкретного сценария интеграции.

#### **Методология исследования**

Были использованы следующие критерии для оценки ESB:

- Высокая доступность услуг без сохранения состояния. Как ESB поддерживает высокую доступность услуг без сохранения состояния?
- Высокая доступность служб с отслеживанием состояния. Как ESB поддерживает высокую доступность служб с отслеживанием состояния?
- Расширяемость. Насколько легко расширить ESB с поддержкой высокой доступности?
- Отказоустойчивость - как ESB поддерживает обработку отказа служб?

#### **Связанные исследования**

Оценка ESB платформы является сложной задачей, потому что есть много соответствующих критериев, которые могут быть рассмотрены в этой оценке. Соответствующими критериями являются те, которые приводят к обоснованному выводу о том, насколько точно конкретный ESB соответствует требованиям среды приложения SOA, характеризующееся полным включением всех аспектов: потребности пользователей, бюджета, аппаратных/программных/кадровых ограничений и т.д.

Разные исследователи применяют много разных критериев оценки. Список критериев, применяемых для сравнения ESB платформ с открытым исходным кодом, обычно совпадает с критериями, используемыми для оценки коммерческих ESB платформ. При этом каждый исследователь устанавливает свои собственные списки критериев оценки. В этих различных списках продолжают появляться некоторые критерии (например, цена), хотя их значение в списках может различаться. Например, цена может быть неважной при сравнении ESB с открытым исходным кодом. Воллмер и Гилпин [2] предложили идею сгруппировать критерии оценки. За этой идеей последовали многие другие исследователи, которые включили критерии оценки в списки характеристик и их зависимых под-характеристик, которые, в свою очередь, присваиваются весам и показателям.

Воллмер и Гилпин [2] оценили восемь коммерческих ESB по более чем 100 критериям, которые были сгруппированы в три сегмента высокого уровня: текущее предложение, стратегия и рыночное давление. Сначала Воллмер и Гилпин оценили Cape Clear, а за ним - BEA Aqualogic Service Bus. Среди других претендентов были Fiorano, IBM WebSphere Enterprise Service Bus, IONA Artix, Polar-Lake, Software AG и Sonic. Показатели ESB были основаны на опросах поставщиков, брифингах ESB, где провайдеры обсудили свое видение и стратегию ESB, обсуждениях с референтными клиентами.

Вулли [3] применил критерии оценки Фольмера и Гилпина к двум ESB с открытым исходным кодом Apache ServiceMix и MuleSource Mule. Кроме того, он включил интеграцию в список критериев оценки. Интеграция по-прежнему является ключевым критерием для оценки ESB, поскольку существует так много устаревших систем, которые необходимо включить в состав SOA. Вулли сначала оценил MuleSource Mule, а затем Fiorano. В число других претендентов входили IBM WebSphere Enterprise Service Bus, BEA Systems Aqualogic Service Bus и Apache ServiceMix. Оценки ESB платформ были основаны на информации, предоставленной поставщиками, либо эта информация была взята из других опубликованных исследований.

Desmet et al. [4] сравнили два ESB с открытым исходным кодом MuleSource Mule и Apache ServiceMix, а также два коммерческих ESB BEA Aqualogic Service Bus и IBM WebSphere Enterprise Service Bus. Они сосредоточены на производительности. ESB обеспечивают стандартную интеграцию между слабосвязанными приложениями. Несмотря на гибкость, ESB (в качестве единственного связывающего сервисы средство информационных технологий) может стать узким местом, если его используют многие процессы со сложным обменом сообщениями. В худшем случае критически важные бизнес-процессы могут быть парализованы, что может иметь непредсказуемые последствия для поставщика услуг. Следовательно, производительность становится важным критерием, который необходимо учитывать при оценке. Desmet et al. сначала оценили ESB с открытым исходным кодом, а за-



тем коммерческие ESB. (Поскольку коммерческие ESB построены поверх сервера приложений, они работают хуже, чем ESB с открытым исходным кодом.) Частота ESB основывалась на результатах тестирования производительности.

Еще одна оценка коммерческих ESB доступна от MacVittie [5]. Его критерии оценки включали основные характеристики шины, интеграцию и цену. MacVittie сначала оценил BEA Aqualogic Service Bus, а затем - Oracle SOA Suite. Другими претендентами были TIBCO Software, Fiorano, Cape Clear, IBM WebSphere Enterprise Service Bus, Software AG и Sonic. Ставки ESB были основаны на информации, предоставленной поставщиками. Или эта информация была взята из других опубликованных исследований.

Предыдущие оценки дают интересные результаты. Однако:

- Они часто сравнивают только коммерческие ESB.
- Они часто устанавливают слишком общие критерии оценки, которые полезны для классификации ESB или только для оценки поставщиков.
- им не хватает некоторых важных критериев оценки; например, высокая доступность.

Высокая доступность характеризует ESB, который предназначен для предотвращения потери услуг за счет уменьшения количества сбоев или управления ими, а также сведения к минимуму запланированных простоев для ESB. Высокая доступность имеет особое значение для многих организаций, поскольку сбои приводят к потере дохода, неудовлетворенности клиентов и упущенным возможностям [6]. (В 2001 г. 25% организаций заявили, что сбои обходятся им более 250 000 долл. в час. И 8% заявили, что сбои обходятся им более 1 000 000 долл. в час [7].)

#### **Службы обмена сообщениями Java(JMS)**

Поскольку ESB с открытым исходным кодом в значительной степени полагаются на службу обмена сообщениями Java (JMS) в своей поддержке высокой доступности, сначала будут рассмотрены JMS, а затем обзор ESB.

#### **Fuse Message Broker**

Брокер Fuse Message Broker [8] основан на Apache ActiveMQ. Он поддерживает высокую доступность с помощью ряда методов. Во-первых, клиенты JMS используют прозрачные методы обработки отказа через список URL-адресов соединений с брокером. При сбое подключения к первому посреднику клиент прозрачно перенаправляется на второе подключение. Сам брокер поддерживает несколько конфигураций «главный-подчиненный».

В подходе «ничего общего» главный и подчиненный постоянно общаются друг с другом, чтобы гарантировать, что все сообщения реплицируются в очередях для обоих посредников. Если главный отключается, клиенты будут автоматически перенаправлены на подчиненный, который будет выполнять роль главного. Состояние очереди сохраняется каждым посредником с использованием высокоскоростного файлового журнала; база данных не требуется. Это решение идеально подходит для товарного оборудования. Однако один недостаток заключается в том, что при возобновлении работы ведущего требуется вмешательство человека для копирования состояния из файловой системы подчиненного устройства обратно в главного.

Подход «общего файла» устраняет проблему физического копирования состояния повышенного подчиненного с использованием надежной общей файловой системы. При запуске брокеры конкурируют за блокировку файловой системы: победитель становится главным и записывает состояние очереди и сообщения в файловую систему. Когда главный умирает, подчиненный получает блокировку и становится «повышенным».

При отсутствии разделяемой файловой системы брокеры могут применять подход «общей базы данных» к постоянству, когда главный и подчиненный брокеры борются за блокировку базы данных. Оба подхода: «общий файл» и «общая база данных» имеют недостаток в том, что подчиненные экземпляры работают в режиме «горячего резервного копирования», не выполняя никаких действий до снятия блокировки. Тем не менее, брокеры могут быть настроены как «сеть пар главный-подчиненный», обеспечивая масштабируемое и высокодоступное решение.

#### **Mule**

Mule [12] полагается на JMS для поддержки высокой доступности. Он поддерживает несколько JMS-брокеров с открытым исходным кодом, включая Fuse Message Broker, Joram и JBossMQ.

В Mule, высокая доступность сервисов без сохранения состояния может быть реализована при наличии избыточных потребителей, слушающих в очереди. Высокая доступность сервисов с отсле-

живанием состояния должна быть расширена в компоненте универсального объекта сообщения (UMO). Расширение компонента UMO для репликации информации о состоянии может использовать базу данных JCache или Terracotta.

#### **OpenESB**

OpenESB [13] основан на JBI. Он поддерживает высокую доступность двумя различными способами.

Во-первых, он может быть развернут на сервере приложений J2EE. По умолчанию загрузка OpenESB настроена для запуска на сервере приложений Glassfish и использует транзакционные и кластерные возможности этого сервера. Тем не менее, OpenESB также может быть развернут в JBoss и WebSphere.

Во-вторых, OpenESB может быть развернут в автономном режиме и поддерживать высокую доступность с использованием очередей JMS. Каждый компонент является избыточным; помещенные в очередь сообщения JMS реплицируются между различными экземплярами посредника.

При развертывании на сервере приложений Java J2EE OpenESB может использовать любого JMS-брокера, зарегистрированного на этом сервере. Однако в автономном режиме OpenESB может использовать только Системную очередь сообщений Sun Java; это основано на JMS Broker, изначально поставляемом с (коммерческим) сервером приложений Sun. Этот JMS-брокер поддерживает высокую доступность только через свое коммерческое решение JMS (а именно Sun Java System Message Queue Enterprise Edition).

В OpenESB нет прямой поддержки высокой доступности сервисов с отслеживанием состояния. Однако концепция без сохранения состояния может быть расширена новым уровнем, чтобы службы могли сохранять информацию о состоянии.

#### **Тестирование отказоустойчивости**

ESB были установлены на распределенных серверах и также были реализованы их возможности восстановления после отказа, выполнив следующие тесты:

- **Завершение процесса сервера:** в этом тесте процесс сервера был убит (выполнив команду «kill -9» на стороне сервера), чтобы увидеть, как кластер отреагирует на сбой.
- **Отключение сетевого кабеля:** в этом тесте сетевой кабель сервера был отключен, чтобы увидеть, как кластер отреагирует на сбой.
- **Уничтожение мастера:** в этом тесте мастер был убит, чтобы увидеть, как кластер будет вновь введен.

Каждый из этих тестов имитировал сбой, вызванный незапланированным простоем.

#### **Fuse**

**Fuse с Fuse Message Broker.** Тестирование Fuse с помощью Fuse Message Broker было затруднительно из-за некоторых ошибок в механизме обработки отказа. Кроме того, чистая активная / пассивная конфигурация Fuse Message Broker имеет недостаток в том, что отказавший активный брокер не может быть повторно введен. Чтобы повторно ввести старого активного брокера, новый активный брокер должен быть закрыт. В случае сбоя активного брокера это всегда означает отключение сервиса. Реплицированная информация должна быть скопирована вручную. Один активный может быть подключен к активному брокеру. Конфигурация с общей файловой системой JMS-брокера имеет недостаток в том, что общая файловая система всегда является единственной точкой отказа. Точно так же конфигурация JDBC имеет возможную единственную точку отказа, потому что она построена поверх базы данных.

**Fuse с чистым прозрачным клиентом.** Чисто прозрачный клиентский подход может обрабатывать все тестовые сценарии. Поскольку это активный / активный подход, реинтродукция не является проблемой. Перезапущенный экземпляр службы запускается как обычный сервис. Когда сетевой кабель был отключен, клиент автоматически подключился к другому экземпляру службы. Чисто прозрачный клиентский подход хорошо работал для сервисов без сохранения состояния. Это имеет преимущество в том, что переподключение клиента происходит в клиентском перехватчике. Только пользовательские исключения должны обрабатываться в коде клиента. Этот подход относительно легко может быть расширен для служб с отслеживанием состояния с другим уровнем для репликации состояния.

#### **Mule**

**Mule с Fuse Message Broker.** Тестирование Mule с Fuse Message Broker было похоже на тестирование Fuse с Fuse Message Broker.

**Mule с JBossMQ.** Механизм отработки отказа работал нормально. Но каждый раз, когда JMS-брокер выходил из строя, сервис тоже терял. Поскольку JBossMQ является активной / пассивной кластеризацией, Mule должен подключиться к новому активному экземпляру JMS-брокера после сбоя старого активного экземпляра.

Повторное внедрение службы в кластере работало нормально. Но повторное введение JMS-брокера не сработало, поскольку экземпляры Mule привязаны к конкретному адресу JMS-брокера. Они не распознают новый экземпляр JMS-брокера. Для служб без сохранения состояния и состояния это означает, что экземпляры службы должны быть перезапущены, чтобы использовать вновь представленного посредника. Ручная часть все еще необходима в конфигурации высокой доступности. Это является недостатком, поскольку взаимодействие с человеком обычно занимает больше времени, чем автоматическое обнаружение нового экземпляра JMS-брокера.

Тесты показали, что отказавший JMS-брокер не может быть повторно представлен в Mule; вместо этого службы должны быть перезапущены для повторного подключения к новым экземплярам. Для сервисов с отслеживанием состояния это довольно сложно, потому что вся информация о состоянии должна быть реплицирована на перезапущенный экземпляр.

### **OpenESB**

Подход OpenESB к высокой доступности не может быть протестирован, поскольку сервер JMS является коммерческим продуктом.

### **Результаты**

Все веса находятся в диапазоне от 0 до 1. Сумма всех весов равна 1. По умолчанию все веса равны 0,25, поэтому все критерии дают одинаковый вклад. Поскольку высокая доступность так важна, этот критерий было указано выше.

Все оценки находятся в диапазоне от 0 до 10. Итого - это сумма всех оценок, умноженная на соответствующие веса. Максимально достижимая сумма - 10.

В таблице 1 приведены результаты оценки. Эти результаты могут использоваться для выбора ESB.

Таблица 1. **Итоговые результаты оценки**

Критерий	Вес критерия	Оценка Fuse	Оценка Mule	Оценка OpenESB
Высокая доступность stateless сервисов	0.27	9	6	6
Высокая доступность stateful сервисов	0.27	4	4	4
Расширяемость	0.23	6	6	7
Отказоустойчивость	0.23	8	6	-
Итого		6.73	5.46	4.31

### **Обсуждение**

Организации могут изменить вес, чтобы подчеркнуть один критерий над другим (см. Таблица 1), чтобы выделить более важные критерии при общей оценке. Все ESB с открытым исходным кодом поддерживают высокую доступность, используя подход JMS. Недостаток этого подхода состоит в том, что он не поддерживает автоматическое переподключение после потери соединения с сервером JMS. Если сервер JMS дает сбой, то и сервис тоже. Поэтому необходимо перезапустить службу вручную. Из открытых источников ESB Fuse - яркое тому подтверждение.

### **ЛИТЕРАТУРА**

- [1] Testing SOA Applications, 2007; <http://www.zdnet.com.au/whitepaper/0,2000063328,22145807p-16001293q,00.htm>
- [2] Vollmer K, Gilpin M. The Forrester Wave: Enterprise Service Bus, Q2 2006, 2006; <http://whitepapers.zdnet.co.uk/0,1000000651,260256988p,00.htm>
- [3] Woolley R. Enterprise Service Bus (ESB) Product Evaluation Comparisons, 2006; [dts.utah.gov/techresearch/researchservices/researchanalysis/resources/esbCompare061018.pdf](http://dts.utah.gov/techresearch/researchservices/researchanalysis/resources/esbCompare061018.pdf)
- [4] Desmet S. et al. Throughput Evaluation of Different Enterprise Service Bus Approaches. Software Engineering Research and Practice; 2007, 378-384.

- [5] MacVittie L. Review: ESB Suites; 2006. <http://www.networkcomputing.com/article/printFullArticle.jhtml?articleID=181501276>
- [6] Weygant P. Clusters for High Availability - a Primer of HP-UX Solutions. Prentice Hall PTR, 1996.
- [7] Aggarwal N. et al. Configurable Isolation: Building High Availability Systems with Commodity Multi-core Processors; 2007. [http://www.hpl.hp.com/personal/Partha\\_Ranganathan/papers/2007/2007\\_isca\\_isolation.pdf](http://www.hpl.hp.com/personal/Partha_Ranganathan/papers/2007/2007_isca_isolation.pdf).
- [8] Configuring and Running Fuse ESB, 2008. [http://open.iona.com/docs/esb/3.3/deploy\\_guide/index.htm](http://open.iona.com/docs/esb/3.3/deploy_guide/index.htm)
- [9] JBoss Messaging User's Guide, 2008. [http://www.jboss.org/fileaccess/default/members/jbossmessaging/freezone/docs/userguide1.4.0.SP3/html\\_single/index.htm](http://www.jboss.org/fileaccess/default/members/jbossmessaging/freezone/docs/userguide1.4.0.SP3/html_single/index.htm)
- [10] Joram User's Guide, 2007. <http://joram.objectweb.org/doc/Joram-en.pdf>
- [11] Zelenka A. Open Source ESBs for Application Integration (SOA Optional); 2007. [redmonk.com/public/OpenSourceESBs.pdf](http://redmonk.com/public/OpenSourceESBs.pdf)
- [12] Mule User's Guide, 2008. <http://mule.mulesource.org/display/MULEUSER/Clustering>.
- [13] OpenESB JMS Binding Component User's Guide, 2008. <https://openesb.dev.java.net/kb/60/ep-jms-bc.html>
- [14] Baresi, L. (Ed), Chi, C. (Ed), Suzuki, J. (Ed). Service-Oriented Computing, Springer, 2009
- [15] Grandzol JR. Improving the faculty selection process in higher education: A case for Analytical Hierarchy Process. Assoc. Inst. Res., 2005

Болатбеков Р.Б., Аманжолова С.Т., Басири К.

**Кәсіпорын сервистік шиналарын зерттеу және бағалау**

**Түйіндеме.** Бұл мақалада ашық қолжетімді үш корпоративті қызмет көрсету автобусы (ESB) Fuse, Mule және OpenESB бағаланады, олардың қолжетімділігі жоғары. Бұл ESB-тің жоғары қолжетімділігі интенсивті оқиғаларды басқару архитектурасында (SEDA) Java транзакциялық хабар алмасу қызметіне (JMS) байланысты болғандықтан, алдымен JMS қарастырылады. Осыған сүйене отырып, ESB олардың азаматтығы жоқ адамдарға да, мемлекеттік қызметтерге де қолдау көрсететініне бағаланатын болады.

**Кілттік сөздер:** SOA, ESB, JMS, жоғары қол жетімділік, ақауларға төзімділік

УДК 553.98:551.761(-925.22)

**A. Akhmetzhanov, B. Oraz, G. Akhmetzhanova, N. Assirbek**  
(Kazakh National Research Technical University n.a. K. I. Satpayev.  
Republic of Kazakhstan, Almaty)  
E-mail: aazh64@mail.ru, urbana12@mail.ru, nazeio@mail.ru

**DYNAMIC INTERPRETATION OF SEISMIC DATA TO FORECAST POROSITY  
AND PERMEABILITY PROPERTIES**

**Abstract.** The data of geological prerequisites for the application of seismic attribute analysis are provided that have been worked out by CDPM-3D to increase the reliability of structural interpretation and the reservoir properties forecasting, as well as the possibility of using the dynamic characteristics of seismic waves in geological modeling of hydrocarbon deposits.

**Key words.** Seismic data, acoustic inversion, wave field, impedance, near-surface section, true amplitude recovery, seismic signal, wireline logging, reservoir properties.

**А. Ахметжанов, Б. Ораз, Г. Ахметжанова, Н. Асирбек**  
(Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева,  
Алматы, Республика Казахстан )  
aazh64@mail.ru, urbana12@mail.ru, nazeio@mail.ru

**ДИНАМИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОГНОЗА  
ФИЛЬТРАЦИОННО-ЕМКОСТНЫХ СВОЙСТВ**

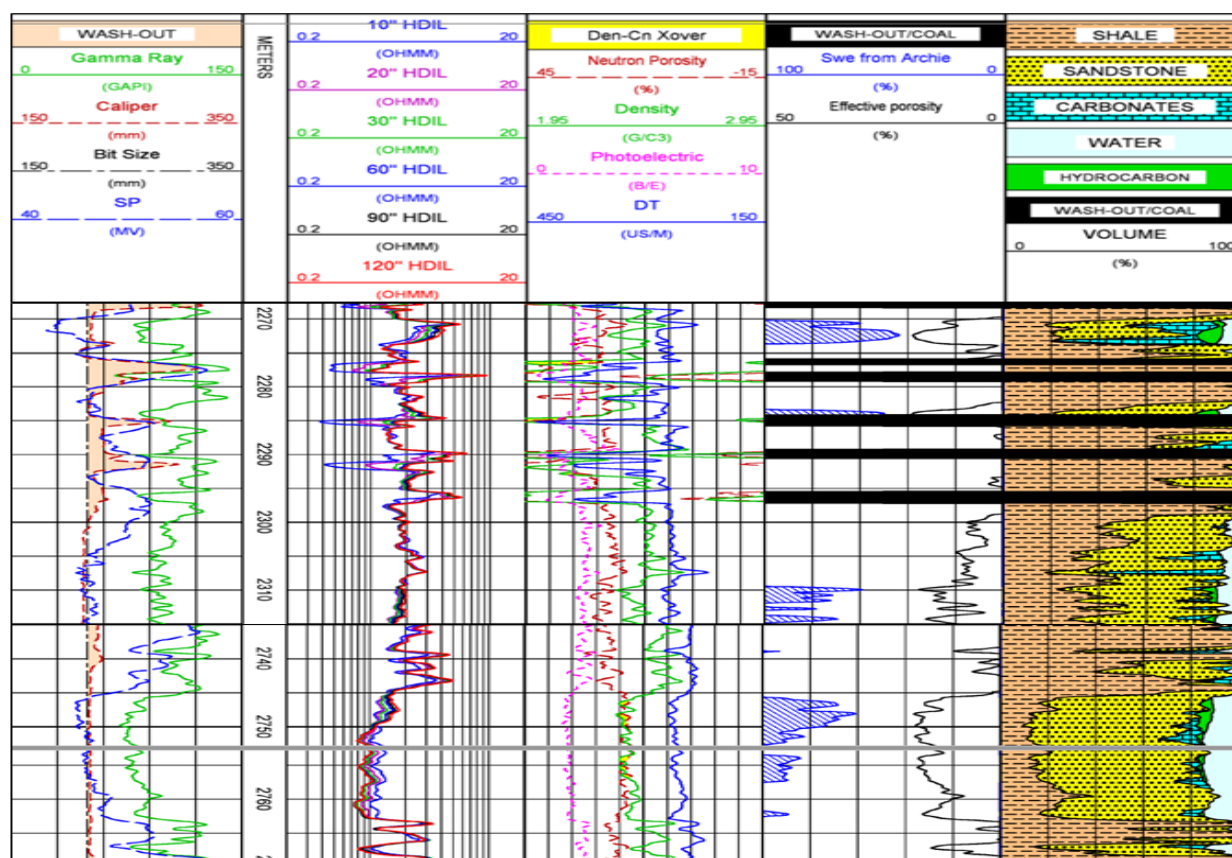
**Аннотация.** Приведены сведения о геологических предпосылках применения атрибутного анализа сейсмических данных, обработанных по методике МОГТ-3Д для повышения достоверности структурной интерпретации и прогноза коллекторских свойств резервуара, а также возможности использования динамических характеристик сейсмических волн при построении геологических моделей месторождений углеводородов.

**Ключевые слова:** Сейсморазведка, отражающий горизонт, геофизические исследования скважин, структурная карта, стратиграфия, тектоника, антиклиналь, синклиналь, нефтегазоносность, сеймостратиграфия, динамическая интерпретация

**Введение**

Зона сочленения Восточно-Европейской и Скифско-Туранской плиты, в пределах которой расположены юго-восточная прибортовая зона Прикаспийской впадины, Северный Устюрт и Бозаши, изученная по геолого-геофизическим материалам, позволяет охарактеризовать в общих чертах строение осадочного чехла. Более детально описано строение доюрского комплекса, начиная с верхнепалеозойского, который вскрыт скважинами на всей территории юго-востока Прикаспийского осадочного бассейна и в пределах Бозашинского поднятия. В зоне сочленения Прикаспия и Северного Устюрта палеозой вскрыт единичными скважинами и, большей частью картируется по геофизическим данным. Геологическое строение рассматриваемой территории и в целом северо-западной части Туранской плиты подробно изложено в работах В.В. Липатовой В.В., Ю.А. Воложа, В. В. Грибкова, Т.Л. Бабаджанова, Н.Я. Кунина, В.И. Лук-Зильбермана и др. [1-4].

Район исследований, в пределах которого отработаны сейсмические материалы МОГТ-ЗД, приурочен к юго-восточной бортовой зоне Прикаспийской впадины на юго-западной периклинальной части Южно-Эмбинского палеозойского поднятия. Для рассмотрения некоторых особенностей волнового сейсмического поля дополнительно использованы сейсмические данные, отработанные в пределах северо-восточного склона Бозашинского поднятия, осложняющего приподнятую часть Каламкас-Колтыкского валообразного погужения.



**Рис. 1.** Результаты интерпретации данных ГИС в интервале отложений средней юры

По мезокайнозойскому структурному этажу Южно-Эмбинское палеозойское поднятие представляет собой полого погружающуюся на юг и юго-восток моноклинал, осложненную серией субширотных малоамплитудных тектонических нарушений, переходящих на отдельных участках во флексуры. Тектонические нарушения, выявленные по результатам проведенных сейсмических работ, по своему генезису связаны с соляной тектоникой. Площадь сейсмической съемки, проведенной в пределах территории исследований, представляет собой нарушенную разломами антиклиналь по отложениям мела, юры и триаса. Общий структурный тренд имеет направление с запада на восток. В пределах площади вскрыты и описаны отложения от каменноугольных до четвертичных включительно [5-8]. Целевым интервалом исследований является юрско-меловой нефтегазоносный комплекс

отложений. При стратиграфическом расчленении разреза использованы палеонтологические определения, каротажные диаграммы, описание керна.

Мезозойская группа с перерывом и угловым несогласием залегает на отложениях палеозойского возраста. Триасовые отложения на исследуемой территории распространены повсеместно и, на основании литологической характеристики пород и палинологических определений, делится на 2 пачки. Нижняя толща условно отнесена к нерасчлененным отложениям нижнего и среднего триаса. Верхняя, меньшая по толщине, отнесена к верхнетриасовому возрасту.

Отложения юрской системы несогласно залегают на разновозрастных отложениях триаса и представлены всеми тремя отделами. Основанием для проведения границ нижней юры служит преимущественно каротажная характеристика и литологическое описание пород. Нижняя граница юры проводится по смене рыхлых песков, преобладающих в разрезе нижней юры, более уплотненными породами верхнего триаса.

Меловые отложения со стратиграфическим разрывом залегают на отложениях волжского яруса и сложены мощной толщей верхнего мела. Начинается разрез с базальной пачки гравийных песчаников и карбонатных пород (известняки, реже доломиты) валанжина, которые сменяются глинами и глинисто-песчаными осадками готерива, барема, апта, нижнего и среднего альба и преимущественно песчаными отложениями верхнего альба и глинистого сеномана. Заканчивается разрез мергельно-меловой толщей турона, сантона, кампана, маастрихта.

Четвертичные отложения сложены зеленовато-серыми глинистыми песками, темно-серыми глинами, черными илами с кристаллами соли и гипса.

Основным нефтегазоносными комплексами в пределах площади исследований является меловой и юрский. Регионально в юрский комплекс входят породы различного генезиса, начиная от континентальных аллювиальных, включая прибрежно-морские, авандельтовые и отложения неглубокого моря. Региональной покрывкой для юрского продуктивного комплекса отложений служат глинисто-карбонатные породы верхней юры и нижней части нижнего мела.

Интервал анализа сейсмических данных включает разрез, стратиграфически относящийся к отложениям средней юры (Рис. 1).

Поскольку целевые горизонты приурочены к юрско-меловым отложениям, залегающим на относительно небольших глубинах (1500-2000 м.) и характеризующимся благоприятными сейсмогеологическими условиями, методика полевых сейсморазведочных работ в модификации 3Д на рассматриваемой территории была направлена на получение кондиционной сейсмической информации, позволяющей уверенно выделять опорные отражающие горизонты по площади в мезозойском комплексе пород. Процедуры обработки, направленные на повышение разрешенности и прослеживаемости осей синфазности, повышение когерентности полезного сигнала и улучшение структурного изображения позволили подчеркнуть структурные и динамические особенности строения разреза, а детально изученная скоростная характеристика разреза - построить корректную структурную модель, надежность которой подтверждается результатами увязки стратиграфических маркеров с волновым сейсмическим полем. Идентификация отражающих горизонтов выполнена по каротажным данным и особенностям сейсмической записи. Структурные карты построены по основным отражающим границам в отложениях мезозоя.

Результаты корреляции отражающих горизонтов, выполненной с использованием интерпретационных комплексов Petrel® (Shlumberger) и Kingdom® (Seismic Micro-Technology, SMT), использованы для дальнейшего анализа динамических параметров волнового сейсмического поля с использованием модулей, входящих в программный комплекс Petrel, а также в программе Coherence Cube® (Paradigm Geophysical).

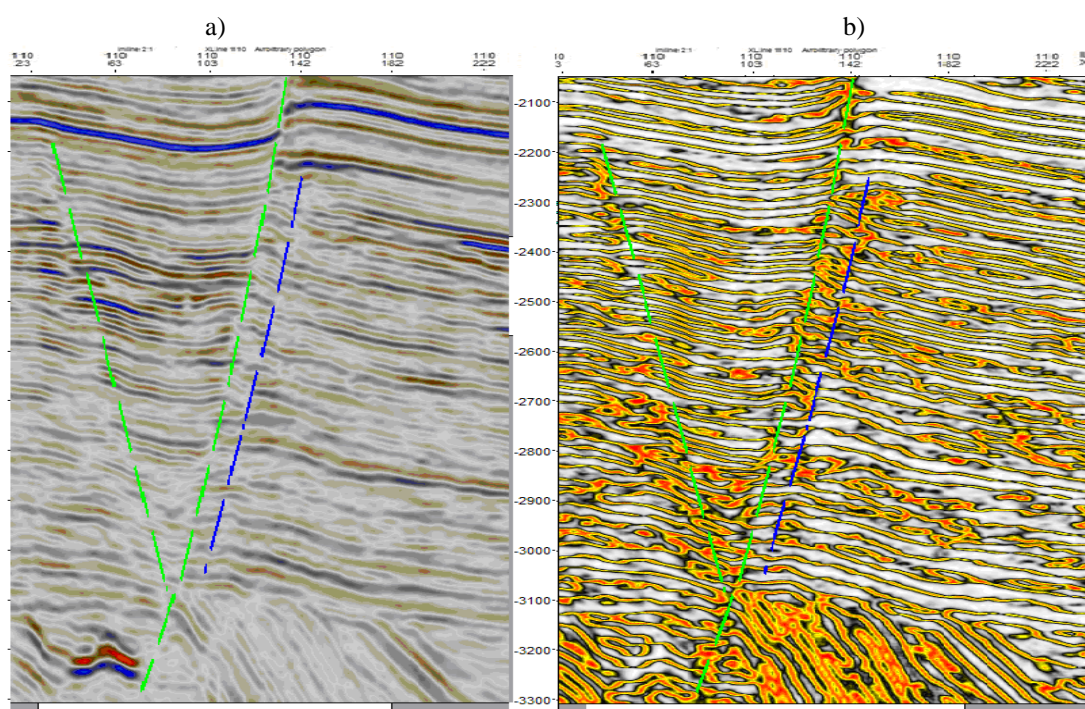
На первом этапе выполнена качественная оценка информативности сейсмических атрибутов. Сейсмический куб был пересчитан в кубы сейсмических атрибутов, основными из которых, в рамках настоящей работы были относительный акустический импеданс (Relative Acoustic Impedance), кубы когерентности (Coherency cube®) и Variance®, мгновенные параметры волнового сейсмического поля – частота, амплитуда, фаза (Instantaneous frequency, amplitude, phase) и др., являющиеся эффективными инструментами интерактивной интерпретации сейсмической и промыслово-геофизической информации, позволяющим извлечь из сейсмического куба динамические параметры волнового сейсмического поля, связанные с изменением литологии, тектоническими нарушениями и зонами трещиноватости, погребенными палеоруслами, седиментационными телами. Сейсмические данные и

материалы ГИС могут быть использованы также для выявления аномалий связанных с залежами углеводородов (акустический широкополосный каротаж, AVO интерпретация и анализ).

Сейсмические атрибуты могут рассчитываться как для куба в целом, так и быть ограниченным определённым временным интервалом вычислений или интервалом данных, которые будут принимать участие в расчётах – поверхностные атрибуты. Поверхностные атрибуты позволяют рассчитывать данные относительно одного горизонта, между двумя горизонтами или между постоянными временными уровнями. Выбор интервалов анализа является важным моментом при оценке информативности используемых сейсмических атрибутов, а учитывая, что толщины продуктивных пластов в изучаемом разрезе граничат с разрешающей способностью сейсморазведки, этот фактор становится критичным. Интервалы анализа сейсмических атрибутов определялись по результатам интерпретации данных ГИС.

Одним из наиболее информативных сейсмических атрибутов является когерентность (Coherency), характеризующая степень выдержанности отражений по напластованию. В основе расчета когерентности лежит расчет функции подобия формы сигналов на соседних трассах и соседних отсчетах по глубине.

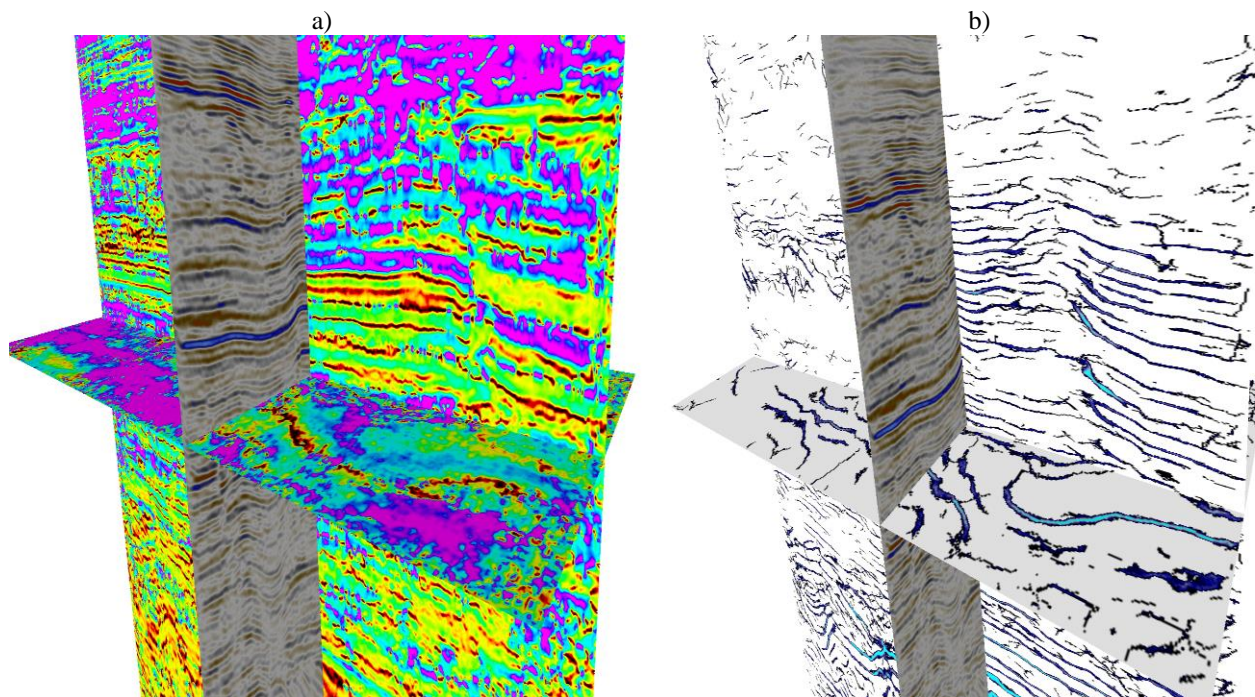
Свойства когерентности таковы, что если в пределах пласта есть разрыв и смещение (либо излом без смещения, либо изменение значений акустической жесткости в пластах без изменения геометрии), то подобие (когерентность) соседних сейсмических трасс изменяется от 1 до 0. Применение некоторых процедур обработки ведут к восстановлению данных в зонах ухудшения когерентности сейсмического сигнала при прослеживании отражений, что приводит к потере изображений малоамплитудных разрывных нарушений. Куб когерентности наоборот, подчёркивая такие зоны, позволяет более точно определять положение разрывных нарушений, которые являются важнейшими тектоническими элементами для понимания общего геологического строения района и являются важными поисковыми признаками при поисках залежей углеводородов. Аналогом когерентности является атрибут Variance® – запатентованный метод [9, 10], который может быть использован для выделения разрывов горизонтальной прослеживаемости осей синфазности. Результаты расчета куба атрибута Variance® (Рис. 2) использованы при выделении разрывных нарушений на рассматриваемой площади. Применение технологий позволяет интерпретировать как разрывные нарушения, так и аномалии, связанные с палеоруслуями рек, трещиноватостью пород – выделять объемные системы трещин, горизонтальные размеры которых могут составлять от десятков до сотен метров. Часто они имеют азимутальную ориентацию, либо образуют сложный мозаичный рисунок.



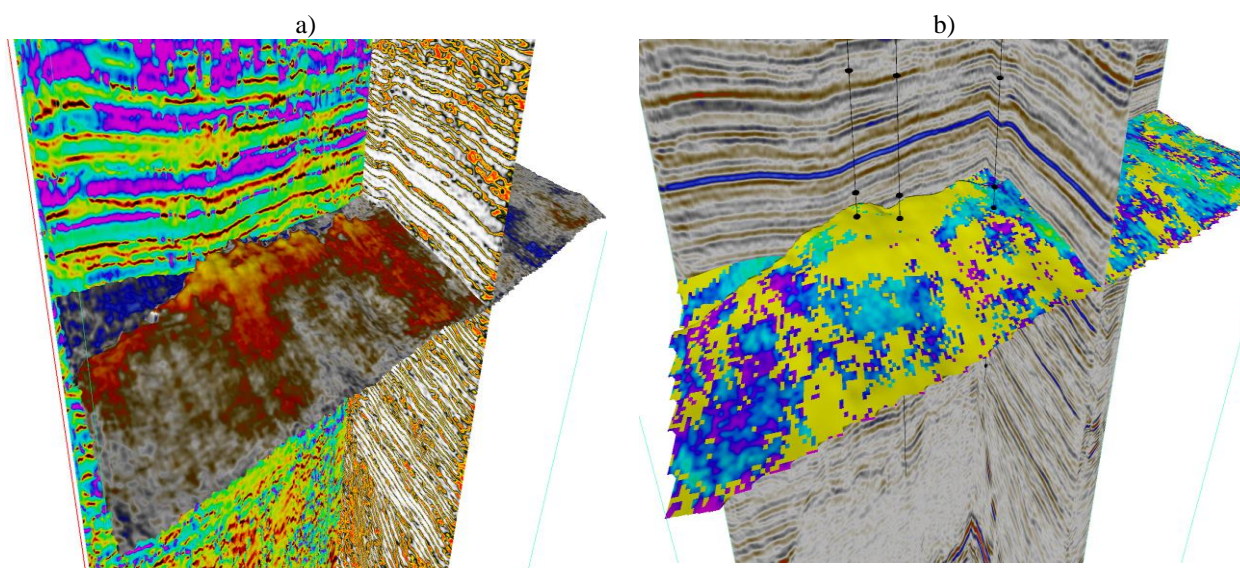
**Рис. 2.** Выделение тектонических нарушений:  
а) временной сейсмической разрез; б) разрез атрибута Variance®

Результатом расчета атрибута Мгновенная частота (Instantaneous frequency) является мгновенная центральная или средняя частота спектра. Результат атрибута не зависит от фазы и амплитуды и может быть использован при выделении изменений коллекторских свойств пород, выделения зон трещиноватости и изменения толщины пласта, а также латеральных изменений в литологии.

Атрибут Мгновенная частота имеет более высокое видимое разрешение, чем исходные амплитуды, что может быть использовано при выделении небольших изменений в частотах на временных разрезах или срезах в пределах анализируемого окна. Частоты в пределах выделенного временного среза изменяются незначительно (Рис. 3а), в то время как за его пределами, изменения гораздо больше, что указывает на латеральные изменения литологии.



**Рис. 3.** Результаты расчета сейсмических атрибутов: а) временной сейсмический разрез и «мгновенная частота»; б) Ant tracking



**Рис. 4.** Результаты расчета кубов сейсмических атрибутов: а) преобладающая частота (Dominant Frequency), Variance, средняя положительная амплитуда (Average positive amplitude); б) Average positive amplitude» и карта фаций, построенная по результатам геологического моделирования.



Рабочий процесс Ant tracking в Petrel состоит в усилении изображения разломов с помощью атрибутов набора атрибутов (chaos, variance, graphic equalizer), позволяющих усилить сигнал на фоне помех. Атрибут дает возможность исключить определенные направления из куба с помощью фильтра направлений, что может быть использовано при выделении перекрывающихся систем разломов (Рис. 3b).

Сейсмические атрибуты средняя положительная амплитуда, преобладающая частота и др., характеризуют соответствующие параметры в анализируемых окнах (Рис. 4a, b) и определенных диапазонах или интервалах вычислений. Результаты расчетов могут быть сопоставлены с результатами расчета кубов акустического импеданса, карт сейсмических фаций (Stratimagic®), либо при построении карт фаций при геологическом моделировании.

Анализируя материалы, полученные при расчете карт фаций по скважинным данным при геологическом моделировании можно предположить, что желтый цвет, присвоенный песчаникам (Рис. 4b), соответствует породам с хорошими коллекторскими свойствами и, соответственно, светло-голубым оттенкам атрибута «средняя положительная амплитуда». Сине-голубые оттенки свидетельствует об ухудшении коллекторских свойств продуктивного горизонта. Изменение цветовой палитры связано с преобладанием того или иного компонента, отражающими глинизацию и/или уплотнение пород.

В заключение следует отметить, что накопленный опыт определил место и роль анализа динамических характеристик сейсмических волн при сейсмогеологическом моделировании месторождений углеводородов и прогнозе коллекторских свойств пород по данным сейсморазведки и ГИС. Главные задачи при применении сейсмических атрибутов состоят в определении связи литологического состава и емкостных параметров резервуаров – толщин и пористости пластов, с атрибутами сейсмических волн. Следует подчеркнуть, что мера доверия к такому анализу определяется качеством исходных сейсмических материалов и результатами обработки. Аномальное отображение характера отражений (ослабление амплитуд, резкое понижение частот, рассеивание) может быть связано не только с литологическими особенностями изучаемого разреза, но и с недостатками системы наблюдений, правильностью применения процедур обработки сейсмических данных и последующей структурной интерпретации геолого-геофизических материалов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Пилифосов В. М., Воцалевский Э. С., Коломиец В. П. Тектоника полуострова Бузачи // Геология Казахстана, №1. 1997 г.
- [2] Коломиец В. П., Пилифосов В. М. Геолого-геофизические предпосылки обнаружения нефтегазовых залежей в юрско-меловых отложениях полуострова Бузачи // Геология Казахстана, № 2. 1997г.
- [3] Грибков В. В., Калугин А. К., Аристаров М. Г. Перспективы нефтегазоносности доюрских отложений п-ва Бузачи и Северного Устья. // Геология нефти и газа, № 5. 1981г.
- [4] Липатова В. В., Волож Ю. А., Воцалевский Э. С. и др. Доюрский комплекс Северного Устья и полуострова Бузачи //М.: Недра 1985 г.
- [5] Жолтаев Г.Ж. Строение докунгурских отложений Прикаспийской синеклизы. Советская геология. № 5, 1989. С. 74-82
- [6] Нурсултанова С.Г. Тектоника верхнепалеозойского комплекса пород зоны сочленения восточно-Европейской и Туранско-Скифской плит. Известия НАН РК. Серия геологическая. 2009. № 3. С. 30-39.
- [7] Ескожа Б.А., Воронов Г.В., Куантаев Н.Е., Трохименко М.С., Шудабаев К.С., Маджанов К.К. Результаты и направления дальнейшей реализации нефтегазового потенциала надсолевых отложений Юго-Прикаспийской впадины. Нефть и Газ. Известия НАН РК. Серия геологическая. 2007. № 6. с. 34-50.
- [8] Искужиев Б. А., Семенович В. В. Перспективы надсолевого нефтеносного комплекса юго-востока Прикаспийского бассейна. Геология нефти и газа. УДК 551.247.1(574.12). № 11, 1992.
- [9] Ralph Daber, Ephrem M. Ditcha, Lars Erik Gustafsson et. al. Руководство по интерпретации сейсмических атрибутов. Petrel 2007. Schlumberger. Copyright © 2007 Schlumberger.
- [10] Van Bommel, P., and Pepper, R.E.F., Seismic signal processing method and apparatus for generating a cube of Variance values. U.S. Patent Number 6,151,555, 2000.

Ахметжанов А., Ораз Б., Ахметжанова Г., Асирбек Н.

**Сүзу-сыйымдылық қасиеттерін болжау үшін сейсмикалық деректерді динамикалық интерпретациялау.**

**Түйіндемe.** Бұл мақалада резервуардың коллекторлық қасиеттерінің құрылымдық интерпретациясы мен болжамының дұрыстығын арттыру үшін МОГТ-ЗД әдістемесі бойынша пайдаланылған сейсмикалық деректерді атрибуттық талдауды қолданудың геологиялық алғышарттары, сондай-ақ көмірсутегі кен орындарының

геологиялық модельдерін құру кезінде сейсмикалық толқындардың динамикалық сипаттамаларын пайдалану мүмкіндігі туралы мәліметтер келтірілген.

**Түйінді сөздер:** Көкжиекті көрсететін сейсмосбарлау, ұңғымаларды геофизикалық зерттеу, құрылымдық карта, стратиграфия, тектоника, антиклиналь, синклинал, мұнай-газдылығы, сейсмостратиграфия, динамикалық интерпретация

УДК 621.527

**К.К. Yelemessov, S.A. Bortebayev, D.D. Baskanbayeva, S.T. Sydykbekova**  
(Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan)  
Email: elemesov\_75@mail.ru

### **THE STUDY OF FIBRE CONCRETE APPROPRIATE COMPOSITION FOR MANUFACTURE OF ROTARY PUMP HOUSINGS**

**Abstract.** The article reviews rotary pumps used in mining and processing industry. The working conditions and the main causes of failure of rotary pumps are analyzed. The use of fiber-reinforced concrete for the manufacture of rotary pump housings is proposed. The technical characteristics of fibers for reinforcement are presented and the technology of preparation of fiber-reinforced concrete is described.

**Key words:** hydro transport, rotary pumps, fiber-reinforced concrete, steel fiber, fiber.

**К. К. Елемесов, С. А. Бортебаев, Д.Д. Басканбаева, С. Т. Сыдыкбекова**  
(Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И.Сатпаева,  
Алматы, Республика Казахстан)  
Email: elemesov\_75@mail.ru

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА ФИБРОБЕТОНА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРПУСОВ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ**

**Аннотация.** Установлены основные факторы, влияющие на прочность фибробетонов, проведена оценка свойств фибробетонов, а также оценка прочности полимерного связующего в зависимости от содержания дисперсного наполнителя и его удельной поверхности.

**Ключевые слова** центробежные насосы, фибробетон, стальная фибра, базальтовое волокно, фиброволокно.

#### **Введение.**

Эксплуатация фибробетонных изделий и конструкций, в том числе различных емкостей, травильных и электролизных ванн, в производственных условиях при воздействии высокоагрессивных сред, показала их высокую надежность и эффективность. Среди наиболее интересных областей применения в зарубежной практике следует отметить использование фибробетонов для изготовления труб, коллекторов, емкостей для хранения агрессивных жидкостей, при строительстве подводных сооружений, ремонте и восстановлении строительных конструкций. Новым и весьма эффективным является использование фибробетонов (вместо металла) для изготовления корпусов центробежных насосов и тому подобных изделий, а также станин высокоточных станков.

#### **Методы.**

Исследованиями установлено, что объемная доля волокна в массиве должна быть достаточно велика, для того, чтобы доля нагрузки, воспринимаемая волокном, была как можно больше. Однако, если содержание волокон в материале превышает некоторый уровень, то это приведет к ухудшению свойств материала вследствие того, что смесь не в состоянии пропитать все пучки волокон.

#### **Результаты.**

В результате этого сцепление волокон со смесью уменьшается, в массиве же могут образоваться пустоты.

Исследования показали что, оптимальным является состав фибробетона в единице объема которого содержится 4...5% базальтового волокна. Это соотношение подтверждается исследованиями прочностных характеристик фибробетона.

Конечной целью получения фибробетона является получение изотопного искусственного массива, обладающего необходимыми физико – механическими характеристиками.

Целью исследований было изучение влияния количества базальтового волокна и водосодержания на прочностные характеристики фибробетона. Для этого, согласно методике рационального планирования экспериментов / I / были разработаны экспериментальные составы, в которых варьировались расход цемента от 150 до 250 кг/м<sup>3</sup> с шагом 50 кг/м<sup>3</sup>, содержание воды в смеси от 400 до 500 кг/м<sup>3</sup> с шагом 50 кг/м<sup>3</sup> количество базальтового волокна в смеси от 70 до 110 кг/м<sup>3</sup> с шагом 20 кг/м<sup>3</sup> (таблица 1). В качестве контрольного состава был принят состав фибробетона, используемый для отливки корпусных деталей центробежных насосов.

Таблица 1. Экспериментальные составы фибробетонов

№	Расход компонентов на 1 м <sup>3</sup> смеси, кг				прочность образцов закладки в возрасте 28 сут. МПа	подвижность смеси
	цемент	хвосты ОФ %	вода	базальтовое волокно		
1	150	1650	450	90	4,0	12
2	200	1650	450	90	5,4	12
3	250	1650	450	90	5,6	12
4	200	1650	450	90	5,8	9
5	200	1650	450	90	4,96	12
6	200	1650	450	90	4,7	13
7	200	1650	450	90	4,2	12
8	200	1650	450	90	5,1	12
9	200	1650	450	110	4,9	12
10	200	1650	450	-	4,85	11

Приготовление фибробетонной смеси осуществлялось в механическом лабораторном смесителе, где производилось перемешивание компонентов смеси в течение 20 ... 30 с. Затем фибробетон укладывался в формы размеров 0,1x0, 1x0, 1 м. качество смеси оценивалось по прочности образцов в течении 28 суток и при одноосном сжатии (по ГОСТ10180-90) и подвижности смеси по осадке конуса.

В результате статической обработки данных экспериментов, приведенных в таблице 2, получено уравнение регрессии зависимости прочности от расхода цемента в виде:

$$R = ae^{bc}, \text{ МПа}, \quad (1)$$

где  $R$  - прочность 28 суток, МПа;  $c$  – расход цемента, кг/м<sup>3</sup>,  $a$ ,  $b$  – эмпирические коэффициенты, зависящие от водосодержания смеси, добавки базальтового волокна. Графическое выражение, зависимостей представлено на рисунке 1.

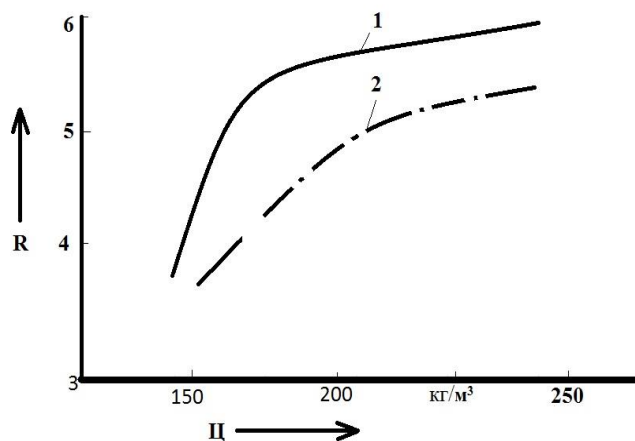
Таблица 2. Коэффициенты к уравнению (1)

Значения коэффициентов для состава из базальтового волокна		
	2,73	0,003
Значение коэффициентов для контрольного состава		
	2,7	0,0026

Анализ результатов показал, что прочность образцов фибробетона, содержащих в своем составе добавку из базальтового волокна в 1,1 раза выше, чем у контрольного состава. Кроме того, следует отметить, что расход цемента неодинаково влияет на прочность закладки. Наилучшими прочностными характеристиками обладают смеси в объеме которых имеется 200 кг/м<sup>3</sup> и 90 кг/м<sup>3</sup> волокна. Она выше в 1,05 раза у состава с расходом цемента 150 кг/м<sup>3</sup> и в 1,2 раза, чем у состава 1 повышается с 11 до 12 см без дополнительного расхода воды.

Статическая обработка полученных данных для состава 4; 5; 6 (таблица 3) позволила получить математическое выражение зависимости прочности закладки от водосодержания в смеси, имеющее общий вид:

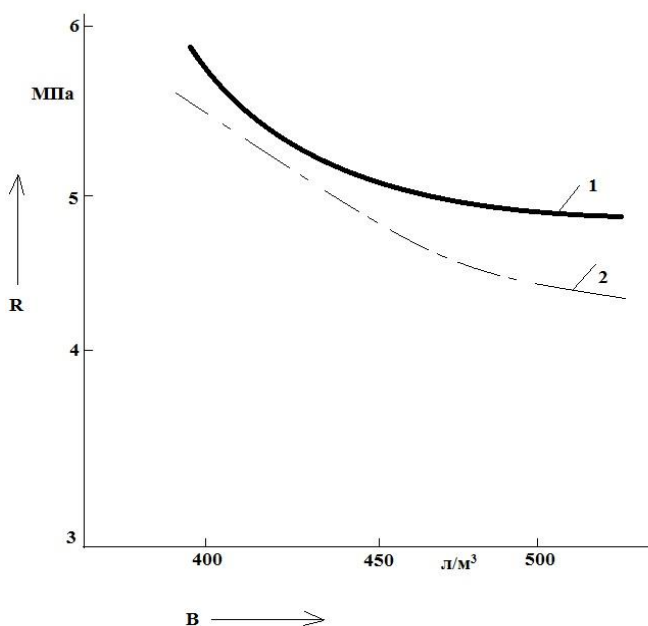
$$R = l + \frac{k}{v}, \text{ МПа}, \quad (2)$$



1 – состав с базальтовым волокном  
2 – контрольный состав

Рис. 1. Зависимости прочности фибробетона (R) от расхода цемента (Ц)

где R – прочность закладки в возрасте 28сут., МПа; В – водосодержание в смеси, л/м³; 1,К – эмпирические коэффициенты, зависящие от водосодержания смеси и количества базальтового волокна. Графически эта зависимость представлена на рисунке 2.



1 – состав армированный базальтовым волокном  
2 – контрольный состав

Рис. 2. Зависимость прочности фибробетона (R) от водосодержания смеси (В)

Таблица 3. Коэффициенты к уравнению (2)

Значения коэффициентов для состава из базальтового волокна	0,314	2135,35
Значение коэффициентов для контрольного состава	-0,31	2328,28

**Обсуждение.**

Анализ результатов экспериментов свидетельствует о том, что при уменьшении водосодержания в смеси, прочность фибробетона возрастает. Наилучшие прочностные характеристики наблюдаются у состава смеси 5 при расходе воды 450 л/м<sup>3</sup>. Прочность фибробетона у такого состава выше на 6...8%, чем у состава 6 (500 л/м<sup>3</sup>). И на 15...17% ниже по сравнению с составом смеси 4. Однако, в этом случае следует отметить, что подвижность смеси состава 4 (400л/м<sup>3</sup>) составляет только 9 см по осадке конуса СТРОЙЦНИЛ, в то время как у оптимального состава подвижность составляет 11-12 см, что дает возможность устойчивого её транспортированию по трубопроводу.

Статическая обработка данных для составов 7; 8; 9 (Таблице 4) позволила получить математическое выражение зависимости прочности фибробетона от добавки в смесь армирующего элемента – базальтового волокна, имеющее общий вид:

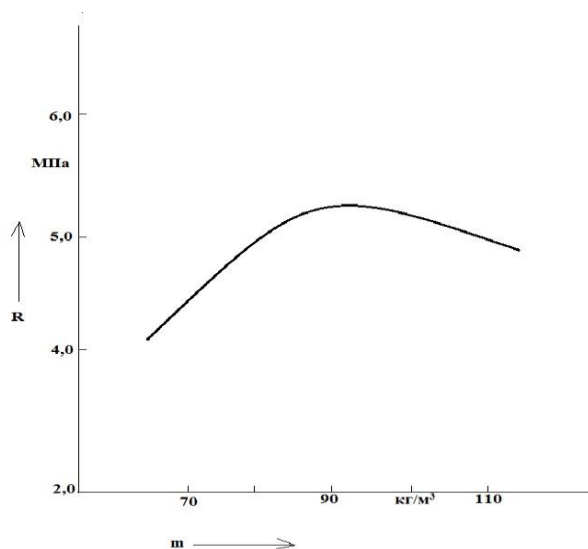
$$R = \log_{\mu} m, \text{ МПа} \quad (3)$$

где R – прочность фибробетона, МПа; m – количество базальтового волокна в объеме смеси кг/м<sup>3</sup> и  $\mu = 2,534$  – эмпирический коэффициент, зависящий от расхода базальтового волокна, водосодержания смеси и определяемый опытным путем.

Графически эта зависимость представлена на рисунке 3.

Анализ результатов экспериментов показывает, что оптимальным количеством армирующего элемента, в объеме смеси является состав 8, в котором содержится 90 кг/м<sup>3</sup> базальтового волокна, при этом смесь имеет наилучшие прочностные характеристики. Прочность фибробетона у такого состава выше в 1,2 раза по сравнению с составом 7 (70 кг/м<sup>3</sup>) и на 5...7% по сравнению с составом 9 (110 кг/м<sup>3</sup>).

Анализ результатов экспериментов показывает, что добавка в фибробетооную смесь армирующего элемента, базальтового волокна, в качестве 90 кг/м<sup>3</sup> при оптимальном содержании в объеме смеси цемента 200 кг/м<sup>3</sup>; воды – 450 л/м<sup>3</sup>, флотационных хвостов – 1650 кг/м<sup>3</sup> позволяет получить однородную смесь с равномерным распределением в её объеме базальтового волокна и цемента, и за счет более эффективного использования активности вяжущего – повысить прочность в 1,1 – 1,2 раза. Следует также отметить, что добавка в фибробетонную смесь армирующего элемента способствует улучшению условий структуро-образования.



**Рис. 3.** Зависимость прочности фибробетона (R) от количества добавки базальтового волокна (m)

**ЛИТЕРАТУРА**

- [1] Бочарников В.Ф. Погружные скважинные центробежные насосы с электроприводом: Учебное пособие. –Тюмень: Издательство «Вектор Бук», 2003. – 336с.
- [2] Конструкция центробежных насосов (общие сведения) : учебное пособие / С. И. Перевозищев. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2013. – 228 с.
- [3] Заверткин П.С. Повышение ресурса грунтовых насосов снижением интенсивности гидроабразивного изнашивания их элементов в системах
- [4] гидротранспорта хвостов обогащения – Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. – СПб, 2009. – 115 с.

[5] Меньшиков С.С., Александров В.И. Коэффициент технического состояния грунтового насоса / Естественные и технические науки, 2014. – №4. – С. 66-71.

[6] Смирнов Н.И., Прожега М.В., Даниличев М.А., Сергиенко И.М. Применение новых технологий для повышения износостойкости центробежных насосов // Сборник трудов международной конференции «Актуальные проблемы надежности технологических, энергетических и транспортных машин», Самара, 2003. Т. 2. С. 227-229.

[7] Эклер Н.А. Перспективы применения фибробетона для строительства жилых зданий в условиях Республики Хакасия / Н.А. Эклер, А.В. Шугурова // «Инвестиции, строительство, недвижимость как материальный базис модернизации и инновационного развития экономики» - Томск, 2016. - с. 553-556.

[8] Гербер Д.В. Исследование влияния наномодифицированных волокон на свойства композиционных материалов с цементной матрицей / Д.В. Гербер // Успехи в химии и химической технологии. Том XXV №6 (122) - Москва. - 2011. - с. 22-25.

[9] Рабинович Ф. Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции. 3 изд. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2011.

[10] Пухаренко Ю.В. Научные и практические основы формирования структуры и свойств фибробетонов: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Санкт-Петербург, 2005 - 48 с.

[11] Смирнов Д.А. Упругость и ползучесть сталефибробетона: дис. канд. техн. наук. Санкт-Петербург. - 2011. – 106 с.

[12] Рымар, Т.Э. Свойства фибробетона с полипропиленовой фиброй [Текст] / Т.Э. Рымар, А. С. Шишина // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля №17(188) Ч.1.– Луганск, 2012. – С.109-112.

[13] Серых, И.Р. Прочность стеклофибробетона / И.Р. Серых, Л.А. Панченко // Сборник научных трудов Sworld. 2014. Т.9. № 2. С. 43-47.

[14] Боровских, И. В. Высокопрочный тонкозернистый базальтофибробетон [Текст] : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.23.05 / Боровских Игорь Викторович; Казань 2009. – 24 с.

Елемесов К. К., Бортебаев С. А., Басканбаева Д.Д., Сыдыкбекова С. Т.

**Использование композиционных материалов для изготовления корпусов насосов**

**Резюме.** В работе проведен обзор центробежных насосов, применяемых в горно-обогатительном производстве. Проанализированы условия работы и основные причины выхода из строя центробежных насосов. Предлагается применение фибробетона для изготовления корпусов центробежных насосов. Представлены технические характеристики волокон для армирования и описана технология приготовления фибробетона.

**Ключевые слова:** гидротранспорт, центробежные насосы, фибробетон, стальная фибра, фиброволокно.

ӘӘЖ 665.613.32

**G.Kh.Konyrbayeva, S.S.Satayeva**

(West Kazakhstan Agrarian Technical University n.a. Zhangir Khan, Uralsk, Kazakhstan)

E-mail: Gul\_6767@bk.ru

**THE RESEARCH OF OIL SLURRY TO BE APPLIED IN ROAD CONSTRUCTION**

**Abstract.** The article presents the analysis results of oil slurry deposits in the Western regions of Kazakhstan. The physical and chemical properties of oil slurry have been studied. It allows choosing the best ways to recycle and use them.

**Key words:** oil slurry, fractional composition, mechanical impurities, oxidation process, bitumen.

**Г.Х. Конырбаева, С.С. Сатаева**

(Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық- техникалық университеті,

Орал, Қазақстан Республикасы)

E-mail: Gul\_6767@bk.ru

**МҰНАЙ ШЛАМДАРЫН ЖОЛ ҚҰРЫЛЫСЫНДА ҚОЛДАНУ ҮШІН ЗЕРТТЕУ**

**Аңдатпа.** Мақалада Батыс Қазақстан өңірінің кен орындарының мұнай шламдарының физика-химиялық қасиеттері зерттелді. Олардың қасиеттерінің кейбір зерттеу нәтижелері көрсетілген. Бұл зерттеулер мұнай шламдарын екіншілік өндеп және өндірісте қолдануға мүмкіндік беретіндігі қарастырылған.

**Түйінді сөздер:** мұнай шламдары, фракционды құрамы, механикалық қоспа, тотықтыру процесі, битум.

Мұнай өңдеу өнеркәсіптеріндегі өндіріс орындары қоршаған ортаның объектілеріне техногенді әсер етеді. Сондықтан қоршаған ортаны қорғау және табиғи ресурстарды тиімді пайдаланудың маңызы зор. Қоршаған ортаның компоненттерін – беткі және жер асты суларын, өсімдік қабатын, атмосфераны ластайтын заттардың бірі мұнай қалдықтары – мұнай шламдары болып табылады.

Қазіргі уақытта мемлекетіміздің алдындағы негізгі мақсат қоршаған ортаны қалдықтармен ластануды азайту болып отыр. Ол үшін барлық шаруашылық өндірістерінде ресурстарды қорғау және қалдықсыз технологияны ендіру; ресурстарды қайталап пайдалану жүйесін дамыту, соның ішінде қалдықтарды өңдеу қажет. Мұнай өндіру және өңдеу процестері өте көп мөлшерде қалдықтардың түзілуімен жүзеге асады. Құрамына қарай қоршаған ортаға зиянды әсер ететін қалдықтардың көп тараған түрлері – мұнай шламдары [1].

Мұнайды ыдыстарда сақтағанда қабаттанып, құрамы мен қасиеттері мұнайдың қасиеттеріне байланысты болатын мұнай шламдары резервуардың түбіне тұнады. Мұнай резервуарындағы мұнай шламдары паста тәрізді агрегаттық жүйе. Мұнай шламдары – мұнай өнімдерінен, механикалық қоспалардан (саз, металл оксидтері, құм) және судан тұратын күрделі физика-химиялық қоспа. Мұнай шламдарын құрайтын элементтер қатынасы әр түрлі болуы мүмкін. Олар өңдеу, өндіру және мұнайды тасымалдау сияқты өндіріс процестерін жүргізген кезде түзіледі [2].

Қазіргі кезде мұнай шламдарын жою дәрежесі өте жоғары емес. Оларды өңдеу үшін жою және индустриалды технологиялар қолданылады. Ең көп тараған әдістердің бірі – өртеу әдісі. Сондықтан мұнай өндіруші аймақтардағы құрамында мұнайы бар шламдарды қайта кәдеге жарату және қайта өңдеу, қоршаған ортаны қорғаудағы негізгі мәселелердің бірі.

Табиғатта физика-химиялық сипаттамаларына және құрамына қарай бірдей шламдар болмайды.

Түзілу әдісіне және физика-химиялық құрамына байланысты мұнай шламдары бірнеше түрлерге бөлінеді:

1. Тұндырмалы мұнай шламдары, мұнайды құйғаннан кейін, әр түрлі су қоймаларының түбінде түзіледі.

2. Скважиналарды бұрғылаған кезде көмірсутек негізінде түзілетін мұнай шламдары.

3. Мұнай өндіріп, оны тазалаған кезде түзілетін мұнай шламдары. Скважиналардан өндіретін мұнайдың құрамында алуан түрлі тұздар, қатты көмірсутектер, механикалық қоспалар (соның ішінде тау жыныстарының бөлшектері) болады.

4. Резервуарлы мұнай шламдары – әр түрлі резервуарларда мұнайды тасымалдап және сақтаған кезде түзілетін қалдықтар.

5. Грунтты мұнай шламдары – мұнай төгілген кезде топырақпен қосылғанда түзілетін өнімдер [3].

Мұнай шламдары үш түрлі фракциядан тұрады: сулы, мұнайлы және қатты.

Мұнайлы-мазутты қабат (3-30 см) – тек мазуттан тұрады.

Сулы қабат (50-150 см) – судан тұрады, оның көлемінде эмульсионды және тамшылы көмірсутектер бетіне қалқып шығып, ал суспензиялы-көмірсутекті агрегаттар тұнады.

Қара түсті жаңашламды қабат (20-50 см) – қатты механикалық қоспалармен бірге тұнатын «мазутты» көмірсутектерден тұрады. Оның қара түсті болуы, бетіне әлі қалқып шықпаған «мазутты» көмірсутектердің құрамының өте көп мөлшерде болуына байланысты.

Эмульсионды-шлам қабаты (30-100 см) – көмірсутектер күрделі суспензиялы-эмульсионды агрегатты күйде болады, мұндағы механикалық қоспалар микрометрмен есептеледі. Қара-сұр түсті, тұтқырлылығы жоғары, суда еріткенде және механикалық әсер еткен кезде өзгеріске ұшырайды.

Суспензиялы-шлам қабаты (80-150 см) – өлшемі 10 мкм жоғары болатын механикалық қоспалардан тұрады; көмірсутектер көбіне адсорбирленген күйде болады. Ашық-сұр түсті, пластикалы-тұтқырлы қасиеттері бар, механикалық әсерден өзгеріске ұшырамайды.

Битумды-шлам қабаты (30-60 см) – механикалық және престелген ауыр көмірсутекті қоспалардан тұрады. Сұр-қара түсті, ақпайды, ауыр қозғалады, қозғалу үшін жоғары температура мен үлкен механикалық күшті қажет етеді, суда тіпті сұйылтылмайды [4].

Мұнай шламдарының жоғарғы қабаты 5 % дейін жұқадисперсті қоспалардан тұрады, және ол «судағы май» эмульсия түріне жатады. Бұл қабаттың 70-80 % май, 7-20 % шайыр, 6-25 % асфальтендер, 1-4 % парафиндер құрайды, ал судың құрамы 5-8 % болады. Мұнай шламдарының жоғарғы қабатының органикалық бөлігі қасиеттері мен құрамы жағынан резервуарларда сақталатын бастапқы мұнай өнімдерімен ұқсас. Көлемі бойынша аз ортаңғы қабат, «майдағы су» болатын эмульсияның түріне жатады. Ол 1,5-15 % механикалық қоспалар мен 70-80 % судан тұрады. Келесі қабат тығыздығы 1,01-1,19 г/см<sup>3</sup> болатын минералданған судан түзіледі.

Түбіндегі қабат қатты фаза болып табылады, 45 % дейін органикадан, ал 52-88 % қатты механикалық қоспалардан, темір оксидтерінен тұрады. Түбіндегі қабат 25 % дейін судан тұратын сулы қабат. Мұнай шламдарының резервуарлы түрі құрамы мен қасиеттері бойынша әр түрлі болады, сондықтан оларды өңдеу барысында әр түрлі технологиялық әдістер қолданылады.

Мұнай шламдарын екіншілік шикізат ретінде қолдану үшін олардың құрамы, қасиеттері және экологиялық қауіптілігі анықталу қажет.

Мұнай шламдарын өңдеуде жол құрылысы үшін мұнай битумдарын алу негізгі бағыттардың бірі [5].

И.М. Губкин атындағы Ресей мемлекеттік мұнай және газ университетінің ғалымы Д.В. Лямин «Мұнай шламдарын өңдеп, мұнай битумдарының компоненттерін алу мақсатындағы зерттеу мүмкіндіктері» деген жұмысында Мәскеу мұнай өңдеу зауытының мұнай шламдарынан мұнай битумдарының компоненттерін алу мүмкіндіктерін қарастырды. Алдымен оның негізгі физика-химиялық сипаттамасы, құрамы және қасиеттері анықталды. Алынған мәліметтер қиын қайнайтын компоненттердің көп мөлшерде бар екендігі, шламның көмірсутек бөліктерінің тығыздығының және тұтқырлығының жоғары, сонымен бірге шайыр, асфальтендер және полициклді көмірсутектердің мөлшерінің жоғары екендігі, өңдеудің жаңашыл әдістерінің бірі тауар битумдарын немесе тауарлы битум компоненттерін алуға болатындығын көрсетті. Мәліметтер үлгіні механикалық қоспалардан және судан тазартқанда, бірнеше уақытқа созылатын химиялық реагенттерді қолдана отырып, термиялық гравитациялы тұндырудың тиімділігінің аз екендігін көрсетті. Осыған байланысты процесті жылдамдату мақсатында айналмалы күштердің көмегімен үлгілерді толық фазаларға бөлуге мүмкіндік беретін центрифугирлену процесі ұсынылды. Жұмыс барысында химиялық реагенттің концентрациясы, процестің температурасы және уақыт жағдайы анықталды. Алынған битумдар тұтқыр жол битумдарына арналған МЕМСТ 22245-90 талаптарына сай екендігі анықталған.

Ташкент қаласының жалпы және бейорганикалық химия ғылыми институтының ғалымдары Р.А. Лем, А.А. Агзамходжаевтың «Буландыру-тазалау станциясының мұнай шламдарынан мұнай битумын алу» жұмысында, жол құрылысына қажетті мұнай битумдарын Алтыарық буландыру-тазалау станциясының мұнай шламдарынан алу мүмкіндігі қарастырылған [6, 43 б].

Қазақстанда мұнайдың негізгі бөлігі Батыс өңірінде өндіріледі. Мұнда ірі және мұнайға бай, Қашаған, Теңіз, Өзен, Қарашығанақ және басқа да кен орындары орналасқан.

Сондықтан, Батыс өңірінің мұнай кен орындарының төрт үлгісі зерттелді. Талдауға Чинарев және Маңғышлақ мұнай-газ кен орындарының мұнай шламдары алынды.

Чинарев мұнайгаз конденсатты кен орны, 1991 жылы Батыс Қазақстан облысында ашылған ірі кен орындарының бірі. Чинарев мұнайгаз конденсатты кен орны Орал қаласынан солтүстік-шығысқа қарай 80 км. қашықтықта, Зеленов ауданында орналасқан. Кен орынның қоры 49 миллиард кубтық метр табиғи газды және 35 миллион тонна мұнайды құрайды. Кен орынның операторы қазақстандық мұнай компаниясы Жайықмұнай болып табылады.

Қаламқас мұнайгаз кен орны 1976 жылы Маңғыстау облысының Бузашы аралында ашылған. Қазбалар 0,5-1,1 км. тереңдікте кездеседі. Мұнайдың геологиялық қоры 500 миллион тонна.

Жетібай - Маңғыстау облысының Маңғышлақ аралындағы ірі мұнайгазконденсатты кен орны.

Жетібай кен орны 1961 жылы ашылып, № 6 скважинадан бірінші Маңғыстау мұнайы алынған. Мұнай кендері 1,7-2,4 км. тереңдіктен өндіріледі. Мұнайдың геологиялық қоры 345 млн. тонна, мұнайдың қалдық қорлары 68 млн. тоннаны құрайды. Қазіргі кезде кен орындардың жұмыстарын Маңғыстаумұнайгаз және Жетібаймұнайгаз компаниялары жүргізеді.

1. Чинарев мұнай-газ кен орнының мұнай шламдары (№ 1 және № 4 сынамалар);

2. Маңғышлақ (Жетібай кен орнының мұнай шламы (№ 2 сынама) және Қаламқас кен орнының мұнай шламы (№ 3 сынама).

№ 1 Чинарев мұнай-газ кен орнының мұнай шламы сұйық, қара түсті, өткір иісті масса. Сынама кен орнына жақын жердегі резервуардан алынған.

№ 2 Жетібай кен орнының мұнай шламы топырақ тәрізді қара-қоңыр түсті масса. Өткір иісі жоқ. Сынама №310 скважинадан, 3192 м. тереңдіктен алынған.

№ 3 Қаламқас кен орнының мұнай шламы қара түсті жартылай сұйық масса, қатты өткір иісі жоқ. Сынама №215 скважинадан, 2119 м. тереңдіктен алынған.

№ 4 Чинарев мұнай-газ кен орнының мұнай шламы қою, қара түсті, қатты өткір иісі жоқ масса. Сынама кен орнына жақын жердегі резервуардан алынған.



Мұнай шламының негізгі физика-химиялық көрсеткіштері анықталды:

- мұнай шламындағы су мөлшері, %. МЕМСТ 2477;
- механикалық қоспа мөлшері, %. МЕМСТ 6370 ;
- мұнай шламының фракциялық құрамы. МЕМСТ 2177.

Мұнай және мұнай өнімдеріндегі судың мөлшері Дина және Старк әдісімен анықталды. Ол мұнай немесе мұнай өнімінің еріткіштермен азеотропты айдалуына негізделген.

Ал, мұнай шламдарының фракциялық құрамы «АРНС-2» қондырғысында МЕМСТ 2477-99 бойынша жүргізіліп, анықталды. Фракционды құрамды анықтау әдісі дистилляциялауға – көмірсутек шикізатының күрделі қоспаларының қайнау температуралары бойынша айырмашылықтары болатын, әр түрлі фракцияларға бөліну процесіне негізделген.

Мұнай шламдарының құрамындағы механикалық қоспалар МЕМСТ 6370-83 бойынша жүргізіліп, үлгіні жеңіл еріткіштермен ерітіп, сүзіп, сүзгіде кептірілген тұнбаны өлшеу арқылы анықталды.

Алынған зерттеу нәтижелері 1-кестеде көрсетілген.

1-кесте. Мұнай шламдарының физика-химиялық көрсеткіштері

№	Көрсеткіштер	Үлгі			
		1	2	3	4
1	Су мөлшері, %	0,4	6,05	3,9	0,3
2	Фракциондық құрамы, мг/кг	68,22	42,20	66,70	58,60
3	Механикалық қоспалар, %	0,29	22,70	8,50	10,70

Мұнай шламдары фракцияларға бөлініп, судан және механикалық қоспалардан тазартылғаннан кейін, алынған көрсеткіштер бойынша жоғардағы үлгілерді құрылыс материалдары немесе битум алуда қарастыруға мүмкіндіктер берді [7].

Зертханалық жағдайда мұнай шламдары тотықтырылды. Тотықтыру процесі 250<sup>0</sup>С температурада және 2 л/мин ауаның қатысында жүргізілді. Алынған тотықтырылған битумның қасиеттері зерттелді.

Битумның тұтқырлығы (қаттылығы) температураға байланысты. Төменгі температурада битумның тұтқырлығы жоғары болады және ол қатты денелердің қасиеттеріне ие.

Температура жоғарылаған сайын тұтқырлық төмендейді және битум сұйық күйге айналады [8].

Тұтқырлықты сипаттау үшін 25<sup>0</sup> С температурада пенетрометрде анықталатын шартты көрсеткіш – иненің бойлау тереңдігі (пенетрация) қолданылады. Битумды табақшасымен пенетрометрдің үстеліне орнатылған суы бар кристаллизаторға орналастырады (сурет).



Сурет. Пенетрометр құралында битумға иненің бойлау тереңдігін анықтау

Судың температурасы – 25° С.

Пенетрометрдің инесін битумның бетіне жанасатындай етіп, орналастырады, циферблат стрелкасын нөлге қояды. 5 секунд аралығында иненің битумға өздігінен енуіне кнопканың көмегімен мүмкіндік береді.

Иненің бойына жанасқанға дейін контакталы рейканы қозғайды және стрелканың қозғалуы бойынша бойлау тереңдігін градус бойынша анықтайды (1 градус 0,1 мм. сәйкес келеді).

Анықтауды битум бетінің әр түрлі нүктелерінде қайталайды.

Әрбір анықтаудан кейін инені еріткіштермен ылғалданған шүберектермен сүртіп отырады.

Битумның жібіту температурасы «Кольцо және шар» әдісі бойынша МЕМСТ 11506-73 анықталды. Бұл көрсеткіш битумның тығызтұтқыр пластикалық күйден аққыш сұйық күйге өтуін анықтайды және оның жылуға тұрақтылығын сипаттайды. Битумның температурасын жібіту «кольцо және шар» аппаратында жүргізіледі.

Анықтау нәтижелері (кесте 2) көрсетілген.

**2 кесте. Алынған битумның көрсеткіштері**

№	Көрсеткіш	Үлгі		
		№ 1	№ 3	№ 5
1	Иненің бойлау тереңдігі, 0,1 мм: 25 °С	80-120	45-55	85-115
2	КиШ бойынша жібіту температурасы, °С	48,5-50	53,5-54	44,2-45

Мұнай шламдарының физика-химиялық қасиеттері техникалық талаптарға сай орындалды. Олардың басқа да қасиеттері, алынған өнімдердің де қасиеттері зерттелуде.

Жүргізілген зерттеу нәтижелері мұнай шламдарынан тотықтыру арқылы битум алып, оны жол құрылысында қолдануға мүмкіндік беретіндігін көрсетті.

Мұнай шламдарын қайта өңдеу күні бүгінге дейін маңызды мәселе болып келеді. Сондықтан, мұнай шламдарын кәдеге жаратудың жаңа жағдайлары, өңдеу технологиялары ойластыруда.

**ӘДЕБИЕТТЕР**

[1] Ибатуллин Р. Р., Мутинов И. И., Исхакова Н. М., Сахобутдинов К. Г. Исследование свойств нефтешламов и способы их утилизации // Нефтяное хозяйство. - 2006. - № 4. - С. 116-118.

[2] Ягафарова Г.Г., Насырова И.А., Шахова Ф.А. Инженерная экология в нефтегазовом комплексе [учеб. пособие] // Уфа: Изд-во УГНТУ, 2007. – 336 с.

[3] Лоскутова Ю.В., Прозорова И.В. Комплексная физико-химическая технология для утилизации нефтяных шламов. // Водоочистка. – 2009. – № 5, 6. – С. 45-49.

[4] Шпербер Е.Р. Некоторые виды отходов нефтеперерабатывающих производств // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2011. – № 2. – С. 27-33.

[5] Мазлова Е.А., Меньшикова И.А. Шламовые отходы нефтегазовых компаний // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2010. – № 1. – С. 22-21.

[6] Лем Р.А., Агзамходжаев А.А., Хамраев С.С. Получение нефтяного битума из нефтешламов пропарочно-очистных станций // Экологические системы и приборы. – 2012. – № 2. – С. 42-44.

[7]. Турсумуратова М.Т., Бекбулатов Ш.Х. Использование шламов в дорожном строительстве // ҚРҰИА хабаршысы, Вестник НИА РК. – 2010. – № 1. – С. 108-115.

[8] Черных О.В., Пурыгин П.П., Котов С.В. Использование возможности получения дорожного битума путем окисления нефтешламов. // Известия Самарского научного центра РАН. – 2009. – Т.11. – № 1 (2).

Конырбаева Г.Х., Сатаева С.С.

**Исследование нефтяных шламов, используемых в дорожном строительстве**

**Резюме.** В статье представлены результаты анализа нефтяных шламов месторождений Западных регионов Казахстана. Исследованы физико-химические свойства нефтяных шламов, что позволяет сделать выводы для выбора оптимальных путей их вторичной переработки и применения.

**Ключевые слова:** нефтяные шламы, фракционный состав, механические примеси, окислительный процесс, битум.

Mamyrbayev O.J., N.O.Mekebayev M. Turdalyuly, I. Akhmetov

**A speaker identification system on the basis of MFCC**

**Summary.** Nowadays, people have used a lot of word recognition applications. For example, SIRI iPhone, Google is a speech recognition system and mobile phones are controlled by voice. On the contrary, at the present stage the definition of the speaker is relatively imperfect. Therefore, in this paper we review the speaker identification

method. It first receives the original human voice signals and then normalizes the sound energy of the signals. The audio signals are then converted from the time zone to the frequency zone using the Fourier transform method. Next, the MFCC-based human hearing filtering model is used to determine the energy levels of different frequencies as the digital characteristics of a person's voice. In addition, the probability density function of the Gauss mixture model is used to indicate the propagation of quantified characteristics as a real acoustic human model.

**Keywords:** speaker identification, Fourier transform, Mel - frequency cepstral coefficient, Gauss mixture model, acoustic model.

УДК 519.7

**О.Ж. Мамырбаев<sup>1</sup>, Н.О. Мекебаев<sup>2</sup>, М. Тұрдалыұлы<sup>1</sup>, И.Ахметов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>ҚР БҒМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы, Қазақстан

<sup>2</sup> Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы,

<sup>3</sup> Қазақстан-Британ техникалық университеті)

E-mail: nurbara@mail.ru

### **MFCC НЕГІЗІНДЕГІ ДИКТОРДЫ АНЫҚТАУ ЖҮЙЕСІ**

**Андатпа.** Қазіргі уақытта адамдар сөзді тануда көптеген қосымшалар пайдаланды. Мысалы SIRI iPhone, Google сөйлеуді тану жүйесі және дауыспен басқарылатын ұялы телефондар және т.б. болып табылады. Керісінше, қазіргі кезеңде дикторды анықтау салыстырмалы түрде жетілмеген. Сондықтан бұл жұмыста біз дикторды идентификациялау әдісін қарастырамыз. Ол алдымен адамның бастапқы дауыстық сигналдарын қабылдайды, содан кейін сигналдардың дыбыстық энергиясын қалыпқа келтіреді. Осыдан кейін дыбыстық сигналдар Фурье түрлендіру әдісін пайдалана отырып, уақытша аймақтан жиіліктік аймаққа түрлендіріледі. Бұдан әрі, MFCC негізіндегі адам естуің сүзу моделі адамның дауысының сандық сипаттамалары ретінде әр түрлі жиіліктің энергия деңгейлерін анықтау үшін қолданылады. Бұдан басқа, қоспаның Гаусс моделінің ықтималдығы тығыздығының функциясы адамның нақты акустикалық моделі ретінде квантификацияланған сипаттамалардың таралуын көрсету үшін қолданылады.

**Кілттік сөздер:** дикторларды анықтау, Фурье, Мел - жиілік кепстральді коэффициентті түрлендіру, гаусстық қоспалардың моделі, акустикалық модель.

#### **I. Кіріспе**

Бұл ақпараттық дәуірде көптеген жоғары технологиялық өнімдер бірте-бірте біздің күнделікті өмірімізге еніп, біздің өмір сүру дағдыларын және үлгілерімізді айтарлықтай өзгертеді. Екінші жағынан, жоғары технологиялар адамға бағытталған жағына қарай дами береді. Нақты адамдарды сәйкестендірудің қарапайым және ыңғайлы әдістерін ұсынатын биометриялық сәйкестендіру технологиясы адамдар оларды дұрыс пайдалана алатындай бұрын зерттелуі қажет кейбір қолданыстағы аутентификация әдістерін бірте-бірте алмастырды. Әуежай залдарында пайдаланылатын адамдарды тану жүйелері және iPhone дауыстық көмекшісі, биометриялық идентификация механизмдерінің екі үлгісі болып табылады [1].

Бір жағынан, дыбыс адамдарға бір нәрсені білдіруге, басқалармен сөйлесуге және өзара әрекеттесу үшін бірдеңе істеудің ең қарапайым әдісі болды. Адамдар үй телефоннан басталып, кейінгі ұрпаққа функционалды телефон деп аталатын телефондарды және ақырғы смартфондарды ойлап шығарды. Олардың функциялары мен формалары қалай өзгертініне қарамастан, адамдар ақпаратты жеткізу және басқалармен қарым-қатынас жасау үшін дауысты пайдалану фактісі өзгерген жоқ. Шын мәнінде, дыбыс-хабарларды берудің ең қарапайым және ыңғайлы тәсілі. Осылайша, адам тұлғасын дауыстық диалог және пайдаланушы диалогының мазмұны бойынша анықтау, содан кейін тиісті қызметтерді ұсыну біздің күнделікті өмірімізді жақсарту және жинаудың ең жақсы практикалық тәсілі болуы керек.

Дегенмен, қазіргі таңда дауысты тану технологиясы жақсы дамыған, ал сөйлеуді тану технологиясы салыстырмалы түрде жетілдірілген және біздің өмірлік қызметімізге қатысты. Бірақ дикторды анықтау технологиясы өзінің ресми тәжірибесінен әлі де алыс. Себептері: 1) дикторды анықтау үшін өңделетін тым көп параметрлер бар; 2) дауыс мүмкіндіктерін толығымен жинау қиын; 3) анықтау процесі күрделі болып табылады және есептеу үшін көп уақыт алады; 4) дереу жауап беру қажет болатын қосымшаларға қолдану қиын. Бүгінде дикторды анықтау бойынша зерттеулер тұтастай емес, ішінара болып табылады. Мысалы, Hidden Markov Model Toolkit [2] (НТК) Speech Recognition Toolkit, Kaldi Speech Recognition Toolkit және т.б., әр түрлі сөйлеуді тану бөлімдеріне ерекше назар

аудару керек. Сондықтан, біз осы зерттеуде практикалық жүйені жүзеге асыруды жоспарлап отырмыз. Бұл жүйе бірнеше адамның өміріне қолайлы жағдай туғызу үшін оларды толықтай жасау үшін қолданыстағы бірнеше әдістерді кіші жүйелерді жақсартуға және біріктіруге мүмкіндік береді.

## II. Дауысты тану жүйелері

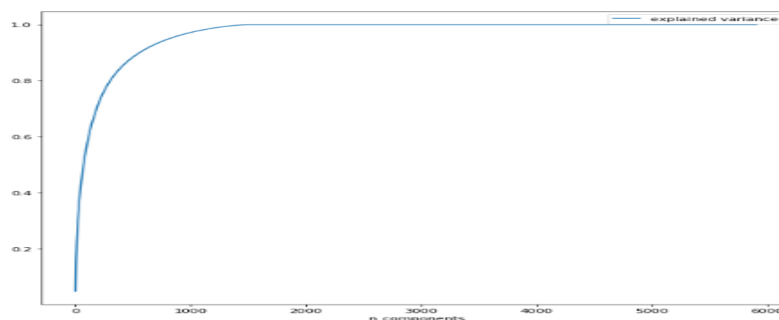
Дауысты тану технологиясын шартты түрде екі топқа бөлуге болады: сөйлеуді тану және сөйлеушіні тану. Алғашқысы диктордың сөйлеген сөздерінің мазмұнын талдау, ал екіншісі - баяндамашының кім екенін анықтау. Жоғарыда айтылғандай, сөйлеуді тану салыстырмалы жетілген болды. Дикторды тануды екі бөлікке бөлуге болады: дикторды анықтау және дикторды тексеру [3].

Біріншісі белгісіз пайдаланушыдан дауыстық сигналдарды алған кезде, мысалы,

и- дикторды тану жүйесі барлық  $u$  және  $x_i, s, x_i \in S, 1 \leq i \leq n$ -ді салыстыра отырып, белгілі дикторды  $S = \{x_1, x_2, x_3\}$ , жиынтығынан ықтимал дикторды анықтайды. Екінші жағынан дикторды тексеру - диктор  $u$  шын мәнінде  $S$ -де  $x_i$  сөйлеушісі болып табылатындығын анықтау. Шын мәнінде, жоғарыда аталған дикторды анықтау жүйесі  $S$ -дың әр  $x_i$  үшін  $u$  мен  $s$ -ті тексереді,  $x_i$  сияқты ең жоғары ықтималдықпен таңдайды және  $u$  және  $x_i$  сөйлеу ықтималдығы деп қорытынды жасайды.

### Дауысты тану жүйесінің ортасы.

Дауысты тану жүйелері түрлі салаларда қолданылуы мүмкін. Бірақ дауысты тану жүйесі шуылға өте сезімтал, көбіне нашар тану жылдамдығына әкеледі. Нақты әлемде әр түрлі қоршаған орта әртүрлі ерекшеліктердің шудың әр түрін шығарады. Әдетте, дыбыстар, сыртта немесе үйде болғанда, қоршаған орта шуылы белгілі бір деңгейде болады. Зерттеушілер осының салдарын қалай азайту керектігін қарастырып экологиялық шу, яғни дәрежесін арттыру жолдары дыбыстық сигналдарды дұрыс тану үшін, кедергілерге қарсы екенін қарастырған. Бұл сондай-ақ дауысты танудың негізгі тақырыптарының бірі болып табылады. Олардың жалпы сипаттамасы - бастапқы дыбыстық сигналдарға шуыл ретінде кішігірім фон дыбысын шығаратын спектральды азайту (SS) қолданылады [4]. Шуды азайту мақсатына жету үшін түпнұсқалық дауыс сигналдарында шуылдардың бірдей дыбыстық компоненттері жойылады. Дегенмен, дыбыстық сигналды көтерудің қалпына келмейтіндігін ескере отырып, спектральды түсіру кейбір пайдалы ақпаратты жоғалтуға әкелетін бастапқы сигналда кейбір спектральды бөлшектерді бұзуы мүмкін. Бұл кемшілікті және тану дәлдігін жақсарту үшін бір сыныптың дыбыстық ерекшеліктерінің арасындағы айырмашылықты азайтуға бағытталған дыбыстық мүмкіндіктерді әртүрлі сыныптарға бөлетін векторлар машинасы (SVM) бар. Бірақ бұл әдіс көбінесе жаттығу дауысының көп болуын талап етеді және уақытылы жауап беру жүйесіне ықпал етпейді. Уақыт аймағында дауыстық сигналдар өте тез және күрт өзгереді. Бірақ егер біз дауыстық сигналдарды уақыт аймағынан жиілік аймағына түрлендірсек спектрді анық көрсетуге болады. Спектр дауыс сигналдарының коннотативті сипаттамасы болып табылады. Екінші жағынан, дауыстық сигналдар қысқа уақыттық стационарлы сипаттамаға ие, бұл қысқа мерзімде тұрақты емес, ол байыпты түрде өзгермейді. Сондықтан спектрдің сигналдарының лездік жиілігін байқай аламыз.



Сурет 1. Мел шкаласы

Дауыстық сигналдардан ерекшеліктерді алу үшін зерттеушілер жиі дауыстық сигналдарды бірліктерге бөледі, олардың әрқайсысы үздіксіз сигналдардан тұрады. Бұның өлшем бірлігі өте қысқа уақыт кезеңіндегі ұзындығы бекітілген бірліктегі сигналдар кадр деп аталады, онда біз объектілерді белгілер әдісі арқылы шығарып аламыз. Бұл зерттеуде әртүрлі жиіліктегі дыбыстарға акустикалық сезімталдығы бар адам құлақтарының сипаттамалары негізінде жасалған Мел-жиіліктік тізбек коэффициенттерінің (MFCC) әдісі қолданылады. 1-суретте көрсетілгендей, Мел масштабы дыбыс естіген-

де адам құлағының дыбыстарға сезімталдығынан төмен сызықтық жиілік шкаласы болып табылады. 1937 жылы Стивенс және басқалар ұсынған [5]. Көрсетілгендей, адамның құлақтары жоғары жиілікті дыбысқа сезімтал емес, бірақ төмен жиілікті бөлікке сезімтал. Мел шкаласында  $f$  жиілігін түрлендіретін теңдеу келесідей.

$$f_{mel} = 2595 \times \log\left(1 + \frac{f}{700}\right) \quad (1)$$

### Диктордың моделін құру

Белгілер алынғаннан кейін дауыстық сигналдар белгілердің осы параметрлерінің таралуын сипаттау үшін тиісті статистикалық модельді табудағы белгілер параметрлерінің көп санына түрлендіріледі. Осы модельмен, біз әр түрлі адамдар арасында дауыс сипаттамаларын салыстыруға болады. Соңғы жылдары зерттеулердің көрсеткішіндей, адамның дауыстық сигналдарының қуатын тарату Гаусс моделіне негізделгенін көрсетеді. Сондықтан дикторларды анықтаудың мәтіндік тәуелсіз жүйесін жасау кезінде осы дауыстық сигналдардың қуатын таратудың статистикалық үлгісі ретінде Гаусс қоспасының моделі (GMM) таңдалған [6]. Басқаша айтқанда, GMM динамиканың акустикалық үлгісі деп аталатын функциялық моделін құру үшін қолданылады.

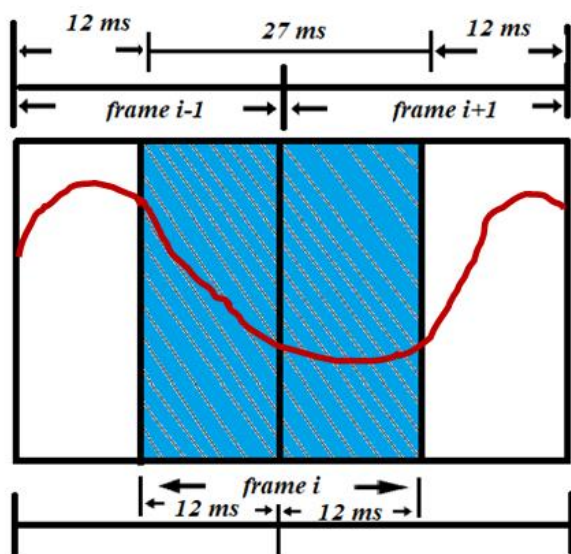
### III. MFCC әдісі

Бұл зерттеуде біз MFCC-ті диктор үшін дауыс функцияларын алу құралы ретінде таңдаймыз. Жүйенің сигналдары қабылданғаннан кейін сигналдарды кадрға бөледі, кадрлардағы дыбыстық сигналдардың үздіксіздігін арттыру үшін терезе функциясын шақырады, сандық сигналдарды спектрге түрлендіру үшін жылдам Фурье түрлендіруін қолданады, деректерді тыңдайды және адамның есту спектрлік деректерін имитациялауға арналған үшбұрышты жолақ сүзгісін пайдаланады. Ақыр соңында, DCT спектрлік энергетикалық деректерді MFCC талдауға қабілетті деректер бірліктеріне сандық бағалау үшін пайдаланылады.



Сурет 2. MFCC процесі

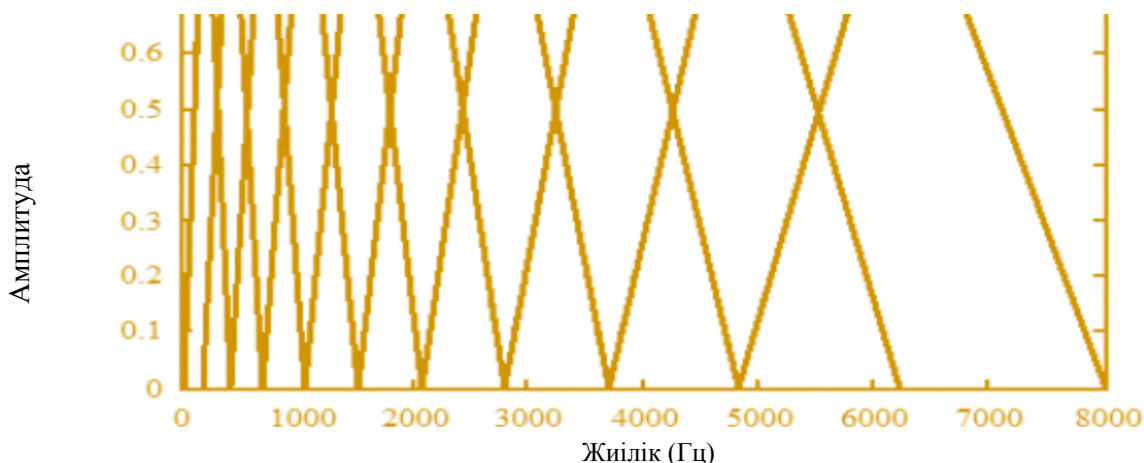
Framing - таңдалған файлды белгілі бір ұзындықтың бірнеше уақыт кезеңдеріне бөлетін, мысалы,  $T$  бөліп беретін дыбыстық кесу әдісі, өйткені  $F$  дауыс файлы жиі ұзақ болады. Бірақ  $T$  өте қысқа, онда әдетте дауыс сигналдары тұрақты және үздіксіз болады. Бұл бөлудің мақсаты  $F$  көптеген сигналдардың үзілуін болдырмау үшін, өйткені сигнал үзілімі дұрыс емес болуы мүмкіндігін талдау кезінде параметр мәндерін шығаруға әкеледі. Жалпы жағдайда  $T$  сигналдары жиі кадр және  $T$  деп аталады 10 мс-дан 20 мс-ға дейінгі шектерде ауытқиды. Бұл зерттеуде 3-суретте көрсетілгендей, біз 27 мс, яғни  $T = 27$  мс деп таңдаймыз. Сонымен қатар, осы зерттеуде екі тізбекті үзілуді болдырмау үшін кадрлар, әрбір екі дәйекті кадр өзара 12 мс-та салынды. Яғни,  $i$  кадрының екінші жартысындағы сигналдар, сондай-ақ  $i + 1$  кадрының бірінші жартысындағы сигналдар болып табылады, барлығы мұнда  $n$ -нің  $F$ -ге бөлінген кезде жүргізілген кадрлар саны. Басқа сөзбен айтқанда,  $i$  кадрының бірінші жартысы және дауыс файлының  $N$  кадрының екінші жартысы біздің схема бойынша тек бір рет өңделеді. Қалған сигналдар екі рет өңделеді, өйткені олар жеке екі тізбекті кадрда пайдаланады.



Сурет 3. Содан кейін әрбір жұп қатарлы кадрлар 12 миллиметрді құрайды

**Үшбұрыштық жолақты сүзгі және Дискретті косинус түрлендіру.**

Бұл зерттеу сигналдар жиілік аймағының сигналдарына айналғаннан кейін дыбыстық сигналдарды сүзгілеу үшін  $M$  үшбұрыштық жолақ өткізгіш сүзгілер жиынтығын пайдаланады. Мақсаты - Мел шкаласының әлсіреу қасиеттерін қадағалап отыру (1-суретті қараңыз). 4-суретте жиілік жолағы 0-ден 8000 (Гц) -ге дейінгі диапазонда болады. Жалпы алғанда, 10 үшбұрышты жолақ сүзгіші төмен жиілікті бөліктен беріледі, яғни сүзгіден кейін, төмен жиілікті дыбыстық сигналдардың энергиясы бұрынғысынша күшті және жоғары жиілікті бөліктен салыстырмалы әлсіз болады. Үшбұрышты жолақты сүзгісі пайдаланылады, түрлендірілген сигналдардың әлсіздігі болып табылады және жиілігі төмен (жоғары) кезде адамның құлағына сезімтал болады.



Сурет 4. 10 үшбұрышты жолақ сүзгілері 0-ден 10-ға дейін 8000 (Гц) диапазондарында.

Үшбұрышты жолақты фильтрді пайдалана отырып, әрбір сүзгі өз шығуларын логарифмдік шкалалармен көрсетеді, ал  $M$  логарифмдік энергия  $E_k$  кадрда дискретті косинус функциясының көмегімен  $C_m$ -ке түрлендіреді [7].

$$C_m = \sum_{k=1}^M E_k \cos \left[ m \left( k - \frac{1}{2} \right) \frac{\pi}{M} \right], m = 1, \dots, L \quad (3)$$

Дискретті косинусты түрлендіру (DCT) - бұл Фурье түрлендірумен байланысты, Фурье түрлендіруіне ұқсас, бірақ тек нақты сандарды пайдаланады, мұндағы  $E_k$  - алдыңғы сатыдағы үшбұрышты сүзгілердің бірі арқылы есептелген спектрлік энергия мәні, ал  $M$  - үшбұрышты сүзгілер саны. DCT түрлендірулерін пайдалану сонымен қатар, бұл сигналдарды уақытша аймақ сигналдарына, яғни cepstrum-ге айналдырады. Бұл зерттеуде  $L = 12$ , себебі 12-өлшемді белгілер параметрі кадрдың дауыстық белгісін көрсету үшін жеткілікті.

Сосын Гаустық қоспасының моделін тұрғызып, жасалынған жүйені енгізіп тестілеуге жібереміз.

**IV. Жүйені енгізу және тестілеу**

Бұл зерттеуде дикторды тану жүйесін іске асыру үшін Python бағдарламалау тілі қолданылады. Жоғарыда айтылғандай, көптеген құралдар немесе бағдарламалық құралдар бар сөйлемді тануды шоғырландыру немесе ішкі домен үшін жай ғана іске асырылды. Біз Python программалау тілін таңдағанымыздың себебі - ол көптеген математикалық теңдеулерді шақыруға және дауыс үшін көптеген масштабты кітапханаларды, мысалы, SymPy-ті ұсына алады. Басқаша айтқанда, бұл бағдарламалау тілі белгілі бір кроссплатформа сипаттамасына ие болады. SciPy ашық бастапқы коды бар тағы бір Python кітапханасы ретінде математикалық құрал болып табылады, оның көмегімен сызықтық алгебра, Фурье тез түрленуі және т. б. сияқты күрделі математикалық операциялар орындалады. Сонымен қатар, белгілердің алынуынан көптеген параметрлер пайда болады, сол себептен SciPy пайдалы. Сонымен қатар NumPy үлкен көлемді массивтер мен матрицалық операцияларды қолдайтын жоғары деңгейлі Python құралы ретінде кеңейту кітапханасы. Шығыс параметрлері, біздің жүйенің әртүрлі қадамдарының шығу пішімдері біріктірілуі мүмкін. Демек, әрбір қадамда қалыптастырылған сипаттамалық деректер кейінгі рәсімдер арқылы тегіс қабылдануы мүмкін.

Деректер базасындағы әр түрлі кезеңдерде жинақталатын деректерді сақтау үшін біз HDF5 [8] деректерді сақтау пішімін қолданамыз, ол типтік деректер үлгісі, кітапхана және сақтау файлдары пішімі бар жүйе ретінде бақылаулардың ғылыми деректерін сақтау үшін өте қолайлы. Деректерді сақтаудың белгіленген стандартты пішімін пайдалану нәтижесінде әр түрлі кезеңдерде деректердің әртүрлі типтері мен пішімдерін жасау міндеттерін шешу үшін жүйені әзірлеушілерге біздің жүйемізді шақыру үшін өздерінің ғылыми-зерттеу және тәжірибелік-конструкторлық жобаларын орындауға, яғни дикторды сәйкестендіру функциясын масштабтауға немесе жақсартуға рұқсат етіледі.

Экспериментте оқыту мен тестілеу кезеңдерінде қолданылатын сөздер бірдей болғандықтан MFCC жүйесімен салыстырылады [9].

Эксперимент жүргізген жағдайда бес адамға өз акустикалық модельдерін орнату үшін оқу мәліметтері ретінде қазақша сөздіктерін айтудың нұсқаулығын оқу ұсынылды.

2-кестеде оқуға арналған сөздер көрсетілген.

**Кесте 2. Оқу сөздерінің тізімі.**

Аспан	Жаман	Шай	Жасады	Мысық	Алу	Тізбек	Тосап
Жиһаз	Салмақ	Тақта	Алмас	Жүгері	Орындық	Тоқ	Жіберу
Еңбек	Алыс	Көлеңке	Жәшік	Қағаз	Кесте	Алма	Түстер
Жер	Қараңғы	Алмұрт	Жақын	Аймақ	Көше	Бағдаршам	Доп
Шаңғы	Аяқ	Кемеңгер	Жүзік	Көше	Жиілік	Жаттығу	Үлгі
Дауыс	Әйнек	Теледидар	Ертең	Ескерткіш	Шаш	Дөңгелек	Жуан

Тестілеу барысында бес адам жаттығу сөздерін жалпы алғанда 43 рет оқиды. Дикторды анықтаудың дәлдігі 3-кестеде көрсетілген.

**3-кесте. 2-кестеде көрсетілген сөздерді оқу деректері ретінде пайдалану кезіндегі орташа ұқсастығы және орташа дәлдігі.**

Деректер қоры Тестілеу	A	B	C	D	E	Дәлдік
A	80,1%	75,1%	41,0%	36,1%	44,7%	88,2%
B	73,2%	83,3%	54,4%	27,1%	29,5%	85,4%
C	38,3%	49,5%	85,6%	54,0%	64,7%	82,2%
D	34,3%	29,4%	51,0%	80,6%	65,7%	80,1%
E	41,7%	21,6%	69,3%	64,1%	89,5%	87,3%

Тестілеу кезеңінде және оқыту кезеңінде қолданылатын сөздер әртүрлі болғандықтан, тестілеуде әртүрлі сөздердегі дыбыстары мен режимдері әртүрлі болады, яғни акустикалық модельдің фонологиялық ерекшеліктері бар. Сол диктордың акустикалық үлгілері тестілеу жүйесінде дәл анықтай алады. Ұқсастық салыстырмалы түрде жоғары болса да, ол 100% жете алмайды, өйткені әртүрлі сөздерді бірдей адам айтса да, әр түрлі уақытта айтылған сөздер бірдей болмайды. Сондықтан жүйенің дәлдігі төмендейді. Бірақ бірдей тестерлердің ұқсастығы екі түрлі тесттер арасындағылардан жоғары болады.

**Қорытынды**

Зерттеудің мақсаты сөйлеушінің фонетикалық моделін орнату болғандықтан сондай-ақ практикалық жүйелік үдерістердің жиынтығын қамтамасыз ету болып табылады. Біз барлық идентификация жүйесінің операциялар ағынын жинақтаймыз және Python көмегімен дикторды анықтау жүйесін іске асырамыз. Python-ды таңдау себебіміз ол көптеген базалық математикалық кеңейтулерді ұсынады, кеңейтілген ыңғайлы және түрлі платформаларда жүзеге асыру оңай. Жүйені тестілеу нәтижесінен біз жүйенің оқыту дауыстық мазмұны тест дауыстарын қамтитын кезде жүйені тану жылдамдығы жоғары екенін таба аламыз. Тест дауысы жаттығу учаскесіне қосылмаған кезде, әр түрлі сөздер әртүрлі вокалдык үлгілері шығарады және жалпы жүйені анықтау жылдамдығына әсер етеді. Біздің жүйеден төмендегілер алынды:

1) Python-ның қолданылуы жүйені біріктіруге және кенейтуге мүмкіндік береді, өйткені түрлі өңдеу қадамдарының деректерін өңдеу форматы біріктірілді. Осылайша, жаңа әзірлеу немесе функцияны өзгерту ыңғайлы және оңай.

2) Жүйе дауысты тану үшін әзірленгендіктен, оқу кезеңінде көп жаттығу уақытын талап ететін дауыстық оқытудың көп саны қажет.

3) Сөздік саны өте үлкен, жалпы күнделікті әңгіме, ән айту, сөйлеу және т.б., жүйенің анықтау дәлдігіне айтарлықтай әсер етеді. Сондықтан танудың өте жоғары деңгейін алу өте қиын. Мақала ЖТН –AP05131207 «Терең нейрондық желілерді пайдаланатын мультитілдік автоматты сөйлеуді тану технологиясын құру» жоба негізінде дайындалады.

#### ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] A. Bala, Abhijit kumar, Nidhika Birla, “Voice Command Recognition System Based On MFCC And DTW”, *International Journal of Engineering Science and Technology*, Vol. 2, No. 12, 2010.
- [2] <http://htk.eng.cam.ac.uk/>
- [3] [https://en.wikipedia.org/wiki/Speaker\\_recognition](https://en.wikipedia.org/wiki/Speaker_recognition)
- [4] M.R. Hasan, M. Jamil, M.G. Rabbani and M.S. Rahman, “Speaker Identification Using MEL Frequency Cepstral Coefficient”, *Proceedings of 3rd International conference on Electrical and Computer Engineering (ICECE)*, December, 28-30, 2004, Dhaka, Bangladesh..
- [5] N. Cristianini and J. Shawe-Taylor, “Support Vector Machines,” *in Cambridge University Press*, 2000.
- [6] R. Vergin, D. O’Shaughnessy and A. Farhat, “Generalized Mel Frequency Coefficients for Large-Vocabulary Speaker-Independent Continuous-Speech Recognition,” *IEEE Transactions on Speech and Audio Processing*, Vol. 7, Issue 5, pp. 525-532, 1999.
- [7] X. Peng, W. Xu and B. Wang, “Speaker Clustering via Novel Seudo-Divergence of Gaussian Mixture Models,” *International Conference on Natural Language Processing and Knowledge Engineering*, pp. 111-114, 2005.
- [8] K.R. Rao and P. Yip, “Discrete Cosine Transform: Algorithms, Advantages, Applications,” *in Academic Press*, 1990.
- [9] <https://www.hdfgroup.org/>

Мамырбаев О.Ж., Мекебаев Н.О., Тұрдалыұлы М., Ахметов И.

#### Система идентификация диктора на основе MFCC

**Резюме.** В настоящее время люди использовали множество приложений для распознавания слова. Например, SIRI iPhone, Google является системой распознавания речи и мобильные телефоны, управляемые голосом. Напротив, на современном этапе определение диктора сравнительно несовершенно. Поэтому в этой работе мы рассматриваем метод идентификации диктора. Он сначала принимает исходные голосовые сигналы человека, а затем нормализует звуковую энергию сигналов. После этого звуковые сигналы преобразуются из временной зоны в частотную зону с использованием метода преобразования Фурье. Далее, модель фильтрации человеческого слуха на основе MFCC используется для определения уровней энергии различных частот в качестве цифровых характеристик голоса человека. Кроме того, функция плотности вероятности модели Гаусса смеси используется для указания распространения квантифицированных характеристик как реальная акустическая модель человека.

**Ключевые слова:** Идентификация диктора, преобразование Фурье, Мел - частоты с кепстральным коэффициентом, модель гауссовых смесей, акустическая модель.

УДК: 539.23, 519.876.5

**M.A. Tulegenova<sup>1</sup>, N.R. Guseinov<sup>1</sup>, A.M. Ilyin<sup>1</sup>, G. Beall<sup>2</sup>, T.K. Kuanyshebekov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Kazakh National University n.a. Al-Farabi, Almaty, Kazakhstan,

<sup>2</sup>Texas State University, San Marcos, USA)

E-mail: malika.tulegenova@bk.ru

#### **Ga-GRAPHENE COMPOSITE FORMATION VIA LOW-ENERGY Ga<sup>+</sup>-ION-IRRADIATION**

**Abstract.** The paper provides an experimental study and computer modeling of Ga-graphene composite. A method for obtaining few-layer graphene by diffusing carbon through a nickel foil is demonstrated. Irradiation of few-layer graphene structures with low-energy 2-keV Ga<sup>+</sup> ions and dose of 5·10<sup>13</sup> ion/cm<sup>2</sup> were performed. Raman spectroscopy demonstrates that irradiation leads to the appearance of a disorder peak, the presence of precipitated gallium is shown by EDS technique. The possible configurations of few-layer graphene-gallium composite were simulated and calculated by the DFT method.

**Key words:** carbon, graphene, few-layer graphene, diffusion, irradiation, structural radiation defects.



М.А. Тулегенова<sup>1</sup>, Н.Р. Гусейнов<sup>1</sup>, А.М. Ильин<sup>1</sup>, Г. Билл<sup>2</sup>, Т.Қ. Қуанышбеков<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан,

<sup>2</sup>Техасский государственный университет, Сан-Маркос, США,

e-mail: malika.tulegenova@bk.ru)

## ОБРАЗОВАНИЕ КОМПОЗИТА Ga-ГРАФЕН ПУТЕМ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО Ga<sup>+</sup>-ИОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ

**Аннотация.** Представлены результаты экспериментального исследования и компьютерного моделирования композита Ga-графена. Был продемонстрирован метод получения малослойного графена путем диффузии углерода через никелевую фольгу. Были проведено облучение малослойных графеновых структур 2-кэВ низкоэнергетическими ионами Ga<sup>+</sup> в дозе  $5 \cdot 10^{13}$  ион/см<sup>2</sup>. Рамановская спектроскопия показывает, что облучение приводит к появлению дефектного пика, метод ЭДС подтверждает наличие осажденного галлия. Возможные конфигурации композита малослойный графен-галлий были промоделированы и рассчитаны методом DFT.

**Ключевые слова:** углерод, графен, малослойный графен, диффузия, облучение, структурный радиационные дефекты.

### Введение

Хорошо известно, что графеновые и малослойные графеновые наноструктуры (МГНС) рассматриваются как исключительно перспективные материалы при производстве электронных устройств, источников электричества, в частности, литий-ионных батарей, а также элементов армирования при производстве композиционных материалов [1-6]. Весьма вероятно, что при некоторых практических применениях, устройства на основе малослойного графена могут подвергаться облучению электронами или ионами, что может привести к изменению их свойств. Более того, в некоторых случаях облучение можно использовать как технологический инструмент модификации свойств углеродных наноструктур [5-7]. Наши недавние теоретические исследования [3-6] позволили предсказать, что структурные дефекты, особенно «мостиковые» связи, соединяющие плоскости малослойного графена, могут существенно улучшить механические и физические свойства таких углеродных наноструктур. Поэтому изучение возможных радиационных эффектов в малослойном графене становится предметом большой важности. Однако физический механизм производства стабильной конфигурации радиационных дефектов и комплексов дефектов, которые могут существовать в МГНС, остается пока недостаточно понятным. В работах [7,8,10] сообщалось, что признаки структурных дефектов появились в графене даже после традиционных исследований с помощью СЭМ. Чтобы лучше понять процесс разрушения низкоэнергетическими ионами, мы провели облучение ионами Ga<sup>+</sup> малослойного графена, выращенного на фольге Ni диффузионным методом.

### Экспериментальная часть

Графен и малослойный графен выращивали на поликристаллической поверхности Ni путем диффузии углерода через никелевую фольгу. Сначала чистую Ni-фольгу толщиной 60 мкм очищали в ультразвуковой бане в течение 10 мин, промывали изопропанолом, деионизированной водой и высушивали. После очистки Ni фольгу нагревали резистивным способом и отжигали в безмасляной вакуумной системе под давлением  $10^{-6}$  мбар при температуре 1000 °С в течение 30 мин для увеличения размера зерна и сглаживания поверхности. Затем с одной стороны отожженную Ni-фольгу плотно спрессовали высокоориентированным пиролитическим графитом (ВОПГ) и поместили в вакуумную камеру. Температуру Ni-фольги с плотно спрессованным ВОПГ медленно нагревали резистивным нагревом до значения выше 13000 °С при том же давлении в рабочей камере. Температура измерялась с помощью термодпары, встроенной в никелевый образец.

Из [11-14] хорошо известно, что коэффициент диффузии углерода в никеле  $D(T)$  изменяется как  $D_0 \exp(-E_a/kT)$ , где  $D_0$  составляет  $2,4818 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>/с, а энергия активации  $E_a \approx 1,74$  эВ. Для атомов углерода в Ni-фольге толщиной  $L = 60$  мкм при  $T = 900$  °С необходимо  $\tau \approx L^2/4 \cdot D(1173K) \approx 2$  мин, чтобы пройти и выйти на поверхность. На рисунке 1 изображен графитовый отпечаток с одной стороны и рассеянный никель с другой.

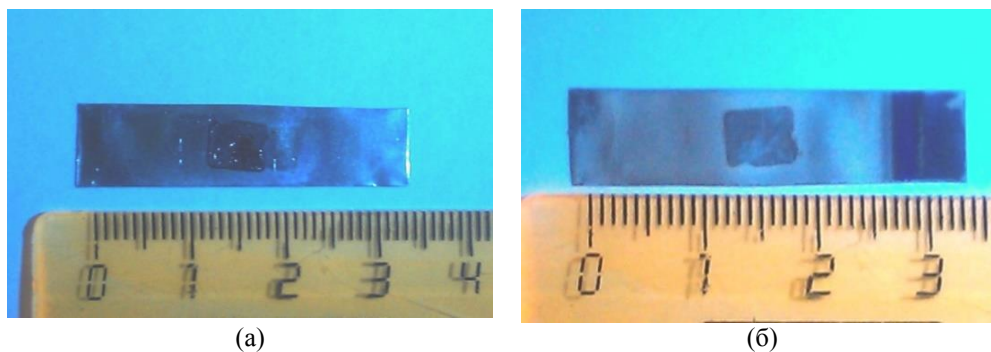


Рис. 1. Никель после процесса диффузии (а) с одной стороны и (б) с другой стороны

Графен и малослойный графен, выращенные на Ni, были исследованы с помощью СЭМ и Рамановской спектроскопии (рисунок 2). На снимке, полученном с помощью СЭМ (рисунок 2 (а)), отчетливо показаны складки, которые появлялись при охлаждении образца из-за разных коэффициентов теплового расширения между никелем и малослойным графеном. На рисунке 2 (б) представлен Раман спектр графена, измеренный при возбуждении 473 нм, который показывает только две интенсивные особенности: пик G при  $\sim 1581 \text{ см}^{-1}$  и 2D-пик при  $\sim 2703 \text{ см}^{-1}$ . Следует отметить, что пик D при  $1350 \text{ см}^{-1}$ , который обычно проявляется вокруг дефектов в графене, отсутствует.

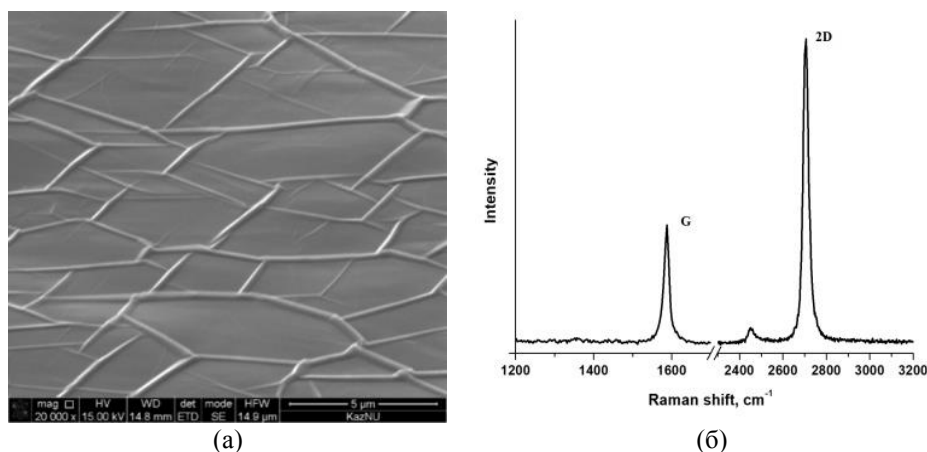
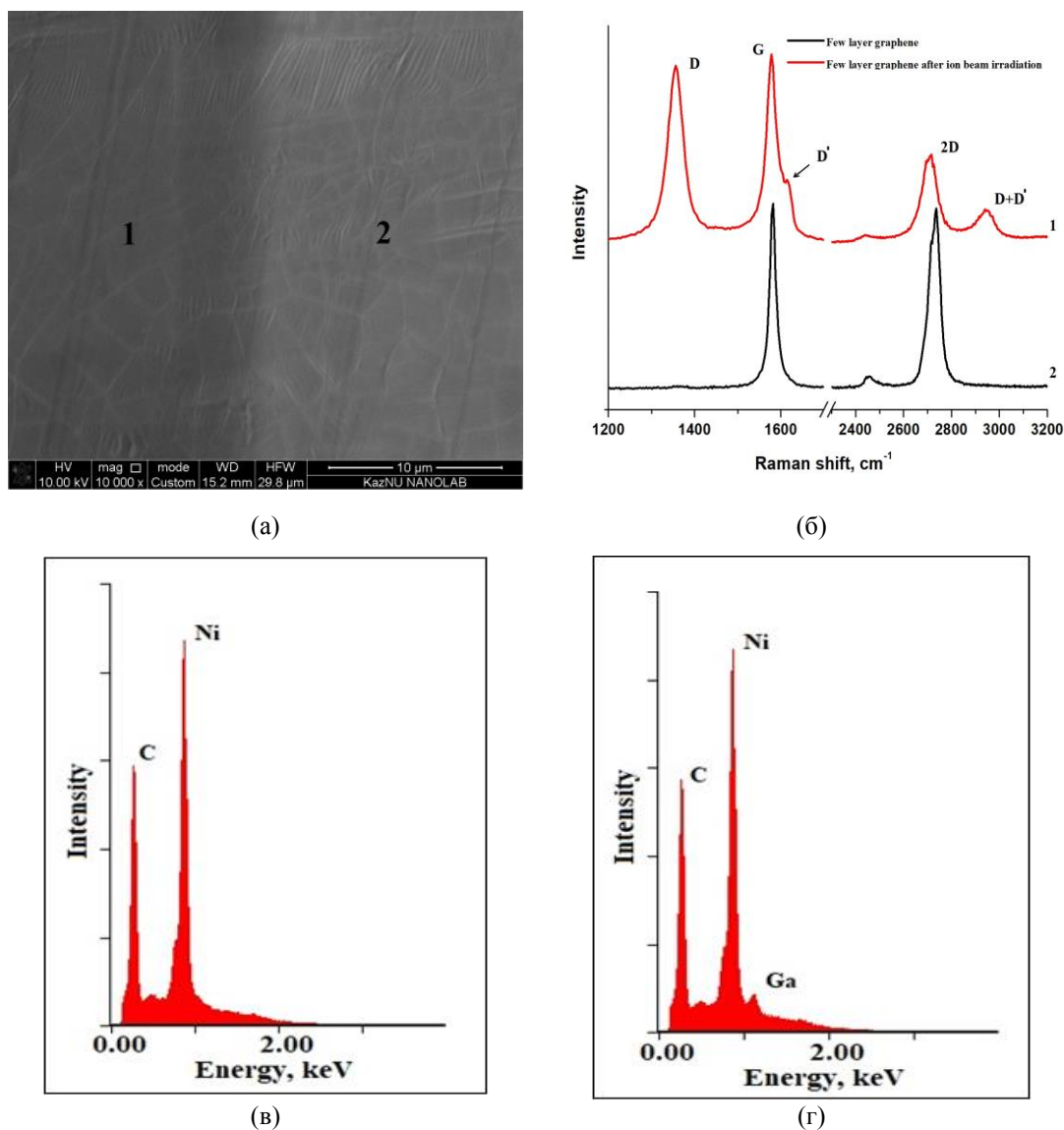


Рис. 2. (а) Наклоненный ракурс СЭМ-изображения малослойного графена на Ni, выращенного в процессе диффузии углерода. (б) Типичный Рамановский спектр однослойного графена

Все образцы были исследованы и отобраны с помощью Рамановской спектроскопии (NT-MDT NTEGRA Spectra). Процедуры получения изображений, облучения и энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии выполнялись на сканирующем электронном микроскопе (FEI, Quanta 3D 200i), оснащенный вторичным электронным детектором (ВЭ), энергодисперсионным рентгеновским спектрометром (ЭДС) и сфокусированным ионным пучком (СФИП) в условиях безмасляного вакуума  $\sim 10^{-6}$  мбар.

Образцы для ионного облучения готовили подобно случаю с электронным облучением [9]. Сначала малослойный графен выращивали на фольге Ni методом диффузии, а затем идентифицировали по характерным рамановским признакам, изображениям СЭМ и ЭДС спектрам (рисунок 3). В настоящем исследовании ионно-лучевое облучение проводилось на сканирующем электронном микроскопе с использованием инструмента  $\text{Ga}^+$  FIB. Площадь размером  $50 \text{ мкм}^2$  облучали пучком ионов  $\text{Ga}^+$  с энергией 2 кэВ при токе ионного пучка  $\sim 8,9 \text{ пА}$ . Доза облучения составляла  $\approx 5 \cdot 10^{13}$  ионов/ $\text{см}^2$ , при плотности атомов углерода в графене  $\sim 3,82 \cdot 10^{15}$  атомов/ $\text{см}^2$ , поэтому мы рассматриваем эти условия как ионы с низкой дозой. На рисунке 3 (б) показан типичный Рамановский спектр малослойного графена до (2) и после (1) облучения. Как видно из Рамановского спектра после облучения появляются полосы D, D' и D+D', которые ответственны за образование дефектов в малослойной графеновой структуре. Интенсивность 2D пика снижалась при облучении. ЭДС-анализ проводился

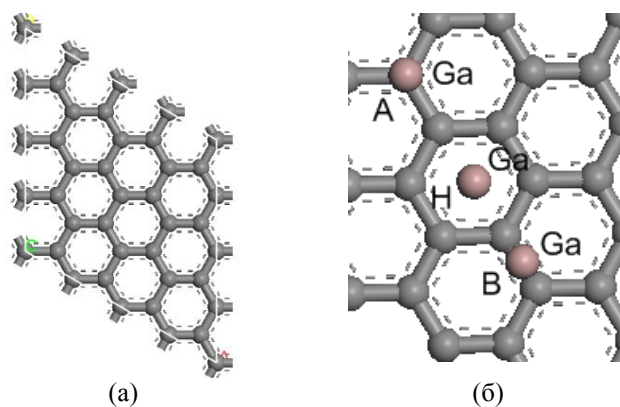
при низком-кВ для повышения чувствительности к поверхности, как показано на рисунке 3 (в, г). Спектр ЭДС малослойного графена на Ni после облучения выявил небольшое количество галлия. К сожалению, нелегко наблюдать, как галлий может связываться с малослойными графеновыми наноструктурами, и разумно интерпретировать экспериментальные измерения характеристик материала. В этой ситуации большое значение приобретает компьютерное моделирование радиационных дефектов в углеродных наноструктурах.



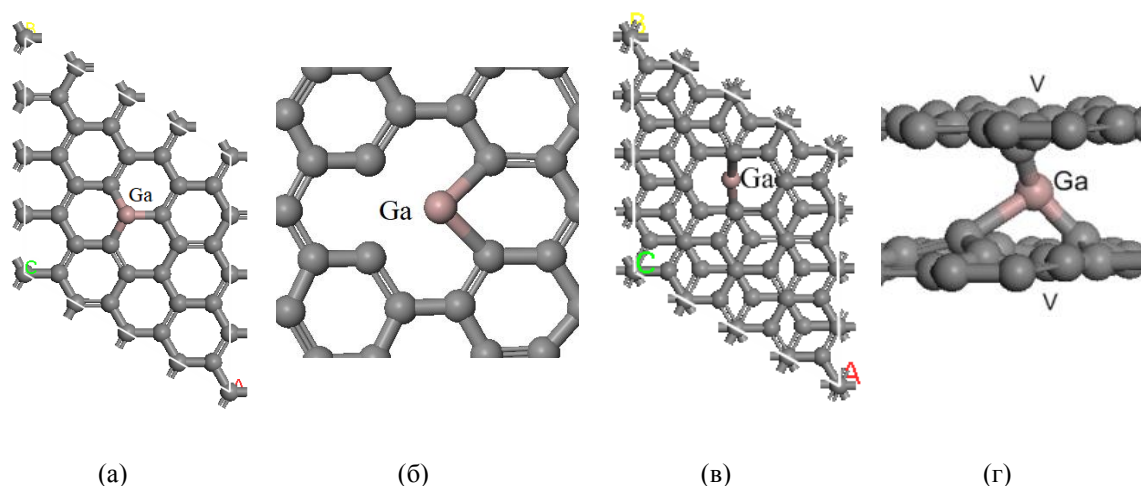
**Рис. 3.** (а) СЭМ-изображение малослойного графена на Ni; левая область (1-темное изображение) подвергается воздействию низких доз ионов Ga<sup>+</sup>; правая область (2-яркое изображение) - нетронутый малослойный графен. (б) Рамановский спектр от необлученных (черная линия-2) и облученных (красная линия-1) областей (в), (г) ЭДС-спектры необлученных и облученных областей соответственно

### Компьютерное моделирование Ga-графен

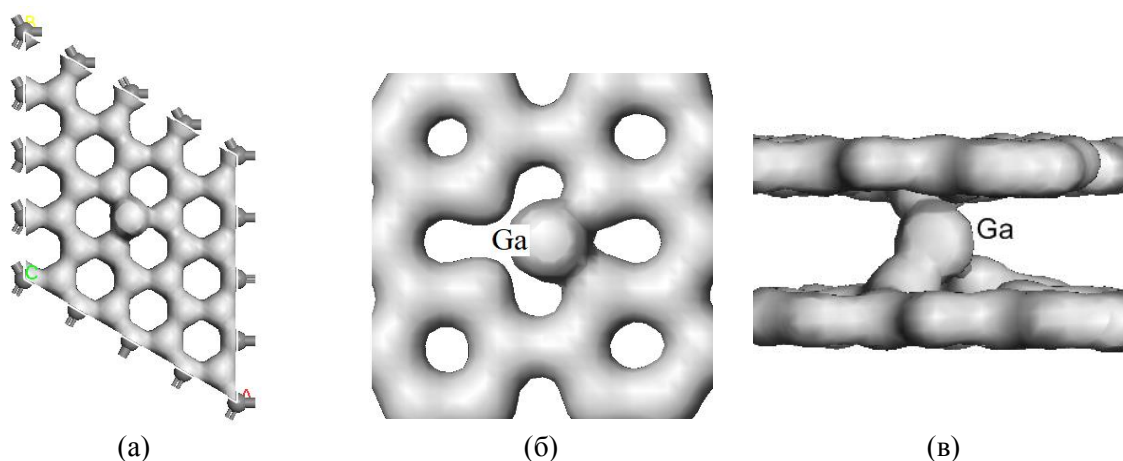
В этой части статьи мы представляем результаты компьютерного моделирования и расчета теории функционала плотности (DFT) возможных конфигураций наноразмерных композитов малослойный графен-Гал. Все расчеты были выполнены с использованием приближения локальной плотности (LDA) [15,16] и одного из самых быстрых методов оптимизации энергии [17] в Dmol<sup>3</sup>. Допуск сходимости энергии был взят 0,003 эВ.



**Рис. 4.** (а) Элементарная ячейка для графенового листа в рамках периодических расчетов граничных условий приняла структуру 4x4. (б) Некоторые из рассчитанных центров адсорбции на поверхности графена с высокой симметрией: А) над атомом С; Н) над центром шестиугольника; В) над центром С-С-связи. Во всех положениях энергия связи Ga-адсорбата очень мала - менее 1 эВ



**Рис. 5.** (а) Стабильная атомная конфигурация атома Ga, связанного с вакансией. Сдвиг атома Ga из графенового листа равен 1,53 Å, энергия связи атома Ga = 0,82 эВ. (б) Стабильная атомная конфигурация атома Ga, связанного с бивакансией, сдвиг вне плоскости равен 0,8 Å. Энергия связи Ga равна 1,71 эВ; (в), (г) мостиковый дефект [4-6] на основе атома Ga на атоме Ga, захваченном между двумя вакансиями V, образованными в обоих графеновых листах при ионном облучении. Энергия связи атома Ga равна 2,28 эВ



**Рис. 6.** Карты распределения заряда электрона, соответствующие атомным структурам (а, б, г) на рисунке 5: (а) 0,15 эл/Å<sup>3</sup>; (б) 0,41 эл/Å<sup>3</sup>; г) 0,9 эл/Å<sup>3</sup>

Результаты компьютерного моделирования на рисунках 4-6 представляют некоторые возможные стабильные конфигурации дефектов, которые могут быть получены захваченными атомами Ga из низкоэнергетического пучка  $Ga^+$  во время облучения графеновых наноструктур. Полученные результаты показывают, что стабильность полученного композита Ga-графен увеличивается от Ga-V до Ga - двухслойный графен. Карты распределения электронного заряда показывают, что перенос электронов между Ga и C в целом хорошо согласуется с хорошо известными данными по электроотрицательности для углерода и галлия (по шкале Полинга).

### **Заклучение**

Облучение малослойного графена низкоэнергетическими ионами  $Ga^+$  при низкой дозе облучения приводит к значительному изменению Рамановского спектра и вторичной эмиссии электронов. В Рамановском спектре после облучения низкоэнергетическими ионами появляются пики D, D' и D+D', ответственные за наличие дефектов. Присутствие галлия в малослойном графене показал анализ ЭДС. Было проведено компьютерное моделирование и DFT-расчеты структурных и энергетических характеристик некоторых возможных устойчивых конфигураций Ga-графеновых наноструктур. Результаты работы могут быть полезны для производства 2D-Ga композитов, для применения в нанoeлектронных устройствах, а также для хранения Ga в графеновых наноструктурах в атомарной форме.

### **ЛИТЕРАТУРА**

- [1] X. Huang, X. Qi, F. Boey, and H. Zhang. Graphene based composites // *Chem.Soc.Rev.* – 2012. - Vol. 41. – P. 666-686.
- [2] K. Zhao, M. Pharr, S. Cai, J.J. Vlassak, Z. Suo. Large plastic deformation in high-capacity lithium ion batteries caused by charge and discharge // *J.Am.Ceram.Soc.* – 2011. – Vol. 94. – P. 226-235.
- [3] A.M. Ilyin. Computer Simulation of Radiation Defects in Graphene and Relative Structures, “Graphene Simulation”, Gong, J.R.:(Ed) InTech, Rijeka. – 2011. P. 39-52.
- [4] A.M. Ilyin, E.A. Daineko & G.W. Beall. Computer Simulation and Study of Radiation Defects in Graphene // *Physica E/* - 2009. – Vol. 42. – P. 67-69.
- [5] A.M. Ilyin, G.W. Beall, I.A. Tsyganov. Simulation and Study of Bridge-Like Radiation Defects in the Carbon Nanostructures // *J. Comp. Theor. Nanosci.* – 2010. – Vol. 7. – P. 2004-2007.
- [6] A.M. Ilyin., R.R. Nemkaeva, V.V. Kudryashov. Computational study of graphene and few -layer graphene – metal composites, induced by radiation // *J.Mater. Sci & Engineering B.* – 2013. – Vol. 3. – No. 3. – P. 161-166.
- [7] D. Teweldebrhan and A.A. Balandin. Modification of graphene properties due to electron -beam irradiation // *Appl. Phys. Lett.* – 2009. – Vol. 95. – P. 246102.
- [8] A. Ilyin, N. Guseinov, A. Nikitin and I. Tsyganov. Characterization of thin graphite layers and graphene with energy dispersive X-ray analysis // *Physica E.* – 2010. – Vol. 42. – No. 8. – P. 2078-2080.
- [9] N. Guseinov, G. Baigarinova, A. Ilyin. Structural damaging in few -layer graphene due to the low energy electron irradiation // *Advances in NanoResearch.* – 2016. - Vol. 4. - No. 1. – P. 45-50.
- [10] A.M. Ilyin, N.R. Guseinov, R.R. Nemkaeva, S.B. Asanova, V.V. Kudryashov. Bridge-like radiation defects in few-layer graphene // *Nucl.Instrum&Methods in Phys.Res., B.* – 2013. – Vol. 315. – P. 192-196.
- [11] J.J. Lander et al. Solubility and Diffusion Coefficient of Carbon in Nickel: Reaction Rates of Nickel-Carbon Alloys with Barium Oxide // *J. Appl. Phys.* – 1952. – Vol. 23. – P. 1305.
- [12] L. Baraton, Z.B. He, C.S. Lee, C.S. Cojocar, M. Châtelet, J.L. Maurice, Y.H. Lee & D. Privat. On the mechanisms of precipitation of graphene on nickel thin films // *Europhysics Letters.* - 2011. – Vol. 96. – No. 4. – P. 46003.
- [13] L. Baraton, Z. He, C.S. Lee, J.L. Maurice, C.S. Cojocar, et al. Synthesis of few-layered graphene by ion implantation of carbon in nickel thin films // *Nanotechnology, Institute of Physics: Hybrid Open Access.* – 2011. – Vol. 22. – P. 085601.
- [14] A. Reina, S. Thiele, X. Jia, S. Bhaviripudi, M.S. Dresselhaus, J.A. Schaefer, J. Kong. Growth of Large-area Single-and Bi-layer Graphene by Controlled Carbon Precipitation on Polycrystalline Ni Surfaces // *NanoRes.* – 2009. – Vol. 9. – P. 30–35.
- [15] B. Delley. Yb-Decorated Carbon Nanotubes As a Potential Capacity Hydrogen Storage Medium // *J.Chem.Phys.* – 1990. – Vol. 92. – P. 508.
- [16] B. Delley. From molecules to solids with the DMol<sup>3</sup> approach // *J.Cem.Phys.* – 2000. – Vol. 113. – P. 7756.
- [17] S.H. Vosko, L. Wilk and M. Nusair. Accurate spin-dependent electron liquid correlation energies for local spin density calculations: a critical analysis // *Can.J.Phys.* – 1980. – Vol. 58. – P. 1200.

Тулегенова М.А., Гусейнов Н.Р., Ильин А.М., Билл Г., Қуанышбеков Т.Қ.

**Ga<sup>+</sup> ион төмен энергиямен сәулелендіру арқылы алынған Ga-графен композитінің түзілуі**

**Түйіндеме.** Бұл мақалада Ga-графен композитін компьютерлік модельдеу мен тәжірибелік зерттеу нәтижелері көрсетілген. Никель фольгасы арқылы көміртекті диффузия арқылы көп қабатты графен алу тәсілі көрсетілді. Көпқабатты графенді құрылымды 2-кэВ төмен энергиялы  $5 \cdot 10^{13}$  ион/см<sup>2</sup> дозада Ga<sup>+</sup> ионымен сәулелендірілді. Раман спектроскопия зерттеуі, сәулелендіру, дефекті шыңның пайда болуына әкелетінін көрсетеді, ал ЭДС әдісі галлийдің тұнғанын растайды. Азқабатты графен-галлий композиттерінің ықтимал конфигурациясы модельденді және DFT әдісімен есептелді.

**Түйін сөздер:** көміртек, графен, азқабатты графен, диффузия, сәулелендіру, құрылымды радиациялық дефекттер.

**L. Naizabayeva<sup>1</sup>, G. Turken<sup>1</sup>, B. Maksutova<sup>2</sup>, Zh. Orazbekov<sup>2</sup>, B<sup>2</sup>Alimbayeva**

(<sup>1</sup>Al-Farabi Kazakh National University,

<sup>2</sup>Kazakh National Pedagogical University named after Abai

Almaty, Kazakhstan

E-mail: turken.gulzat@gmail.com)

### **STATISTICAL HYPOTHESIS TEST WITH SAS ANALYSIS SYSTEM**

**Abstract.** This paper specially aimed at the existing problems of traditional relational database in the big database modeling. Also a logical model based on the SAS (Statistical Analysis System) database was created, the modeling process of the modern material storage management described in detail, and the SAS programming language is used to realize the maximize revenue against this tradeoff with improvement the quality of customer service and statistics functions of the system model.

The practical results show that SAS database modeling technology enables the construction of models, not only more abundantly semantic expression, but also more simplicity and scalability.

**Key words:** Statistical Analysis System; Hypotheses; Relational database; Big Data.

Big data continues to heat up, and more and more companies are facing the brunt of massive data shocks. One reason for it is that data analysis tools face performance bottlenecks due to their large data capacity and variety, another reason is data analysis tools often only used by IT departments. The lack of easy-to-use data mining analysis tools on the market allows business people to easily implement self-service self-analysis and gain immediate business insight [1, 3].

SAS (previously "Statistical Analysis System") is a software suite developed by SAS Institute for advanced analytics, multivariate analyses, business intelligence, data management, and predictive analytics. SAS software used by people all over the world—in 118 countries, at over 40,000 sites, by more than 3.5 million users. SAS (pronounced sass) is both a company and software. When people say SAS, they sometimes mean the software running on their computers and sometimes mean the company. SAS® is the leading business analytics software used in a variety of business domains such as Insurance, HealthCare, Pharmacy, Telecom etc. Very often, business analysts and other professionals with little or no programming experience are required to learn SAS [9, 10].

SAS is the world's leading provider of business analytics software and service. Recently announced that the Agricultural Bank of China, Anhui Weights and Measures Project Data Analysis Office, Hong Kong Special Administrative Region Government Efficiency Promotion Group, Taiwan Wantai Bank, Lenovo USA, U-Mobile and other institutions have signed a contract with SAS, being enable with SAS Analytics to explore the true value of big data and improve business decision-making efficiency [4].

SAS Analytics technology demonstrate a clear understanding of the business value of visual data exploration and ultra-fast results and it helps business users visually explore the data resources they own. It is just better than traditional queries and reports. It runs at low cost on industry-standard blade servers, and its high-performance memory analysis architecture enables fast analysis, calculated in seconds or minutes instead of hours or days [11, 12].

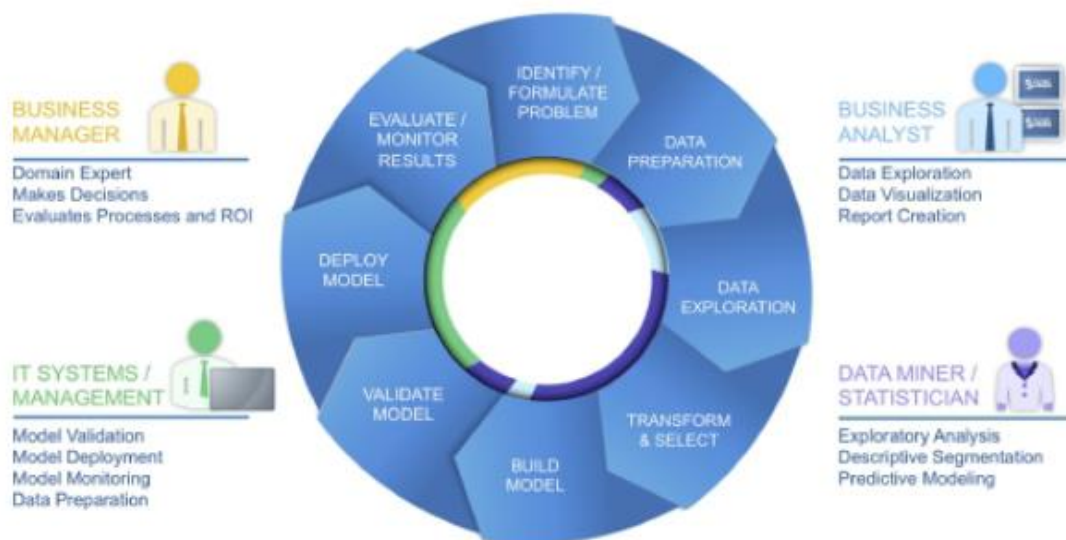


Figure 1. SAS solution supports the entire analysis life cycle

### The benefits of SAS Analysis

Regardless various scale industries, enterprises collect various types of data, what is not enough is that traditional architectures and existing equipment are outdated, and rapid analysis and processing are not possible, so that insights cannot be quickly obtained. The benefits of SAS Analysis that enable users of all skill levels to take advantage of powerful memory analysis capabilities, visually explore the data on your own, perform quick analytical calculations and findings. Furthermore, can help identify trends in business and markets, increase profitability and quickly detect anomalies, protect product quality or the problem of customer churn [2, 5].

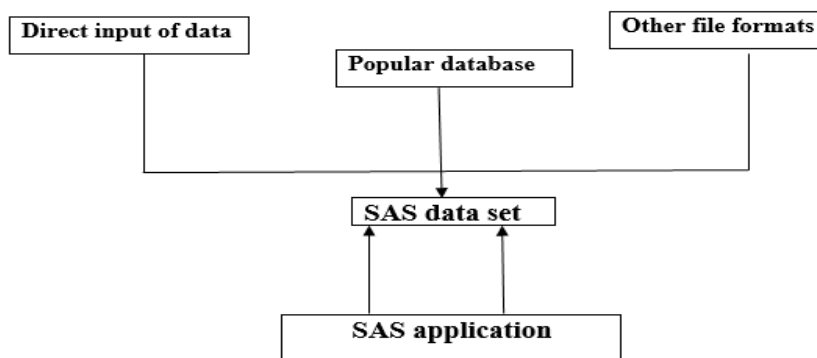


Figure 2. SAS (Statistical Analysis System) application process

SAS application analysis technology have the following general principle:

- Made an initial assumption.
- Collect data.
- Based on the collected data, it decided to reject or not reject the initial assumption.

Methods for testing statistical hypotheses have following stages:

1) Made an initial assumption.

- Formulated null hypothesis  $H_0$  probability distribution on the set  $X$ . This is the main hypothesis.

• An alternative  $H_1$  is formulated (sometimes it is just not  $H_0$ ). Sometimes several alternatives considered at once.

2) Data is collected.

$$x^m = \{x_1, \dots, x_m\}, x_i \in X \quad (1)$$

3) Based on the collected data, make the decision to reject or not reject the initial assumption.

Some statistics are given:  $x^m \rightarrow \mathbb{R}$ , for which in justice  $H_0$  hypotheses derived distribution function  $F(T)$  and / or the density distribution  $p(T)$ .

4) The significance level is fixed - the permissible probability error of the first type, that is, the hypothesis is in fact true, but will be rejected by the verification procedure. This should be a sufficiently small number  $\alpha \in [0, 1]$ . In practice, it is often assumed that  $\alpha = 0.05$  [6, 7].

For the fixed  $\alpha$ , need to maximize the power of the criterion  $1 - \beta(H_1)$

correct hypothesis		$H_0$	$H_1$
The result of applying the criterion	$H_0$	$H_0$ correctly accepted	$H_0$ incorrectly accepted the first kind of error
	$H_1$	$H_0$ incorrectly rejected the first kind of error	$H_0$ correctly rejected

**Table 1.** Fixed level of significance

5) The set of admissible values distinguishes the critical set  $\Omega_\alpha$  of the least probable values such as  $P \setminus \{T \in \Omega_\alpha | H_0\} = \alpha$ .

6) The actual statistical test (statistical criterion) consists in checking the condition:

- If  $T(x^m) \in \Omega_\alpha$ , then “the data contradicts the null hypothesis at the significance level  $\alpha$ ”. The hypothesis rejected.

- If  $T(x^m) \notin \Omega_\alpha$ , then “the data does not contradict the null hypothesis at the significance level  $\alpha$ ”. The hypothesis does not reject.

Student t-test

$$H_0: E(X) = m \quad (2)$$

When performing the null hypothesis,  $E(\bar{X}) = m$

Given the perceived independence of the observations, using an unbiased estimate of the variance

$$s_X^2 = \frac{\sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})^2}{n-1} \quad (3)$$

We get the following

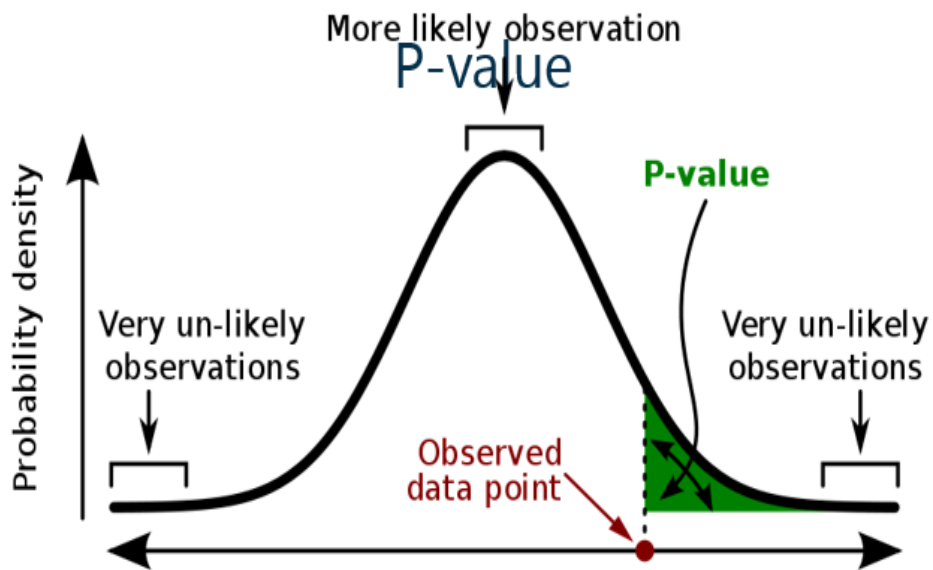
$$t = \frac{\bar{x} - m}{s_X / \sqrt{n}} \quad (4)$$

Under the null hypothesis, the distribution of this statistic is  $\sim t(n-1)$ . Therefore, when the statistics value is exceeded in absolute value, the critical value of this distribution (for a given significance level) and this null hypothesis is rejected [8].

Achievable significance level P value: "On the set of admissible values of T, the critical set  $\Omega_\alpha$  is  $\alpha$ , the least probable values of T is distinguished, such that  $P\{T \in \Omega_\alpha | H_0\} = \alpha$ ".

P value - this is the smallest value of the significance level in which the null hypothesis rejected for a given value of the statistics of criterion,  $T: p(T) = \min \{ \alpha : T \in \Omega_\alpha \}$  this is the probability fair of  $H_0$ , for obtaining the value of T, the same or even more extreme than T. If we compare it with a fixed level of significance, then the alternative technique will be equivalent to the classical one.





**Figure 3.** Set of possible results

P value (shaded green area) is the probability of an observed (or more extreme) result assumed that the null hypothesis is true.

In practical work, I used SAS (Statistical Analysis System) university edition, created table which name is cars, it included 428 observations and 15 variables. I used SAS analysis general principle to analyze hypothesis test for table cars.

	Make	Model	Type	Origin	DriveTrc
1	Acura	MDX	SUV	Asia	All
2	Acura	RSX Type S 2dr	Sedan	Asia	Front
3	Acura	TSX 4dr	Sedan	Asia	Front
4	Acura	TL 4dr	Sedan	Asia	Front
5	Acura	3.5 RL 4dr	Sedan	Asia	Front
6	Acura	3.5 RL w/Navigation 4dr	Sedan	Asia	Front
7	Acura	NSX coupe 2dr manual S	Sports	Asia	Rear
8	Audi	A4 1.8T 4dr	Sedan	Europe	Front
9	Audi	A41.8T convertible 2dr	Sedan	Europe	Front
10	Audi	A4 3.0 4dr	Sedan	Europe	Front
11	Audi	A4 3.0 Quattro 4dr manual	Sedan	Europe	All
12	Audi	A4 3.0 Quattro 4dr auto	Sedan	Europe	All
13	Audi	A6 3.0 4dr	Sedan	Europe	Front
14	Audi	A6 3.0 Quattro 4dr	Sedan	Europe	All

**Figure4.** Table cars

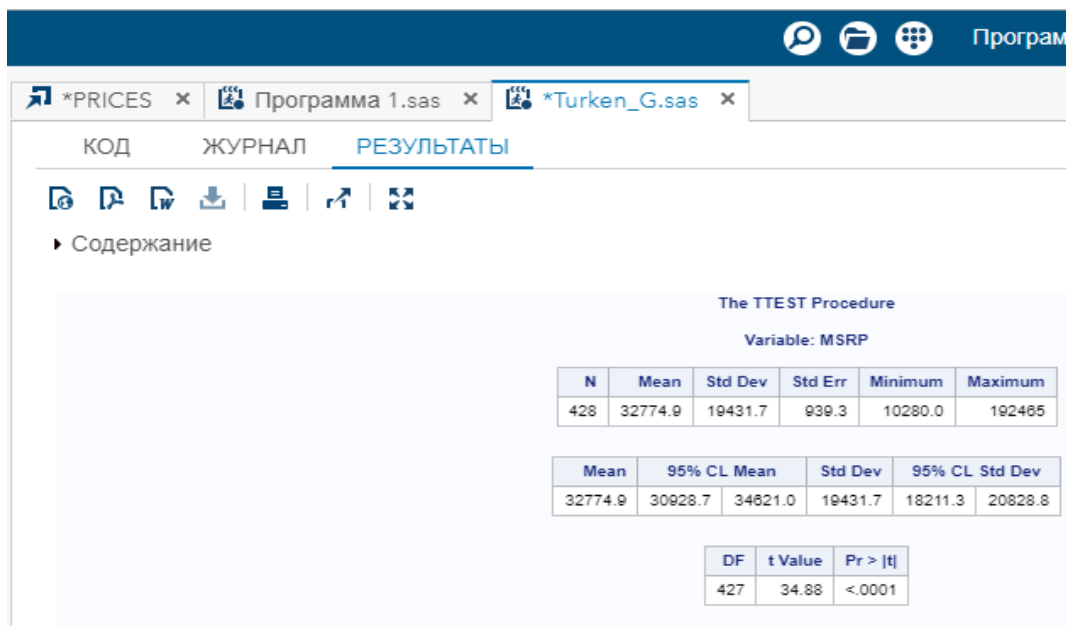


Figure 5. T-Test Procedure

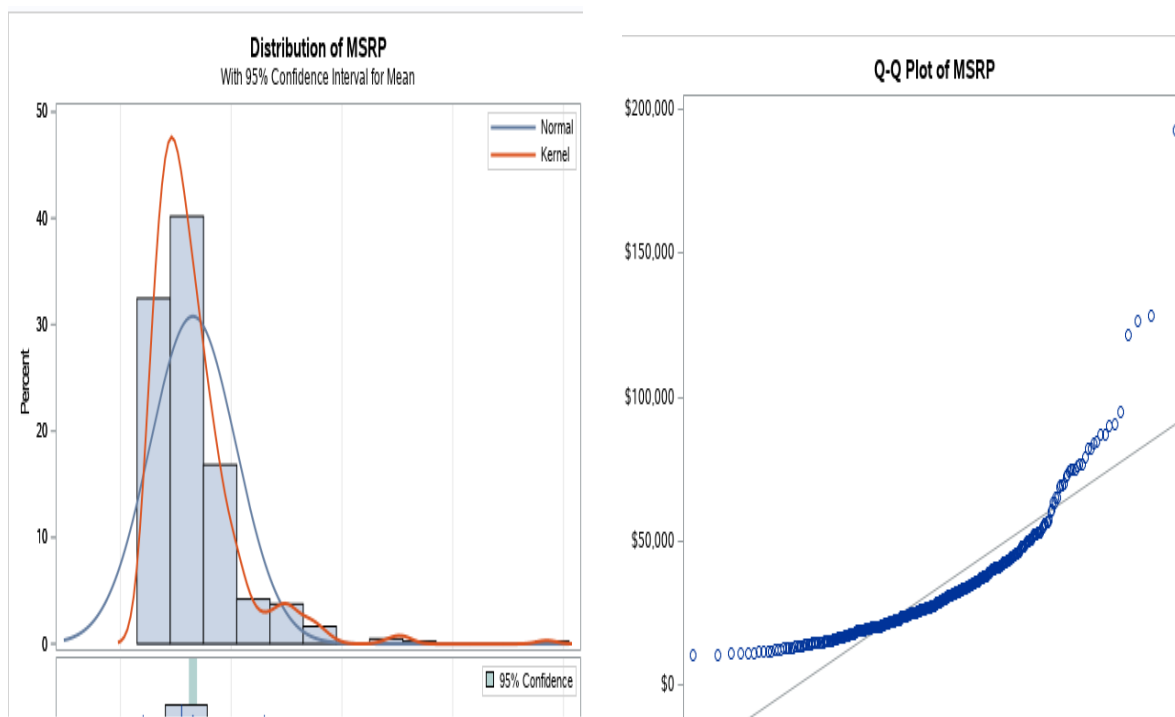


Figure 6. Distribution of T-Test result

### CONCLUSION

SAS is not only a software but as well a platform, it provides a full range of services, also quickly get accurate help from the company and allows management to conduct on-site decisions based on data in real-time and view reports more accurately. Through the analysis of the SAS system, we are being able to improve our competitiveness productivity.

Such applications use SAS in new ways. This paper has discussed fields to become aware of and tools to trade usage of one resource for another. This information is more useful for developers of applications that take advantage of concurrently accessed data to write those applications to use the available computer resources in the most efficient ways possible.

REFERENCE

- [1] SAS Certification Prep. Guide: Base Programming for SAS 9, Fourth Edition, pp. 421-440.
- [2] SAS Certification Prep. Guide: Advanced Programming for SAS 9, Fourth Edition, pp. 632-640.
- [3] SAS statistical analysis application. Electronic Industry Press, 2014, pp. 12-15.
- [4] Long Qi jun. SAS statistical analysis, 2015, pp. 37-40.
- [5] Zhang Jun Hua. SAS system and data analysis (with instance data), 2016, pp. 25-28.
- [6] Mervyn G, William J, SAS for data analysis, 2015, pp. 52-53.
- [7] Jill Deche, Big Data Analytics with SAS, 2016, pp. 5-7.
- [8] Gary Hansen, James Hansen Databases: Development and management. Moscow: Binom, 2011, pp. 47-49.
- [9] Anders Milhoj. Practical Time Series Analysis Using SAS, 2013, pp. 149-155.
- [10] Turchin, Brian, "SAS Profile -- Going Its Own Way", 2014, pp. 16-18.
- [11] Jackson, Joab, "SAS enlarges its palette for big data analysis", IT World, 2015, pp.24-32
- [12] "Release dates for SAS software". The DO Loop, 2018, pp.45-52.

Найзабаева Л., Туркен Г., МаксUTOва Б., Оразбеков Ж., Алимбаева Б.

**SAS анализ жүйесін пайдаланып, статистикалық гипотизді тестілеу**

**Түйіндеме.** Бұл мақалада үлкен деректер қорын модельдеудегі дәстүрлі салыстырмалы деректер қорында туындайтын мәселелерге бағытталған. Сондай-ақ, логикалық модель SAS (Статистикалық анализ жүйесі) деректер қорында жасалынып, материалды сақтаудың қазіргі заманғы модельдеу процедурасы егжей-тегжейлі сипатталған және SAS бағдарламалау тілі жүйелік модельдің статистикалық функцияларын пайдаланып, өнімнің сапасын және қызмет көрсету сапасын жақсарту арқылы нарықтағы өнімнің пайдасын барынша арттыруды жүзеге асыру үшін қолданылады. Практикалық нәтижелер SAS деректер қорын модельдеу технологиясы модельдеудің құрылымына тек көп семантикалық өрнекпен ғана емес, қарапайымдылығы мен ауқымдылығы арқылы мүмкіндік береді.

**Түйін сөздер:** Статистикалық анализ жүйесі; Гипотезалар; Реляциялық деректер қоры; Үлкен деректер;

Найзабаева Л., Туркен Г., МаксUTOва Б., Оразбеков Ж., Алимбаева Б.

**Тест статического гипотеза с системой SAS анализа**

**Резюме.** Рассмотрены проблемы, традиционные реляционные базы данных в моделировании больших баз данных. Также создана логическая модель на основе базы данных SAS (Statistical Analysis System), подробно описан процесс моделирования современного управления материальными хранилищами, а также использован язык программирования SAS для реализации максимизирующего доход от этого компромисса с улучшением качества обслуживания клиентов и функций статистики модели системы.

Практические результаты показывают, что технология моделирования баз данных SAS позволяет строить модели не только с более обильным семантическим выражением, но и с большей простотой и масштабируемостью.

**Ключевые слова:** система статистического анализа; гипотезы; реляционная база данных; большие данные.

UDC 541.128:678.744

L. Tastanova<sup>1</sup>, A. Zharmagambetova<sup>2</sup>, A. Apendina<sup>1</sup>,  
R. Orynassar<sup>1</sup>, A. Bekeshev<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Aktobe Regional State University n.a. K. Zhubanov, Aktobe, Kazakhstan

<sup>2</sup> Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry n.a. D.V. Sokolsky, Almaty, Kazakhstan)

E-mail: lyazzatt@mail.ru

**APPLIED PALLADIUM CATALYSTS OF PARTIAL HYDROGENATION OF HIGH-MOLECULAR ACETYLENIC ALCOHOLS STABILIZED BY SOLUBLE POLYMERS**

**Abstract.** The catalysts of regular nanoparticles Pd distribution on the supporter's surface were obtained by consecutive sorption of soluble polymers (polyvinylpyrrolidone and polyethylene glycol) and palladium chloride from water and ethanol solutions by zinc oxide. The catalysts performance were studied in the hydrogenation reaction of 3,7,11-trimethyldodecyne-1-ol-3 and 3,7,11,16-tetramethylhexadecyn-1-ol-3 to olefinic alcohols under the mild conditions (T = 50°C, P<sub>H2</sub> = 1 atm) with water and ethanol as solvents. It is shown that modification of inorganic support by polymers leads to an increase in the activity and selectivity of catalysts. The rate of hydrogenation of the triple bond over these systems is three to four times of magnitude higher than the rate of reduction of the double bond. The process over non-stabilized by polymers catalyst goes with the lowest activity and selectivity.

**Key words:** hydrogenation, palladium catalyst, acetylene alcohol, polyvinylpyrrolidone, polyethylene glycol, nanoparticles.

### Introduction

Modern environmental standards in industry dictate the need to revise obsolete technologies, to create energy and resource-saving processes.

Catalytic oxidation and reduction reactions, one of which is selective hydrogenation of long-chain alkylnols, are widely used in fine organic synthesis and petro chemistry. Hydrogenation of acetylene compounds is one of the major stages in synthesis of pharmaceuticals, odorants and biologically active compounds [1-4]. In industry such processes are usually carried out over homogeneous catalysts under strict conditions with high yield of by-product. This complicates the technological scheme, since it is required to carry out operations of catalysts and target products separation.

In this regard, the design of new, environmentally friendly catalytic systems with better performance for acetylene compounds hydrogenation is of great importance. Study of literature has shown an extremely high interest of researchers to the development of new types of catalysts based on advances in nanochemistry [5-7]. Such approach makes it possible to form catalytic systems with predetermined properties, capable of carrying out organic syntheses under mild conditions, with high yields of target products and performing high selectivity and activity over a long period of use [8-11]. One of the methods of obtaining such catalysts is stabilization of nanoparticles by organic compounds and soluble polymers [12, 13].

Due to their structure and the presence of various functional groups high-molecular compounds interact with metals forming polymer-metal complexes (PMC), which perform high activity and selectivity at low pressures and temperatures in many hydrogenation and oxidation reactions [14]. At the same time, such systems are relatively unstable, and the presence of polymer ligands introduces new properties to catalysts, such as the flexibility and mobility of segments of polymer chains, as well as swelling, which limits their large-scale application and requires a revision of instrumental design of the processes [15].

The fixing of polymer-metal complexes on inorganic carriers leads to a decrease in the degree of swelling, increases the stability and selectivity of catalysts, provides the formation of active phase nanoparticles [14, 16]. However, factors that affect the formation of nanoparticles, their uniform distribution on the support and behavior in catalytic processes remain poorly understood, which makes it very difficult to create catalytic technologies based on them. In this regard, research on the construction of supported nanocatalysts modified with high-molecular compounds is of high importance.

In the present work heterogeneous catalysts with uniform distribution of nanosized palladium particles on support's surface were obtained by method of irreversible adsorption of widely used soluble polymers - polyethylene glycol (PEG) and polyvinylpyrrolidone (PVPD) by inorganic oxide (ZnO) and subsequent interaction of supported macromolecules with metal ions. Properties of supported heterogeneous catalysts depend on structure and sizes of metal particles [17, 18]. Polymer-modified catalysts have characteristics of both usual catalysts and polymer-metal complexes (swelling, flexibility of polymer chains). Synthesized catalytic systems perform high activity, selectivity and stability in hydrogenation of unsaturated organic compounds.

### Methods of Study

Polymer containing palladium catalysts were synthesized by treatment of zinc oxide with water solutions of polymers and then with palladium chloride solution. Soluble polymers polyethylene glycol (PEG) and polyvinylpyrrolidone (PVPD) were used as modifiers of inorganic support. For comparison catalyst was prepared by treatment of zinc oxide with palladium chloride solution without modification by polymer. Obtained systems were dried in the air and then used in catalytic hydrogenation. The developed catalysts were studied with methods of IR-spectroscopy, electronic microscopy and XPA.

Hydrogenation was carried out over 0.05 gram of designed catalysts under mild conditions ( $T = 50^{\circ}\text{C}$ , atmospheric pressure of hydrogen) with water and ethanol as solvents. The volume of 3,7,11-trimethyldodecin-1-ol-3 (0.58 ml) was taken from the calculation for the uptake of 100 ml of hydrogen.

Reaction products were analyzed chromatographically in the column filled with a 10% Apiezon-L + 2% PEG-20M phase on Chromaton-N-AW-DMCS. Argon was used as the carrier gas.

### Results and discussion

Synthesized catalysts were tested in hydrogenation of 3,7,11-trimethyldodecin-1-ol-3 ( $C_{15-in}$ ) and 3,7,11,16-tetramethylhexadecin-1-ol-3 ( $C_{20-in}$ ) to 3,7,11-trimethyldodecan-1-ol-3 ( $C_{15-an}$ ) and 3,7,11,16-tetramethylhexadecan-1-ol-3 ( $C_{20-an}$ ).

The most important products of these reactions are 3,7,11-trimethyldodecen-1-ol-3 ( $C_{15-en}$ ) and 3,7,11,16-tetramethylhexadecen-1-ol-3 ( $C_{20-en}$ ) which are used in synthesis of biologically active compounds.

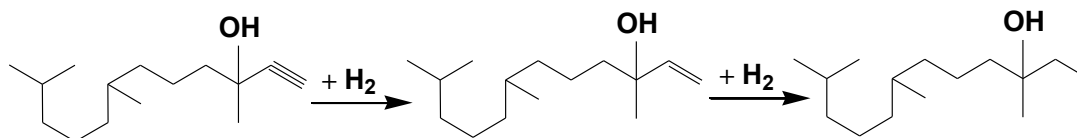


Fig. 1 shows the time dependence of C<sub>15</sub>-in hydrogenation rates over obtained catalytic systems. The least active catalyst is 1%Pd/ZnO (Fig.1, curve 1). The rates over supported polymer-metal catalysts increase in the first 3 minutes of reaction and reach maximal value, after which rapidly decrease (Fig.1, curves 2 and 3). In 100-140 minutes from the beginning of reaction hydrogen consumption stops.

The best results are received in ethanol-based hydrogenation of 3,7,11-trimethyldodec-1-yn-3-ol over 1%Pd-PVPD/ZnO prepared from water solutions of PVPD and PdCl<sub>2</sub>. This process is characterized by highest reaction rate  $W = 27.9 \cdot 10^{-4}$  mole/l · sec.

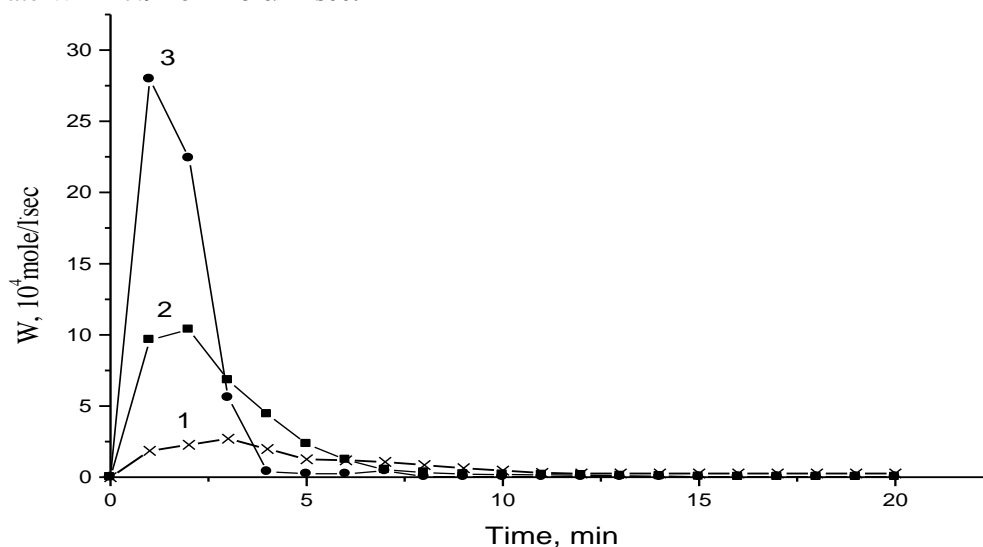


Figure 1. Time dependence of ethanol-based 3,7,11-trimethyldodec-1-yn-3-ol hydrogenation rates over 1 – 1% wt. Pd/ZnO; 2 – 1% wt. Pd-PEG/ZnO; 3 – 1% wt. Pd-PVPD/ZnO catalysts prepared from water solutions.

According to the chromatographic analysis of products obtained in the reaction over 1%Pd-PVPD/ZnO in first 3 minutes 3,7,11-trimethyldodec-1-yn-3-ol is almost entirely reduced to 3,7,11-trimethyldodec-1-en-3-ol (Fig. 2), which is then slowly hydrogenated to 3,7,11-trimethyldodecane-1-ol-3. The catalyst performs high activity and selectivity. A similar dependence was obtained for 1% Pd-PEG/ZnO. The least active and selective is 1% Pd/ZnO catalyst.

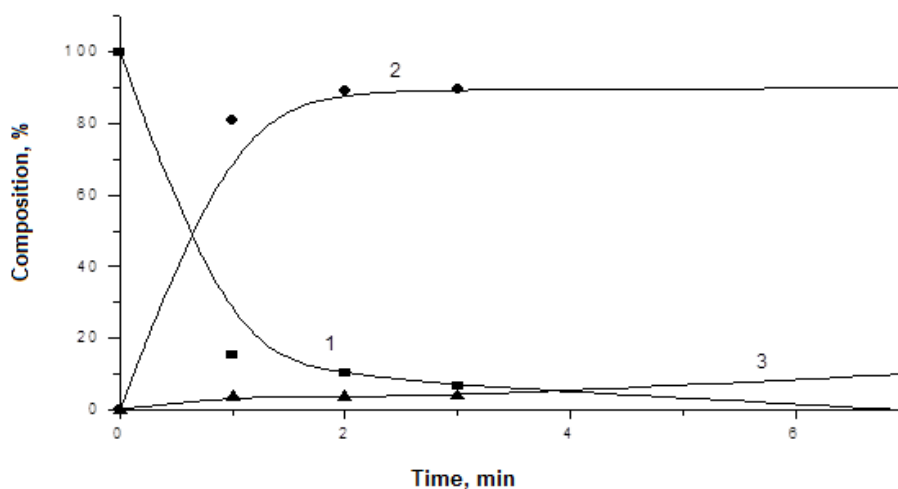


Figure 2. Chromatographic analysis of 3,7,11-trimethyldodec-1-yn-3-ol hydrogenation products. 1) 3,7,11-trimethyldodec-1-yn-3-ol; 2) 3,7,11-trimethyldodec-1-en-3-ol; 3) 3,7,11-trimethyldodecane-1-ol-3.

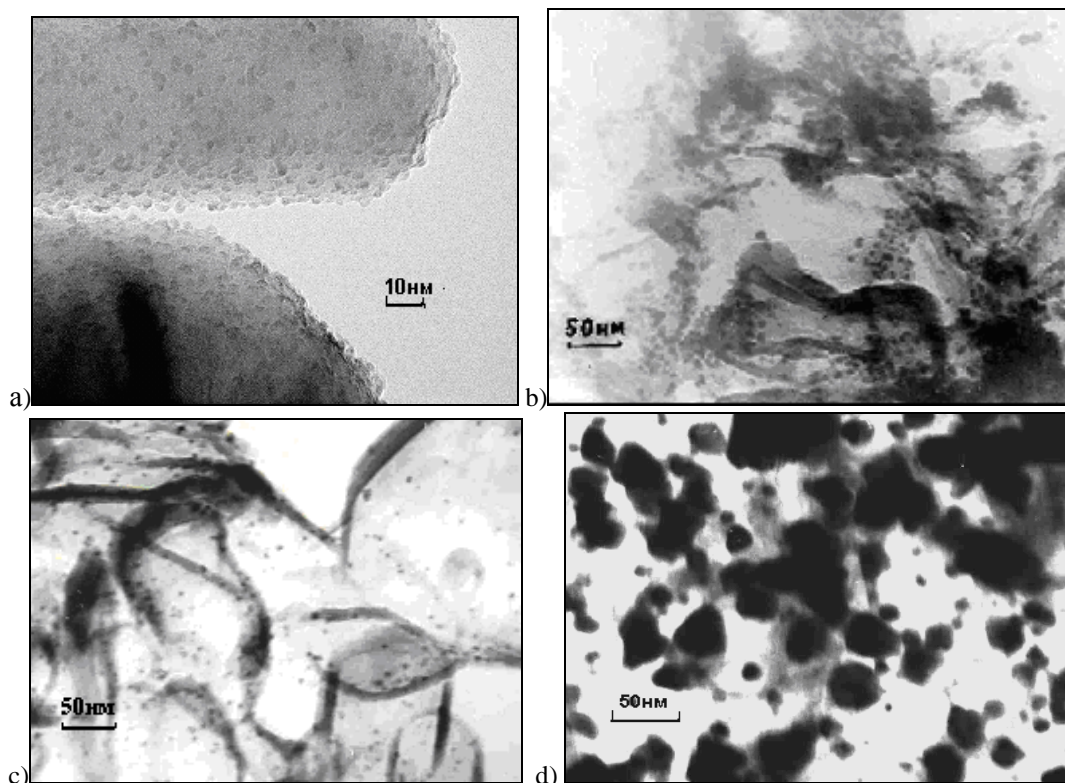
A study of the results obtained on the hydrogenation of  $C_{15}$  acetylene alcohol over obtained catalytic systems showed that the modification of the support by high-molecular compounds leads to an increase in the activity and selectivity of catalysts (Table 1). The rate of hydrogenation of the double bond over these systems is three to four orders of magnitude lower than the rate of reduction of the triple bond. Similar results are observed in 3,7,11-trimethyldodecyne-1-ol-3 hydrogenation over catalyst modified with PEG. The process over 1% wt. Pd/ZnO goes with the lowest activity and selectivity.

1% Pd-PVPD/ZnO performs the greatest stability with repeated use of the catalyst. The total volume of the hydrogenated over 0.05 g of this catalyst 3,7,11-trimethyldodecin-1-ol-3 is 73.08 ml, which is 62000 catalytic cycles per 1 Pd atom (turnover number - TON). Although selectivity of 1% Pd-PVPD/ZnO is lower than that of % Pd-PEG/ZnO, it is 4.5 times more active and 16 times more effective than catalyst modified by polyethylene glycol.

**Table 1. Performance of 1%wt. Pd catalysts fixed on zinc oxide in ethanol-based hydrogenation of 3,7,11-trimethyldodecyne-1-ol-3**

Catalyst	W. $10^{-4}$ , mole/l·sec		TON	$S_{C=C}$ , %
	$C\equiv C$	$C=C$		
Pd/ZnO	2,71	0,25	4400	91
Pd-PEG/ZnO	6,23	0,01	3800	98
Pd-PVPD/ZnO	27,97	0,04	62000	95

According to electron microscopy data (Fig. 3), it was found that finely dispersed palladium particles with sizes of 4-8 nm, uniformly distributed on the carrier, are formed on the polymer modified zinc oxide (Fig. 3, a, b, c).



**Figure 3.** Micrographs of ZnO-supported 1% Pd catalysts modified by PVPD, PEG and without polymer treatment: a,b - 1%Pd-PEG/ZnO; c - 1%Pd-PVPD/ZnO; d - 1%Pd/ZnO.

Particles of metal with sizes of 30-35 nm are formed on the untreated by polymer surface of ZnO (Fig. 3, d).

The change in the conformations of macromolecules with a change in the properties of the environment plays an important role in biological and catalytic processes. In appropriate solvents polymer chains are stretched toward the solvent, whereas in inappropriate solvents they take the form of folded globules.

Schematically the catalyst formation can be represented as follows. During the interaction of  $\text{PdCl}_4^{2-}$  with the polymer fixed on the oxide nanoparticles with sizes of 4-6 nm surrounded by polymer chains are formed. The interaction of the external hydrophobic parts of polymer leads to the formation of agglomerates containing three, four or more palladium nanoparticles (Fig. 4).

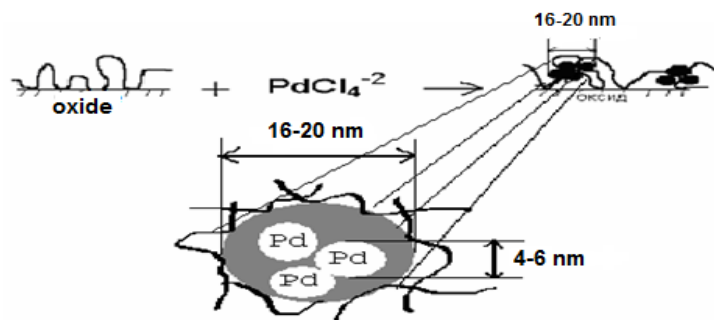


Figure 4. Scheme of formation of a polymer-palladium complex on the surface of carrier.

To reduce the surface density and viscosity as well as to increase the mass transfer rate catalytic processes must be carried out in the presence of a solvent. The use of solvents in catalytic hydrogenation provides the removal of heat from the exothermic reaction, facilitates the reduction of catalyst and in some cases significantly affects selectivity and rate of hydrogenation.

In order to study the effect of solvent nature on the catalytic properties of polymer-containing catalysts, hydrogenation of  $\text{C}_{15}$  acetylene alcohol was carried out over 1% Pd-PEG/ZnO and 1% Pd-PVPD/ZnO in ethanol and water medium (Table 2).

Table 2. Influence of the nature of solvent on the characteristics of 1% Pd-PVPD/ZnO and 1% Pd-PEG/ZnO catalysts ( $m = 0.05$  g) in the process of 3,7,11-trimethyldodecin-1-ol-3 hydrogenation ( $T = 313\text{K}$  and  $P_{\text{H}_2} = 0.1$  MPa)

Catalyst	Medium	$W \cdot 10^{-4}$ , mole/l·sec		$S_{\text{c-c}}$ , %	TON
		$\text{C}\equiv\text{C}$	$\text{C}=\text{C}$		
1%Pd-PVPD/ZnO	Ethanol	27,97	0,04	98	62000
1%Pd- PVPD/ZnO	Water	14,57	0,05	92	12000
1%Pd-PEG/ZnO	Ethanol	6,23	0,08	96	3800
1%Pd- PEG/ZnO	Water	17,69	0,12	98	10000

Activity, selectivity, and stability of 1% Pd-PVPD/ZnO catalyst in ethanol ( $W = 27.97 \cdot 10^{-4}$  mole / l sec;  $S = 98\%$ ; TON = 62000) is higher than in water ( $W = 14.57 \cdot 10^{-4}$  mole / l sec;  $S = 92\%$ ; TON = 12000).

It is known that PVPD is readily soluble in both water and ethanol, that is fixed on zinc oxide polymer-metal complexes are in a swollen state, and active sites are available to activate unsaturated compounds. The lower activity of catalyst in water is explained by the insolubility of compound to be hydrogenated in it.

Hydrogenation rate over 1% Pd-PEG/ZnO catalyst in water medium is 3 times higher than in ethanol. For polyethylene glycol water is appropriate and ethanol is inappropriate solvent. As a result, the fixed Pd-PEG complexes swell in water, which leads to the formation of incoherent ravel on the carrier surface, and the active metal centers inside the polymer-metal complexes become available for activation. In ethanol Pd-PEG systems are compressed into globules, which makes it difficult to carry out the catalytic process.

Thus, the hydrogenation of  $\text{C}_{15}$  acetylene alcohol is most effective over 1% Pd-PVPD/ZnO catalyst in an ethanol medium in which the hydrogenated compound is soluble and the polymer complex is in the most favorable for its activation state.

High activity, selectivity and stability of polyvinylpyrrolidone complexes of palladium supported on zinc oxide, availability and relatively low cost of PVPD and ZnO, as well as low concentration of expensive palladium provide the prospects of using this catalyst on an industrial scale for the hydrogenation of long chain acetylene compounds in order to obtain biologically active substances.

Reactor with a suspended catalyst was chosen to carry out hydrogenation over the swelling catalytic system. Unless the reactor with a fixed bed catalyst, it has a significant advantage - the possibility of creating conditions under which the swelling of catalyst does not interfere with mass exchange and heat exchange processes. Heat transfer in apparatus with a suspended catalyst is more effective and it is possible to provide reliable temperature control in the reaction zone.

The maximum degree of swelling of the developed polyvinylpyrrolidone-palladium catalysts is 10-15%.

### **Conclusions**

Fixed on zinc oxide polymer-palladium catalysts for the process of selective hydrogenation of C<sub>15</sub> acetylene alcohol to olefin derivative under mild conditions have been developed. High stability and selectivity of the process is achieved by adding water-soluble PEG and PVPD to the ZnO supported palladium catalyst.

The role of polymers-modifiers in the formation of catalysts with uniform distribution of nanoscale particles (with diameters 4-8 nm) of active phase on the oxide surface is established. The functions of polymers are: prevention of agglomeration of highly dispersed catalytic centres, increasing catalytic activity and selectivity. It was shown that incorporation of polymer into catalytic system increases catalyst's activity by 3-10 times, selectivity by 7% and stability by 14 times.

Due to the formation of nanosized active phase particles on the surface of inorganic oxide the prepared palladium catalysts are very active and selective in hydrogenation of acetylene alcohols. The obtained compounds are used for preparation of pest-insect pheromones and other bioactive substance. All developed catalysts demonstrate some interesting properties and act as self-organized systems sensible to the reaction media. The advantages of use of developed catalysts are: high activity of polymer modified systems and selectivity of desired products formation; simple technique of catalysts synthesis; mild reaction conditions (energy saving processes); less content of active phase (1% wt Pd).

Process of continuous 3,7,11-trimethyldodecane-1-ol-3 and 3,7,11,16-tetramethylhexadecane-1-ol-3 hydrogenation in fluidized bed reactor has been designed.

### **Acknowledgments**

The authors are grateful for study of catalysts provided by D.V. Sokolskii Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry. The work of Mrs. I. Chanyшева for IR spectroscopy, Mrs. L. Komashko for electron microscopy and Mrs. V. Grigoryeva for X-ray phase analysis are highly appreciated.

### **REFERENCES**

- [1] Eggersdorfer M., Laudert D., Létinos U. et al. One hundred years of vitamins – a success story of the natural sciences // *Angewandte Chemie – International Edition*. – 2012. - 51(52). – P.12960-91290.
- [2] Bonrath W. New trends in (heterogeneous) catalysis for the fine chemicals industry // *Chimia*. – 2014. – 68 (7-8). – P. 485-491.
- [3] Chen B., Dingerdissen U., Krauter J.G. et al. New developments in hydrogenation catalysis particularly in synthesis of fine and intermediate chemicals // *Applied Catalysis A: General*. – 2005. – 280. – P.17-46.
- [4] Shen L., Mao Sh., Li J. et al. PdZn intermetallic on a CN@ZNO hybrid as an efficient catalyst for the semi-hydrogenation of alkynols // *Journal of Catalysis*. – 2017. – 350. – P.13-20.
- [5] Sulman E.M., Valetsky P.M., Sulman M.G. et al. Nanosized catalysts as a basis for intensifications of technologies // *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*. – 2011. – 50 (10). – P.1041-1053.
- [6] Sulman E.M., Matveeva V., Sulman M.G. et al. Nanocomposites catalysts for sustainable chemistry and environmental protection // *WSEAS Transactions on Environment and Development*. – 2015. – 11. P.163-172.
- [7] Zheng S., Yang P., Zhang F. et al. Pd nanoparticles encaged within amine-functionalized metal-organic frameworks: Catalytic activity and reaction mechanism in the hydrogenation of 2,3,5-trimethylbenzoquinone // *Chemical Engineering Journal*. – 2017. – 328. – P.977-987.
- [8] Yarulin A., Yuranov I., Cárdenas-Lizana F. et al. Size-effect of Pd-(poly(N-vinyl-2-pyrrolidone)) nanocatalysts on selective hydrogenation of alkynols with different alkyl chains // *Journal of Physical Chemistry C*. – 2013. – 117 (26). – P.13424-13434.
- [9] Yarulin A., Berguerand C., Yuranov I. et al. Pt-Zn nanoparticles supported on porous polymeric matrix for selective 3-nitrostyrene hydrogenation // *Journal of Catalysis*. – 2015. – 321. – P.7-12.
- [10] Kung H.H., Kung M.C. Inspiration from Nature for Heterogeneous Catalysis // *Catalysis Letters*. – 2014. – 144 (10). – P.1643-1652.
- [11] Bykov A.V., Nikoshvili L.Z., Lyubimova N.A. et al. Effect of the conditions of thermal reduction on the formation, stability, and catalytic properties of polymer-stabilized palladium nanoparticles in the selective hydrogenation of acetylene alcohols // *Catalysis in Industry*. – 2014. – 6 (3). – P.182-189.



- [12] Okamoto M., Hirao T., Yamaai T. Polymers as novel modifiers for supported metal catalyst in hydrogenation of benzaldehydes // *Journal of Catalysis*. - 2010. - 276 (2). - P.423-428.
- [13] Paganelli S., Piccolo O., Baldi F. et al. Aqueous biphasic hydrogenations catalyzed by new biogenerated Pd-polysaccharide species // *Applied Catalysis A: General*. - 2013. - 451. - P.144-152.
- [14] Zharmagambetova A.K., Zamanbekova A.T., Darmanbayeva A.S. et al. Effect of polymers on the formation of nanosized palladium catalysts and their activity and selectivity in the hydrogenation of acetylenic alcohols // *Theoretical and Experimental Chemistry*. - 2017. - 53(4). - P.265-269.
- [15] Pomogailo A.D. Catalysis by Heterogenized Metal Polymers: Advances and Prospects // *Kinetics and Catalysis*. - 2004. - 45. P.61-103.
- [16] Mokhtary M. Recent advances in catalysts immobilized on magnetic nanoparticles // *Journal of the Iranian Chemical Society*. - 2016. - 13. - P.1827-1845.
- [17] Zharmagambetova A.K., Seitkaliyeva K.S., Talgatov E.T. et al. Polymer- modified supported palladium catalysts for the hydrogenation of acetylene compounds // *Kinetics and catalysis*. - 2016. - 57 (3). - P.360-367.
- [18] Zhang Y., Zhou Y., Zhao Y. et al. Recent progresses in the size and structure control of MOF supported noble metal catalysts // *Catalysis Today*. - 2016. 263. - P.61-68.

Тастанова Л., Жармагамбетова А., Апендина А., Орынбасар Р., Бекешев А.

**Жоғары молекулалы ацетилен спирттерін гидрлеуге арналған ерігіш полимерлермен тұрақтандырылған палладий катализаторлары**

**Түйіндемесі.** Суда еритін полимерлер (поливинилпирролидон және полиэтиленгликоль) мен палладий хлоридінің ерігінділерімен өңдеу жолымен гидрлеу процестері үшін мырыш тотығына отырғызылған полимер-палладий катализаторлары адсорбциялық тәсілмен алынды. Дайындалған катализаторлардың қасиеттері 3,7,11-триметилдодецин-1-ол-3 және 3,7,11,16-тетраметилгексадецин-1-ол-3-ды жұмсақ жағдайда ( $T = 50^\circ\text{C}$ ,  $P_{H_2} = 1\text{ атм}$ ) су және этанол орталарында жартылай гидрлеу реакцияларында зерттелді. Бейорганикалық тасымалдағышты полимерлермен модификациялау катализатордың белсенділігі мен селективтілігін арттырады. Зерттелген катализаторларда үштік байланысты гидрлеу жылдамдығы қос байланысты гидрлеу жылдамдығынан 3-4 есе жоғары. Полимерлермен тұрақтандырылмаған катализатор ең төмен белсенділік пен селективтілікті көрсетеді.

**Кілт сөздер:** гидрлеу, палладий катализаторы, ацетилен спирты, поливинилпирролидон, полиэтиленгликоль, нанобөлшектер.

Тастанова Л., Жармагамбетова А., Апендина А., Орынбасар Р., Бекешев А.

**Стабилизированные растворимыми полимерами нанесенные палладиевые катализаторы парциального гидрирования высокомолекулярных ацетиленовых спиртов**

**Резюме.** Катализаторы с равномерным распределением наночастиц Pd на поверхности носителя были получены путем последовательной адсорбции оксидом цинка водорастворимых полимеров (поливинилпирролидона и полиэтиленгликоля) и хлорида палладия из водных и этанольных растворов. Свойства приготовленных катализаторов изучены в реакции гидрирования 3,7,11-триметилдодецин-1-ола-3 и 3,7,11,16-тетраметилгексадецин-1-ола-3 до олефиновых производных в мягких условиях ( $T = 50^\circ\text{C}$ ,  $P_{H_2} = 1\text{ атм}$ ), в водной среде и в среде этанола. Показано, что модификация неорганической подложки полимерами повышает активность и селективность каталитической системы. Скорость гидрирования тройной связи на исследуемых катализаторах в 3-4 раза выше скорости восстановления двойной связи. Реакция на не стабилизированном полимерами катализаторе протекает с наименьшими активностью и селективностью.

**Ключевые слова:** гидрирование, палладиевый катализатор, ацетиленовый спирт, поливинилпирролидон, полиэтиленгликоль, наночастицы.

УДК 663/664 (075.8)

**A.K.Serikbai, A.M.Batyrbayeva, A.A.Tengelbayeva, K.R.Manap, M.S.Serikkyzy**  
(Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan)  
E-mail: [khali\\_17\\_10\\_94@mail.ru](mailto:khali_17_10_94@mail.ru)

**SAFETY AND QUALITY OF BAKERY PRODUCTS**

**Abstract.** The problem of the quality of bread consumed by the population is quite relevant, since bakery products occupy a special position in the food market. Reducing the consumption of many types of food products is consumption of bread. Thus, the purpose of the study is to determine the quality of bread made from wheat flour of the highest grade of five different producers.

**Key words:** quality, bread, safety, food products, quality of bread, safety of food.

**А.К.Серикбай, А.М. Батырбаева, А.А. Тенгельбаева, Қ.Р.Манап, М.С.Сериккызы**  
(Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы)  
E-mail: khali\_17\_10\_94@mail.ru

## **БЕЗОПАСНОСТЬ И КАЧЕСТВА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ**

**Аннотация.** Проблема качества, потребляемого населением хлеба является достаточно актуальной, так как хлебобулочные изделия занимают на рынке продуктов особое положение. Сокращение потребления многих видов продовольственных продуктов компенсируется в первую очередь за счет увеличения потребления именно хлеба. Таким образом, цель исследования — определение качества хлеба из пшеничной муки высшего сорта пяти разных производителей.

**Ключевые слова:** качество, хлеб, безопасность, продукты питания, качество хлеба, безопасность продуктов питания.

### **Введение**

Повышение качества и пищевой ценности хлебобулочных изделий – одна из важнейших задач последних лет. Хлеб занимает основное место в питании населения большинства стран и является продуктом каждодневного потребления, характеризуется отсутствием повреждаемости, хорошей усвояемостью и насыщением.

Хлеб занимает важное место в пищевом рационе человека, особенно в нашей стране, где производство хлеба связано с глубокими и давними традициями. Хлеб издавна славился богатым вкусом, ароматом, питательностью, разнообразием ассортимента [1].

Хлеб - полезный биологический продукт, который содержит большое количество веществ, необходимых для организма человека, это белки, белковые соединения, высокомолекулярные жиры, крахмал, а также витамины. Особенно в хлебе много содержится витаминов группы В, необходимых для нормального функционирования нервной системы человека. Ассортимент вырабатываемой продукции, представленный предприятиями нашей республики, достаточно обширный, сейчас можно приобрести не только различные виды формового и плодового хлеба, но и также большое количество бутонообразных изделий, а также весь спектр продукции хлебопекарной промышленности. На каждый вид хлеба и хлебобулочных изделий существуют отдельные государственные стандарты, технологические условия и технические инструкции, разрабатываемые производителем, устанавливающие метод выпечки, вид изделия, необходимость соответствия сырья и рецептуры действующим стандартам и техническим регламентам [2].

Проблема качества, потребляемого населением хлеба является достаточно актуальной, так как хлебобулочные изделия занимают на рынке продуктов особое положение. Сокращение потребления многих видов продовольственных продуктов компенсируется в первую очередь за счет увеличения потребления именно хлеба. Таким образом, цель исследования — определение качества хлеба из пшеничной муки высшего сорта пяти разных производителей.

1. Настоящий Технический регламент "Требования к безопасности хлеба и хлебобулочных, кондитерских изделий" (далее - Технический регламент) разработан в целях реализации Кодекса Республики Казахстан от 18 сентября 2009 года "О здоровье народа и системе здравоохранения", законов Республики Казахстан от 9 ноября 2004 года "О техническом регулировании" и 21 июля 2007 года "О безопасности пищевой продукции".

Сноска. Пункт 1 с изменениями, внесенными постановлением Правительства РК от 21.01.2011 № 25 (вводится в действие со дня первого официального опубликования).

2. Виды продукции, подпадающие под действие настоящего Технического регламента и их коды по классификатору единой Товарной номенклатуры внешнеэкономической деятельности Таможенного союза (далее - ТН ВЭД ТС) указаны в приложении 1 к настоящему Техническому регламенту.

Сноска. Пункт 2 с изменениями, внесенными постановлением Правительства РК от 21.01.2011 № 25 (вводится в действие со дня первого официального опубликования).

### **Определение безопасности хлеба**

Это означает, что при нормальных условиях потребления, продукты являются безопасными по содержанию контаминантов химической и биологической природы, по микробиологическим показателям и не представляют угрозу для здоровья и жизни человека. При оценке качества хлебобулочных изделий большое внимание уделяется определению органолептических показателей (внешний вид,

состояние мякиша, вкус, запах) и физико-химических показателей, основные из которых — влажность, кислотность и пористость [3].

*Виды дефектов и болезни хлеба*

В хлебобулочных изделиях не должно быть дефектов и болезней хлеба. К основным дефектам хлеба относятся: непромес, подрывы, трещины, непропеченность и др. Болезни хлеба провоцируются споровыми микроорганизмами или грибами в виде плесени, липкого мякиша, гнилого запаха. К ним относятся:

- картофельная (тягучая) болезнь хлеба,
- плесневение хлеба,
- поражение хлеба пигментообразующими бактериями меловая и кровавая болезни хлеба.

Чаще всего картофельной болезнью поражается пшеничный хлеб с повышенной влажностью и низкой кислотностью, как правило, при хранении в жаркую пору времени. Не поражается картофельной болезнью ржаной хлеб из-за высокой кислотности. При развитии картофельной болезни сначала возникает легкий запах гниющих фруктов, в мякише образуются тягучие нити. Потом мякиш становится липким, темным, с неприятным запахом. Хлеб, пораженный картофельной болезнью, для питания непригоден. Плесневение хлеба провоцируется плесневыми грибами при хранении хлеба в теплом, влажном помещении, которое плохо вентилируется. Плесень появляется на поверхности хлеба и распространяется на мякиш. Некоторые грибы выделяют микотоксины. Хлеб, пораженный плесенью, непригоден к реализации или вторичной переработке. Поражение хлеба пигментообразующими бактериями обусловлены жизнедеятельностью пигментообразующего микроба *B. Prodigiosus* (чудесной палочки), на хлебе появляются пятна красного цвета. Изменения в хлебе не вредят здоровью, но в связи с необычным цветом изделие в питании не используется. Меловой болезнью хлеб болеет редко, в нем появляется специфический запах и белые пятна в виде мела, эта болезнь не вредна для человека, однако изделие теряет свой товарный вид.

*Дефекты хлеба, обусловленные плохим качеством сырья*

Посторонние привкусы и запахи. Это чаще всего связано с наличием в муке посторонних примесей горчача или полыни. Также такие проблемы могут быть следствием неправильного хранения муки, дрожжей, жира продуктов (при нарушении режимов и сроков хранения жиру подвергаются прогорканию).

Хруст на зубах. Связан с наличием в муке примеси песка или земли.

Бледная корка. Обычно бледная корка у хлеба связана с тем, что мука, применяемая для выпечки, обладает недостаточной сахаро- и газообразующей способностью.

Липкий, сыроватый, заминаемый мякиш. Говорит о том, что мука произведена из проросшего или морозобоюного зерна.

Снижение пористости мякиша, уменьшение объема, расплываемость подового хлеба. Причина – использование свежесмолотой муки. Такие беды могут быть связаны с тем, что зерно, из которого была произведена мука, имело неполноценный белковый комплекс, либо было поражено клопом-черепашкой.

Использование муки низкого качества может привести к тому, что корочка будет иметь бледную окраску, мякиш будет сыроватый, липкий, объем и пористость хлеба снизятся.

**Контроль за качеством и безопасностью хлебобулочных изделий**

Система контроля хлеба и хлебобулочных изделий по показателям безопасности осуществляется. При проведении исследований для выдачи Заключения государственной санитарно-эпидемиологической экспертизы: — проводят контроль за наличием токсичных элементов (свинец, кадмий, мышьяк, ртуть, медь, цинк); — определение пестицидов проводится в соответствии из микотоксинов определяют — афлатоксин В1, дезоксиниваленон, зеараленон в соответствии с требованиями «Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов»; — радионуклиды (цезий 137, стронций — 90) определяют в соответствии с гигиеническим нормативом.

Соответствие партии хлеба и хлебобулочных изделий требованиям стандарта или технических условий по внешним признакам определяется выборочно, путем осмотра всего хлеба на 2-3 лотках каждого стеллажа, а при хранении хлеба на полках выбирается 10% изделий от каждой полки.

Среднюю пробу отбирают от каждых 10 лотков или 10 ящиков в следующих количествах: при массе отдельного изделия от 1 до 3 кг - 0,2% всей партии, но не менее 5 шт.; при массе изделия менее 1 кг - 0,3% всей партии, но не менее 10 шт.

Таблица 1. Контроль за качеством и безопасностью хлебобулочных изделий

Название показателя	Норматив
Органолептические показатели: (внешний вид, состояние мякиша, вкус, запах)	В соответствии с нормативными документами на определенный вид изделия
Физико-химические показатели: - влажность мякиша, % - кислотность мякиша, град. - пористость мякиша, % - массовая доля сахара, % - массовая доля жира, %	В соответствии с нормативными документами на определенный вид изделия
Токсические элементы, мг/кг, не больше: Хлеб: - свинец - кадмий - мышьяк - ртуть - медь - цинк	   0,3 0,05 0,1 0,01 5,0 25,0
Микотоксины, мг/кг, не больше: афлатоксин В1 дезоксиниваленон зеараленон	 0,005 0,5 1,0
Радионуклиды, Бк/кг, не больше: - цезий-137 - стронций – 90	 20 5

От средней пробы в качестве лабораторных образцов отбирают типичные изделия в следующих количествах: весовых и штучных изделий массой более 400 г - 1 шт.; штучных массой от 200 до 400 г - не менее 2 шт.; штучных массой от 100 до 200 г - не менее 3 шт.; штучных массой менее 100 г - 6 шт.

При приемке бараночных изделий из разных мест партии (одного наименования) отбирают не менее 3 шт. для определения разрыхленности, пропеченности и хрупкости; баранки и сушки не ранее 6 и не позднее 48 часов после выхода из печи, бублики не ранее 3 и не позднее 24 часов. Если при органолептической оценке возникает сомнение в качестве бараночных изделий, от поступивших в магазин отбирают для лабораторного анализа среднюю пробу путем выемки из 5 мест не менее 500 г бараночных изделий каждого наименования. Для физико-химического анализа выделяют образец от каждого наименования: бубликов - 5 шт.; баранок - 8 шт., сушек - 12 шт.

### Заключение

С учетом вышеизложенного, очевидна необходимость проведения работ для обеспечения системы контроля за качеством и безопасностью хлебобулочных изделий на всех этапах их производства и реализации, гармонизации требований отечественного законодательства с международными.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Экспертиза хлеба и хлебобулочных изделий. Качество и безопасность: Учеб.-справ. пособ./ А.С.Романов, Н.И.Давыденко, Л.Н.Шатнюк, И.В.Матвеева.- Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2005.- 278 с.
- [2] Кочеткова А.А. Функциональные продукты в концепции здорового питания. Пищевая промышленность, 2012. №3.
- [3] Безопасность пищевой продукции. Л.В.Донченко, В.Д.Надыкта, Москва 2007.

Серикбай А.К., Батырбаева А.М., Тенгельбаева А.А., Манап К.Р., Сериккызы М.С.

### Нан тоқаш өнімдерінің сапасы мен қауіпсіздігі

**Түйіндеме:** Халық тұтынатын нанның сапасы қазіргі таңда өте өзекті мәселе болып табылады, өйткені нан-тоқаш өнімдері азық-түлік нарығында ерекше орын алады. Азық-түлік өнімдерінің көптеген түрлерін тұтынудың қысқаруы бірінші кезекте нанды тұтынудың ұлғаюы есебінен өтеледі. Осы себептен зерттеудің мақсаты - бес түрлі өндірушілердің жоғары сұрыпты бидай ұнынан жасалған нанның сапасын анықтау болып табылады.

**Түйінді сөздер:** сапа, нан тоқаш өнімі, қауіпсіздік, азық-түлік, нан сапасы, азық-түлік қауіпсіздігі.

УДК 622.281 (574.32)

**V.F.Demin, G.V.Demichshuk, T.V.Demina, A.A. Kaisarov, S.D.Muhamedjanov**  
(Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan)  
E-mail: gleb021189@mail.ru

### **EARTH HEAVING AND PROCESS FLOW SHEET FOR BLOWING PREVENTION**

**Abstract.** The problem of earth heaving is up-to-date at coal mining in Karaganda coal-mining field as in preliminary so permanent workings. Primary way to prevent from earth heaving is brushing. It is a labor-intensive process, which requires the man-power resources and mine technique (conveyers, dinthead and etc.). Alternatively, bedrock strengthening is by strata bolting.

**Key words.** Soil, earth heaving, workings, bolt, timbering.

**В.Ф.Демин, Г.В.Демищук, Т.В.Демина, А.А.Кайсаров, С.Д.Мухамеджанов**  
(Карагандинский государственный технический университет, Караганда, Казахстан)  
E-mail: gleb021189@mail.ru

### **ПУЧЕНИЕ ПОЧВЫ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЕЕ ПОДЪУТИЯ**

**Аннотация.** Проблемы пучения почвы актуальны при разработке угольных месторождений в Карагандинском угольном бассейне как в подготовительных, так и капитальных выработках. Основным способом борьбы с пучением почвы является её подрывка. Это трудоемкий процесс задействующий людские ресурсы, а также технику (конвейера, штрекоподдирочную машину и т.д.). Альтернативным вариантом является усиление пород почвы анкерным креплением.

**Ключевые слова:** Почва, пучение, выработка, анкер, крепление.

На основе результатов лабораторных и шахтных исследований процесса выдавливания пород почвы горных выработок обоснована необходимость разработки способов предотвращения повторного пучения после проведения подрывки почвы. Обеспечение устойчивого состояния подготовительных выработок является одной из приоритетных задач при разработке угольных пластов на больших глубинах. Анализ состояния подготовительных выработок показывает, что необходимость выполнения ремонтных работ в 30 % случаев связана с несоответствием несущей способности крепи действующим нагрузкам, в 70 % - наличием пучения пород почвы.

Несмотря на многолетние исследования проблема обеспечения устойчивого состояния почвы выработок не является полностью решенной.

Существует множество гипотез, объясняющих процесс пучения пород почвы, и каждая из них применима для определенных горно-геологических и горнотехнических условий, так как механизмы этого процесса в тех или иных условиях разнятся. Считается, что пучение происходит в результате пластических деформаций пород почвы, выдавливаемых в полость подготовительной выработки под действием горного давления, а также вследствие увеличения объема пород при увлажнении (набухание). В некоторых случаях породы ведут себя как плиты из упруго-хрупкого материала, подверженного влиянию боковых нагрузок со стороны зон опорного давления под целиками. Помимо упругих деформаций и хрупкого разрушения с течением времени могут проявляться пластические деформации, а в отдельных случаях поведение пород почвы может быть описано законами сыпучей среды [1, 2].

В условиях малых глубин разработки (400–700 м) пучение почвы выработки проявляется в слабых вмещающих породах. Механизм этого явления представляет собой процесс выдавливания слабых глинистых пород почвы в полость выработки. В условиях средних и больших глубин разработки (700–1000 м) пучение почвы наблюдается в выработках, почва которых сложена песчаными сланцами и даже песчаниками. При этом механизм этого явления представляется как результат складкообразования породных слоев почвы при их смещении в плоскости напластования за счет формирования зоны разрушенных пород в окрестности выработок.

Следует отметить, что гипотезы, объясняющие пучение пород почвы выработок как результат их складкообразования, отражают физику процесса только на ранней стадии существования

выработок. В дальнейшем, в процессе формирования вокруг выработок зоны разрушенных пород и ее дальнейшего роста под влиянием очистных работ, породы внутри этой зоны представляют дискретную распорную среду, а механизм пучения почвы представляет собой процесс выдавливания дискретизированных пород в полость выработки. Эти вопросы на сегодняшний день изучены недостаточно [3, 4].

Так как процесс пучения для разных условий отличен, в том числе и на разных этапах существования выработок, то существует множество способов борьбы с этим явлением практически для всех условий. Эффективность каждого способа прямо зависит от затратности при его реализации и часто применение эффективных способов в определенных условиях становится экономически невыгодным по сравнению с проведением подрывок пород почвы выработки.

Анализ известных результатов натуральных наблюдений за смещениями пород в выработках до и после проведения в них подрывки показывает, что она приводит к увеличению интенсивности процесса деформирования пород на контуре выработок [5, 6]. При этом наиболее существенное влияние она оказывает на смещения пород почвы, увеличивая их скорость более чем в 7 раз относительно средних скоростей в периоды, предшествующие подрывке. Поэтому за время существования выработки проводится несколько подрывок почвы.

Активизация смещений пород на контуре выработки после подрывки свидетельствует о том, что в результате ремонтных работ нарушается равновесное состояние системы «крепь-зона разрушенных пород окружающий породный массив». При этом уборка породы при подрывке снижает пассивный отпор на почву всего на 50–60 кН на 1 м выработки. Но этого оказывается достаточно для изменения состояния системы. Следовательно, для обеспечения устойчивого состояния почвы выработки после подрывки и предотвращения повторного выдавливания пород почвы необходимо компенсировать отпор извлекаемых пород сравнительно небольшими усилиями на почву выработки [7, 8].

Данное предположение подтверждается результатами лабораторных исследований на структурных моделях, которые проводились с целью экспериментальной проверки влияния механического отпора выдавливанию пород почвы горных выработок на величину поднятия почвы [9, 10]. Было установлено, что с увеличением отпора, прикладываемого к почве выработки, уменьшается величина ее смещений, причем значение механического отпора на три порядка меньше сил, действующих по периметру зоны разрушенных пород. По результатам опытно-промышленной проверки способа механического отпора выдавливанию почвы выработки в условиях подготовительных выработок шахты «Южнодонбасская» № 3 было установлено, что наличие средств отпора положительно влияет на состояние почвы выработки [4]. На участке, где находился состав энергопоезда и дополнительно были установлены металлические канаты по ширине выработки между ножками крепи и, таким образом, на почву выработки обеспечивалась рассредоточенная нагрузка 0,03 МПа, величина выдавливания почвы выработки на 57 % была меньше по сравнению с участком, где не было средств противодействия этому процессу.

Стоит также отметить, что средства механического отпора устанавливались не в месте проведения подрывки и поэтому, для установления влияния величины отпора на смещения пород почвы после подрывки, необходимо проведение дополнительных шахтных исследований, а также необходимо активизировать поиск технических вариантов реализации мероприятий по механическому отпору, которые будут одновременно малозатратными и эффективными [11, 12].

Таким образом, можно сделать вывод о том, что: применение средств механического отпора выдавливанию пород почвы выработок эффективно влияет на состояние почвы выработки; с увеличением уровня силового воздействия на почву выработки уменьшается величина ее смещений; для обеспечения устойчивого состояния почвы выработки после подрывки необходимо компенсировать отпор извлекаемых пород сравнительно небольшими усилиями на почву выработки; необходимо активизировать поиск новых технологических решений в плане применения рассредоточенной нагрузки для повышения эффекта противодействия выдавливанию пород почвы после проведения их подрывки [13, 14].

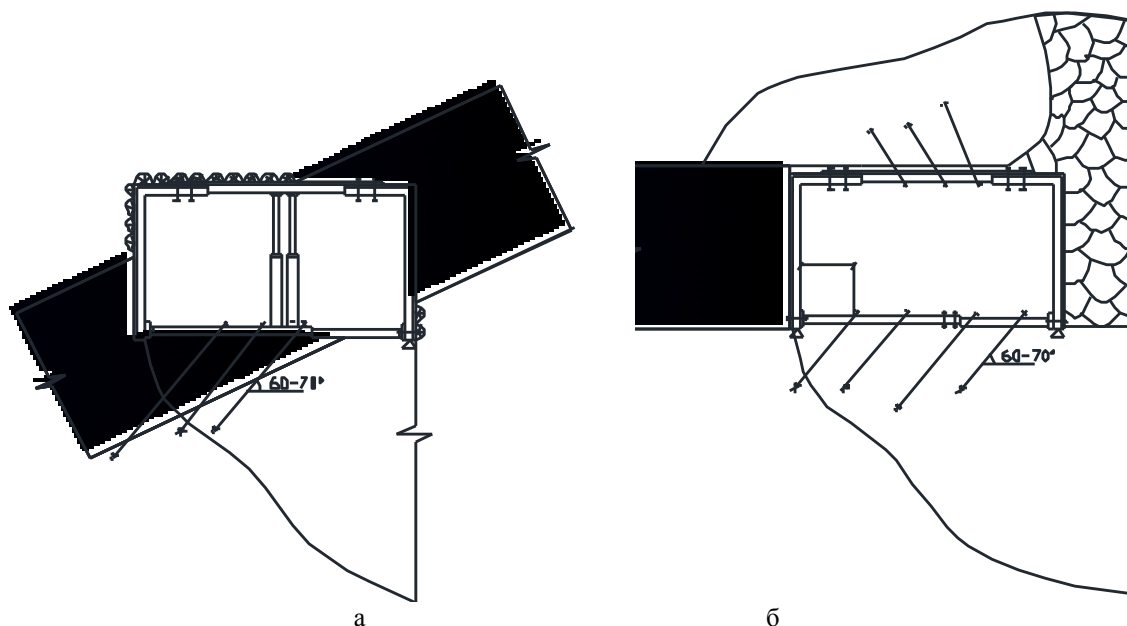
Способ борьбы с пучением почвы подготовительных выработок

Способ предназначен для предотвращения пучения почвы в подготовительных выработок путем распорного блокирования нарушенных породных блоков силовыми распорными модулями (СРМ). Повышение в несколько раз несущей способности нарушенного массива, отсутствие необхо-

димости применения упрочнения пород вяжущими растворами, малогабаритность распорных модулей, легкость их размещения в породе и извлечения рисунок 1.

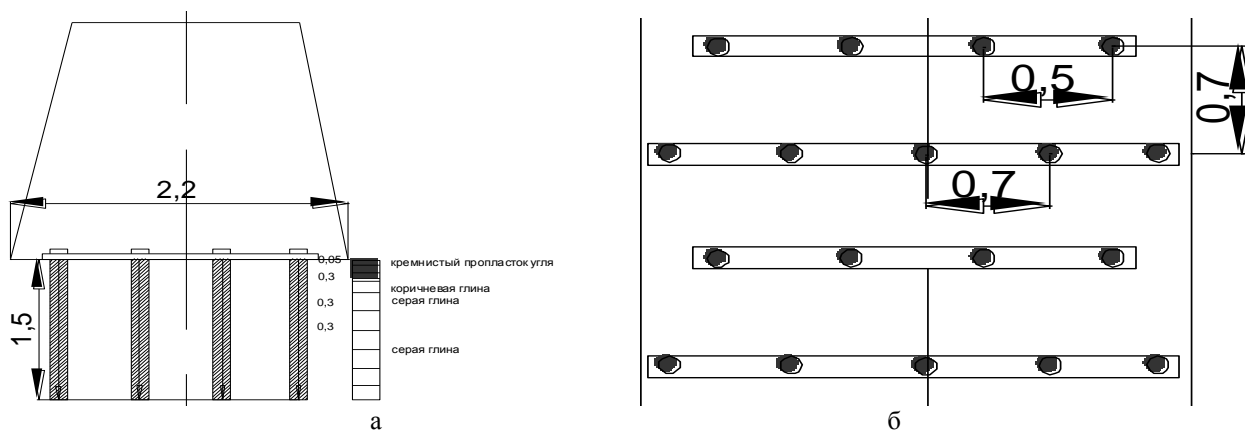
Технологические параметры. СРМ размещаются в почве в шпурах диаметром 42 мм на глубину, ориентировочно, 0,5–1,0 м по сетке с шагом 1 м. Малая длина распорного элемента (0,5 м) исключает его выпирание и обеспечивает удаление в процессе подрывки почвы. Расклинивающие усилия создаются затяжкой силовой гайки трубчатым ключом, гайковертом, ручным сверлом и т.д. Создаваемые распорные усилия восстанавливают несущую способность нарушенных пород на 50 - 70 %.

Характеристика распорного модуля: габариты: длина - 0,5 м, диаметр – 40 мм, радиальная раздвижность: 20 - 40 мм, радиальное давление на породу – 400 атм, усилие затяжки, 20 кГм.



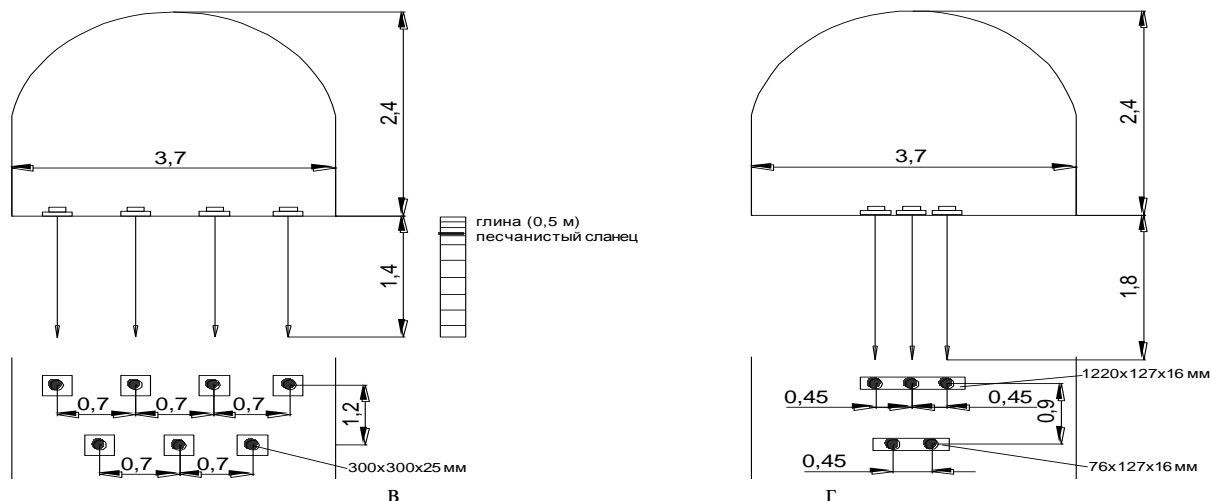
**Рис. 1.** Паспорт крепления выработки за лавой (а) и эффективная схема установки анкеров в кровлю и почву выработки относительно выработанного пространства (б)

Ниже представлены технологические схемы укрепления пород почвы в практике Украины, Великобритании и Германии – рисунок 2.



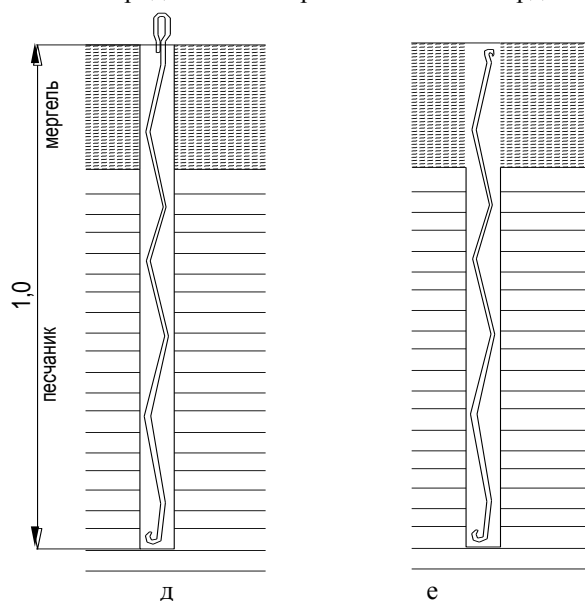
а и б– соответственно профиль и план крепления почвы выработки.

Схема установки анкеров в почву выработки (откаточный штрек) шахты «Бутовская-Донецкая»



в и г – соответственно при рассредоточенной и концентрированной схеме крепления почвы выработки (профиль и план).

Технология крепления пород почвы анкерами на шахте «Кордован» (Шотландия)



д и е – соответственно с выступающим и не выходящим анкером их шпура схемах крепления почвы выработки.

Железобетонные анкера, испытанные на шахте «Хауэкам» (Германия)

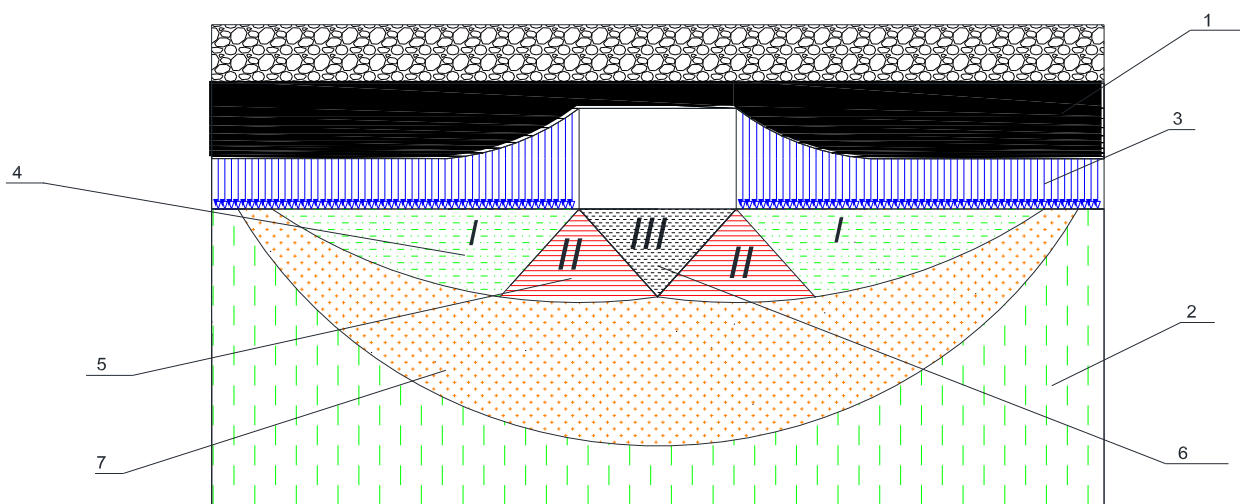
Рис. 2. Технология крепления пород почвы

При незначительном отличии прочностных параметров пород кровли, боков и почвы в условиях всестороннего сжатия происходит деформация пород по всему периметру выработки. В этом случае с увеличением начального радиуса выработки возрастает тангенциальная составляющая тензора напряжений, и увеличиваются смещения контура. В связи с этим необходимо строго разграничивать пучение почвы на два вида: вследствие напряженно-деформированного состояния всего массива вокруг пород выработки; вследствие выдавливания пород из-под целиков, играющих роль штампов.

Проведение горной выработки обуславливает в почве упруго-вязкие деформации, усиливающиеся во времени (рисунок 3). Внутри этой зоны образуется пластическая область, которая также изменяет свои размеры во времени. Напряженное состояние пород в различных частях пластической области будет различным, что приводит к разным деформациям. В этой области выделяют три зоны: I – активного состояния пород; II – промежуточную с сеткой линии скольжения; III – пассивного отпора.

При уменьшении различия прочности и пластических свойств пород почвы и боков выработки изменяется характер деформационных процессов. После выдавливания пород почвы как из-под штампов деформирование боков и почвы выработки имеет одинаковый характер. Разница в смещении боков и почвы выработки объясняется различием свойств пород по напластованию и перпендикулярно к нему.





1 – уголь; 2 – слабые горные породы; 3 – зона деформаций в почве; 4 – зона активного состояния пород; 5 – промежуточная зона с линиями скольжения; 6 – зона пассивного отпора; 7 – зона упругих деформаций.

**Рис. 3.** Расположение зон деформаций в почве выработки, сложенной слабыми горными породами

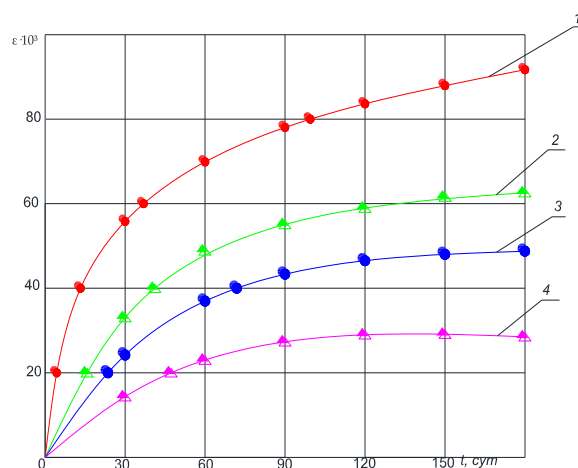
В выработках, не подверженных влиянию очистных работ (первый тип деформирования) деформации пород слоев почвы заключаются в незначительном расширении, по величине меньшем относительной продольной деформации породы ( $15 \cdot 10^{-3}$  м). Полное затухание деформаций наблюдается через 150-300 сут.

При втором типе деформирования у контура почвы располагается зона разрушенных пород. Коэффициент разрушения пород в ней со временем увеличивается, но это увеличение имеет затухающий характер. Размер разрушенной зоны достигает 2 - 3 м, а коэффициент расширения пород 1,02-1,03. Далее за зоной разрушения до глубины 5 - 6 м располагается зона деформаций ползучести (упруго-вязких деформаций). Характер деформирования пород в этой зоне тоже затухающий. Относительные деформации слоев составляют  $(10...15) \cdot 10^{-3}$  м, т.е. в 2 раза и не меньше деформаций в зоне разрушения.

В случае третьего типа деформирования слои пород вблизи контура разрушаются вслед за проведением выработки. Коэффициенты расширения пород достигают 1,1. На глубине 2 - 3 м разрушение пород начинается с некоторым запозданием, т.е. имеет место длительное разрушение пород. На глубинах свыше 3 - 6 м породы подвержены деформациям ползучести.

Сравнение смещений по ширине выработки показывает, то интенсивность деформирования пород почвы в центре выработки несколько выше, чем по бокам.

На рисунке 4 представлены относительные деформации слоев пород почвы во времени от контура вглубь массива.



**Рис. 4.** Относительные деформации слоев пород почвы во времени от контура вглубь массива:

1–1 м; 2–от 1 до 2 м, 3–от 2 до 3 м; 4–от 3 до 4,5 м

Теоретические аспекты проблемы пучения в горных выработках угольных шахт

Интенсивность и абсолютная величина перемещений пород при пучении связаны с большим количеством горно-геологических и производственных факторов. Уменьшение величины пучения почвы в горных выработках может быть достигнуто за счет создания в боках выработки зон пониженных напряжений. Эти зоны могут быть образованы вследствие изменения структуры пород кровли путем ее анкерования сталеполлимерной анкерной крепью повышенной несущей способности, устанавливаемой по предлагаемой схеме, при этом увеличивается площадь опоры кровли на бока выработки, т.е. уменьшается удельное давление на почву и зона максимума опорного давления отодвигается от краевой части массива. Величина этого перемещения зависит от длины, угла наклона и плотности установки анкеров.

При разработке угольных месторождений довольно часто встречается деформация пород в виде выдавливания их внутрь выработки - пучение. Обычно пучение наиболее интенсивно проявляется со стороны почвы угольного пласта подготовительных выработок. Однако с ростом глубины разработки процессы пучения стали проявляться и при ведении очистных работ.

Обводненность горных выработок в значительной степени влияет на интенсивность пучения почвы. Плотные глины и глинистые сланцы при полном водонасыщении снижают прочность в 2 - 10 раз.

С глубиной увеличивается интенсивность пучения горных пород, причем эта закономерность особенно четко прослеживается на относительно больших глубинах разработки. До глубины 1000 м. зависимость между глубиной и пучением линейная. Для вмещающих пород каждого шахтопласта, существует предельная критическая глубина, с которой начинается проявляться пучение пород.

Основываясь на имеющихся наблюдениях можно полагать, что мощность породного пучающего слоя соизмерима с шириной выработки, в которой происходит пучение. Отдельными наблюдениями установлено, что породные слои почвы, захваченные пучением, простираются на 2 - 5 м. Чем мощнее слои слабых пород, тем интенсивнее процесс пучения.

В подготовительных выработках, находящихся в зоне влияния очистных работ, по мере приближения лавы к наблюдаемому участку рост интенсивности пучения отмечается до определенного максимума. По мере отхода лавы от наблюдаемого участка интенсивность пучения постепенно уменьшается, асимптотически приближаясь к некоторой постоянной величине. В одиночных выработках интенсивность пучения во времени носит, как правило, монотонный характер и интенсивность пучения затухает со временем.

По отдельным наблюдениям установлено, что размеры оставляемых целиков угля существенно влияют на величину пучения: чем меньше целик, тем выше интенсивность пучения пород. Опыт показывает, что охрана подготовительных выработок породными полосами снижает интенсивность пучения, но длительность этого периода составляет всего 1 - 3 месяца.

Увеличение ширины выработки снижает интенсивность пучения. Эта закономерность широко используется при проведении выработок широким ходом с односторонней или двусторонней раскоской.

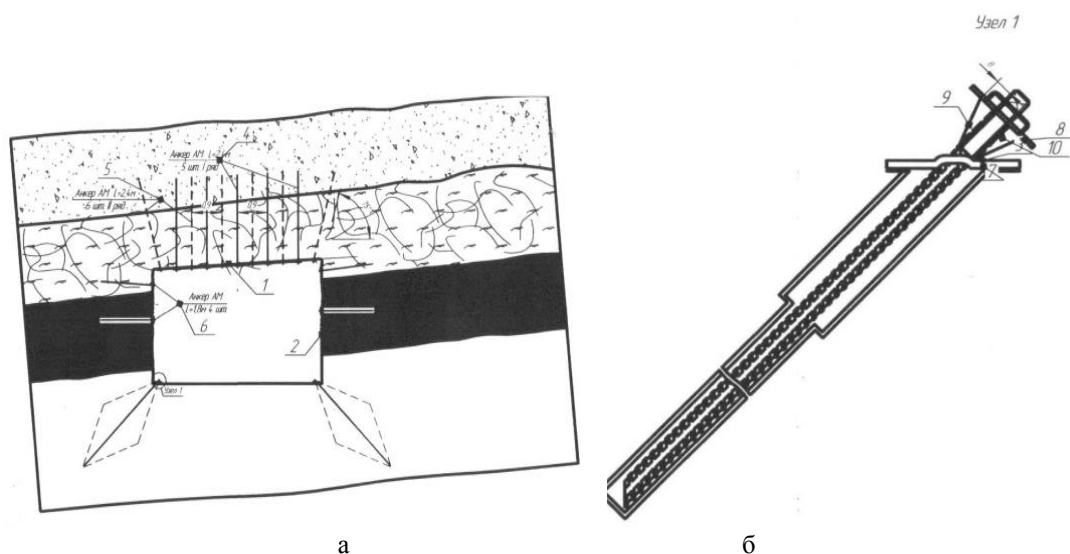
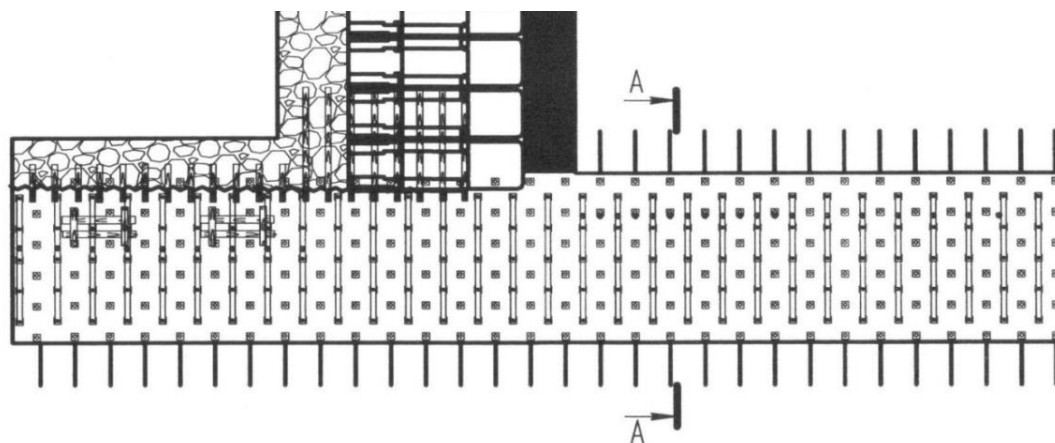


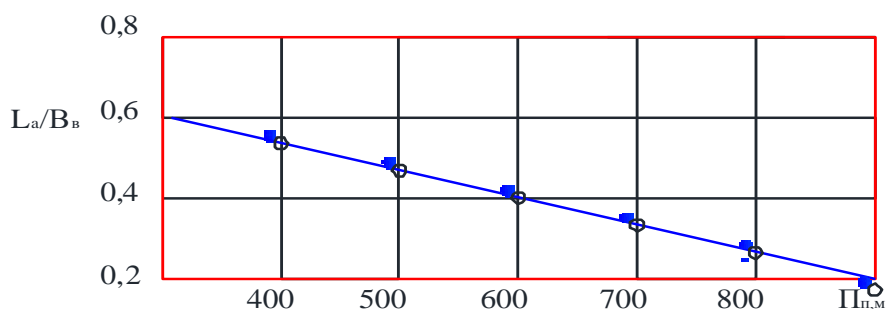
Рис. 5. Технология установки (а) и конструкция шпура (б)

На рисунках 5 и 6 показана технология крепления пород почвы анкерами, устанавливаемыми в бока выработки. Пробуренный шпур при этом от устья выполнен большего диаметра и не заполняется закрепляющим составом для разгрузки боковых пород в этой зоне, а затем по длине шпура стандартный диаметр (28 мм) и заполнен закрепляющим составом [15].

На рисунке 7 показана прогнозная величина пучения пород почвы ( $\Pi_n$ ) выработки в зависимости от соотношения длины анкеров ( $L_a$ ) и ширины выработки ( $B_v$ ).



**Рис. 6.** Технология крепления пород почвы анкерами, устанавливаемыми в бока выработки (профиль выработки)



**Рис. 7.** Прогнозная величина пучения пород почвы ( $\Pi_n$ ) выработки в зависимости от соотношения длины анкеров ( $L_a$ ) и ширины выработки ( $B_v$ )

Выводы по проведенным экспериментальным исследованиям

Большой смысл и эффект от установки законтурных анкеров в почву выработки достигается на антиклинальных участках выработок и с прочными породами почвы или на всю мощность неустойчивых ослабленных пород почвы для отсекаания воздействия пород в окрестности выработки на непосредственно припочвенные слои. С целью получения большего эффекта производить установку напочвенных анкеров с обеих сторон выработки совместно с анкерированием боков выработки

Проведенные исследования позволили определить степень влияния горно-технических условий разработки на смещения в приконтурных породах при различных видах крепи в выемочных выработках. Выявленные закономерности деформаций могут быть использованы при расчетах проявлений горного давления при проведении выработок при различных горнотехнических условиях эксплуатации.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] Analysis of roof bolt systems Christopher Mark, Chief, Rock Mechanics Section Gregory M. Molinda, Research Geologist Dennis R. Dolinar, Mining Engineer NIOSH, Pittsburgh Research Laboratory Pittsburgh, Pennsylvania USA. 2007. – С. 34-56.

[2] T. Sasaoka, K. Matsui & H. Shimada, Kyushu University, J H. Furukawa & M. Uehara, Japan Coal Center, J S. Kramadibrata, B. Sulistianto & R. K. Watinena, Institute of Technology, Bandung, ID «Roof Support Systems at a New Underground Mine Developed from Open-Cut Highwall in Indonesia». 1997.- С. 119– 240.

[3] Brady B.H.G., Brown E.T. Rock Mechanics for underground mining. Springer Science + Business Media, Inc. -628 p.

- [4] Laubscher D.H. and Jakubec J., 2000. The IRMR/MRMR Rock Mass Classification System for Jointed Rock Masses, SME 2000.
- [5] Hudson J.A., Harrison J.P. Engineering Rock Mechanics. An Introduction to the principles London. 1997. -150с. [6] /6/ Hudson J.A., Harrison J.P. Engineering Rock Mechanics. Part 2 London. 1997. -39с.
- [7] Bond of reinforcement in concrete. State-of-art report by Task group Bond models. FIB bulletin 10 2000). (August
- [8] Kowaltchuk A.B. Neues Konzept der Projektierung und Herstellung der Strebausrüstungen «Gluckauf», 3, May, No.1 (2), 2003. P. 20-23.
- [9] Tsai B.N. Thermally activated nature of rock strength. Karaganda: KSTU, 2007. - 204 p.
- [10] Demin V.F., Baymuldin M.M., Demina T.V. Increasing of the sustainability of workings of coal seams (mono-graph). Publisher LAP LAMBERT Academic Publishing is a trademark of AV Akademikerverlag GmbH & Co. KG, Germany: 2014. -397s.
- [11] Demin V.F., Demina T.V., Yavorsky V., et al. The efficiency of geomechanical system "mountain-anchor" to enhance the stability of mine workings (article). Coal, number 2, 2014. - P. 18-22.
- [12] Demtschenko A.I., Kulassek M. ingenieur grundlage der stabile Bewetterung der Hochleistungsbetriebe unter Bedingungen des Flötzes des Bergwerk Krasnoarmejskaja Zapadnaja Nr.1. Gluckauf, 3, No.1 (2), 2002. P. 45-50.
- [13] Sudarikov A.E. Fundamentals of mechanics of underground construction: Training manual. Karaganda: KSTU, 2003. 74 p.
- [14] Daniyarov N., Mozer D., Greeb I. Structural systematization of system and Means of ore deposits underground development mechanization // 17. Zittauer Seminar zur energiewirtschaftlichen Situation in den Ländern Mittel- und Osteuropas. Zittau, Deutschland: Hochschule Zittau, 2007. P. 347-355.
- [15] Demin V., Nemova N., Demina T. Parameters determination of the sudden coal and gas outbursts preventing method. Progressive Technologies of Coal, Coalbed methane, and ores mining. Taylor Francis Group, London UK, 2014. - S. 141-146.

Демин В.Ф., Демищук Г.В., Демина Т.В., Кайсаров А.А., Мухамеджанов С.Д.

**Поддютаның алдын алу үшін топырақтың ісінуі және ағын схемалары**

**Түйіндеме.** Топырақтың ауыртпалығы Қарағанды көмір бассейнінде көмір қабаттарының кен орындарын игеру кезінде де, дайындық және капиталдық жұмыстарда да маңызды болып табылады. Топырақтың қоқысымен күресудің негізгі жолы - оны бұзу. Бұл адам ресурстарды, сондай-ақ жабдықты (конвейер, шредердиру-нуэ машина және т.б.) пайдаланудың едәуір процесі. Альтернативті нұсқа - топырақ тастарын бекіту арқылы нығайту.

**Түйінді сөздер:** Топырақ, ісіну, даму, якорь, бекіту.

УДК 685.31

**В. Abzalbekuly, G.B. Jumabekova, B.M. Umirzakova**  
(Taraz State University n.a. M.Kh. Dulati, Taraz, Republic of Kazakhstan)  
E-mail: bekontiru@mail.ru

**RESEARCH OF THE POPULATION FOOT SIZES USING 3D TECHNOLOGIES**

**Abstract.** This article presents the results of the foot study of the population using 3D Foot scanner. «3D Foot scanner» allows you to define the shape of the foot, determine the pathological abnormalities of the foot, create a database of the foot shape, and also design a shoe last for various purposes.

**Key words:** 3D scanner, foot size, shoe last.

**Б. Абзалбекұлы, Г.Б. Джумабекова, Б.М. Умирзакова**

(М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қаласы, Қазақстан Республикасы)  
E-mail: bekontiru@mail.ru

**ТҰРҒЫНДАРДЫҢ ТАБАН ӨЛШЕМДЕРІН 3D ТЕХНОЛОГИЯМЕН ЗЕРТТЕУ**

**Түйіндеме:** Жұмыста тұрғындардың табан өлшемдерін заманауи 3D сканер арқылы зерттеу нәтижелері берілген. 3D Foot scanner құрылғысымен зерттеу жұмыстары тұрғындардың табан өлшемдерінің базасын құруға, табандарының патологиялық ауытқуларын жоғарғы дәлдікпен анықтауға, күнделікті және ортопедиялық аяқ киім қалыптарын жобалауға мүмкіндік береді.

**Түйін сөздер:** 3D сканер, табан өлшемдері, аяқ киім қалыптары

Қазіргі кезде күнделікті аяқ киімдердің қалыптарының пішіндерінің оңтайлы ассортиментін жасау және Қазақстан тұрғындарын сапалы, гигиеналық талаптарға сай аяқ киімдермен қамсыздандыру маңызды тапсырмалардың бірі болып табылады. Бұл мақсатқа жету үшін тұрғындардың табандарының өлшемдері мен деформациялық ауытқуларын зерттеп, мәліметтер базасын құрып және аяқ киім қалыптарын жобалауымыз керек.

Аяқ киім қалыптарын күнделікті және ортопедиялық аяқ киімдерді тігу кезінде қолданылатын негізгі технологиялық құрал болып саналады. Аяқ киімдік қалыптар арқылы аяқ киімдердің үстіңгі және астыңғы бөліктерінің жобасы мен өндірісі орындалады. Аяқ киімдердің ыңғайлылығы және гигиеналық талаптарға сай келуі аяқ киімдік қалыптардың пішіні табан өлшемдеріне сәйкестігіне байланысты. Сондықтан аяқ киімдердің талаптарға сай тігілуі бірінші кезекте қолданылатын қалыптардың өлшемі мен пішініне тікелей байланысты.

Тұрғындардың табандарының өлшемдерін антропометриялық зерттеу барлық уақытта аяқ киімнің қалыптарын, аяқ киім бөлшектерін және қолданылатын құрал жабдықтарын жобалаудың негізі болып саналады [1-2]. Сонымен қатар, табандарының әр түрлі деформациялық ауытқулары бар тұрғындарға арналған ортопедиялық аяқ киімдер мен қалыптарын жобалауға мүмкіндік береді [3-4].

Табандарында әр түрлі деформациялық ауытқулары бар тұрғындардың табандарының өлшемдерін антропометриялық зерттеуге арналған ақпараттар [5-7] жұмыстарда ұсынылған. Берілген жұмыстарда профилактикалық, реабилитациялық және ортопедиялық аяқ киімдер мен бұйымдарды антропометриялық өлшемдерді қолданып жобалау мәселелері мен әдістері қарастырылған. Алайда бұл жұмыстарда ұсынылған ақпараттар науқастардың бір бөлігін ғана қамтиды.

Келесі жұмыста [8] Грузия елінің табан диабетінің синдромымен ауыратын тұрғындарының табандарының өлшемдеріне жалпы зерттеулер жүргізілген болатын. Зерттеулердің нәтижесінде қант диабетінде шалдыққан тұрғындардың аяқ киімдерін антропометриялық өлшеу арқылы жобалаудың маңыздылығын аталып өткен.

Берілген жұмыста [9] табан диабетінің синдромына шалдыққан науқастардың табандарының өлшемдеріне антропометриялық зерттеу жүргізілген және әр түрлі патологиялық деформациялар, жаралар мен язвадар анықталған. Жұмыстың авторлары антропометриялық өлшеулер табаның патологиялық ауруларын алдын ала анықтауға және ортопедиялық аяқ киімдер мен қалыптарын тиімді жобалауға мүмкіндік беретіндігін айтып өткен.

Қазіргі кезде тұрғындардың арасында тірек қимыл жүйесінің әр түрлі патологиялық ауруларының артқандығы байқалады. Орта жастағы тұрғындардың 25% қаңқа жүйесінің және бұлшық ет жүйесінің әр түрлі патологиялық ауруларына ұшырағандығы анықталған болатын. Осыған орай бұндай патологиялық ауруларға 20-29 жас аралығындағы тұрғындардың 3%, сонымен қатар 30-50 жасқа қарай патологиялық аурудың жиілігі 2,5 есеге артатындығы байқалады [10].

Сонымен қатар жас балалардың арасында да табанның патологиялық ауруларының (табан деформациясы, дисплазия, жалпақ табан және т.б.) сандарының едәуір артқандығы байқалады.

Осыған орай тұрғындардың табан өлшемдеріне антропометриялық зерттеулер жүргізу және оның негізінде ортопедиялық аяқ киімдерді жобалау өзекті мәселе болып табылады.

Қазіргі уақытта дамыған Еуропа мемлекеттерінде тұрғындардың табан өлшемдерін алуға және аяқ киім қалыптарын жобалауға 3D сканерлер кеңінен қолданылады.

3D сканер «USB High» - «жоғары» дәрежелі табанды 3D өлшемде моделін алуға арналған жаңа сандық құрылғы. Өлшемдері: биіктігі 250 мм, ені 190 мм, ұзындығы 400 мм; құрылғыны басқару блогымен, калибровка жасайтын кешенімен, арнайы программамен қамтамасыздандырылған және WRML конвертермен жасақталынған (сурет 1а).



Сурет 1. 3D фото сканерлер

## • Технические науки

3D сканер «Shoemaster» - «жартылай жоғары» дәрежедегі табаның 3D өлшемді моделін алуға арналған жаңа құрылғы. Өлшемдері: ені 180 мм; биіктігі 180мм, ұзындығы 400 мм. Құрылғы тасымалдау кейсімен, программамен қамтамасыздандырылған және САД \САМ жүйесімен жасақталған (сурет 1б, ). және де 3 Д фото сканер Ұлыбританияда жасалған (сурет 1в)

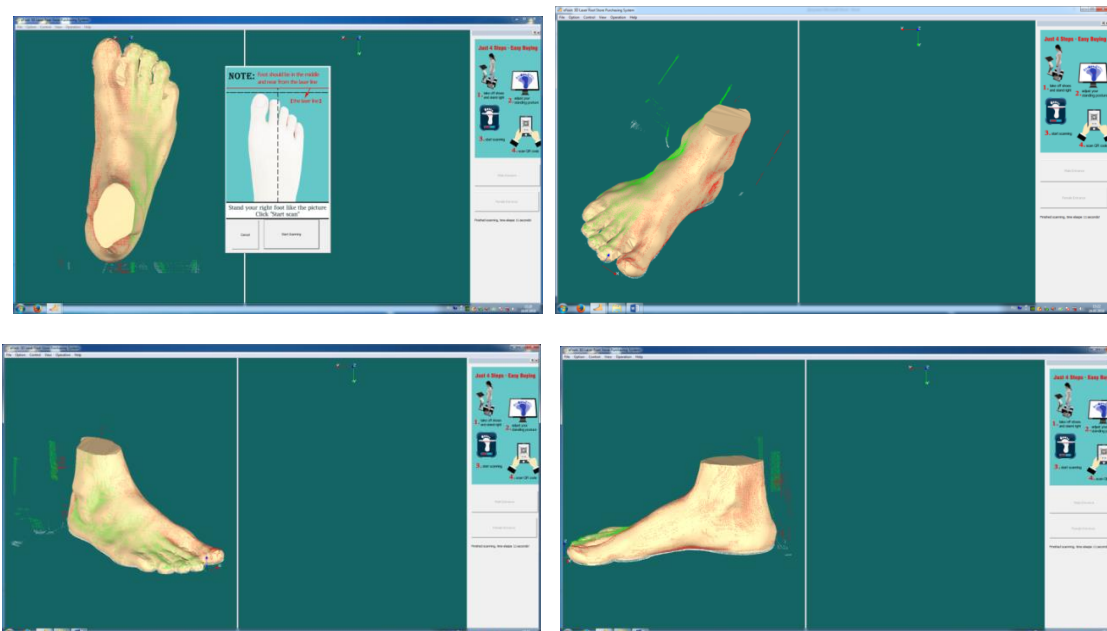
3D сканерлер табанның 3D моделі ретінде өлшемдерді жылдам және жоғарғы дәлдікпен алуға мүмкіндік береді.

Қазіргі уақытта Қазақстанда және университетте бірінші мәрте заманауи 3D Foot scanner құрылғысы алынып ғылыми зерттеу жұмыстары жасалуда. 3D Foot scanner арқылы табан өлшемдерін алу үшін зерттелуші бірінші оң аяғын, одан кейін сол аяғын сканерге орналастырады (сурет 1). Аяқты сканерлеу уақыты 3-5 секунд уақыт аралығында жүргізіледі. Сонымен қатар 3D сканер табан ақауларын толық зерттеуге және ортопедиялық аяқ киім қалыптарын жобалауға мүмкіндік береді.

Сканерлеу барысында тапсырыс берушінің аты жөні, жынысы, жасы, салмағы, бойы, аяқ киімінің өлшемі және сканерленген күні программаға енгізіледі. Сканерлеп болғансоң программа табанның барлық өлшемдерін автоматты түрде шығарып береді (62 түрлі өлшемдер). Сканерленген табан үлгілері сурет 2 берілген.



Сурет 1. 3D сканермен табанды зерттеу

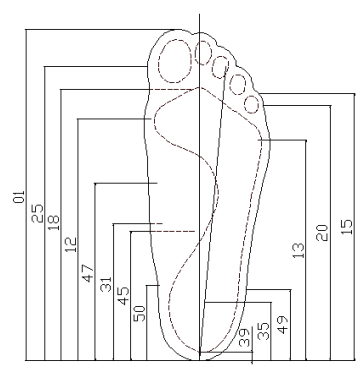


Сурет 2. Сканерленген табанның 3D үлгілері

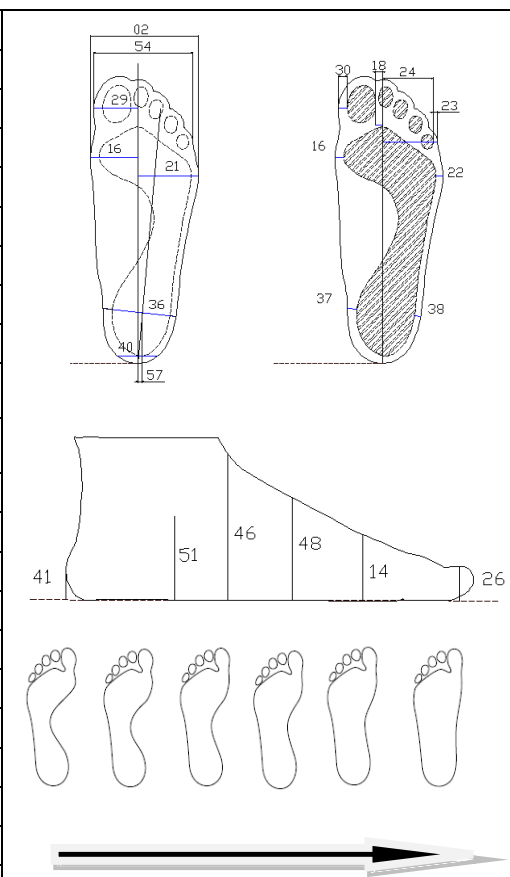
Одан кейін сканерленген табан үлгілерінен мәліметтер базасы құрылады және табан үлгілері қажетті форматта сақталынады (сурет 3). Сақталынған табан үлгілерін фрезерлі станокта немесе 3 D принтер арқылы жасалынатын аяқ киім қалыптарын жобалауға мүмкіндік береді.

3DOE 3D FOOT SCANNER LSF SERIES DATA REPORT

No.	S000002	Date	2017-10-04	Time	14:35:59	Store		Shoe size	I
Name		Gender	Female	Birthday		Height(cm)	158.0	Weight(kg)	98
Tel		Contacts		Add		00		File path	
ID	Item description	Left foot		Right foot	Schematic diagram				
01	Foot length	262.9	268.3						
02	Foot width	114.2	111.5						
03	Meta length	321.8	329.1						
04	Tarsal girth	334.1	328.0						
05	Heel girth	409.1	400.6						
06	Toe girth	209.1	206.5						
07	Waist girth	342.0	338.2						
08	Instep girth	335.0	321.2						
09	Ankle girth	368.6	365.1						
10	Arch height	4.3	5.3						
11	Arch length	107.5	109.5						
12	Arch outside width	8.4	13.8						
13	First meta length	195.0	182.0						
14	Fifth meta length	154.0	145.0						
15	First meta joint height	70.4	76.7						
16	Fifth toe endpoint length	216.5	221.5						
17	First meta inside width	47.8	50.1						
18	First meta inside margin	13.1	9.7						
19	1st to 2nd toe corner length	244.0	246.0						
20	1st to 2nd toe corner axis distance	15.9	15.4						
21	fifth toe bumps outside length	205.0	209.0						
22	Fifth meta outside width	66.4	61.4						
23	Fifth meta outside margin	7.4	7.9						
24	Fifth toe outside margin	11.9	11.4						
25	Fifth toe outside length	47.5	44.8						
26	Thumb bumps length	237.0	241.0						
27	Thumb height	14.5	14.5						
28	Big thumb angle	0.0	8.5						
29	Little thumb angle	20.3	0.0						
30	Thumb inside width	40.4	41.3						
31	Thumb inside margin	11.7	11.2						
32	Foot flank length	107.8	110.0						
33	Foot flank width	9.1	5.3						
34	Foot flank outside width	61.7	58.3						
35	Foot flank outside margin	14.5	13.9						
36	Heel heart length	47.0	48.0						
37	Hell heart width	90.1	89.2						
38	Heel heart outer margin	21.0	19.4						
39	Heel heart inside margin	14.1	15.8						
40	Heelpiece margin length	10.6	12.4						
41	Heelpiece total length	85.5	92.6						
42	Heelpiece pump height	33.8	30.8						



43	Heelpiece slant angle	7.6	0.0
44	Instep girth length	145.4	148.3
45	Instep girth width	4.0	0.8
46	Bend point length	119.3	116.2
47	Bend point height	99.3	98.1
48	Tarsal pump length	145.4	148.3
49	Tarsal pump height	90.7	86.6
50	Outer anklebone length	73.0	73.0
51	Inside anklebone length	55.0	53.0
52	Outer anklebone lower edge points height	40.2	39.1
3	Inside anklebone lower edge points height	92.1	89.7
54	Toe width part length	249.3	248.4
55	Toe width	87.9	86.1
56	Foot waist width	113.2	111.3
57	Foot waist part length	159.8	156.3
58	Axis to heel line distance	0.0	0.0
59	First meta angle	3.5	0.0
60	Fifth meta angle	0.0	6.5
61	Foot fat level	5.0	5.0
62	Shoe size recommendation:	42.5	43.5
Arch Form			
Left	(0.62) (Type 4) Normal arch foot	Right	(0.98) (Type 4) Normal arch foot
Pattern Form			
Left	(7.6) Normal	Right	(-4.3) Normal
Shoe style recommendation:			
Customized	<input type="checkbox"/>	Yes	<input type="checkbox"/> No



**Сурет 3.** Табан өлшемдері

Аяқ киім өндірісіне замануи 3D технологияларды енгізу тапсырыс берушінің жеке өлшемдері арқылы табандарының патологиялық ауытқуларын жоғарғы дәлдікпен анықтап, күнделікті және ортопедиялық аяқ киім қалыптарын жобалауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар табандарының патологиялық ауытқулары (жалпақ табан, табан деформациялары, табан диабетінің синдромы және т.б.) тұрғындарды сапалы және қол жетімді аяқ киімдермен қамтамасыздандыру есебінен әлеуметтік және экономикалық тиімділік алуға мүмкіндік береді.

**ӘДЕБИЕТТЕР**

[1] Мунасилов С.Е. Исходные антропометрические данные для разработки комфортной обуви // «ВЕСТНИК» КазНТУ, №2. 2013. - С. 98-102.

[2] Мунасилов С.Е. Онлабекова А. Тогузбаев К. Anthropometric research of feet of population in the republic of Kazakhstan // Международная научно-практическая конференция: Seattle-2013: 4th International Academic Research Conference on Business, Education, Nature and Technology. – Сиэттл, США, 2013. – С 32-37.

[3] Мунасилов С.Е., Онлабекова А., Тогузбаев К. Anthropometric standardization of sizes to feet the male population of the republic of Kazakhstan // Всероссийская научно-практическая конференции с международным участием: Инновации и современные технологии в индустрии моды. - Новосибирск, 2013. – С.112-114.

[4] Мунасилов С.Е., Абзалбекулы Б. Результаты антропометрических исследований стоп мужчин Казахстана // Международная научно-практическая конференция: Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности. – Витебск, 2014 - С. 141-143.

[5] Munassipov S.E., Dzhumabekova G.B., Abzalbekuly B. Results of anthropometric research foot the population of Kyzylorda region. //Международная научно-практическая конференция на иностранных языках: Образование и наука без языковых барьеров. – Павлодар, 2015. – С.150-154.

[6] Джанахметов У.К., Янкаускайте В., Мунасилов С.Е. Разработка комфортной обуви для больных с патологическими отклонениями стопы. Монография, - Тараз. ИП «Бейсенбаев», 2015. -138с.



[7] Абзалбекулы Б., Джумабекова Г.Б., Мунасипов С.Е. Антропометрия. Проблемы и исследования (на примере женского населения Казахстана) Монография. Монография, - Тараз. ИП «Бейсенбаев», 2017. – 88 с.

[8] Грдзелидзе М.Г., Катамадзе А.Г., Шаламберидзе М.М. Результаты антропометрических исследований жителей Грузии с заболеванием диабета. // ВІСНИК КНУТД. - 2011.- №2. - С. 168-172.

[9] Катамадзе А.Г., Грдзелидзе М.Г., Шаламберидзе М.М. Изучение закономерностей размеров и форм диабетической стопы с учетом категорий патологических отклонений // ВІСНИК КНУТД. - 2011.- №5. - С. 129-132.

[10] Abzalbekuly B., Munassipov S.E. Results of anthropometric research foots of population of Kazakhstan. Вестник ТарГУ. - 2017. - №1. – С .94-96.

Абзалбекулы Б., Джумабекова Г.Б., Умирзакова Б.М.

#### **Исследование форма-размеров стоп населения с использованием 3d технологии**

**Резюме.** В данной статье приведены результаты исследования стоп населения с использованием 3D Foot сканера. 3D Foot сканер позволяет определить форма-размеры стопы, определить патологические отклонения стопы, создать базу данных форма-размеров стоп, а также спроектировать обувные колодки различного назначения.

**Ключевые слова:** 3D сканер, форма-размеры стопы, обувные колодки.

УДК 685.31

**Abzalbekuly B., Jumabekova G.B., Munasipov S.Y.**

#### **SHOE LASTS DESIGNING USING 3D TECHNOLOGY**

**Summary.** The paper presents the results of the shoe last design using 3D technology. The Last maker - modern program was used at designing. The program allows you to design both orthopedic and everyday shoe lasts based on 3D foot scan. Designing shoe lasts using 3D technology can improve the quality and reduce the manufacturing complexity of the shoe lasts.

**Key words:** 3D scanner, foot size, shoe lasts.

**Б. Абзалбекұлы, Г.Б. Джумабекова, С.Е. Мунасипов**

(М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қаласы, Қазақстан Республикасы)

E-mail: bekontiru@mail.ru

#### **АЯҚ КИІМ ҚАЛЫПТАРЫН 3D ТЕХНОЛОГИЯРДЫ ҚОЛДАНЫП ЖОБАЛАУ**

**Түйіндеме:** Жұмыста аяқ киім қалыптарын 3D технологияларды қолдану арқылы жобалау нәтижелері берілген. Жобалауда заманауи Last maker программа арқылы жүзеге асты. Бұл табан өлшемдері мен үлгісінің негізінде ортопедиялық және күнделікті аяқ киім қалыптарын жобалауға мүмкіндік береді. Аяқ киім қалыптарын жобалауда 3D технологияларды қолдану аяқ киімнің сапасын арттырады және уақыт шығының төмендетеді.

**Түйін сөздер:** 3D сканер, табан өлшемдері, аяқ киім қалыптары.

Елбасы Н.Ә. Назарбаевтың «Қазақстанның үшінші жаңғыруы: жаһандық бәсекеге қабілеттілік» атты дәстүрлі жолдауында еліміздің дамуының негізгі бес бағыты көрсетілген [1]. Бірінші бағыт жаңа компьютерлі 3D технологияларын дамытуға байланысты айтылған. Сонымен қатар республиканың өндіріс секторы ретінде жеңіл өнеркәсіп бұйымдары өндірісінің дамуы және шығарылатын бұйымдардың ассортименті мен сапасын арттыру мақсатында 3D технологияларды қолдану маңызды тапсырмалардың бірі болып табылады.

Аяқ киім өндірісінде 3D технологиялар тұрғындардың табан өлшемдерін 3D сканер арқылы алуға, ортопедиялық, күнделікті және жеке тапсырыс бойынша аяқ киім қалыптары мен аяқ киімдерді жобалауда кеңінен қолданылады [2-4].

3D сканер арқылы алынған табан үлгілері CAD/CAM программалары арқылы күнделікті және ортопедиялық аяқ киім қалыптары мен аяқ киімдерді жобалауға мүмкіндік береді.

Аяқ киім өнеркәсібінде CAD/CAM жүйелерінің кең таралуының бастамасын 1970 жылы АҚШ дағы «CAMSCO» фирмасы бастаған. Олар аяқ киімнің жоғарғы бетіндегі бөлшектерді жаппай көбейту үшін «Gradomatic» (APEX) жүйесін ұсынды. Бұл жағдайда алынған нәтижелер материал шығындарын нормалауға, аяқ киім бөлшектерін тігу және аяқ киім өндірісінің басқа да кезеңдерінде қолданылады [5,6].

## • Технические науки

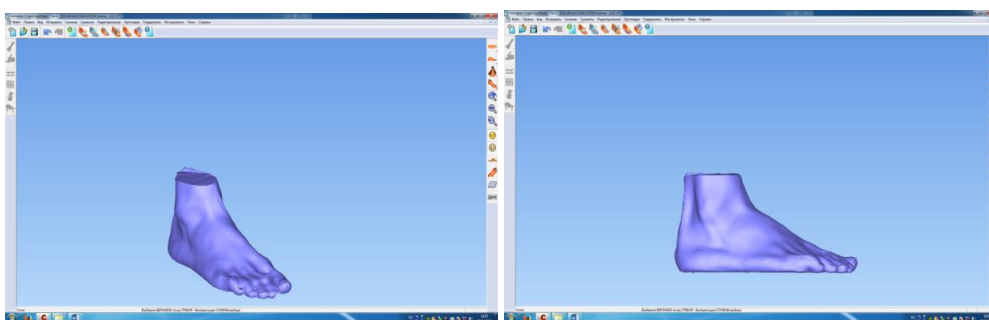
1980-1990 жылдар аралығындағы Ресейдің аяқ киім өнеркәсібіндегі пайда болған CAD/CAM жүйелерінің алғашқыларына АҚШ, Германия «Mic roynamics» фирмасының FDS (FOOT WEAR DESIGN SYSTEM) 2D/3D жүйелерінің кешені кіреді [7,8].

Қазіргі уақытта әлемде аяқ киімді және аяқ киім қалыптарын жобалауда Ұлыбританияның Delcam фирмасы өндіретін 3D сканерлер мен 3D технологиялар кеңінен қолданылады.

Табанның 3D модельдерін өңдеу келесі арнайы программалар арқылы жүргізіледі: Rhino Ceros, FootMill, OrthoDesign Ortholast Crispin, Last maker және т.б. [8].

Тараз мемлекеттік университетінде 3D сканер арқылы тұрғындардың табан өлшемдері зерттелінуде [4,5,6,7]. 3D сканер табанның үлгілерін арнайы программаларға жүктеуге және табан өлшемдері арқылы аяқ киім қалыптарын жобалауға мүмкіндік береді.

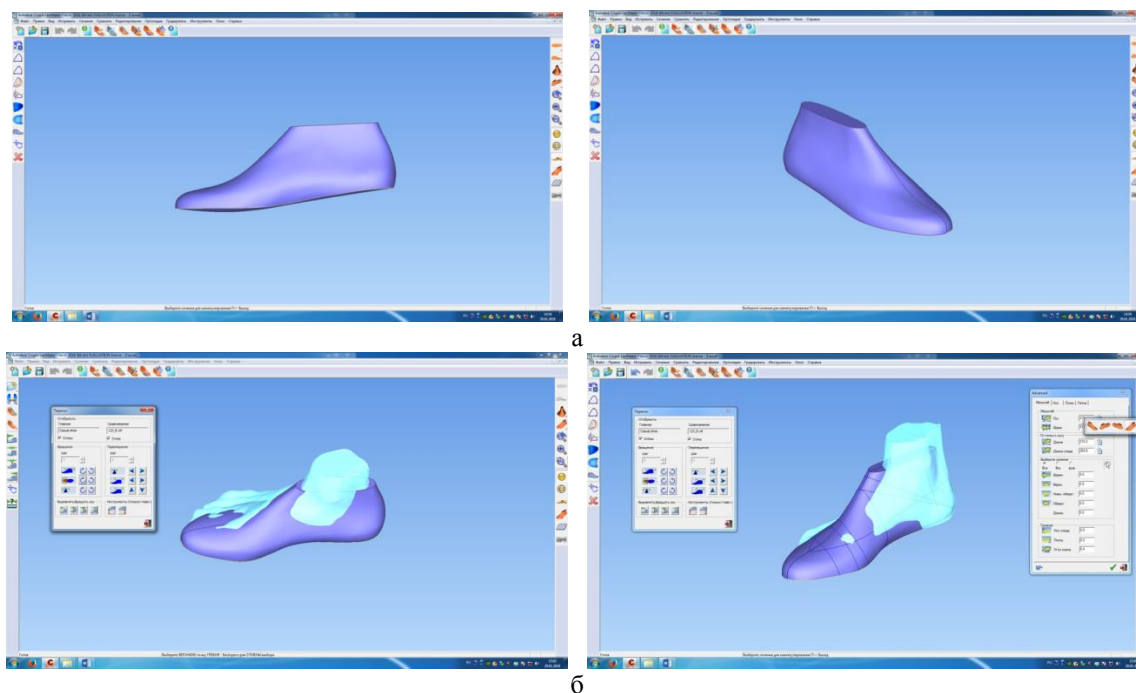
Аяқ киім қалыптарын жобалау үшін Crispin программасы қолданылады. Программа арнайы аяқ киім қалыптарының стандартты үлгілері берілген. Last maker программасына 3D сканер арқылы алынған табан үлгісі жүктелінеді (сурет 1). Табан үлгісі оң жақтан, сол жақтан, астынан, үстінен көру мүмкіндігі бар.



Сурет 1. Last maker программасына жүктелінген табан үлгілері

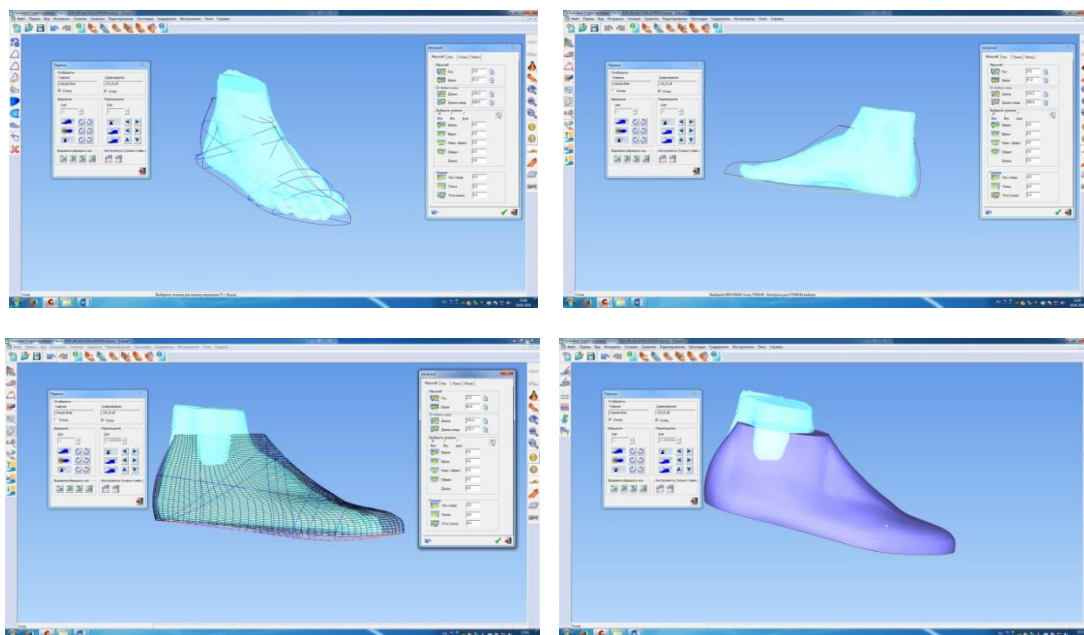
Табан үлгісі жүктелінгеннен кейін программадағы берілген қалыптар базасынан қажетті қалып үлгісі таңдалынып алынады. Алынған қалып үлгісін 3D форматта көруге мүмкіндік бар (сурет 2а).

Одан соң таңдап алынған қалып үлгісіне табан үлгісі жүктелінеді. Табан үлгісін қалып бойымен сәйкестендіру үшін «отобразить» батырмасы арқылы шығарылады (сурет 2б). Шыққан терезеден табанды оңға, солға, артқа немесе алдыға жылжыту арқылы аяқ киім қалыбымен сәйкестендіріледі.



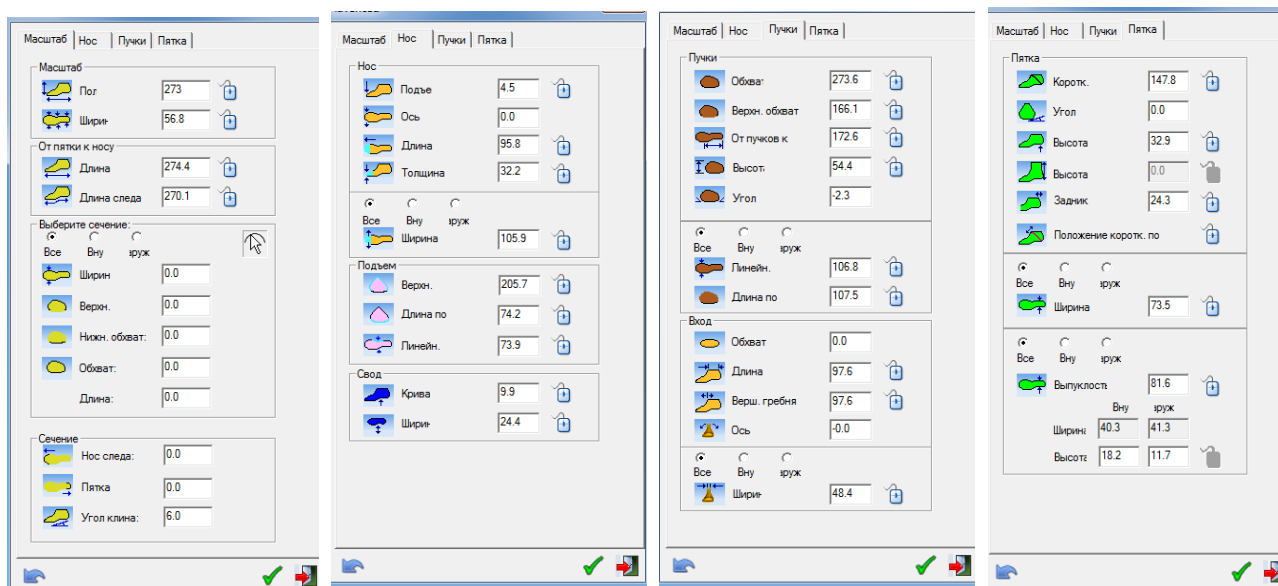
Сурет 2. Аяқ киім қалыбын табан үлгісіне сәйкестендіру

Программада табан өлшемдеріне және патологиялық ауытқуларына сәйкес аяқ киім қалыбының параметрлерін өзгертуге мүмкіндік бар. Ол үшін қалыптың параметрлері шығатын арнайы терезесі ашылып, табанның деформациялық ауытқуларына байланысты келтіріледі және қалыппен табанның сәйкестігін белгілейтін параметрлер қолданылады (сурет 3).



Сурет 3. Аяқ киім қалыбының 3D

Табан өлшемдері арқылы жобаланған аяқ киім қалыптарының параметрлері автоматты түрде беріледі және табан өлшемдеріне, патологиялық ауытқуларына байланысты қажетті түзетулерді енгізуге мүмкіндік бар (сурет 4).



Сурет 4. Жобаланған аяқ киім қалыбының параметрлері

Аяқ киім өндірісіне замануи 3D технологияларды енгізу жобаланатын аяқ киімдердің сапасының артуы және жобалау уақытының төмендеуі себебінен әлеуметтік және экономикалық тиімділік алуға мүмкіндік береді.

ӘДБИЕТТЕР

- [1] Елбасы Н.Ә. Назарбаевтың «Қазақстанның үшінші жаңғыруы: жаһандық бәсекеге қабілеттілік» атты Қазақстан халқына жолдауы. 31 қаңтар 2017ж.
- [2] Киселев С.Ю. Автоматизированное проектирование и изготовление технологической оснастки для производства обуви и протезно-ортопедических изделий. – дисс. доктора техн. наук. М., 2003г.
- [3] Бут В.Х., Фукин В.А. Авторское свидетельство программы для ЭВМ № 2006610414. Методы автоматизированного проектирования обувной колодки на основе 3D антропометрии стоп «Last Desing» 2006.
- [4] Мунасипов С.Е. Онлабекова А. Тогузбаев К. Anthropometric research of feet of population in the republic of Kazakhstan // Труды международной научной е-конференции «Seattle-2013: 4th International Academic Research Conference on Business, Education, Nature and Technology». г.Сиэтл. США, 2013. – С 32-37.
- [5] Мунасипов С.Е., Абзалбекулы Б. Результаты антропометрических исследований стоп мужчин Казахстана // Труды международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности» - г. Витебск, 2014. - С. 141-144.
- [6] Абзалбекулы Б., Джанахметов У.К., Янкаускайте В., Мунасипов С.Е. Разработка комфортной обуви для больных с патологическими отклонениями стопы. Монография, - Тараз. ИП «Бейсенбаев», 2015. -138с.
- [7] Абзалбекулы Б., Джумабекова Г.Б., Мунасипов С.Е. Антропометрия. Проблемы и исследования (на примере женского населения Казахстана) Монография. Монография, - Тараз. ИП «Бейсенбаев», 2017. – 88 с.
- [8] Кокорев Б.С. Разработка инновационной технологии создания индивидуальной обувной колодки для обуви повышенной комфортности. Дисс. На соискание учен. степ. канд. техн. наук – М. 2015 г.
- [9] Бердникова И.П., Кокорев С.С. Сравнение исходных и конечных данных, полученных в результате цифрового 3D сканирования колодки обуви – В сб. материалов IX международной научно-практической конференции «Кожа и мех в 21 веке: технология, качество, экология, образование – 2013, с.51
- [10] Мореходов Ю.Г. Перспективы использования систем автоматизированного проектирования обуви. // Кожевенно-обувная промышленность. - 1991, - №11, -С.15-16

Абзалбекулы Б., Джумабекова Г.Б., Мунасипов С.Е.

**Проектирование обувных колодок с использованием 3D технологии**

**Резюме:** В работе приведены результаты проектирования обувных колодок с использованием 3D технологии. При проектировании использована современная программа Last maker. Программа позволяет проектировать на основе 3D сканирования стоп как ортопедические, так и повседневные обувные колодки. Проектирование обувных колодок с использованием 3D технологии позволяет повысить качества и снизить трудоемкость изготовления обувных колодок.

**Ключевые слова:** 3D сканер, формо-размеры стопы, обувные колодки.

УДК 665.63: 51.001.57

**В.В. Orazbayev, Т.С. Kenzhebayeva, Zh.Y. Shangitova, К.Н. Orazbayeva<sup>2</sup>, L.T. Kurmangaziyeva<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Eurasian National University named after L.N. Gumilyov, Kazakhstan, Astana,

<sup>2</sup> Kazakh University of Economics, Finance and International Trade, Kazakhstan, Astana,

<sup>3</sup> Atyrau State University. H. Dosmukhamedov, Kazakhstan, Atyrau)

E-mail: batyr\_o@mail.ru

**MODELS OF SULFUR PRODUCTION BASED ON DIAGRAM OF MUTUAL INFLUENCE OF FACTORS FOR OPTIMIZING OPERATING MODES OF CLAUS REACTOR**

**Abstract.** The formulation of the problem of constructing mathematical models of objects and processes with structural uncertainty is obtained. A method for solving the problem on the basis of a diagram of the mutual influence of factors and expert evaluation methods is proposed, the method is implemented using the example of building a model of the sulfur production process in a Claus reactor. A diagram of the mutual influence of factors of the Claus reactor of the sulfur production unit was constructed, describing the catalyst activity on the basis of which the hybrid model of the catalytic stage of the sulfur production process was built. The dependence of the time of the catalyst on the activity of the catalyst is detected.

**Key words:** Claus reactor, sulfur production, diagrams of the mutual influence of factors, mathematical models, optimization, expert estimates.

**Б.Б. Оразбаев,<sup>1</sup> Ж.Е. Шангитова,<sup>1</sup> Т.С. Кенжебаева,<sup>1</sup> К.Н. Оразбаева,<sup>2</sup> Л.Т. Курмангазиева<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Казахстан, г.Астана,

<sup>2</sup>Казахский университет экономики, финансов и международной торговли, Казахстан, г.Астана,

<sup>3</sup>Атырауский государственный университет им. Х.Досмухамедова, Казахстан, г.Атырау)

E-mail: batyr\_o@mail.ru

## **МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА СЕРЫ НА ОСНОВЕ ДИАГРАММЫ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ РЕАКТОРА КЛАУСА**

**Аннотация.** Получена постановка задачи построения математических моделей объектов и процессов со структурной неопределенностью. Предложен метод решения поставленной задачи на основе диаграммы взаимного влияния факторов и методов экспертной оценки, метод реализован на примере построения модели процесса производства серы в реакторе Клауса. Построена диаграмма взаимного влияния факторов реактора Клауса установки производства серы, описывающая активность катализатора, на основе которой построена, гибридная модель каталитической стадии процесса получения серы. Установлена зависимость времени работы катализатора от активности катализатора.

**Ключевые слова:** Реактор Клауса, производства серы, диаграммы взаимного влияния факторов, математические модели, оптимизация, экспертные оценки.

**1. Введение.** На практике более эффективным подходом к исследованию и оптимизации процесса производства серы в реакторе Клауса является разработка его математических данного реактора, на основе которых можно оптимизировать процесса получения серы [1 – 3].

Известно серия работ по методам математического моделирования и оптимизации технологических объектов и процессов нефтепереработки и других производств [1, 4–7]. Однако, на практике имеется множество производственных объектов, различные производственные ситуации, задачи моделирования и оптимизации их режимов работы, формализация и решения которых с помощью традиционных математических методов не дает адекватных решений или не может быть получены. Например, к таким объектам и задачам можно отнести химико-технологических систем (ХТС), которые функционируют в условиях неопределенности, связанной со случайностью и с нечеткостью исходной информации. Формализация и решение таких задачи моделирования и оптимизации при различных производственных ситуациях, кроме нечеткости исходной информации, усложняются еще из-за многокритериальности объектов и процессов оптимизации [8–10].

Сложность или невозможность измерения некоторых важных параметров технологических процессов затрудняет применение детерминированных и вероятностных методов, для моделирования и оптимизации режимов их работы. В связи с этим появились новые методы формализации и решения количественно трудноописываемых, т.е. нечетких задач, которые опираются на нечеткую информацию, получаемую от экспертов, лица, принимающего решения (ЛПР), в виде их суждений о функционировании объекта и учитывающую их предпочтения в процессе поиска и выбора оптимальных или компромиссных решений [2, 8 –12].

Целью работы является построения модели процесса производства серы в реакторе Клауса на основе диаграммы взаимного влияния факторов с целью оптимизации режимов работы реактора Клауса, исследование и решение задачи оптимального управления каталитической стадией процесса Клауса.

**2. Методы.** С целью многокритериальной процесса производства серы необходимо разработать математических моделей ректора Клауса, который характеризуется структурной неопределенностью [13]. Для разработки моделей применяем диаграммы взаимного влияния факторов (ДВВФ), с привлечением, лица, принимающего решения (ЛПР), экспертов по предметной области - в области химико-технологического процесса по производству серы.

Пусть  $\{L_q\}$  - множество элементарных физико-химических процессов, из которых состоит процесс Клауса. Эти процессы могут быть описаны аналитическими или регрессионными моделями, а также с использованием качественной, т.е. нечеткой информации от ЛПР, экспертов на основе методов теории нечетких множеств [8, 9, 11, 12, 14, 15].

Сформулируем основную задачу метода построения математических моделей процессов со структурной неопределенностью с применением ДВВФ и методов экспертных оценок.

На множестве  $\{L_q\}$  характеризуемом факторами  $F$ , построить ДВВФ  $D(F)$  рассматриваемого процесса, полученную объединением диаграмм  $D(F)_i, i = \overline{1, Ex}$  каждого эксперта, и обеспечивающую максимум индекса согласованности мнений экспертов  $\chi$ :

$$\chi = \langle L, F, Ex \rangle \rightarrow \max \quad (1)$$

Таким образом, для построения моделей объектов со структурной неопределенностью, т.е. для решения поставленной задачи необходима формализация представлений ЛПР, специалистов-экспертов о химико-технологическом процессе в виде диаграммы взаимного влияния факторов.

**3. Результаты** - метод разработки модели процесса производства серы с применением диаграммы взаимного влияния факторов на основе экспертной оценки. Для решения поставленной задачи (1), т.е. для разработки математических моделей процессов со структурной неопределенностью, применительно к процессу производства серы на реакторе Клауса, проводим экспертную оценку и формализуем представлений специалистов-экспертов, ЛПР о химико-технологическом процессе получения серы в виде диаграммы взаимного влияния факторов. Для изображения таких диаграмм (ДВВФ) предлагаем использовать  $n$ -уровней:

- один входной (содержащий входные координаты);
- один выходной (содержащий выходные координаты) и
- $n-2$  промежуточных (содержащие внутрисистемные координаты).

Приведем основные этапы *метода разработки модели процесса производства серы с применением ДВВФ на основе экспертной оценки*:

1. Множество элементарных физико-химических процессов, из которых состоит процесс Клауса  $\{L_q\}$ , можно представить в виде  $n$  уровней. Каждый уровень имеет конечное число объектов  $aR_l, l \leq l_{\min}$ , где  $l_{\min}$  – величина численно равная количеству объектов из соответствующего уровня.

2. Количество объектов из соответствующего уровня  $l_{\min}$  определяется исходя из анализа множества  $\{L_q\}$  с использованием коммуникативных и текстологических методов получения экспертных знаний.

3. Определяются координаты векторов  $W_{Ln \rightarrow Ln-1} = [w_{ij}]$  отражают степень уверенности экспертов предметной области, ЛПР в наличии связи между объектом  $n$  и  $n-1$  уровней.

4. Привлекается группа экспертов  $Ex$ , каждый из которых включает в уровни представления  $\{L_q\}$  объекты, отражающие его модель, формализованную с помощью принятой системы обозначений и изображений элементов предметной области. На этом этапе используются унарные экспертные оценки  $\forall i, j \geq 0: w_{ij} = 1$ .

5. Построенные диаграммы экспертов  $D(F)_i, i = \overline{1, Ex}$  обрабатываются с учетом полученных от участвующих в экспертной оценке специалистов-экспертов, ЛПР сведений, которые аккумулируются для получения  $D(F)$ . Объекты каждого из  $n$  уровней диаграмм экспертов, участвующих в построении  $D(F)$  объединяются в соответствии с нижеследующим выражением [13]:

$$\{aR_i\}^m = \bigcup_{i=1, Ex} \{aR_l\}_i^m, m = 1..n \quad (2)$$

6. В результате получаем исходную «обобщенную» модель  $\{L_q\}$ , где  $q$  – количество объектов вновь образованного  $m$  уровня. Координаты векторов  $W_{Ln \rightarrow Ln-1}$  для  $m$  уровня рассчитываются с помощью следующего выражения (3):

$$w_{i'j'}^m = \frac{1}{Ex} \sum_{k=1, Ex} (w_{ij}^k)^m \quad (3)$$

где  $E_x$  – количество, участвующих в оценке экспертов;  $W_{ij}^k$  – оценка  $k$ -го эксперта относительно наличия связи между объектом  $i$  уровня  $m$  и объектом  $j$  уровня  $m+1$ .

7. Для разрешения возникшего типа неопределенности введем итеративную процедуру *порогового включения связей*. Для этого введем пороги включения объекта в соответствующий уровень  $\theta_{i,j}^m \in [0;1]$ .

8. Если  $W_{i,j}^m \leq \theta_{i,j}^m$ , то связь  $i$ - $j$  разрывается. Подобным образом рассчитываются все веса связей между объектами всех уровней.

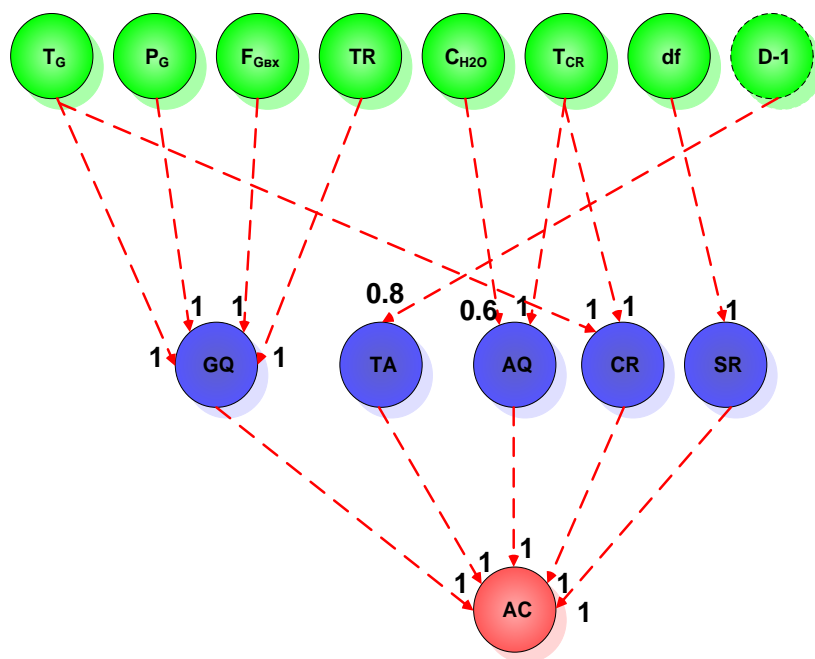
9. Если по окончании процедуры порогового включения останутся «пустые» объекты, то такие вершины с ДВВФ убираются, а полученная графическая модель  $\{L_q\}$  принимается в качестве исходной «истинной».

10. Для расчета индекса согласованности мнений экспертов при составлении диаграмм взаимного влияния факторов химико-технологического процесса используем выражение следующего вида:

$$\chi = \sum_{i=1}^{n-1} \chi_i / n, \chi_i = \sum_{j=1}^{\beta} w_{i,j} / \beta \quad (4)$$

где  $\chi_i$  – индекс согласованности мнений экспертов полученный для весов связей уровней  $i$  и  $i+1$ ;  $\beta$  – число связей для весов уровней ДВВФ.

На основании предложенного метода построены диаграммы взаимного влияния факторов всего процесса. На рисунке 1 приведена диаграмма для реактора Клауса, описывающая *активность катализатора* (АС).

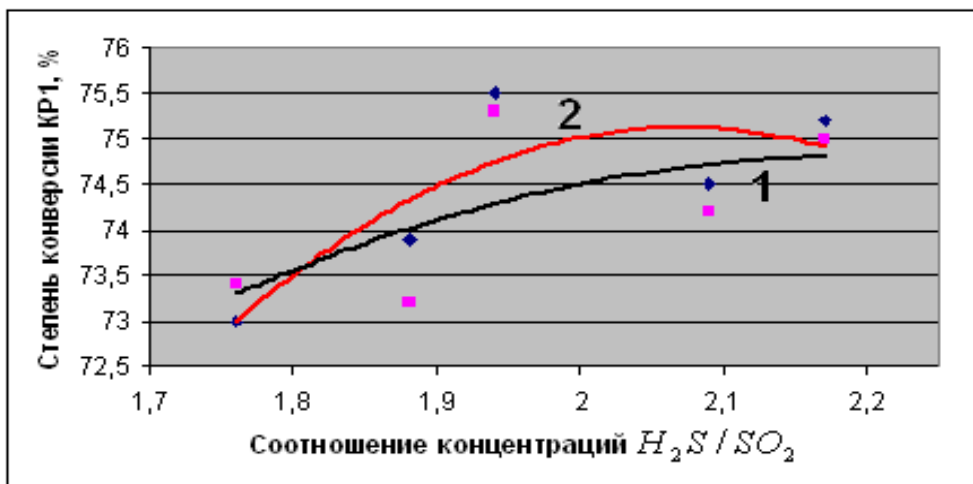


**Рис. 1.** Диаграмма реактора Клауса установки производства серы, описывающая активность катализатора

На рисунке приняты следующие обозначения  $T_G$ ,  $P_G$ ,  $F_{Gox}$  – температура, давление и расход кислого газа соответственно;  $TR$  – температурный режим в термическом реакторе;  $C_{H_2O}$  – содержание воды в атмосферном воздухе;  $df$  – степень конверсии каталитической стадии;  $D-1$  – выход диаграммы предыдущего аппарата.

На основании полученных ДВВФ аппаратов построена гибридная модель каталитической стадии процесса Клауса. Для описания связей, изображенных на диаграмме сплошной линией заданных аналитически использованы известные математические модели технологических агрегатов, состоящие из уравнений теплового и материального балансов [16].

Параметрическая идентификация гибридной модели, построенной на основе информации различного характера (детерминированной, статистической, экспертной, нечеткой), проведена на основе модифицированного рекуррентного метода наименьших квадратов с применением системы MatLab, ее адекватность проверена с применением критерия Фишера. Максимальная относительная ошибка расчетов выполняемых по этой модели не превышает величины 10 % (рисунок 2).



1 - экспериментальная; 2 - рассчитанная по аналитической модели.

**Рис. 2.** Зависимость степени конверсии реактора от соотношения концентраций  $H_2S/SO_2$  при 100% нагрузке по кислому газу

Для прогноза срока службы катализатора использована известная аналитическая модель [17]. В качестве параметра, характеризующего активность катализатора, принята площадь активной поверхность  $S_\tau$ . Предельное значение  $S_\tau$ , при котором дальнейшее ведение процесса нецелесообразно, зависит от типа используемого катализатора и особенностей технологического оборудования. Для упрощения расчетов примем  $S_\tau = \rho_{min} S_0$ , где коэффициент  $\rho_{min}$  задается в качестве параметра модели. Тогда прогноз времени работы на данном режиме установки можно выразить следующим образом:

$$T = -\ln(\rho_{min}) / Z \quad (5)$$

где  $Z$  – активность катализатора.

Величина активности катализатора  $Z$  можно определить с использованием модели, которая описывает нечеткую информацию о процессе [16, 17]. Полученное значение  $Z$  используется в выражении (5) для расчета ограничения на срок службы катализатора, которое накладывается на оптимизируемый функционал.

**4. Обсуждение.** Предложенный подход позволяет разработать математических моделей технологических объектов со структурной неопределенностью на основе ДВВФ.

Величина индекса согласованности мнений экспертов в предложенном методе разработки модели процесса производства серы с применением диаграмм взаимного влияния факторов на основе экспертной оценки, находится в интервале  $0 < \chi \leq 1$ , причем значение индекса согласованности  $\chi = 1$  соответствует случаю, когда эксперты для построения ДВВФ указали наличие связей между одинаковым набором факторов для каждого из уровней.

Согласованность мнений экспертов и значение индекса согласованности  $\chi$  напрямую зависит от выбранных значений величин порогов включения связей. При уменьшении значений порогов вклю-



чения увеличивается количество связей, включаемых в ДВВФ, и соответственно число параметров входящих в модель и вычислительная сложность самой математической модели, обуславливающая ее применимость для управления быстротекущим процессом. Выбор значений порогов включения  $\theta_{ij}^m$  зависит от требуемой полноты модели и необходимой точности расчетов.

По построенной графической зависимости степени конверсии реактора от соотношения концентраций  $H_2S/SO_2$  при 100% нагрузке по кислороду газу (рисунок 2) можно оценить, что максимальная относительная ошибка расчетов, выполняемых по построенной гибридной модели каталитической стадии процесса Клауса, не превышает допустимой величины 10 %. На диаграммах реактора Клауса установки производства серы, описывающая активность катализатора (рисунок 1) при стрелках, которые показывают уровни связи между объектами, указаны числовые значения индекса согласованности мнений экспертов  $\chi$ :

Для определения времени работы на режиме предельного значения площади активной поверхности  $S_\tau$  необходимо будет определить активность катализатора на основе экспертной оценки и нечеткой модели.

**5. Заключение.** В работе проведены исследования к решению проблем разработки математических моделей технологических объектов со структурной неопределенностью. Предложенный метод разработки моделей таких объектов, реализован для построения модели процесса производства серы в реакторе Клауса с применением диаграммы взаимного влияния факторов на основе экспертной оценки исследований. Сформулирована основная задача построения математических моделей процессов со структурной неопределенностью с применением ДВВФ и методов экспертных оценок, приведено описание основных этапов ее решения.

Построена диаграмма реактора Клауса установки производства серы, описывающая активность катализатора. С применением построенных ДВВФ реактора Клауса установки производства серы, описывающая активность катализатора построена, гибридная модель каталитической стадии процесса получения серы. Установлена зависимость времени работы катализатора от активности катализатора.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Sharikov Yu.V., Petrov P.A. Universal model for catalytic reforming// Chemical and Petroleum Engineering.- 2013.- Vol. 43.- No 9.- P. 580-597.
- [2] Orazbayev B.B., Kenzhebaeva T.S., Orazbayeva K.N., Abitova G.A. Systematic approach to the mathematical models development and chemical technological systems simulation under conditions of uncertainty // Engineering Studies- Issue 3 (2)- Vol. 9.- Taylor & Francis - 2017. – P. 400-425.
- [3] Щербатов И.А. Оптимальное управление каталитической стадией процесса Клауса//Автореф. дисс. на соискании е ученой степени канд. наук. –Астрахань: 2006 - 18 с.
- [4] A.S. Mohamed, S.M. Sapuan, M.M.H. Megat Ahmad, A.M.S. Hamouda, B.T. Hang Tuah Bin Baharudin. Modeling the technology transfer process in the petroleum industry: Evidence from Libya // Mathematical and Computer Modelling.- 2012.- Vol. No 6.- P. 451-470.
- [5] Seif Mohaddecy S.R., Zahedi S., Sadighi S., Bonyad H. Reactor modeling and simulation of catalytic reforming process // Petroleum & Coal - 2006.- №48(3).- P. 28-35.
- [6] Yu.V. Sharikov and P.A. Petrov Universal model for catalytic reforming // Chemical and Petroleum Engineering.- 2007.- Vol. 43- No 9-10.- P.580-584.
- [7] Kodwo Annan Mathematical modeling of the dynamic exchange of solutes during bicarbonate dialysis. // Mathematical and Computer Modelling. -2012- Vol. 55.- No 5. - P. 1691-1704.
- [8] Rykov A.S. Application of Fuzzy Sets Theory for Dialogue Modeling of Petroleum Coking Process. - Warsaw, Poland, 2014. -156 p.
- [9] Оразбаев Б.Б., Курмангазиева Л.Т. Разработка математических моделей и оптимизация химико-технологических систем при нечеткости исходной информации. – Москва: Российская Академия Естественных наук, 2014. –163 с.
- [10] Mishura Y., Zubchenko V. Heuristic methods for solving multicriterial problem problems in a non-environment environment.// Mathematical and Computer Modelling.- 2017.- Vol. 65- No 11. - P. 143-152.
- [11] Štampar, S. Sokolič, G. Karer, A. Žnidaršič, I. Škrjanc. Theoretical and fuzzy modelling of a pharmaceutical batch reactor // Mathematical and Computer Modelling. - 2011. -Vol. 53- No 8. - P. 637–645.
- [12] Алиев Р.А., Церковский А.Э., Мамедова Г.А. Управление производством при нечеткой исходной информации. - Moscow: Энергоатомиздат, 1991. - 250 с.
- [13] Щербатов И.А., Проталинский О.М., Савельев А.Н. Оптимальное управление технологическим процессом Клауса в условиях неопределенности // Известия вузов. Северокавказский регион. Техн. науки. Спец. вып. «Математическое моделирование и компьютерные технологии».- 2006.- С. 19–25.

[14] Мешалкин В.П. Экспертные системы в химической технологии. -М.: Химия, 1995. -350 с.

[15] Dubois D. The role of fuzzy sets indecision sciences: Old techniques and new directions // Fuzzy Sets and Systems.- 2011. -Vol. 184.- P. 3–17.

[16] Оразбаев Б.Б., Утенова Б.Е. Моделирование и оптимальное управление режимами работы установки производства серы. Астана: ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, 2012. 152 с.

[17] Щербатов И.А., Проталинский О.М. Оценка активности катализатора процесса Клауса с использованием интеллектуальной модели // Труды Международных научно-технических конференций «Интеллектуальные системы» (AIS'05) и «Интеллектуальные САПР» (CAD-2005).- Научное издание в 3-х томах.- М.: Физматлит – 2005.- Т.2.- С 371-374.

Оразбаев Б.Б., Кенжебаева Т.С., Шангитова Ж.Е., Оразбаева К.Н., Курмангазиева Л.Т.

**Клаус реакторы жұмыс режимдерін оптимизациялауда қолданылатын күкірт өндіру процесіннің факторлар өз-ара әсерлері диаграммалары негізіндегі модельдері**

**Түйіндеме.** Құрылымдық анықсыздықпен сипатталатын нысандар мен процесстердің математикалық модельдерін құру есептерінің қойылымы алынған. Факторлардың өз-ара әсер ету диаграммасы мен эксперттік бағалау тәсілдері негізінде қойылған есепті шешу тәсілі ұсынылған. Ұсынылған тәсіл Клаус реакторында күкірт өндіру процесінің моделін құру мысалында жүзеге асырылған. Күкірт өндіру қондырғысы Клаус реакторы катализаторы белсендігін сипаттайтын факторлардың өз-ара әсерлері диаграммасы құрылған. Құрылған диаграмма негізінде күкірт алу процесінің каталитикалық кезеңінің гибриді моделі құрылған. Катализатордың жұмыс жасау уақытының катализатор белсенділігіне тәуелділігінің өрнегі анықталған.

**Кілттік сөздер:** Клаус реакторы, күкірт өндіру, факторлардың өз-ара әсерлері диаграммалары, математикалық модель, оптимизациялау, эксперттік бағалау.

**N.K. Smailov, A.B. Batyrgaliyev**

(Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan)

E-mail: askhat.b.b@gmail.com

## **COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CHARACTERISTICS OF DOMESTIC AND FOREIGN ELECTROMAGNETIC SPATIAL NOISE GENERATORS**

**Abstract.** This article discusses general approaches to protecting information from leakage through technical channels due to spurious electromagnetic radiation. In this case, the main focus is made in favor of active methods and means of protection.

A comparative analysis of the main national standards and legislation of the Republic of Kazakhstan, the Russian Federation, the Republic of Belarus and Ukraine, regulating the requirements for generators of spatial electromagnetic noise, as well as the technical characteristics of ready-made solutions of domestic and foreign manufacturers.

**Keywords:** spatial noise generator, side electromagnetic radiation, electromagnetic noise, masking noise, means of active protection.

**Н.К. Смайлов, А.Б. Батыргалиев**

(Satbayev University, г. Алматы, Республика Казахстан)

E-mail: askhat.b.b@gmail.com

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ЗАШУМЛЕНИЯ**

**Аннотация.** Рассмотрены общие подходы к защите информации от утечки по техническим каналам за счет побочных электромагнитных излучений. При этом основной акцент сделан в пользу активных методов и средств защиты.

Проведен сравнительный анализ основных национальных стандартов и законодательства Республики Казахстан, Российской Федерации, Республики Беларусь и Украины, регламентирующих требования к генераторам пространственного электромагнитного зашумления, а также технических характеристик готовых решений отечественных и зарубежных производителей.

**Ключевые слова:** генератор пространственного зашумления, побочные электромагнитные излучения, электромагнитный шум, маскирующий шум, средство активной защиты.

### **Введение**

Основным и одновременно одним из наиболее опасных технических каналов утечки информации на объектах информатизации является канал утечки информации, возникающий вследствие информативных (опасных) побочных электромагнитных излучений (ПЭМИ) технических средств ее обработки и передачи. Такой канал утечки информации называют электромагнитным [1-6].

Защита средств вычислительной техники (СВТ) от утечки по каналам ПЭМИ, достигается применением пассивных и активных методов защиты. К пассивным методам защиты относятся экранирование, заземление, развязка и фильтрация, а к активным – применение систем пространственного электромагнитного зашумления и постановки имитационных (маскирующих) помех [7,8].

Применение пассивных методов защиты СВТ является наиболее предпочтительным, так как при их использовании не возникает проблем, связанных с электромагнитной совместимостью и наличием демаскирующих признаков работы средств защиты.

Однако, применение пассивных методов защиты СВТ не всегда представляется возможным по причине сложности их реализации, дороговизны, необходимости проведения дополнительных опытно-конструкторских работ и т.д.

В таких случаях применяются методы активной защиты, которые приводят к уменьшению отношения сигнал/шум на входе приемного устройства средства разведки и, следовательно, к уменьшению размеров зоны R2 (контролируемой зоны для СВТ) [1].

В настоящее время различают энергетический и неэнергетический методы активной защиты. Неэнергетический (статистический) метод активной маскировки заключается в излучении специального маскирующего сигнала (помехи) со спектром, аналогичном спектру информативных ПЭМИ СВТ. Спектральная плотность маскирующей помехи должна быть выше спектральной плотности ПЭМИ, а ее уровень не должен превосходить уровни ПЭМИ [7,8].

Сложность в реализации неэнергетического метода защиты заключается в необходимости использования импульсов случайной амплитуды, схожих по форме и коррелированные по времени излучения с импульсами информативных ПЭМИ. В данном случае требуется точное определение всех информативных ПЭМИ для каждого образца СВТ и создание индивидуального для этого образца (или идентичных СВТ) имитатора маскирующих помех. Как правило, имитаторы или постановщики помех применяются для защиты персональных компьютеров.

Суть энергетического метода заключается в формировании и излучении в окружающее пространство в непосредственной близости от работающих СВТ маскирующего широкополосного шумового сигнала («белый шум») во всем диапазоне частот информативных ПЭМИ со спектральным уровнем, превышающим уровни этих ПЭМИ.

### **Основная часть**

Маскирующие шумовые помехи являются универсальными для радиоэлектронного подавления и маскировки сигналов во всем возможном частотном диапазоне их существования. Обычно они реализуются на практике генераторами электромагнитного шума (ГЭМШ) – постановщиками заградительных по частоте помех. Недостатком этого вида помех является их невысокая энергетическая эффективность.

При этом цель пространственного электромагнитного зашумления считается достигнутой, если отношение опасный сигнал/шум на входе разведывательного приемника, размещенного на границе контролируемой зоны объекта, не превышает некоторого допустимого значения, рассчитываемого по специальным методикам для каждой частоты информативного ПЭМИ ТСОИП (рисунок 1) [1, 4, 7, 8,9].

На рынке представлено большое количество различных ГЭМШ как зарубежного, так и отечественного производства. Генераторы шума бывают в виде отдельного устройства или в виде PCI платы для персонального компьютера. ГЭМШ обычно состоят из широкополосного генератора сигналов и одной или нескольких антенн.

К основным характеристикам ГЭМШ относятся [1, 9-10]:

- диапазон генерируемых частот шумов;
- спектральная плотность мощности шума;
- коэффициент подавления;
- защитное отношение;
- структура шумов (энтропийный коэффициент качества шума, энтропия плотности распределения вероятностей мгновенных значений амплитуд шумов, энтропийная мощность реального шума);

## • Технические науки

- вид излучаемой помехи (шумовая, импульсная, синхронная, сигналоподобная, кодированная, широкополосная, детерминированная и др.);
- уровень генерируемых шумов (по электрической и магнитной составляющей электромагнитного поля);
- динамический диапазон регулировки выходного сигнала;
- вид антенн (по электрическому полю, по магнитному полю);
- поляризация антенн (вертикальная, горизонтальная);
- параметры антенн (коэффициент направленного действия, коэффициент усиления, уровень боковых лепестков или уровень фона);
- отсутствие подверженности акустоэлектрическим преобразованиям;
- соответствие уровня создаваемых шумов допустимым значениям, установленным нормативными документами (по электромагнитной совместимости или промышленным радиопомехам, санитарно-эпидемиологическим требованиям и др.).

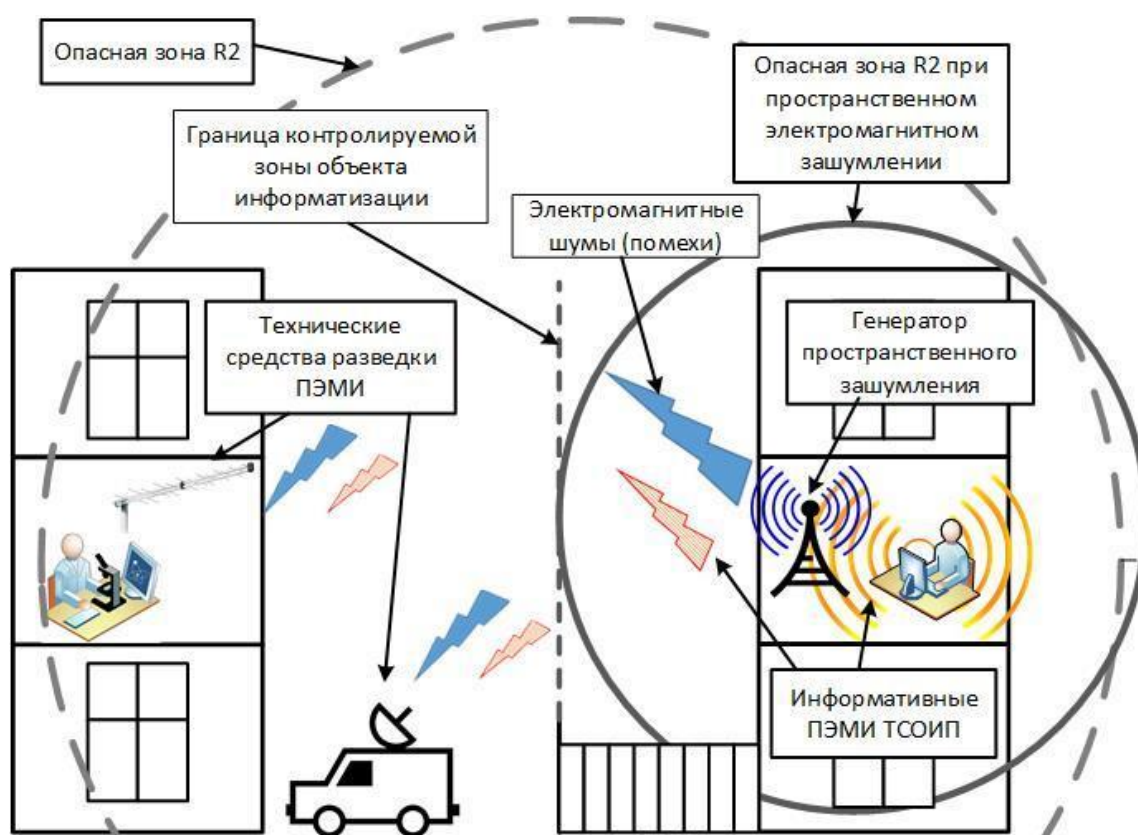


Рис. 1. Пространственное электромагнитное зашумление

В настоящее время как отечественные, так и зарубежные предприятия производят ГЭМШ в виде плат шины PCI для применения в составе персональных компьютеров или в виде отдельных устройств.

В Республике Казахстан требования к ГЭМШ установлены [10] и [11]. Казахстанские производители, как правило, выпускают ГШ (ГШ-К-1000 «СЛОТ» GR, ЗОНТ GR, ЗОНТ-1 GR, ГШ-Т, ГШ-К-1000, Барьер-01, Барьер-М) со следующими техническими характеристиками:

- диапазон рабочих частот, МГц – 0,1-1000;
- коэффициент качества электромагнитного поля шума – 0,8;
- спектральная плотность излучения в диапазоне 0-1 ГГц, Вт/МГц – 0,01;
- значения спектральной плотности напряженности магнитного (рНш) и электрического (Еш) компонентов нормированного электромагнитного поля шума в децибелах к 1мкВ/(м<sup>2</sup>кГц), формируемого генератором на расстоянии d=1 м (приведены в таблице 1).

Таблица 1. Значения спектральной плотности напряженности электромагнитного поля шума

<b>Частота, МГц</b>	0,1	0,5	1,0	5,0	10	20	30
<b>Мощность, не менее, Дб</b>	18	18	25	33	45	45	45
<b>Частота, МГц</b>	60	100	200	300	500	700	1000
<b>Мощность, не менее, Дб</b>	65	60	70	75	80	75	75

В Российской Федерации требования к ГЭМШ установлены Требованиями к средствам активной защиты информации от утечки за счет побочных электромагнитных излучений и наводок, утвержденными приказом Федеральной службой по техническому и экспортному контролю России от 3 октября 2014 года № 33, Решением Государственной комиссии по радиочастотам (действующей при Министерстве цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации) от 01 июня 2016 года № 16-37-14-1дсп «О выделении полосы радиочастот 0,01 до 6000 МГц для генераторов радишума, используемых в качестве средств защиты информации» и требованиями ФСБ России к программно-аппаратным комплексам средств активной защиты оборудования информационных технологий.

Учитывая, что указанные документы имеют ограничительные пометки, основные требования к ГЭМШ можно получить только из описания на них.

Одновременно, российские разработчики и производители ГЭМШ руководствуются санитарными правилами и нормативами, а также стандартами по требованиям соответствия промышленных радиопомех.

Российскими производителями в описании на ГЭМШ указываются следующие отдельные основные технические характеристики (ЛГШ-501, ЛГШ-503, ЛГШ-513, СОНАТА-РЗ.1, Гром-И-5, СТБ 211, Салют 2000 Б, Салют 2000 С, SEL-111 «Шифон», SEL-110 «Ширма», SEL-112 «Шаль», ГШ-2500МС, ГШ-К-1800МС, Маис-М, ГНОМ-3М, ГАММА ГШ-18, Старкад-32):

- спектральная плотность напряжения шумового сигнала;
- спектральная плотность напряженности электрического поля шума;
- спектральная плотность напряженности магнитного поля шума;
- диапазон регулировки уровня выходного шумового сигнала;
- уровень сигнала на нагрузке 50 Ом во всем диапазоне частот;
- показатель электромагнитной совместимости;
- коэффициент направленного действия излучающей антенны;
- коэффициент поляризации излучающей антенны;
- диапазон генерируемого шумового сигнала;
- энтропийный (нормализованный) коэффициент качества шума.

Из описания к российским ГЭМШ можно сделать выводы, что диапазон рабочих частот составляет 0,01-1800 МГц (у отдельных моделей 0,01-6000 МГц), энтропийный (нормализованный) коэффициент качества шума – 0,85-0,9.

В Республике Беларусь требования к ГЭМШ описаны в СТБ 1875-2011 «Средства защиты информации. Генераторы электромагнитного шума. Общие технические требования». Учитывая, что этот стандарт имеет ограничительную пометку для служебного пользования, основные требования к ГЭМШ можно получить только из описания на них.

Исходя из описания ГЭМШ белорусских производителей (ГЭМШ, ПАЗК-01, ОКТАНТ) и [12], в Республике Беларусь для ГЭМШ указываются следующие основные технические характеристики:

- стабильность параметров электромагнитного поля шума (ЭМПШ) в условиях круглосуточной эксплуатации;
- среднеквадратичные значения спектральной плотности ЭМПШ;
- коэффициент качества шума ГЭМШ;
- автоматический контроль работоспособности ГЭМШ;
- регулировка выходных уровней маскирующей помехи;
- модуляция широкополосного электромагнитного шумового сигнала информативными ПЭМИ от СВТ и акустическими сигналами речевого диапазона частот;
- диапазон рабочих частот;
- нормированная спектральная плотность помехи;

## • Технические науки

– коэффициент качества шума;  
– среднеквадратичное значение спектральной плотности напряженности, формируемое ГЭМШ на расстоянии 1 м от излучателя.

До введения в действие СТБ 1875-2011 действовал предварительный государственный стандарт Республики Беларусь СТБ П 1875-2009 «Средства защиты информации. Генераторы электромагнитного шума. Общие технические требования и методы испытаний».

Указанный предстандарт распространялся на ГЭМШ – средства защиты информации от утечки по каналу ПЭМИ, предназначенные для пространственного зашумления объектов информатизации и работающие в частотном диапазоне с верхней границей до 1000 МГц. Предстандарт устанавливал общие технические требования и методы испытаний ГЭМШ. Предстандарт распространялся на ГЭМШ, формирующие широкополосные, синхронные, детерминированные, импульсные или другие сигналоподобные маскирующие помехи, а также неэнергетические (статистические) и другие ГЭМШ, а также на: серийно выпускаемые и ввозимые из-за границы ГЭМШ; разрабатываемые и модернизируемые ГЭМШ.

В предстандарте СТБ П 1875-2009 были приведены среднеквадратичные значения спектральной плотности напряженности электромагнитного поля шума, приведенные в таблице 2.

Таблица 2. Среднеквадратичное значение спектральной плотности напряженности электромагнитного поля шума.

Среднеквадратичное значение спектральной плотности напряженности ЭМПШ:	
ГЭМШ специального назначения	
Полоса частот, МГц	Спектральная плотность ЭМПШ, дБмкВ/м $\sqrt{\text{кГц}}$
от 0,1 до 10,0	30
от 10,0 до 300,0	45
от 300 до 700	45
от 700 до 1000	40
В ГЭМШ гражданского назначения устанавливаются заказчиком	
Квазипиковое значение напряженности ЭМПШ дБмкВ/м:	
от 0 до 0,1	не нормируется
от 0,1 до 0,5	60
от 0,5 до 2,5	54
от 2,5 до 30,0	46
от 30,0 до 230,0	40
от 230,0 до 1000,0	47

Исходя из данных СТБ П 1875-2009, можно сделать вывод, что в СТБ 1875-2011 приведены требования к ГЭМШ не хуже указанных.

Из описания к белорусским ГЭМШ можно сделать выводы, что диапазон рабочих частот составляет 0,01-1000 МГц, 0,01-1800 МГц или 0,01-1000 МГц (в зависимости от модели), энтропийный (нормализованный) коэффициент качества шума – не менее 0,8.

На Украине в соответствии с Временными рекомендациями по технической защите информации от утечки по каналам побочных электромагнитных излучений и наводок, утвержденных приказом Государственной службы Украины по вопросам технической защиты информации от 9 июня 1995 № 25 и НД ТЗИ 3.3-001-07 Защита информации на объектах информационной деятельности. Создание комплекса технической защиты информации. Порядок разработки и внедрения мероприятий по защите информации ГЭМШ относится к средствам технической защиты. При этом ГЭМШ разрабатываются в соответствии с техническими условиями, утверждаемыми руководителем предприятия-производителем и согласовываемым Службой безопасности Украины и/или Государственной службой специальной связи и защиты информации Украины (Госспецсвязь). Кроме того, ГЭМШ проходят государственную экспертизу, проводимую независимыми экспертными органами, заключение которой согласовывается с Госспецсвязью.

Украинскими производителями в описании на ГЭМШ указываются следующие отдельные основные технические характеристики (РАИС-1М, РАИС-1С, РАИС-А3):

- диапазон рабочих частот;
- коэффициент качества шума;
- коэффициент межспектральных корреляционных связей;
- максимальное интегральное значение выходной мощности;
- интегральная мощность шумов;
- спектральная плотность напряженности электрической и магнитной компонент электромагнитного поля шума относительно 1 мкВ на расстоянии 1 м от антенны.

На рисунке 2 приведены сравнение параметров спектральной плотности напряженности электромагнитного поля шума казахстанских, российских, белорусских и украинских ГЭМШ (данные получены из описаний к ГЭМШ).

Таким образом, ГЭМШ имеют большое количество параметров, значения которых напрямую зависят от действующих национальных стандартов и иных нормативных документов. При этом, учитывая, что основными предназначением ГЭМШ является обеспечение защиты объектов информатизации и СВТ от утечки информации по каналу ПЭМИ, к качеству генерируемого шума должны предъявляться особые требования. В этой связи дополнительно требуется проведение исследований параметров характеристик качества шума ГЭМШ.

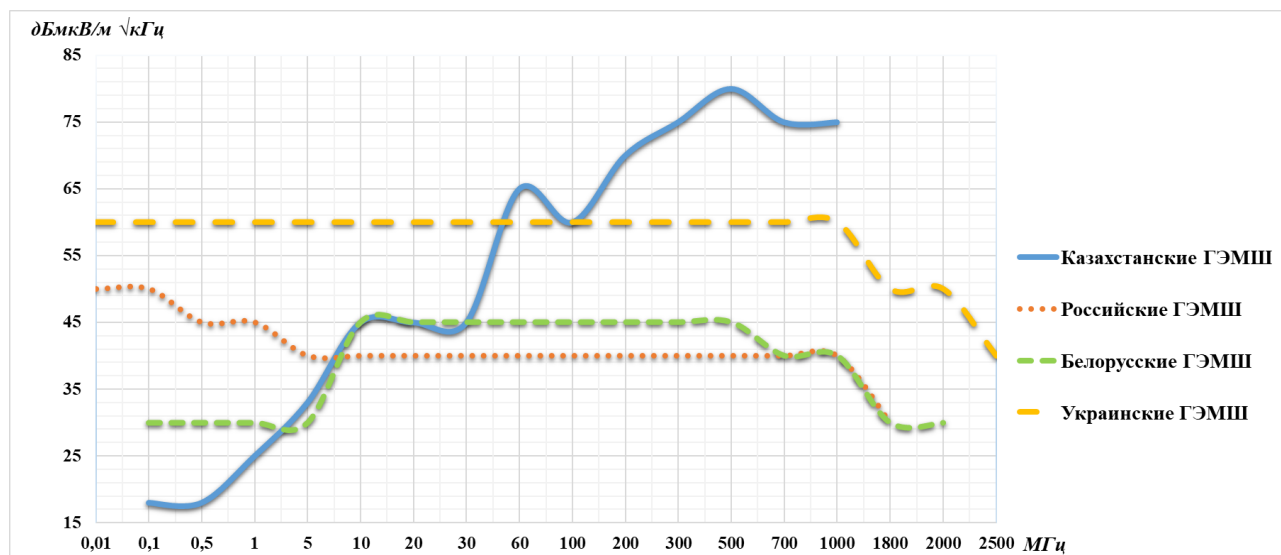


Рис. 2. Сравнение параметров ГЭМШ.

### Выводы

В статье рассмотрены национальные стандарты и действующие нормативные правовые акты Республики Казахстан, регламентирующие требования к ГЭМШ как к средству защиты информации от утечки по каналу ПЭМИ. Описаны основные характеристики отечественных и зарубежных ГЭМШ и акцентировано внимание на необходимость более глубокого изучения характеристик качества генерируемого электромагнитного шума, от которого будет зависеть общая безопасность защищаемой информации на объектах информационной деятельности.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Хорев, А.А. Способы защиты объектов информатизации от утечки информации по техническим каналам: пространственное электромагнитное зашумление// Специальная техника. – М.: 2012. – № 6 – С. 37-57.
- [2] Васильев, И.В., Козин, И.Д., Федулina, И.Н. Защита информации. Учебное пособие. – Алматы: АУЭС, 2010.
- [3] Технические средства и методы защиты информации. Учебник для вузов / А.П. Зайцев, А.А. Шелупанов, Р.В. Мещеряков. Под ред. А.П. Зайцев и А.А. Шелупанова. – 7-е изд., испр. – М.: Горячая линия – Телеком, 2017. – 442 с.: ил.
- [4] Бузов, Г.А. Защита информации ограниченного доступа от утечки по техническим каналам. – М.: Горячая линия – Телеком, 2017. – 586 с., ил.
- [5] СТ РК ГОСТ Р 51275-2006 Защита информации. Объект информатизации. Факторы, воздействующие на информацию. Общие положения.

[6] СТ РК 1700-2007 Техническая защита информации в служебных помещениях. Общие технические требования.

[7] Технические средства и методы защиты информации. Учебник для вузов / А.П. Зайцев, А.А. Шелупанов, Р.В. Мещеряков. Под ред. А.П. Зайцев и А.А. Шелупанова. – 7-е изд., испр. – М.: Горячая линия – Телеком, 2017. – 442 с.: ил.

[8] СТ РК 1698-2007 Защита информации. Защита информации от технических разведок от ее утечки по техническим каналам на объекте средств вычислительной техники.

[9] Пашук, М.Ф., Панычев, С.Н., Суворцев, С.В. Универсальный показатель для оценки эффективности маскирующих и имитационных радиопомех. [Электронный ресурс] – <http://www.ntc-reb.ru/article13.html>

[10] СТ РК 34.021-2006 Защита информации. Технические средства защиты информации. Генераторы пространственного зашумления. Общие технические требования.

[11] СТ РК 34.013-2002 Информационная технология. Защита информации от утечки по каналу побочных электромагнитных излучений и наводок при ее обработке на средствах вычислительной техники. Общие технические требования.

[12] Интернет ресурс <https://www.bsca.by/ru/registry-testlab/get-file?id=16572>

Смайлов Н.К., Батыргалиев А.Б.

**Отандық және шетелдік электромагниттік кеңістіктік шу генераторларының сипаттамаларын салыстырмалы талдау**

**Түйіндеме.** Бұл мақалада жанама электромагниттік сәулелену есебінен ақпарат таралуының техникалық арналары бойынша ақпаратты қорғаудың жалпы тәсілдері қарастырылады. Сынмен бірге басты назар, белсенді әдістер мен қорғау құралдарына жасалды.

Кеңістіктік электромагниттік шу генераторларна қойылатын талаптарды реттейтін Қазақстан Республикасының, Ресей Федерациясының, Беларусь Республикасының және Украинаның негізгі ұлттық стандарттарын және заңнамасын, сондай-ақ отандық және шетелдік өндірушілердің дайын шешімдерінің техникалық сипаттамаларына салыстырмалы талдау жүргізілді.

**Түйін сөздер:** кеңістіктік шу генераторы, жанама электромагниттік сәулелену, электромагниттік шу, бүркемелеу шу, белсенді қорғау құралдары.

UDK 004.896

**A.Nurlanuly<sup>1</sup>, N.A. Daurenbayeva<sup>2</sup>**

(Institute of Power Engineering and Heat Engineering,

Almaty University of Power Engineering and Telecommunications<sup>1</sup>,

Institute of Informational and Telecommunication Technologies, KazNRTU named after K. I. Satpayev<sup>2</sup>,  
Almaty, Kazakhstan.

E-mail: [almas777777@mail.ru](mailto:almas777777@mail.ru)

### **SMART TEMPERATURE REGULATOR AS ONE OF BEMS-SYSTEMS**

**Abstract.** The article deals with some types of smart temperature regulators. Particular attention is paid to Building Energy Management Systems (BEMS) is a system that monitors and controls mechanical equipment in a building. The article presents the currently relevant types of smart temperature regulators, as well as their functional characteristics. The author comes to the conclusion that the location of the temperature regulators in the room, the sensitivity level of the built-in sensor and the power source are critical for making effective management decisions.

**Key words.** Building Energy Management Systems (BEMS), smart temperature regulators, heating system, ventilation and air conditioning (HVAC), geolocation, individual room control and remote control.

УДК 004.896

**А. Нұрланұлы<sup>1</sup>, Н.А. Дауренбаева<sup>2</sup>**

(Алматинский университет энергетики и связи<sup>1</sup>, Институт информационных и телекоммуникационных технологий, КазННТУ им.К.И.Сатпаева<sup>2</sup>, Алматы, Республика Казахстан)

E-mail: [almas777777@mail.ru](mailto:almas777777@mail.ru)

### **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕРМОСТАТЫ КАК ОДИН ИЗ ВИДОВ BEMS-СИСТЕМ**

**Аннотация.** В статье речь идет о некоторых видах интеллектуальных термостатов. Особое внимание уделено Building Energy Management Systems (BEMS)-системе, которая мониторит и контролирует механическое оборудование в здании. В статье представлены актуальные на сегодняшний день виды интеллектуальных термостатов, а также их функциональные характеристики. Автор приходит к выводу: что расположение термо-



стата в комнате, уровень чувствительности встроенного сенсора и источник питания являются критическими для принятия эффективных управленческих решений.

**Ключевые слова:** Building Energy Management Systems (BEMS)-система, интеллектуальные термостаты, системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (ОВК), геолокация, покомнатное и удаленное управление.

**Введение.** Среди всех секторов энергопотребления здания и жилые комплексы, согласно отчетам Министерства энергетики США (DOE), более трети (до 40%) общего мирового энергопотребления и более двух третей потребления электроэнергии относятся к жилому/коммерческому секторам зданий [1]. В среднем, более 50% энергии, потребляемая зданиями, приходится на системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (ОВК) [2, 3], в то время как в таких регионах, как Австралия и Ближний Восток этот показатель может достигать 70% [4, 5]. Кроме того, одной из основных проблем, с которой предстоит столкнуться в ближайшее время, является увеличение спроса на электроэнергию. Действительно, в ближайшее десятилетие спрос на электроэнергию возрастет на 19%, когда как существующие мощности смогут повысить свою производительность лишь на 6% [6]. Одним из способов снижения энергопотребления здания и повышения эффективности является внедрение систем оптимального управления энергоснабжением зданий. Для описания подобных систем применяется термин BEMS-системы определяют, как энергоэффективную вычислительную систему управления, установленная в зданиях. BEMS-система мониторит и контролирует механическое и электрическое оборудование в здании, такое как система вентиляции, освещение, инженерные системы, пожарная система и системы безопасности в целом [7].

Одним из видов BEMS-системы является набирающие популярность интеллектуальные термостаты, направленные на покомнатное управление системами отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (ОВК) в здании [8-10]. Анализ исследований в области энергосбережения зданий доказывают о возможности снижения потребления энергии до (20...30)% за счет сокращения (отключения) отопления или кондиционирования зданий во время отсутствия жильцов или даже в ночное время.

**Методы.** Для решения данной проблемы в настоящее время разрабатываются интеллектуальные термостаты с функциями адаптации к комфортным режимам жизнедеятельности обитателей домов, основанные на алгоритмах нечеткой логики и беспроводных сенсорных систем. Кроме того, данные термостаты автоматически изучают графики посещения жильцов путем установки в контрольных зонах датчиков движения, и при обнаруживании активности определяют, как занятые зоны. Анализ показывает, что этот подход широко используется сегодня в интеллектуальных термостатах и системах домашней автоматизации, хотя датчики движения, как известно, пока ненадежны: они могут не обнаружить присутствие человека, если человек не находится в поле зрения датчика или сидит долгое время неподвижно (например, смотрит телевизор или спит). Так, авторы работ [11, 12], для более точного определения присутствия жильцов в здании, предлагают размещать датчики движения в таких зонах как коридоры, фойе и дверные проемы, где люди всегда находятся в движении. По результатам их исследований данная концепция позволяет на 95% точнее определить присутствие людей в доме и сокращает случаи нарушения комфортных условий на 30%.

**Результаты.** Проведенный анализ показывает, что представленные в настоящее время на мировом рынке интеллектуальные термостаты: Honeywell Evohome, Heatmiser Neo, Tado, Nest, Climote, Heat Genius, Hive Active Heating, EcoBee (названия термостатов не имеют перевода на русском языке) (рис.1) обладают следующими функциями:

1. *Обучение:* интеллектуальный термостат отслеживает за графиком и заданными комфортными условиями отопления дома и тем самым перепрограммирует себя (то есть автокалибруются) для оптимального управления системой теплоснабжения.

2. *Геолокация:* используя GPS-навигатор смартфона хозяина, интеллектуальный термостат определяет местонахождение жильцов, и соответственно включает/отключает систему отопления в нужное время.

3. *Обнаружение активности:* мониторинг обнаружения прихода и ухода жильцов из дома, для автоматической настройки системы отопления.

4. *Учет климата на улице:* интеллектуальный термостат проверяет прогноз погоды и температуру наружного воздуха и настраивает систему отопления дома.

5. *Удаленное управление:* система позволяет удаленно управлять всеми инженерными системами дома с помощью смартфона или учетной записи на сайте.

6. *Покомнатное управление:* это возможность управлять отдельными комнатами или «зонами» в доме.



**Рис. 1.** Внешний вид некоторых интеллектуальных термостатов.

Ниже рассмотрены более подробно характеристики наиболее популярных интеллектуальных термостатов. В таблице 1 представлен сравнительный анализ функциональных параметров термостатов. По результатам сравнительного анализа представленных термостатов следует выделить самых эффективных и высокотехнологичных – Nest (3 поколение), Heat Genius. Представленные, в таблице 1, виды интеллектуальных термостатов обладают всеми функциями рассмотренные выше.

**Таблица 1. Функциональные характеристики интеллектуальных термостатов**

Наименование	Самообучение	Геолокация	Обнаружение активности	Учет наружного климата	Удаленное управление
Nest (3 поколение)	+	+	+	+	+
Netatmo Thermostat	+			+	+
Hive Active Heating 2		+			+
Tado	+	+		+	+
Honeywell Evohome					+
Heat Genius	+	+	+	+	+
Heatmiser Neo	+	+			
OWL Intuition				+	+
EcoBee3		+	+	+	+

Также были анализированные представленных термостатов с существующими системами теплоснабжения зданий (таблица 2).

Следует отметить, что показанные термостаты имеют возможность голосового управления с помощью помощника Google, Алексы из Amazon или Siri из Apple. Анализ показывает, что другое преимущество термостатов Nest – это возможность функционирование с другими электронными приборами как видеонаблюдение, датчики дыма, вентиляция и т.п. Однако, необходимо добавить, что несмотря на всю технологичность современных коммерческих термостатов, принятие решений при управлении системой теплоснабжения происходит по стандартной логике, не учитывая при этом теплофизические характеристики строительных конструкций здания, влияние солнечного излучения на тепловой баланс зданий.

Один из недостатков таких термостатов, что они «слепы» [13] к структурным и тепловым характеристикам здания. Результаты экспериментов, представленные в этой работе, показывают, что расположение термостата в комнате, уровень чувствительности встроенного сенсора и источник питания являются критическими для принятия эффективных управленческих решений. Другой недостаток, что для управления зданием в целом, необходимо в каждой комнате устанавливать термостат, что сильно повышает стоимость системы в целом.

Таблица 2. Совместимость выше представленных термостатов с системами теплоснабжения

Наименование	Система отопления	Водяное отопление	Теплые полы
Nest (3 поколение)	Комбинированные, системные и тепловые котлы (+ тепловые насосы с воздушным и геотермальными источниками тепла), системы отопления с технологией OpenTherm	+	+ (водяное)
Netatmo	Газовые, топливные и котлы на дереве (+ некоторые тепловые насосы)	-	-
Hive Active Heating 2	Газовые, нефтяные котлы (+ некоторые электрические котлы)	+	+ (водяное)
Tado	Комбинированные, системные и тепловые котлы (+ тепловые насосы только для отопления)	+	+ (водяное/электрическое)
Honeywell Evohome	Газовые, комбинированные, системные котлы	+	+ (водяное)
Heat Genius	Котлы газовые, нефтяные и на биомассе (+ тепловые насосы)	+	-
Heatmiser Neo	Комбинированные котлы	+	+ (водяное/электрическое)
OWL Intuition	Газовые и нефтяные котлы	+	-
EcoBee3	Газовые, нефтяные и электрические котлы	-	-

**Обсуждение.** На рынке существуют большое количество интеллектуальных термостатов, представляющих собой готовое решение с функциями самообучения под любые режимы комфорта пользователя, геолокации для своевременного включения/отключения инженерных систем здания, учета наружного климата и удаленного управления всеми системами в доме. Однако, принятие решений при управлении системой теплоснабжения пока происходит по стандартной логике, не учитывая при этом теплофизические характеристики строительных конструкций здания, влияние солнечного излучения на тепловой баланс зданий и пр.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Farmani F., Parvizimosaed M., Monsef H., Rahimi-Kian A. A conceptual model of a smart energy management system for a residential building equipped with CCHP system // *Electrical Power and Energy Systems*. - 2018. - p. 523-536.
- [2] Chaouch, H., & Slama, J. B. H. Modeling and simulation of appliances scheduling in the smart home for managing energy // *International conference on electrical sciences and technologies in Maghreb, CISTEM*. - 2014. - pp. 1–5.
- [3] Chen, C., Wang, J., Heo, Y., & Kishore, S. MPC-based appliance scheduling for residential building energy management controller. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 4(3). - 2013. - p. 1401–1410.
- [4] Fantì M.P., Mangini A. M., Roccotelli M. A simulation and control model for building energy management // *Control Engineering Practice*. - 2018. - p. 192-205.
- [5] Park J.Y., Nagy Z. Comprehensive analysis of the relationship between thermal comfort and building control research - A data-driven literature review // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. - 2018. - p. 2664-2679.
- [6] Francisco J. M., Sanz R., Corredera A., Serna V. Building Energy Management System (BEMS) definition // отчет проекта реализуемого и финансируемого в рамках программы Европейского Союза Horizon 2020. - 2016. - с. 101.
- [7] Elahe Soltanaghaei, Kamin Whitehouse. Practical occupancy detection for programmable and smart thermostats // *Applied Energy*. - 2017. - p. 14.
- [8] Azim Keshtkar, Siamak Arzanpour. An adaptive fuzzy logic system for residential energy management in smart grid environments // *Applied Energy*. - 2016. - p. 14.
- [9] Na Yua, Saran Salakijb, Rafael Chaveza, Samuel Paoluccia, Mihir Sena, Panos Antsaklis. Model-based predictive control for building energy management: Part II – Experimental validations // *Energy and Buildings*. - 2017. - p. 19-26.

[10] Lund H., Ostergaard P.A., Connolly D., Mathiesen B. Smart Energy and Smart Energy Systems // Manuscript. - 2017. - p. 21.

[11] Killian M., Zauner M., Kozek M. Comprehensive smart home energy management system using mixed integer quadratic programming // Applied Energy. - 2018. - p. 662-672.

[12] Tao Cui, Joseph Carr, Alexander Brissette, Enrico Ragaini Connecting the Last Mile: Demand Response in Smart Buildings // 8th International Conference on Sustainability in Energy and Buildings, SEB-16, 11-13 September 2016, Turin, ITALY. - 2016. - p. 720-729.

[13] Stefanovic A., Gordic D. Modeling methodology of the heating energy consumption and the potential reductions due to thermal improvements of staggered block buildings // Elsevier. Energy and buildings. – 2016.– с. 244 – 253.

Нұрланұлы А., Дауренбаева Н.А.

#### **ВEMS-жүйелерінің бірі – зияткерлі термостаттар**

**Түйіндеме.** Мақалада зияткерлі термостаттардың кейбір түрлері келтірілген. Солардың ішінде Building Energy Management Systems (BEMS)-жүйелеріне ерекше назар аударылған. Аталған жүйе ғимараттағы механикалық жабдықты қадағалап бақылайды. Сонымен қатар, қазіргі уақытта өзекті зияткерлі термостаттардың түрлері мен олардың функционалды сипаттамалары келтірілген. Сараптама жүргізу нәтижесінде автор тұжырымдамаға келді: термостатты бөлмеде орнатқанда, ішкі датчик пен қуат көзінің сезімталдық деңгейі тиімді басқару шешімдерін қабылдау үшін маңызды.

**Түйінді сөздер:** ВEMS-жүйе, зияткерлі термостат, жылыту, желдету және ауаны баптау жүйелері, геолокация, бөлмелік және қашықтық басқару.

УДК 58.02

**M.M. Dauletbayeva<sup>1</sup>, S.M. Dzhamilova<sup>1</sup>, A.S. Satarbayeva<sup>1</sup>, A.T. Umbetbekov<sup>1</sup>, N.S. Bergeneva<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

<sup>2</sup>Abay Kazakh National Pedagogical University, Kazakhstan, Almaty

e-mail: marjandmm19@gmail.com)

#### **PLANTS ASSOCIATION RESISTANT TO MAN-MADE FACTORS**

**Abstract.** Production poisonous and toxic compounds have a detrimental effect on the vital activity of plants. This leads to a decrease in their number, which delays their distribution in the environment and displaces them from the natural. Plants are an important component of the substances circulation in nature. In the photosynthesis process oxygen is formed a content in the air, and toxic substances are accumulated. Plants, which growing in environments with a high man-made load are involved in habitat regulation. Particular attention was paid to monitoring the composition of flora, vegetation cover, location and prevalence in the natural environment near the Thermal Power Plant (TPP)-2.

**Key words:** production, soil contamination, plants association.

**M.M. Даулетбаева, С.М. Джамилова, А.С. Сатарбаева, А.Т. Умбетбеков, Н.С. Бергенева**

<sup>1</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы

<sup>2</sup>Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Қазақстан, Алматы

e-mail: marjandmm19@gmail.com)

#### **АНТРОПОГЕНДІ ФАКТОРЛАРҒА ТОЛЕРАНТТЫ ӨСІМДІКТЕР ҚАУЫМДАСТЫҒЫ**

**Түйіндеме.** Өндіріс орындарынан таралған улы және уытты қосылыстар өсімдіктердің тіршілігіне зиянды әсер етуде. Олардың санының азаюына әкеліп, ол ортада таралуын шектеп табиғи ортадан ығыстырып шығаруда. Ал өсімдіктер табиғатта заттар айналымына қатысатын маңызды компонент. Фотосинтез үрдісін жүргізе отырып ауадағы оттегінің мөлшерін қалыптастырып, улы қосылыстарды өзінде жинақтайды. Антропогендік факторлар жүктемесі жоғары орталарда өскен өсімдіктер сол ортаны реттеуге қатысады. Мониторинг жұмысында ЖОЭ-2 маңында табиғи жағдайда өскен флораның түрлік құрамы, жамылғысы, кездесуі мен көп таралуына назар аударылды.

**Кілт сөздері:** өндіріс, топырақтың ластануы, өсімдіктер бірлестігі.

Ел экономикасының өзекті салалары болып табылатын өндірістік кешендер қалаларда шоғырланған. Сол өндірістер жұмыс жасауда елеулі түрде қоршаған ортасына азды-көпті әсер етеді.

Өндірістің маңында топырақ, су және ауа алуан түрлі зиянды заттармен ластанған. Ол зиянды заттар осы ортада өскен өсімдіктер жамылғысына жүктеме түсіріп, түрлі дәрежеде әсер етіп, олардың

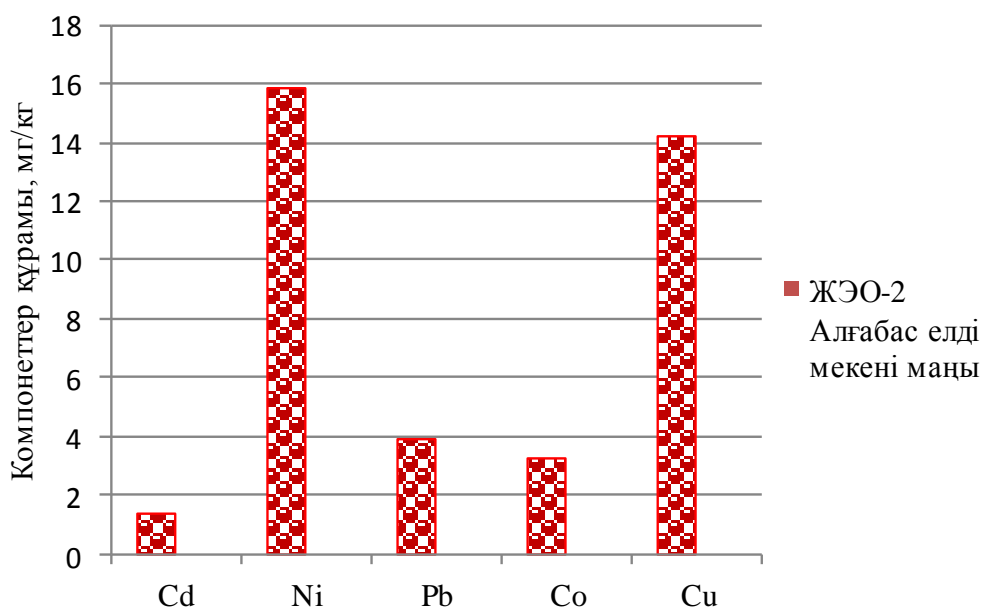
экологиялық жағдайын төмендете түсуде. Өсімдіктер дүниесі қоршаған ортаның экологиялық жағдайының қалыпты мөлшерден өзгеруіне өте сезімтал келеді. Ал сол факторларға табиғи компоненттер белгілі дәрежеде бейімделе бастайды және төзімділік білдіреді. Бүгінгі күнде антропогенді факторлар экожүйенің компоненттерін өзгеріске ұшырататын экологиялық фактор болып орнықты.

Осыған байланысты талдау жұмысы қырық жыл бұрын пайдаланылуға берілген Алматы қаласының 80%-ын жылумен қамтамасыз ететін №2 Алматы жылу электр орталығы – оңтүстік аймақтағы ең ірі энергетикалық кешенінің маңында өсетін өсімдіктер қауымдастығына, бүгінгі күнде қалыптасқан флорасының тізімін жасауға, олардың түрлік құрамын анықтауға бағытталып отыр.

**Зерттеу әдістері.** Техногенді аумақтағы өсімдіктер жамылғысы өсімдіктерді зерттеудегі жалпы әдіспен жүргізілді.

Топырақтың химиялық құрамы СТ ҚР ИСО17294-2-2006 бойынша анықталды.

**Зерттеу нәтижелері.** Алматы ЖЭО-2 орталығына жақын Алғабас елді мекені төңірегіндегі топырағының химиялық құрамына талдама жасалған, ол туралы мағлұматтар сурет 1 көрсетілген.



Сурет 1. Топырақтың құрамының химиялық құрамының талдамасы.

Топырақтың құрамында кадмий 1,36 мг/кг, никель 15,8 мг/кг, қорғасын 3,91 мг/кг, кобальт 3,21 мг/кг және мыс 14,2 мг/кг мөлшерінде жинақталған.

Осындай көрсеткіштегі топырақ жамылғысында өсімдіктер қауымдастығынан **жоңышқа туысы** люцерна, кәдімгі мыңжапырақ, кәрікыз, қалуен, кәдімгі қоңырбастар өскен.



Сурет 1. ЖЭО-2 маңындағы өсімдіктер ассоциациясы.

ЖЭО-2 кешеніне іргелес жатқан Алғабас елді мекені маңында өсімдіктің бір түрі жоңышқа туысы люцерна- *Medicago* таралған. Ол кіндік тамырлы, тамырының ұзындығы 1,5 м-ге дейін жететін өсімдік. Қоршаған ортаны экологиялық жағдайына біршама толерантты. Яғни, құрғақшылыққа, сортаң және сор топырақтарға жақсы бейімделген. Ол топырақтың құнарлылығын арттырып, онда эрозияның дамуына жол бермейді. Сонымен қатар топыраққа техногендік әсерді төмендетеді, яғни топырақта агротехникалық өңдеу жұмыстарын азайтады. Техногендік әсерге ұшыраған жерді оңтайландыруда жүйелі фактор болады.

Экологиялық жағдайы біршама төмен аумаққа бейімделіп өсетін өсімдіктің келесі түрінен астралылар тұқымдасы латынша *Asteraceae*, немесе күрделі гүлділер латынша *Compositae* — қос жарнақты өсімдіктер таралған. Күрделігүлділер тұқымдасына жататын өсімдіктер гүлді өсімдіктердің қосжарнақтылар класының ең көп тараған тобы болып табылады. Жер жүзінде, Арктика және Антарктида мұздарының өзге таралу аймақтарының барлығында 1300 туысқа бірігетін 25 мыңнан астам түрі бар. Қазақстанда 140 туысы, 700-дей түрі кездеседі. Күрделігүлділер өсу аймағына байланысты шөптесін өсімдік, шала бұта түрінде, шырмауық кейбір түрлері ағаш түрінде өседі. Олар екі не көп жылдық өсімдіктер. Әр түрлі ортада таралуына байланысты экологиялық жағдайы төмен ортаға да толерантты келеді.

Өндірістік кешен маңына бейімделіп өскен өсімдік кәдімгі мыңжапырақ-*Achillea millefolium*. Өсімдік топырақтың құнарлылығын талғамайды, бірақ өте қышқылдық және сілтілі топырақта өспейді және көлеңкеге төзімсіз келеді. Антропогендік ландшафтарда, егістік жерлерде, шөлді жерлерде, шабындықтарда, жайылымдарда және қоқыс орындарында да өседі. Сондықтан жылу орталығының маңында өсіп қоршаған ортасында фотосинтез үрдісінің жүруіне және табиғи ортасының жақсаруына әсерін тигізеді.

Өндірістің маңында өсімдіктер фитоценозын құрайтын келесі түрі кәрікыз латынша *Lappula*. Ол айлауықтар тұқымдасына жататын бір, екі немесе көп жылдық шөптесін өсімдіктер. Қазақстанда өсетін 32 түрі бар, оның он бірі эндемик. Бұлардың биіктігі 5 – 20 кейде 60 см-дей жетіледі. Сабағы тік, ұшына қарай бұтақталып келеді. Өсімдік сор және тыңайған жерлері мен жол жағаларында өсуінен урбандалған ортаның маңызды өсімдігіне жатады.

Фитоценоздың келесі түрін күрделі гүлділер тұқымдасына жататын кәрікыз өсімдігі құрайды. Ол бір жылдық, биіктігі 50-70 см аралығында, жапырақтары жазылған алақан тәрізді үшбұрыштылау болып келеді. Оның жиектері ара тісті, жапырақ асты бозғылт, қатқыл түкше түрінде жетіледі. Ол жол жағасында, егістік басында, арасында, өзен бойларында өсе береді. Тұқымы топыраққа ілінсе болғаны жағдай талғамай көктеп өсіп, жеміс береді. Сондықтан ластанған ортада өсіп-жетіліп, оның экологиялық жағдайын оңтайландыруда маңызды роль атқарады.

Раушангүлділер тұқымдасынан қала гравилаты жылу орталығының маңында өскен. Қала гравилаты латынша *Geum urbanum*-раушангүлділер тұқымдасы шыршай туысына жататын шөп тектес, көп жылдық өсімдік. Сабағы тік өседі, биіктігі 30-60 см-ге дейін жетеді. Бұтақтары аз, төменгі жағындағы жапырақтарының сағақтары ұзын, қауырсын тәрізді болады. Ал жоғарғы жағындағы жапырақтарының сағақтары қысқа, 3-4 салалы немесе бүтін болып келеді. Шалғынды жерлерде, ормандарда, бұталарадың арасында, өзендердің жағаларында, бақшаларда, шөлді жерлерде өсіп, топырақ талғамайтын өсімдік. Сондықтан да ЖЭО-2 маңында өсіп, сол ортаның экологиялық жағдайына бейімделе отырып табиғи үрдіске жағымды әсер етеді.

Астық тұқымдас қоңырбастылар латынша *Poaceae* – дара жарнақты бір және көп жылдық дүние жүзінде кең таралған шөптесін өсімдіктер. Оның 650-дей туысы, 10 мыңнан аса түрі белгілі.

Қазақстанның барлық облыстарына тараған 83 туысы, 418 түрі бар. Астық тұқымдасының тамырлары шашақты келеді, ал сабағы жұмыр, іші қуыс, бунақтармен бөлінген. Кейбіреуінің буын аралықтары жұмсақ ұлпалы келеді. Сабақтарының ұзындығы 1–2 см-ден 30–40 см-ге дейін жетеді. Сондай-ақ оларды мәдени орындарды көгалдандыру және құм тоқтату үшін де өсіреді. Урбандалған ортаға төзімді өсімдіктің бірі.

Елді мекен маңында өсіп жетілетін өсімдіктің бір түрі қалуен туысы - *Sonchus L*. Егістік қалуені – *Sonchus arvensis* күрделігүлділер тұқымдасына жататын, көп жылдық шөптесін өсімдіктер. Қазақстанда шалғында, өзен-көл жағалауында, бұта арасында, жол жиегінде, арамшөп ретінде егістікте, бау-бақшада өседі. Ылғалдылықты көбірек қажет етеді және оның тамыры аса тереңге бойламайды. Әрбір жаңа пайда болған өркен өзінің тамыр жүйесін түзеді. Сол себепті қатты көбейген кезде, тамырлары топырақтың жоғарғы қабаттарын тегіс жайылады.

Тамыры морт сынғыш, тамырларының 3см-лік бөліктерінің өзі жаңа өсімдік бере алады. Сондықтан экологиялық жүктемесі жоғары ортада қоршаған ортасының жағдайын жақсартуға қолайлы өсімдіктің бірі. Себебі өскен ортасында өсімдік тұқымдары және атпа тамырлары арқылы өте тез көбейеді. Аtpалы тамырының ұзындығы 10- 16 см, гүлі көбіне сары, гүлшоғыры сыпыртқы тәрізді. Жаздық және отамалы дақылдар егісінде тараған зиянды түрге жатады.

Кәдімгі қоңырбас *Poa trivialis* нәрлі заттармен жақсы қамтамасыз етілген саздақ топырақтарда, жол жиектерінде өседі. Көп жылдық өсімдік, жер бетінде орналасқан өркендері шым түзеді. Негізгі өсуі көктем мен күз мезгілінде жүреді. Жер бетіне өсіп шығатын өркендері бар.

Қоршаған ортасы ластанған ортада өсіп таралған өсімдіктің келесі түрі шалғындық атқонак *Ph.pratensis* гүлдегенге дейін жасыл түсті, гүлдеген кезде сиякөк түсті келген собық гүлшоғырының жоғары бөлігі доғалданған. Мал азығы ретінде жиі егіледі. Шалғын атқонак ластанған ортаның өсімдіктер бірлестігін түзіп шоғырланған.

Мысыққұйрық туысы - *Polypogon* бір жылдық өсімдік. Сортаң-шөлді жерлерде, өзен, көл және жылғалардың жағалауында өседі. Биіктігі 3-40 см.

### **Қорытынды**

Алматы ЖЭО-2 орталығына жақын Алғабас елді мекені - төңірегінде антропогендік жүктемесі жоғары орта. Талдау жұмысында топырағы мен ауасы ластанған атаулы ортада өсімдіктердің техногенді орта жағдайына тұрақты өсімдіктер бірлестігі таралғаны анықталды. Көптеген жабайы өсімдіктер, әдетте, топырақта және атмосферада улы заттардың жоғары концентрацияларын қабылдайды және олардың тіршілік әрекеттеріне зақым келтірместен олардың сабағы, тамыры және жемістерінде белсенді түрде жинақталады. Соңғы жылдары өсімдіктерге элементтердің түсуі мен жинақталуы сипатына антропогендік факторлар көп әсер етті.

Антропогендік факторларға төзімді өсімдіктер жамылғысы қоршаған ортасының тепе теңдігін тұрақтандыруда маңызды роль атқарады.

### **ӘДЕБИЕТТЕР**

- [1] Баландин С.А., Абрамова Л.И., Березина Н.А. Общая ботаника с основами геоботаники. – М.: Академия, 2006. – 293 с.
- [2] Ботаника с основами фитоценологии. / Т.И. Серебрякова, Н.С. Воронин, А.Г. Еленевский и др. – М.: Академкнига, 2006. – 543 с.
- [3] Глухов А.З. Современная концепция развития промышленной ботаники / А.З. Глухов, А.И. Хархота // Промышленная ботаника. – 2006. – Вып.6. – С. 3 – 14.
- [4] Афанасьева Н. Б. Экология растений.— М.: Изд. Юрайт, 2018. — 411 с.
- [5] Демина М.И, Соловьев А.В., Четкина Н.В. Геоботаника с основами экологии и географии растений. – М.: ФГБОУ ВПО РГАЗУ, 2013. – 148 с.
- [6] Степановских А.С. Биологическая экология . – М.: 2009.
- [7] Ахметова А. Экологическая морфология растений. Учебное пособие.- А.: 2013. -139 с.
- [8] Қабышева Ж.К. Топырақтану.- Алматы, 2013. -215 с.
- [9] Калыгин В.Г. Промышленная экология. М.: Академия, 2010.
- [10] Говорушко С.М. Взаимодействие человека с окружающей средой. М.,2007.
- [11] Оразбаев Ә. Е. Экотоксикология. А.: 2014. -277 с.
- [12] Эбель А. Охрана и рациональное использование природных ресурсов. Учебник. 2-е изд.-М.: 2011.
- [13] Калыгин В.Г. Промышленная экология. М.: Академия, 2010. -432 с/
- [14] Белов С.В. Техногенные системы и экологический риск. М.: Изд. Юрайт, 2018.- 434 с.
- [15] Гутенев В.В. Экология города. М.-Волгоград: ПринТерра-Дизайн, 2010. -816 с.

Даулетбаева М.М., Джамилова С.М., Сатарбаева А.С., Умбетбеков А.Т., Бергенева Н.С.

### **Ассоциация растений, толерантных к антропогенным факторам**

**Резюме.** Ядовитые и токсичные соединения с производства оказывают пагубное влияние на жизнедеятельность растений. Это приводит к уменьшению их количества, что задерживает распространение их в окружающей среде и вытесняет из естественной. Растения являются важным компонентом круговорота веществ в природе. В процессе фотосинтеза формируют содержание кислорода в воздухе, а также накапливают токсичные вещества. Растения, произрастающие в средах с высокой антропогенной нагрузкой, участвуют в регулировании среды обитания. Особое внимание было уделено мониторингу состава флоры, растительному покрову, нахождения их и распространенности в природной среде вблизи ТЭЦ-2.

**Ключевые слова:** производство, загрязнение почвы, растительные ассоциации.

УДК 004.051

**Y.A. Kozak, I.G. Kurmashev**

(North Kazakhstan State University named after M. Kozybayev, Petropavlovsk, Kazakhstan)

E-mail: k.elelochka@mail.ru

### **ANALYSIS OF MOBILE DEVICES EFFECTIVE USE AND TECHNOLOGIES WITHIN THE PROCESS OF EDUCATION AT THE UNIVERSITY**

**Abstract.** This paper presents an analysis of the use of a mobile training course that is available simultaneously from a stationary computer and as an independent mobile application. Experimental testing of the developed dynamic program of the discipline, as a means of training IT specialists in a higher educational institution, was carried out. The effective use of mobile technology within the process of education at the university has been proved.

**Key words:** mobile technologies, mobile learning, experimental research, learning efficiency.

**Е.А. Козак, И.Г. Курмашев**

(Северо-Казахстанский государственный университет им. М.Козыбаева, Петропавловск, Казахстан)

E-mail: k.elelochka@mail.com

### **АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ И ТЕХНОЛОГИЙ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ВУЗА**

**Аннотация:** Дан анализ использования мобильного учебного курса, доступного одновременно со стационарного компьютера и в виде самостоятельного мобильного приложения. Проведена опытно-экспериментальная апробация разработанной динамической программы дисциплины, как средства подготовки IT-специалистов в высшем учебном заведении. Доказана эффективность применения мобильных технологий в учебном процессе вуза.

**Ключевые слова:** мобильные технологии, мобильное обучение, экспериментальное исследование, эффективность обучения.

**Введение.** Принципиальные изменения, произошедшие в экономике и обществе за последние 20 лет, вызвали необходимость приведения казахстанского образования в соответствие новым реалиям. В стране созрело понимание определяющей роли образования в развитии всех составляющих нашей жизни, государством стало уделяться повышенное внимание к проблемам его качества и эффективности. В настоящее время система образования Казахстана находится в состоянии модернизации, которая обусловлена общими тенденциями мирового развития, прежде всего – переходом к информационному обществу.

Бурное распространение портативных устройств и появление новых мобильных технологий побудило исследователей рассмотреть возможность использования их в качестве нового средства обучения [1-7]. Так, согласно данным «Kcell: отчет о тенденциях в телекоммуникациях», уже сейчас 64,3% пользователей интернета в Казахстане выходят во всемирную сеть через мобильный телефон, при этом 31,3% из них делают это несколько раз в неделю, а 11% – каждый день. Среди молодых людей в возрасте до 25 лет эта цифра еще выше – 91% [8-10].

Анализ публикаций свидетельствует о развитии перспектив мобильного обучения. В 90-х годах с появлением карманных персональных компьютеров начинается развитие и оценка мобильного обучения для студентов, появляются первые фундаментальные исследования в области мобильного обучения зарубежных ученых: Рагус М. анализирует австралийскую мобильную обучающую сеть; Кувшинов С.В. рассматривает мобильное обучение как новую реальность в образовании; Кабот А.Г., Гарсия-Лопес Е., Де-Маркос Л. предлагают концепцию адаптации учебного контента к мобильным устройствам [11]; Colace F., Де Санто М., Греко Л. рассматривали возможности среды Jini Technologies, с целью предоставления студентам возможности экспериментировать с реальными инструментами лаборатории повсюду с помощью мобильных устройств [12]. В Казахстане только начинается зарождение и становление системы мобильного обучения. Отдельные работы казахстанских ученых исследуют перспективы и некоторые возможности мобильного обучения. В данной работе представлен анализ экспериментального внедрения разработанной интеллектуальной системы мобильного обучения в учебном процессе вуза.



**Методы.** Для проверки эффективности применения мобильных технологий и устройств в учебном процессе вуза, был проведен эксперимент на базе разработанной интеллектуальной системы мобильного обучения. Программа эксперимента представлена в таблице 1.

Таблица 1. Программа эксперимента

Структурные элементы	Содержание
Тема эксперимента:	организация процесса обучения с использованием мобильных устройств и технологий.
Цель эксперимента:	определить влияние использования мобильного устройства на уровень знания изучаемого материала.
Объект эксперимента:	образовательный процесс.
Предмет эксперимента:	форма занятия с применением мобильного устройства.
Задачи эксперимента:	– создать условия для проведения эксперимента; – проверить гипотезу экспериментальным путем; – выявить степень эффективности использования в учебном процессе мобильных технологий и разработанного интеллектуального мобильного курса, на примере изучения IT-дисциплин; – обработать и интерпретировать полученные результаты.
Нейтральная характеристика:	содержание учебной программы.
Контрольная характеристика:	уровень усвоения материала по изучаемой теме.
Факторная характеристика:	методика преподавания дисциплины.
Экспериментальная ситуация:	изучение IT-дисциплин с помощью мобильных устройств.

Уравнять все условия и потенциальные способности самих учащихся в контрольной и экспериментальной группе практически невозможно. Поэтому для повышения надежности результатов и выводов в схеме единственного различия применялся прием, когда экспериментальный и контрольный объекты меняются попеременно местами. В эксперименте одновременно участвовали две группы: контрольная группа изучала IT-дисциплины с применением общепринятой методики преподавания, а экспериментальная – в условиях внедрения в учебный процесс разработанной интеллектуальной системы мобильного обучения.

Главным условием успешного внедрения какого-либо технического средства в учебный процесс является готовность обучающихся к использованию данных средств. С целью определения технической готовности учащихся к использованию разработанной системы мобильного обучения в процессе изучения IT-дисциплин, было проведено анкетирование студентов специальностей «Информационные системы» и «Информатика» Северо-Казахстанского государственного университета им. М.Козыбаева, в котором приняло участие 115 студентов.

Результаты анкетирования показали, что смартфоны имеют 100% участников образовательного процесса, 95% из них – с выходом в интернет. Кроме того, 60% также обладают другими мобильными устройствами – ноутбуком или планшетом. Эти данные наглядно демонстрируют полную техническую готовность обучающихся к применению мобильных устройств в образовательном процессе, т.е. невыполнение работы участником учебного процесса из-за отсутствия необходимых устройств практически исключается.

Для эффективного внедрения системы мобильного обучения в учебный процесс не меньшее значение, чем техническая оснащенность учащихся, имеет их психологическая подготовленность. Она характеризуется частотой и привычкой использования функций и приложений мобильных устройств обучающимися вне учебной ситуации. Данные анкетирования свидетельствуют, что 60 – 80% обучающихся ежедневно используют приложения мобильных устройств, а также выходят с их помощью в Интернет. Полученные результаты использования мобильных устройств и приложений говорят о достаточно высоком уровне информационно-коммуникационной – мобильной компетенции обучающихся. При этом 80-100% участников образовательного процесса регулярно применяют ноутбуки и планшеты для выхода в Интернет, чтения текстов, для передачи и хранения информации.

Итак, безусловная подготовленность обучающихся к внедрению мобильных технологий и устройств в традиционный образовательный процесс неизбежно приводит к рассмотрению вопросов использования мобильных устройств для минимизации вреда от их спонтанного несанкционированного применения.

## • Технические науки

Вторая часть вопросов анкеты выявила какими приложениями мобильных телефонов пользуются студенты в процессе обучения самостоятельно.

В соответствии с рисунком 1 видно, что наибольшей популярностью среди обучающихся пользуются справочные мобильные приложения, в первую очередь справочные материалы – около 71%. 70% обучающихся отметили, что используют мобильные устройства для обратной связи с преподавателями и для обмена учебными материалами. В целом, на сегодняшний день более 95% современных обучающихся используют различные функции и приложения мобильных устройств как в процессе подготовки к занятиям по IT-дисциплинам, так и непосредственно на занятиях.

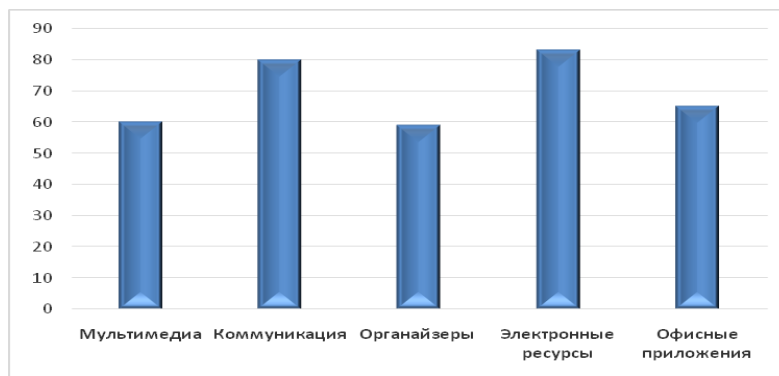


Рис. 1. Использование приложений мобильных телефонов студентами

Таким образом, большинство современных студентов и технически, и психологически готовы к использованию мобильных технологий в образовательном процессе. И уже сегодня необходимо сосредоточить внимание на новых возможностях для более эффективного использования потенциала мобильных устройств и технологий.

На втором этапе констатирующего эксперимента было проведено тестирование, которое выявило остаточные знания студентов после изучения IT-дисциплин. Характеристикой учащегося являлось число правильно решенных им заданий. Для обработки результатов тестирования был выбран U-критерий Мана-Уитни. Он позволил проверить гипотезу о том, что две выборки «одинаковы».

Первоначально был составлен единый ранжированный ряд из обеих сопоставляемых выборок, расставив их элементы по степени нарастания признака и приписав меньшему значению меньший ранг [13]. Далее были рассчитаны суммы рангов рассматриваемых выборок. Этих данных достаточно, чтобы воспользоваться формулой расчета эмпирического значения критерия. Подставив значения, получено эмпирическое значение ( $u_{эмп}$ ) равное 32. Критическое значение при уровне допустимости  $p \leq 0,05$   $u_{кр} = 15$ . Полученное эмпирическое значение больше критического ( $32 > 15$ ), следовательно, различия уровня признака в сравниваемых группах статистически не значимы.

Согласно таблицам критических значений [14], при  $n_1=8$  и  $n_2=9$ , на оси указаны критические значения  $u_{кр}$  (для  $p \leq 0,05$ )=15 и  $u_{кр}$  (для  $p \leq 0,01$ )=9. Ось значимости представлена в соответствии с рисунком 2.

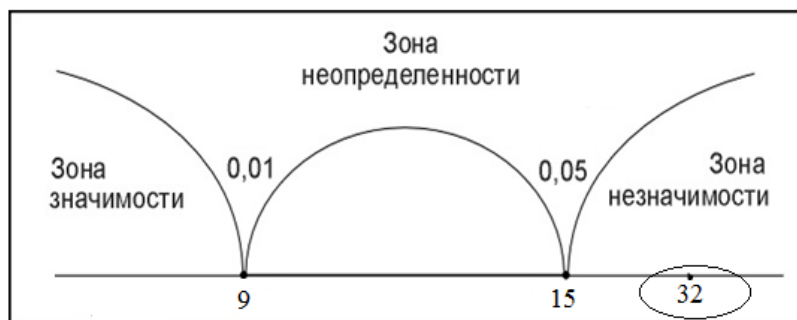


Рис. 2. Ось значимости

Полученное значение  $U_{ЭМП}$  больше табличного, следовательно принимается нулевая гипотеза – между выборками не существует статистически значимых различий, т.е. на начальном этапе эксперимента уровень знаний учащихся экспериментальной группы (группа А) не отличается от уровня знаний учащихся контрольной группы (группа Б).

Результаты начального тестирования показали, что уровень знаний учащихся в двух группах по ИТ-дисциплинам до проведения эксперимента находятся практически на одинаковом уровне. Следовательно, различия в уровне знаний среди учащихся двух групп можно считать несущественными.

**Результаты.** На заключительном этапе в течение 2016-2017 учебного года воздействие проводилось на объект А, в которой занятия проходили с применением интеллектуальной системы мобильного обучения. Контрольный этап, включающий в себя контролирующий эксперимент, ставит своей целью проверку эффективности внедрения разработанной интеллектуальной системы мобильного обучения в учебном процессе вуза.

После проведения занятий в этот период, был проведен текущий контроль, включающий 50 заданий по изученным дисциплинам. Характеристикой учащегося (признаком) являлось число правильно решенных им заданий.

Для обработки экспериментальных данных, было выделено четыре уровня знаний: очень низкий (число решенных заданий меньше 25), низкий (число решенных заданий строго больше 24, но меньше либо равно 37), средний (число решенных заданий строго больше 37, но меньше либо равно 45) и высокий (число решенных заданий строго больше 45). Так как экспериментальная и контрольная группы разных размеров, необходимо перейти от таблицы 6 к таблице 7 отличающейся от первой тем, что в ее ячейках стоит не абсолютное число учащихся группы, набравших соответствующий балл, а доля (в процентах) учащихся группы, получивших данный балл, что позволяет качественно сравнивать группы разных размеров. Распределение учащихся экспериментальной и контрольной групп по уровням знаний отражены в таблице 2.

Таблица 2. Группы учащихся по уровню знаний

Уровень знаний	Экспериментальная группа (чел.)	Экспериментальная группа (число правильных ответов)	Контрольная группа (чел.)	Контрольная группа (число правильных ответов)
Очень низкий	0	0,00%	6	23,10%
Низкий	3	13,64%	9	34,62%
Средний	11	50,00%	9	34,62%
Высокий	8	36,36%	2	7,69%

Для визуального (качественного) сравнения экспериментальной и контрольной групп была построена для них совместная гистограмма, представленная в соответствии с рисунком 3.

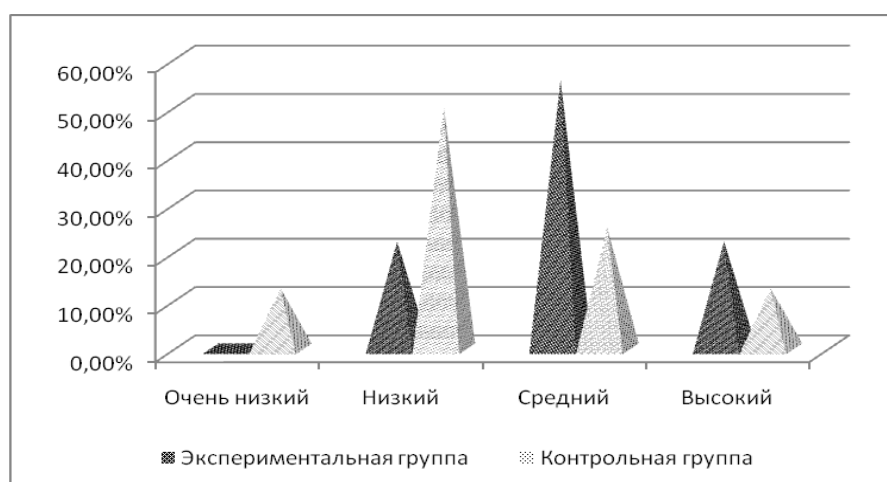


Рис. 3. Гистограмма контрольной и экспериментальной групп после проведения эксперимента

Оценка достоверности полученных результатов была произведена с помощью многофункционального статистического критерия  $\varphi^*$  – угловое преобразование Фишера. Были сформулированы следующие гипотезы:  $H_0$ : Доля лиц, успешно справившихся с заданиями, в экспериментальной группе не больше, чем в контрольной группе;  $H_1$ : Доля лиц, успешно справившихся с заданиями, в экспериментальной группе больше, чем в контрольной группе.

Распределение студентов по уровням знаний представлено в соответствии с таблицей 3.

Таблица 3. Распределение студентов по уровням знаний

Уровень знаний	Эмпирические частоты количества правильно выполненных заданий		
	Экспериментальная группа (чел.)	Контрольная группа (чел.)	Сумма
Очень низкий	0	6	6
Низкий	3	9	12
Средний	11	9	20
Высокий	8	2	10
Сумма	22	26	48

Далее необходимо определить точку максимального расхождения между двумя распределениями правильных ответов на представленные задания. Расчеты показали, что максимальная выявленная между двумя накопленными эмпирическими частотами разность составляет 0,431 в категории низкий уровень знаний. Таким образом, необходимо использовать верхнюю границу данной категории в качестве критерия для разделения выборок на подгруппу, где «есть эффект» и подгруппу, где «нет эффекта». В результате были объединены категории «очень низкий» и «низкий» уровни, с одной стороны, и категории «средний», «высокий», с другой.

В данном случае интересно, действительно ли учащиеся экспериментальной группы, имеют более высокий уровень знаний по изучаемой дисциплине, чем учащиеся контрольной группы. Поэтому условно считаем, что «эффект есть», когда результаты выполнения заданий (количество правильных ответов) попадают во вторую категорию. Для упрощения расчетов выявления различий в успешности выполнения тестовых заданий двух групп учащихся уместно перейти к таблице 5.

Таблица 5. Четырехклеточная таблица для подсчета критерия Фишера

Группа	«Есть эффект»	«Нет эффекта»	Всего
Экспериментальная группа	19 (86,4%)	3 (13,6%)	22 (100%)
Контрольная группа	12 (46,2%)	14 (53,8%)	26 (100%)
Всего	31	17	48

Для углового преобразования Фишера определяем величины  $\varphi_1 = 2,419$  и  $\varphi_2 = 1,459$  соответствующие процентным долям в каждой группе [14].

Эмпирическое значение  $\varphi^*$  в нашем случае составило 1,976. По таблице уровня статистической значимости [14] определяем, какому уровню значимости соответствует эта величина:  $p=0,024$ . С точки зрения принятых правил представления результатов в исследованиях корректно указывать, что  $p$ -уровень меньше одного из принятых критических значений, в данном случае,  $p < 0,05$  [15].

Критические значения  $\varphi_{\text{Эмп}}^*$ , уже известны:

$$\varphi_{кр}^* = \begin{cases} 1,64 & (\alpha \leq 0,05) \\ 2,31 & (\alpha \leq 0,01) \end{cases}$$

В соответствии с рисунком 4 на оси значимости отметим критические значения, определим зоны и укажем полученное эмпирическое значение.

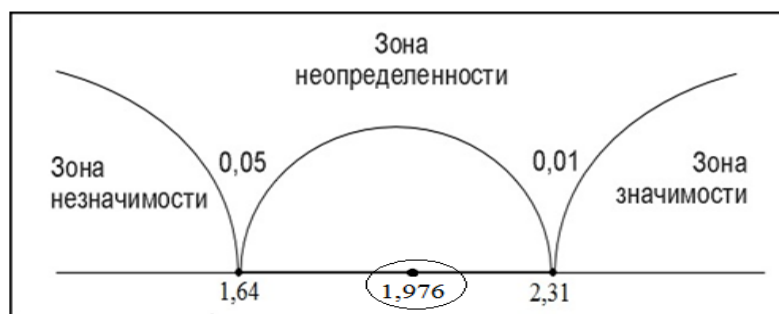


Рис. 4. Ось значимости

Полученное эмпирическое значение  $\varphi^*$  находится в зоне неопределенности. Поскольку мы находимся в пределах неопределенности, согласно рисунку 4, то в терминах статистических гипотез в данном случае принимаем гипотезу  $H_1$  на уровне значимости в 5 %. Необходимо отметить, что именно для небольших выборок в качестве «границы значимости» рекомендовано значение  $\alpha = 0,05$ . А значит, доля лиц успешно справившихся с заданиями, в экспериментальной группе превышает эту долю в контрольной группе.

Второй этап экспериментальной работы проводился в течение 2017-2018 учебного года. При этом дублировался уже состоявшийся эксперимент с единственным отличием – осуществляется замена экспериментальной группы на контрольную. Таким образом, формирующее воздействие проводилось на объект Б, т.е. экспериментальной группой выступала подгруппа Б, в которой занятия проходили с добавлением к традиционной программе экспериментальной методики преподавания дисциплин с применением мобильных технологий. После чего аналогичным образом была проведена проверка эффективности внедрения разработанной системы в учебный процесс.

Так как на первом этапе  $\varphi_{эмн} = 1,976$ , и на втором этапе экспериментальной работы  $\varphi_{эмн} = 1,733$ , что в обоих случаях больше критического значения  $\varphi_{кр} = 1,64$ , то «достоверность различий состояний экспериментальной и контрольной групп после окончания эксперимента составляет 95%». То есть, группа, где в учебном процессе применялась интеллектуальная система мобильного обучения, показывает улучшение усвоения уровня знаний у учащихся. Следовательно, «применение предлагаемого воздействия приводит к статистически значимым (на уровне 95% по критерию Фишера) отличиям результатов».

**Обсуждение.** Результаты проведенного исследования статистически подтверждают идею об актуальности применения мобильных устройств и их внедрения в учебный процесс. Нахождение критерия углового преобразования Фишера выявило, что уровень эффективности применения мобильных технологий в учебном процессе приводит к значимым изменениям качества знаний. Проведение эксперимента оказало определенное статистически значимое положительное влияние на процесс обучения.

Наблюдения и сравнительный анализ результатов обучения в группе, где мобильные технологии применяются системно, показали, что подобная организация работы является средством повышения результативности. Это новая парадигма к всестороннему развитию, получению не только профессиональных знаний, но и овладение новым опытом. Перспектива использования интеллектуальной системы мобильного обучения представляется в виде оптимального сочетания инновационных и традиционных способов реализации учебного процесса. По результатам эксперимента применение интеллектуальной системы мобильного обучения в учебном процессе заслуживает дальнейшего изучения и внедрения в образовательный процесс.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Cheon J., Lee S., Crooks S. M., Song J. An investigation of mobile learning readiness in higher education based on the theory of planned behavior, *Computers and Education*, vol. 59, no. 3, pp. 1054–1064, 2014.
- [2] Liu Y. An adoption model for mobile learning, in *Proceeding of the IADIS International Conference on e-Commerce*, Amsterdam, Netherlands, July 2015.
- [3] 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.

- [4] Ju T. L., Sriprapaipong W., Minh D. N. On the success factors of mobile learning, in Proceedings of the 5th International Conference on ICT and Higher Education, Bangkok, Thailand, 2014.
- [5] Davis F. D. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology, *MIS Quarterly*, vol. 13, no. 3, pp. 319–339, 1989.
- [6] Venkatesh V., Morris M. G., Davis G. B. User acceptance of information technology: toward a unified view, *MIS Quarterly: Management Information Systems*, vol. 27, no. 3, pp. 425–478, 2013.
- [7] 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.
- [8] StatCounter, The Statistical Portal, November 2017, <http://gs.statcounter.com/press/mobile-and-tablet-internet-usage-exceeds-desktop-for-first-time-worldwide>.
- [9] GSM Казахстан, September 2017, <http://www.investkz.com/articles/7322.html>.
- [10] Profit, Новостной сайт IT-рынка Казахстана, September 2017, <http://profit.kz/cw/>.
- [11] Cabot A.G., Garcia-Lopez E., de-Marcos L. Adapting Learning Contents to Mobile Devices and Context to Improve Students' Learning Performance: A Case Study. *Journal of Universal Computer Science*, 20(15), pp. 2032-2042. 2014.
- [12] Francesco Colace, Massimo De Santo, Luca Greco «Mobile Virtual Lab» for Supporting Engineering Curricula. *Journal of Universal Computer Science*, 20(15), pp. 2054-2067, 2014.
- [13] Тюрин Ю. Н., Макаров А. А. Статистический анализ опытных данных на компьютере / Под ред. В.Э. Фигурнова. М.: ИНФРА – М., 1998. – 528 с.
- [14] Таблицы критических значений статистических критериев. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://statexpert.org/articles>.
- [15] Афанасьев В.В., Сивов М.А. Математическая статистика в педагогике (учебное пособие) / под науч. ред. д-ра ист. наук, проф. М.В.Новикова. – Ярославль: ЯГПУ, 2010. – 76 с.

Козак Е.А., Курмашев И.Г.

**Талдау қолдану тиімділігін мобильді құрылғылар мен технологиялар**

**Түйіндеме.** Осы жұмыста ұсынылған талдау пайдалану мобильді оқу курсының, қол жетімді бір мезгілде стационарлық компьютер түріндегі дербес мобильді қосымшалар. Проведена тәжірибелік-эксперименттік апробациялау әзірленген динамикалық пәннің бағдарламасын, білім беру, IT-мамандарды даярлау жоғары оқу орнында. Тиімділігі дәлелденген қолдану мобильдік технологиялар.

**Түйінді сөздер:** мобильді технологиялар, мобильді оқыту, эксперименттік зерттеу, оқытудың тиімділігі.

УДК 314.012

**I.G. Kurmashev, O.A. Nikishina**

(North Kazakhstan State University n.a. M. Kozybayev, Petropavlovsk, Kazakhstan)

E-mail olinka\_s@mail.ru

**DEMOGRAPHIC FORECAST ON THE BASIS OF FUZZY LOGIC**

**Abstract.** This article identifies the significant role of studying the issues of the demographic development of Kazakhstan at the present stage. A method of applying fuzzy logic to forecasting demographic indicators, in particular, the population of the North Kazakhstan region, is proposed. The uncertainty of the method is determined, predictive estimates are obtained.

**Keywords:** demographic indicators, fuzzy logic, forecasting methods, population size.

**И.Г. Курмашев, О.А. Никишина**

(Северо-Казахстанский государственный университет им. М. Козыбаева, Петропавловск, Казахстан)

E-mail olinka\_s@mail.ru

**ДЕМОГРАФИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ**

**Аннотация:** В данной статье обозначена значимая роль изучения вопросов демографического развития Казахстана на современном этапе. Предложена методика применения нечеткой логики к прогнозированию демографических показателей, в частности, численности населения Северо-Казахстанской области. Определена погрешность метода, получены прогнозные оценки.

**Ключевые слова:** демографические показатели, нечеткая логика, методы прогнозирования, численность населения.

**Введение.** Президент Республики Казахстан – Лидер нации Н.А. Назарбаев в своем послании народу Казахстана «Стратегия «Казахстан – 2050: новый политический курс состоявшегося государства» выделил 10 глобальных вызовов XXI в., которые необходимо учитывать для дальнейшего успешного развития. Одним из таких вызовов является глобальный демографический дисбаланс. Президент отметил «Мы – молодая нация. Средний возраст в нашей стране составляет 35 лет. Это дает нам огромную возможность сохранить наш человеческий потенциал и правильно позиционировать себя в мире. И сегодня у нас есть хорошая база для движения вперед» [1]. Следовательно, в современных условиях изучение вопросов демографического развития Казахстана приобретает высокую значимость [2].

Определение численности и структуры населения, перспектив изменений рождаемости и смертности позволяет планировать и прогнозировать основные параметры социально-экономических процессов.

В настоящее время существует большое количество методов прогнозирования численности населения. В качестве примера можно отметить статистические, адаптивные, имитационные модели, гладкие динамические ряды, авторегрессии, когортно-компонентный метод, энтропийный [3-7].

Очень часто внедрение традиционных методов анализа и моделирование процесса изменения численности населения не дают желаемого результата и сопровождаются значительными погрешностями. Это связано с эмпирическим характером демографических данных, которые получают из переписи населения, текущего учета движения населения и т.п.

В условиях неопределенности и неоднозначности, нечеткости данных о демографических событиях предлагается применить подход в прогнозировании демографических показателей, основанный на теории нечетких множеств.

**Методы.** Для прогнозирования численности населения Северо-Казахстанской области (СКО) в качестве модели применяется нечеткий временной ряд. Входными данными для модели будут показатели численности населения с 2009 по 2017 годы и соответствующие вариации численности населения за этот же отрезок времени, представленные в таблице 1.

Таблица 1. **Динамика и соответствующие вариации численности населения СКО за период 2009–2017 гг.**

Годы	Численность населения, чел.	Вариация, чел.
2009	597 534	
2010	592 791	-4 743
2011	589 421	-3 370
2012	583 772	-5 649
2013	579 700	-4 072
2014	575 945	-3 755
2015	571 830	-4 115
2016	569 594	-2 236
2017	563 300	-6 294

Для проверки модели на адекватность, т.е. на соответствие реальному процессу, необходимо дать «ретроспективный» прогноз за прошедшие года (например, за 2016, 2017). После, провести сравнительный анализ исходных и полученных данных, оценить погрешность метода. В случае положительных результатов применить метод для перспективного расчета численности населения.

Предлагается методика прогнозирования численности населения, основанная на применении нечеткой логики [8-10]:

1. На первом этапе определяется универсальное множество  $E$ ,  $E = [V_{\min}, V_{\max}]$ , где  $V_{\min}$  и  $V_{\max}$  – наименьшее и наибольшее значение вариаций численности населения. Из таблицы 1 следует,  $V_{\min} = -2236$  (2016),  $V_{\max} = -6004$  (2017). Тогда универсальное множество можно представить следующим образом:  $E = [-2236, -6004]$ .

2. Универсальное множество  $E$  делится на несколько интервалов равной длины. Рассчитываются средние значения для каждого. В данном случае были выделены 7 интервалов, средние значения которых представлены в таблице 2.

• **Технические науки**

3. Для лингвистической переменной «Вариация численности населения» определяются лингвистические значения нечетких множеств в универсальном множестве E, которые представлены в таблице 2.

Таблица 2. Нечёткие множества в универсальном множестве E

Нечеткие множества	Лингвистические значения	Область определения нечеткого множества	Среднее значение интервалов
A1	очень низкий уровень роста численности населения	[-6 294; -5 714]	-6004
A2	низкий уровень роста численности населения	[-5 714; -5 135]	-5424
A3	нет изменений роста численности населения	[-5 135; -4 555]	-4845
A4	средний уровень роста численности населения	[-4 555; -3 975]	-4265
A5	нормальный уровень роста численности населения	[-3 975; -3 395]	-3686
A6	высокий уровень роста численности населения	[-3 395; -2 816]	-3106
A7	очень высокий уровень роста численности населения	[-2 816; -2 236]	-2526

Нечеткие множества A в универсальном множестве E определяются по формуле:

$$\mu_{A_i}(e_i) = \frac{1}{1 + [C(V - e_{cp}^i)^2]}, \quad (1)$$

где V – вариации из таблицы 1,  $e_{cp}^i$  – средние точки соответствующих интервалов, значения которых представлены в таблице 2, C – постоянное число, которое подбирается таким образом, чтобы обеспечить преобразование чётких количественных чисел в нечёткие, из интервала [0,1] (в данной работе C=0,001),  $A_i = \frac{\mu_{A_i}(e_i)}{e_i}$ ,  $e_i \in E, \mu_{A_i}(e_i) \in [0,1]$  – нечеткие множества.

4. Далее выполняется этап фаззификации исходных данных, функция принадлежности вычисляется по формуле 2. Фаззификация – это процесс или процедура нахождения значений функций принадлежности нечетких множеств (термов) на основе обычных (не нечетких) исходных данных. Фаззификацию еще называют введением нечеткости [11-13]. Результаты данного этапа приведены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты этапа фаззификации вариаций за 2009-2017 гг.

Годы	Фаззификация вариации
2009	-
2010	{(0,39/e1), (0,68/e2), (0,99/e3), (0,81/e4), (0,47/e5), (0,27/e6), (0,39/e7)}
2011	{(0,13/e1), (0,19/e2), (0,31/e3), (0,56/e4), (0,91/e5), (0,93/e6), (0,58/e7)}
2012	{(0,89/e1), (0,95/e2), (0,61/e3), (0,34/e4), (0,21/e5), (0,13/e6), (0,09/e7)}
2013	{(0,21/e1), (0,35/e2), (0,63/e3), (0,96/e4), (0,87/e5), (0,52/e6), (0,29/e7)}
2014	{(0,17/e1), (0,26/e2), (0,46/e3), (0,79/e4), (1/e5), (0,7/e6), (0,4/e7)}
2015	{(0,22/e1), (0,37/e2), (0,65/e3), (0,98/e4), (0,84/e5), (0,5/e6), (0,28/e7)}
2016	{(0,07/e1), (0,09/e2), (0,13/e3), (0,20/e4), (0,32/e5), (0,57/e6), (0,92/e7)}
2017	{(0,92/e1), (0,57/e2), (0,32/e3), (0,20/e4), (0,13/e5), (0,09/e6), (0,07/e7)}

5. Определяется базисная величина w в интервале от 1 до L, где L – это количество лет, включенных в рассмотрение и предшествующих текущему периоду. С учетом предыстории вычисляется матрица нечетких отношений по формуле:

$$R(t)[i, j] = O^w(t)[i, j] \cap K(t)[j], \quad (2)$$



где  $O^w(t)$  – операционная матрица;  $K(t)$  – матрица критерий для размера  $1 \times j$  – прогнозируемого года  $t$ ,  $i$  – количество строк, соответствующее количеству годов в последовательности  $t - 2, t - 3, \dots, t - w$ ;  $j$  – количество столбцов, соответствующее количеству интервалов вариаций. Далее определяется прогнозное значение по формуле 3 в виде нечеткого множества:

$$F(t) = [\text{Max}(R_{11}, R_{12}, \dots, R_{1j}) \dots \text{Max}(R_{i2}, R_{i3}, \dots, R_{ij}) \dots \text{Max}(R_{1j}, R_{2j}, \dots, R_{ij})] \quad (3)$$

В данных расчетах принимается  $w=6$ , тогда в дальнейшем будут использоваться данные 7 предыдущих периодов. В таблице 4 представлены результаты данного этапа для определения прогнозного значения на 2016 год в нечетком виде.

Таблица 4. Расчет прогнозируемых значений для 2016 г.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
R(2016)	0,22	0,37	0,65	0,22	0,22	0,22	0,17
	0,13	0,19	0,31	0,56	0,84	0,50	0,28
	0,22	0,37	0,61	0,34	0,21	0,13	0,09
	0,21	0,35	0,63	0,96	0,84	0,50	0,28
	0,17	0,26	0,46	0,79	0,84	0,50	0,28
F(2016)	0,22	0,37	0,65	0,96	0,84	0,50	0,28

Для остальных годов прогнозные результаты вычисляются аналогично.

б. Для дефаззификации результатов и получения четких оценок прироста численности населения используется формула:

$$V(t) = \frac{\sum_{i=1}^7 \mu_t(e_i) e_{cp}^i}{\sum_{i=1}^7 \mu_t(e_i)} \quad (4)$$

**Результаты.** По данной методике был выполнен ретроспективный прогноз численности населения СКО за 2016, 2017 года. Результаты прогноза сопоставлены с фактическими данными динамики численности населения и представлены в таблице 5. Полученная в модели нечетких временных рядов погрешность составляет 0,37%, что свидетельствует о высоком качестве модели и позволяет сделать предварительный вывод о целесообразности использования последней в целях составления демографического прогноза. По построенной модели был выполнен перспективный прогноз численности населения СКО до 2022 года.

Таблица 5. Расчет прогнозируемых значений для 2016, 2017 гг.

Год	Фактические значения, чел.		Ретроспективный прогноз, чел.		Погрешность, %
	Численность	Вариация	Численность	Вариация	
2016	569 594	-2 236	567 662	-4168	0,33
2017	563 300	-6 294	565 365	-4229	0,36

**Обсуждение.** Метод прогнозирования, основанный на нечеткой логике, позволяет получить достаточно точный демографический прогноз. Важной особенностью метода является возможность его применения при неточных или неполных исходных данных [14-15]. Применение нечеткой логики возможно не только для прогнозирования численности населения, но и для других демографических показателей. На основе рассмотренной методики планируется разработать программный продукт, который позволит автоматизировать и упростить трудоемкость расчетов по получению прогнозных результатов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Послание Президента Республики Казахстан – Лидера нации Нурсултана Назарбаева народу Казахстана «Стратегия «Казахстан–2050»: новый политический курс состоявшегося государства», Астана, Акорда, 2012 год;
- [2] Каримова М. Особенности демографической политики Казахстана [Электронный ресурс]: strategy2050.kz – Режим доступа: [https://strategy2050.kz/ru/news/sobennosti\\_demograficheskoi\\_politiki\\_azahstana\\_\\_51196/](https://strategy2050.kz/ru/news/sobennosti_demograficheskoi_politiki_azahstana__51196/);
- [3] «Методика по составлению прогнозов численности населения», утвержденная Приказом Председателя Комитета по статистике Министерства национальной экономики Республики Казахстан от 11.11.2016 года №264;
- [4] С.В. Сарапкина, А.Л. Машкова. Оценка адекватности моделирования демографических процессов в вычислительной модели экспериментальной экономики на основе сравнения с ретроспективными данными. Международная научно-техническая интернет-конференция «Информационные системы и технологии», 1 апреля-31 мая 2015 г.;
- [5] F. C. Billari, R. Graziani and E. Melilli. Stochastic population forecasts based on conditional expert opinions. *Journal of the Royal Statistical Society/* (2012) 175, Part 2, pp. 491–511;
- [6] Li Guoqi, Zhao Daxuan, Xu, Yi, KuoShyh-Hao, Xu, Hai-Yan, Hu Nan, Zhao Guangshe, Monterola, Christopher. Entropy Based Modelling for Estimating Demographic Trends. *Journal of public health-heidelberg*, aug2015, Pages: 181-188;
- [7] Kim, Soon-Young, Oh, Jinho. A study comparison of mortality projection using parametric and non-parametric model. *KOREAN JOURNAL OF APPLIED STATISTICS*, OCT 2017 Pages: 701-717;
- [8] Круглов В.В., Длин М.И., Голунов Р.Ю. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети: Учеб. пособие. – М.: Изд-во физ.-мат. Лит-ры, 2001- 224 с.;
- [9] Черныш А.В. Прогнозирование численности экономически активного населения Московской области с помощью нечеткой логики. *Политехнический молодежный журнал МГТУ им. Н.Э. Баумана*, 2017. № 12;
- [10] Мамедова М.Г., Джабраилова З.Г. Нечеткая логика в прогнозировании демографических аспектов рынка труда. *Искусственный интеллект*, 2005, № 3, с. 450–460;
- [11] Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzy TECH - СПб.: БХВ-Петербург, 2005 - 736с.;
- [12] Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. Москва, Мир, 1976, 165 с.;
- [13] Афанасьев В.Н., Юзбашев М.М. Анализ временных рядов и прогнозирование. Москва, Финансы и статистика, 2010, 317 с.;
- [14] Министерство экономики и бюджетного планирования Республики Казахстан. Аналитический доклад на тему: «Демографический прогноз Республики Казахстан: основные тренды, вызовы, практические рекомендации», Астана, 2014 г.;
- [15] Куликова В.П., Никишина О.А. Статистическое моделирование и прогнозирование демографического развития региона. *Вестник Омского регионального института* №1(12) 2015.

Курмашев И.Г., Никишина О.А.

**Демографиялық болжамы негізінде анық емес логика**

**Түйіндеме.** Осы бапта белгіленген маңызды рөлі мәселелерін зерделеу Қазақстанның демографиялық дамуының қазіргі кезеңінде. Ұсынылған қолдану әдістемесі анық емес логика - болжау, демографиялық көрсеткіштер, атап айтқанда, халық санының Солтүстік-Қазақстан облысы. Анықталған қателік әдісін, алынған болжамды бағалау.

**Түйін сөздер:** демографиялық көрсеткіштер, нечеткая логика, болжау әдістері, халықтың саны.

УДК 62-503.55

**N.V. Lobach, A.V. Demyanenko**

(North Kazakhstan State University n.a. M.Kozybayev, Petropavlovsk, Kazakhstan)

E-mail: nvlobach@gmail.com

**A DECISION SUPPORT SYSTEM OF RESTORING TURBINE BLADES BY THE PLASMA SPRAYING METHOD**

**Abstract.** This paper reviews the process of restoring turbine blades by using argon welding and plasma spraying. A decision support system for plasma spraying process control was proposed to be developed, which will reduce the risk of manufacturing errors.

**Keywords:** decision support system, plasma spraying, process, turbine blade.

**Н.В. Лобач, А.В. Демьяненко**

(Северо-Казахстанский государственный университет им. М.Козыбаева, Петропавловск, Казахстан)

E-mail: nvlobach@gmail.com

## **СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЛОПАТОК ТУРБИН МЕТОДОМ ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ**

**Аннотация.** В данной работе рассматривается процесс восстановления лопаток турбин путем использования аргонной сварки и метода плазменного напыления. Предложена разработка системы поддержки принятия решения при управлении технологическим процессом плазменного напыления, которая позволит снизить риск производственных ошибок.

**Ключевые слова:** система поддержки принятия решения, плазменное напыление, технологический процесс, лопатка турбины.

**Введение.** Вопрос восстановления деталей является довольно актуальным, поскольку приобретение новых деталей порой выливается владельцу хозяйствующего субъекта в миллионы тенге. Важнейшим направлением обеспечения запасными частями оборудования предприятий является организация восстановления изношенных деталей. Поиск новых методов восстановления не прекращается, ведь расширение вторичного использования изношенных деталей - огромный резерв в экономической сфере. В процессе эксплуатации, на рабочие механизмы воздействуют различные факторы, оказывающие существенное влияние на техническое состояние. Одним из эффективных способов восстановления изношенных деталей является метод плазменного напыления. Плазменное напыление позволяет наносить покрытия из металлов широкого состава на разнообразный материал основы, что позволяет произвести качественный ремонт изношенных деталей.

Одной из важнейших проблем эксплуатации паровых турбин является повреждение входных кромок рабочих лопаток ступеней низкого давления в результате капельной эрозии [1,2].

При технологическом процессе восстановления лопаток турбины методом аргонной сварки и плазменного напыления на оператора, выполняющего данную работу возлагается большая ответственность. Оператор должен обладать соответствующей компетентностью для того, чтобы не допустить производственных ошибок, которые могут повлечь большие затраты. Для избегания подобного рода ошибок предлагается использовать систему поддержки принятия решения, которая по ряду показателей позволит найти оптимальное решение в сложившейся производственной ситуации.

Использование систем поддержки принятия решения в настоящее время является большим подспорьем в различных отраслях деятельности, поскольку позволяет оперативно и в срок принять адекватные решения. Использование систем поддержки принятия решений дает преимущество перед производством, в котором использование подобной системы не предусмотрено.

Таким образом, проблема разработки и использования информационной системы поддержки принятия решения при управлении технологическим процессом в реальном времени является весьма актуальной и своевременной в современном производстве и имеет целью снижение вероятности принятия ошибочного решения и повышения качества функционирования технологического оборудования.

**Методы.** В целом, качество покрытий является сложной комплексной характеристикой, зависящей от множества факторов технологического процесса, и формируется последовательно на этапах предварительной обработки поверхности, нанесения покрытия и финишной обработки поверхности покрытия [3, 8]. Процесс плазменного напыления характеризуется широким распределением частиц, а также большими вариациями самого процесса, который вносит существенные изменения в толщину и структуру покрытия. Это позволяет оптимизировать процесс восстановления деталей [4-7].

Технологический процесс восстановления лопаток турбины включает в себя следующие этапы (рис.1). Проводят демонтаж лопатки, производят контроль и установление дефекта. Следующим этапом лопатку турбины очищают, на место износа аргонной сваркой наваривают куски проволоки, таким способом восстанавливают недостающие элементы. На следующем этапе производят плазменную наплавку на восстановленную поверхность лопатки. Затем лопатка подвергается шлифовке абразивными материалами.



Рис. 1. Технологический процесс восстановления лопатки турбины

Материалы для наварки и наплавки подбираются в зависимости от того, из какого материала выполнена лопатка.

Для определения состава восстановительного материала предлагается использование модуля разрабатываемой системы, который по ряду показателей позволит получить рекомендацию для его выбора.

Качество наплавки и напыления зависит от следующих параметров:

- проволоки (материала);
- порошка (состав и качество);
- подачи воздуха, при процессе напыления;
- напряжения на дуге;
- объема подаваемого порошка;
- дистанции напыления (расстояние между плазмотроном и восстанавливаемой лопаткой).

Для контроля технологического процесса и снижения вероятности технологических ошибок предлагается система поддержки принятия решения, которая позволит контролировать параметры, влияющие на процесс плазменного напыления путем сбора информации об их текущих значениях и выдавать рекомендации по дальнейшей тактике действий. Для формирования рекомендаций разрабатывается база знаний, содержащая набор правил, основанный на предельных допустимых значениях всех значимых параметров, позволяющих корректировать технологический процесс [9-13].

Для построения системы поддержки принятия решения при управлении технологическим процессом плазменного напыления применяются следующие методы: библиографический обзор, наблюдение и изучение технологического процесса, моделирование системы [14,15].

**Результаты.** Объектом данного исследования является комплекс средств автоматизации принятия решения при технологическом процессе плазменного напыления.

Предметом исследования является информационная система поддержки принятия решения при управлении технологическим процессом плазменного напыления.

Результатом работы будет являться спроектированная система поддержки принятия решений, основанная на продукционной модели представления знаний, позволяющая использовать базу правил для получения необходимого решения (рекомендации) в производственной ситуации.

**Обсуждения.** Разработанная система поддержки принятия решения при управлении технологическим процессом плазменного напыления позволит оптимизировать работу по восстановлению лопаток турбин.

#### ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Фаддеев, И.П. Эрозия влажнопаровых турбин / И. П. Фаддеев. Л.: Машиностроение, 1974. 206 с.
- [2] Амелюшкин, В. Н. Эрозия титановых рабочих лопаток паровых турбин / В. Н. Амелюшкин // Тяжелое машиностроение. 1992. №11. С. 25–26.
- [3] Чёсов Ю.С., Зверев Е.А., Методика нанесения плазменных износостойких покрытий // Научный вестник НГТУ том 55, No 2, 2014, с. 156–165.
- [4] D. Wroblewski, G. Reimann, M. Tuttle, D. Radgowski, M. Cannamela, S.N. Basu, and M. Gevelber, Sensor Issues and Requirements for Developing Real-Time Control for Plasma Spray Deposition // Journal of Thermal Spray Technology, Volume 19(4) June 2010—723
- [5] Смыслова М.К., Исанбердин А.Н., Технологические особенности восстановления эксплуатационных свойств титановых лопаток паровых турбин // Вестник УГАТУ, Уфа, 2006 г., Т. 7, №1 (14). С. 103-109
- [6] Кадырметов А. М., Математическая модель тепловых процессов плазменного напыления с электро-механической обработкой покрытий // Научный журнал КубГАУ, № 88(04), 2013 г.
- [7] Лашенко Г.И. Плазменное упрочнение и напыление. Киев, ЭкоТехнология 2003 г.
- [8] Барвинок В.А., Богданович В.И., Физическое и математическое моделирование процесса плазмохимического гетерогенного синтеза покрытий из плазменных потоков // Журнал технической физики, том 78, вып. 1, 2008 г.
- [9] Докукина И.А., Барвинок В.А., Богданович В.И., Фролов В.И., Савич Е.К., Разработка технологии плазменного напыления по ремонту, восстановлению и упрочнению деталей энергетических агрегатов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. 13, No4(2), 2011 г.
- [10] Ахмеева А., Ремонт и восстановление деталей энергетического оборудования плазменным напылением композиционных высокоазотистых порошков на основе железа // Уральский государственный технический университет - УПИ. г Екатеринбург, Вестник УГТУ, 2014 г.
- [11] Сухочев Г.А., Кириллов О.Н., Кадырметов А.М., Технологическое обеспечение качества нанесения защитных покрытий комбинированной обработкой // Упрочняющие технологии и покрытия. 2010. №8(68) . С. 39-44.
- [12] Аскинази, Б. М. Упрочнение и восстановление деталей машин электромеханической обработкой [Текст] / Б. М. Аскинази. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1989. – 200 с.
- [13] Пузряков А.Ф. Теоретические основы технологии плазменного напыления. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 357 с.
- [14] Чёсов Ю.С., Зверев Е.А. Исследование износостойкости покрытий, нанесенных методом плазменного напыления // Науч. вестн. НГТУ. – 2008. – № 3 (32). – С. 175–181.
- [15] Лобанов Н.Ф., Козлов А.М. Оперативная оценка основных технологических параметров процесса плазмо-дугового напыления защитных покрытий // Технологии ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки: материалы 10 междунар. науч.-практ. конф.: в 2 ч. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2008. – Ч. 1. – С. 205–209.

Лобач Н.В., Демьяненко А.В.

**Қолдау жүйесі шешім қабылдау кезінде технологиялық процесте қалпына келтіру қалақтарының, турбиналардың әдісімен плазмалық тозаңдату**

**Аңдатпа:** Осы жұмыста қаралады қалпына келтіру процесі қалақтарының, турбиналардың пайдалану арқылытың пісіру әдісін және плазмалық тозаңдату. Өзірлеу ұсынылып жүйесін қолдау шешім қабылдау басқару кезінде технологиялық процесті плазмалық тозаңдату, ол азайтуға мүмкіндік береді тәуекел өндірістік қателер.

**Түйін сөздер:** қолдау жүйесі шешім қабылдау, плазмалық шандату, технологиялық процесін, қалақ турбиналары.

**К.К.Тешевбаева, К. Basiri**

(International Information Technology University, Almaty, Republic of Kazakhstan)

E-mail: k.basiri@iitu.kz, karakoz.iitu@gmail.com

## **BUSINESS PROCESS OPTIMIZATION OF A UNIVERSITY IN THE CONTEXT OF AN AUTOMATED MANAGEMENT SYSTEM INTRODUCTION**

**Abstract.** The purpose of this paper is to propose an integrated approach to process integration, automation, and optimization through enhanced business process models. The need to improve the management system of a university at the present stage is due to the constant and rapidly changing organizational and economic conditions for the activities of the universities, the fierce competition in the educational services market, the fuzzy and unstable position of the state in relation to the higher education. Institutions of higher education, becoming full-fledged subjects of a market economy, independently determine the directions of their development, the goals and methods of their achievement, coordinating them with the goals of the state policy in the field of education and the requirements of the market. Changes occurring outside of higher education institutions require a reasonable response from the universities and, above all, the introduction of organizational and managerial innovations, including strategic planning; balanced scorecard; universal quality management; result-based budgeting; project management; business process reengineering and other management innovations. This research provides an integrated approach to business process modeling beyond traditional functional and workflow applications by eliminating hierarchical nature of process and data elements.

**Key words:** Reengineering, management methods, integration of methods, business processes, quality management systems (QMS), balanced scorecard systems (BSS), business process reengineering.

In modern conditions, management of education is management of process of his development, and not just institutions and people. It is necessary to create the uniform system of educational statistics and indicators of quality of education comparable to world practice, which is absent so far, and the system of monitoring of education without what there cannot be a high-quality management of development of an education system [5].

The problem of modernization of education for ensuring quality and professional competences of graduates is decided now by all educational institutions of country that is confirmed by publications on the held international and domestic scientific and practical conferences devoted to processes of the higher school, for example, [3, 7, 8, 9]. In articles questions of new economic, political and social living conditions of higher educational institutions, of the new tasks facing the higher education are brought up and also innovative forms of the organization of work of the higher school and innovative mechanisms and methods of her management are offered.

Improving the management of higher education in the conditions of the development of an innovative economy requires an adequate response of Higher Education Institutions (HEI) and, first of all, implementation of the organizational and administrative innovations, including strategic planning; system of the balanced results; general quality management; budgeting focused on result; project management; reengineering of business processes and other administrative innovations.

For higher education institution in general relevant are following organizational changes:

- implantation of strategic management;
- implantation of QMS;
- assessment of activities of department for the BSS;
- reengineering introduction;
- transition to project management;
- change of organizational structure;
- remuneration of employees by results of work on the basis of rating indicators of everyone;
- increase in responsibility of the head and each employee for results of activity, etc.;

The solution of the specified problems are in integration of various methods based on process management and introduction of a control system of business processes, first of all - administrative. The offered changes have to promote obtaining effective result from the point of view of the interests of all university: implementation of the development strategy of the university, performance of goals and tasks, strengthening of collective, increase in rating of department and competitiveness of higher education institution in general.

For development of organizational and methodical bases of creation of business processes of HEI in the conditions of introduction of innovative methods of management of HEI, it is necessary to solve the following main objectives:

- to investigate modern approaches to management of HEI and ability to integrate the innovative methods of management based on process management of the organization;
- to study features of use of a control system business - process (reengineering) in education, conditions and the principles of carrying out reengineering for ensuring improvement of a control system of HEI;
- to develop methods of assessment (monitoring) of effectiveness and management efficiency of business processes;
- to develop and approve a technique of carrying out reengineering in a control system of HEI at introduction of innovative methods of management on the example of department as separate business unit;

For the solution of these tasks, it is necessary to first consider the main innovative management methods in the higher education system and identify the main evaluation methods for their integration in the HEI: Quality Management Systems (QMS), Balanced Scorecard Systems (BSS), and Business Process Management Systems.

The indicator in the BSS is the measurer, showing the degree of achievement. However, it can be considered as a means to assess the effectiveness and efficiency of individual business processes involved in achieving this goal.

Currently, the most effective for Higher Education Institutions are the joint introduction of a quality management system (QMS) and a balanced scorecard (BSS) system. For implementation of the listed innovations, it is possible to use the reengineering of business processes (RBP). In the considered methods there are many common features, namely: orientation to process management; strategic character of changes; problem of redesign and restructuring of business processes of the organization; decentralization and delegation of power to personnel; establishment of feedback with personnel; application conditions at stagnation and the critical character of activity of the organization that allows to carry out their integration at improvement of a control system.

The quality management system carries out redesign of business processes of HEI by smooth improvement, and reengineering for achievement of cardinal improvements of critical indicators of efficiency demands radical improvement. Therefore, it is necessary to pass to the strategy based on a reasonable combination of these two approaches. Reengineering is directed to improvement of indicators of quality.

For assessment of the carried-out innovative changes, it is possible to use the system of the balanced scorecard (BSS). BSS is the system of strategic company management based on measurement and assessment of its efficiency on a set of optimum picked up indicators reflecting all aspects of activity of the organization, both financial, and not financial. Feature of use of the BSS in relation to the educational institution (EI) for assessment of QMS is existence in standard model of the quality system of educational institution of the characteristic called "Quality assurance" which answers a question: how in EI quality assurances of scientific and educational activity are provided and social responsibility of EI to society is implemented.

On the basis of the marked - out general signs, it is possible to draw a conclusion on ability to integrate the QMS methods, strategic management and reengineering of business processes at creation of a new innovative control system where the BSS is applied as the system of indicators and criteria for evaluation of functioning and efficiency of processes of HEI [7].

Integration of the considered methods will allow:

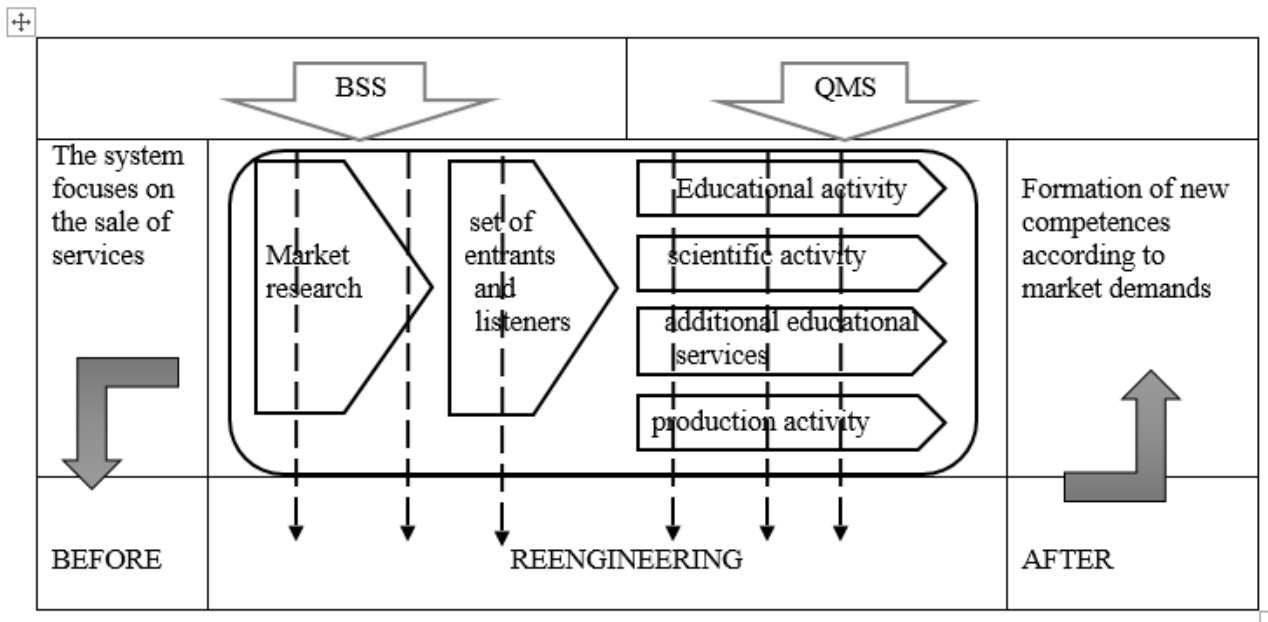
- to pass from strategy to set off the business processes that require attention, and to reasonably apply innovative methods of improvement of an activity to these processes;
- to connect policy in the field of quality with strategy;
- to define cause and effect of the set of the purposes for processes and indicators of performance of these purposes;
- to define the actions, resources, terms and responsibilities necessary for the realization of the established aims.

Thus, we will understand redesign as re-engineering of business processes existing and creation of new and more effective business processes for improvement of a control system of HEI for the achievement of socially significant results in quality the independent method providing at the introduction of administrative innovative methods.

It is necessary to develop the system of the balanced indicators of divisions of HEI for assessment of system of indicators and criteria for evaluation of functioning and efficiency of processes of HEI and in general HEI. The most productive is the introduction of the quality management system (QMS) and the system of the balanced indicators (BSS). Therefore, it is necessary to pass to the strategy based on a reasonable

combination of these two approaches for the introduction of the listed innovations it is possible to use the re-engineering of business processes (RBP).

Thus, the implementation of managerial innovations in higher education re-engineering is viewed as providing a method when redesigning the business processes according to the new target university policy (fig.2.) [4].



**Figure 2.** Scheme of reengineering as a supporting method for implementation of QMS and BSS.

The implementation of reengineering with the introduction of innovative methods in higher education institution management is accomplished as a project, which utilizes three groups of resources: basic, infrastructural and management resources. Professors and teachers of the faculty in addition to the personnel of the structural units of the educational institution should be considered as the main resources. Infrastructure resources include units responsible for supporting the work of the main and functional departments of the university, as well as the social infrastructure of the university. The management resources should include functional units whose activities are aimed at developing the goals and objectives of the university, the balanced scorecard and their normative values. Department of Administration of the University monitors the implementation, monitoring and analysis of current results, and makes decision on the adjustment of the goals and objectives of the higher education institution. The university as a whole, represented in the project by the top management of the university, performs general management.

REFERENCES

[1] Akkoff P.JI. Art of the solution of problems. — M.: World, 1982.  
 [2] Alexandrov D.V. The distributed information systems. CASE-of technology of reengineering / D.V. Alexandrov, A.B. Kostrov. - Vladimir: VLGU, 2001. - 136 pages.  
 [3] Antropov V. A., Improvement in the high school organizational and economic relations: statement of a problem/VA. Antropov, E.V. Revina//University management: practice and analysis. 2003, No. 2.  
 [4] Bedrina S.L., Bogdanova O.B. Development of the information management system by activity of department of higher education institution on the basis of reengineering in the conditions of introduction of credit system / Infocommunication systems and technologies: problems and prospects / Under the editorship of Cand.Tech.Sci., the prof. A.V. Babkin. Publishing house of the Polytechnical University, 2007. Page 498-542  
 [5] Cannoli T., Databases: design, realization and maintenance. Theory and practice: Translated from english T. Connolly, K. Begg - M.: William, 2003.  
 [6] Kaplan R.S., Norton D. P. Balanced system of indicators. From strategy to action. – M.: CJSC Olympe-business, 2003  
 [7] Khassenova G.I., Auelbekova B.A., Turgambayev M.K. Usage of re-engineering in HEI. International Information Technology University, Computer Engemeering Department, 2016, may19-20  
 [8] <http://edu.e-history.kz/ru/publications/view/361>  
 [9] [http://www.kaznau.kz/page/news/?link=zhooldardy\\_korporativti\\_baksaru\\_zhaiynda\\_seminar\\_otti\\_302&lang=ru](http://www.kaznau.kz/page/news/?link=zhooldardy_korporativti_baksaru_zhaiynda_seminar_otti_302&lang=ru)



Тешебаева К.К., Басири К.

**Автоматизациялық басқару жүйесі аясында жоғары оқы орындарындағы бизнес процестерді оңтайландыру**

**Түйіндеме.** Аталмыш мақала мақсаты - бизнес процестің кеңейтілген модельдері арқылы интеграция, автоматизация және оңтайландыруды өңдеу үшін кешенді тәсіл ұсынуда. Жоғары оқу орындарын басқару жүйесін дамытуға деген қажеттілік жоғары оқу орындары қызметіндегі бүгінгі заманда үздіксіз әрі жылдам өзгеретін ұйымдастырушылық және экономикалық жағдайларға, білім беру қызметі нарығындағы қатаң бәсекеге, мемлекеттің жоғары мектепке деген нақтыланбаған және тұрақсыз позициясына тікелей байланысты. Нарықтық экономиканың толық қанды субъектісі атанған жоғары оқу орындары білім беру саласындағы мемлекеттік саясаттың мақсаттары және нарық талаптарына сәйкесе отырып өзінің даму бағытын, мақсаттарын және оған жету тәсілдерін өз бетінше айқындайды. Жоғары оқу орнының сыртында орын алып жатқан өзгерістер ЖОО-ның нанымды жауап қайтарғанын талап етеді. Ал бұл ең әуелі, стратегиялық жоспарлауды қамтыған ұйымдастырушылық-басқарушылық инновацияларын, теңгерімделген көрсеткіштер жүйесін, жалпы сапа менеджментін; нәтижеге бағдарланған бюджет жасауды, жобаларды басқару; бизнес процестерді реинжинирингтеу және басқа да басқарушылық инновацияларды енгізуді қажет етеді. Бұл зерттеу функционал дәстүрлі және технологиялық процесс қосымшасынан тыс модельдейтін, сонымен қоса деректер мен процестері элементінің иерархиялық болмысын жоятын бизнес-процеске кешенді тәсілді ұсынады.

**Кілттік сөздер:** Реинжинирингтеу, басқару әдістері, әдістерді интеграциялау, бизнес-процестер, СМЖ, ТЖИ, БПР.

Тешебаева К.К., Басири К.

**Оптимизация бизнес-процессов вуза в условиях внедрения автоматизированной системы управления**

**Резюме.** Цель данной статьи - обработать интеграцию, автоматизацию и оптимизацию через расширенные модели бизнес-процесса. Необходимость совершенствования системы управления высшего образования на современном этапе обусловлена постоянными и быстро меняющимися организационными и экономическими условиями деятельности вузов, жесткой конкурентной борьбой на рынке образовательных услуг, нечеткой и нестабильной позицией государства по отношению к высшей школе. Высшие учебные заведения, став полноправными субъектами рыночной экономики, самостоятельно определяют направления своего развития, цели и методы их достижения, согласуя их с целями государственной политики в области образования и требованиями рынка. Изменения, происходящие во внешней среде высшего учебного заведения, требуют адекватной реакции ВУЗов и, прежде всего, внедрения организационно-управленческих инноваций, включающих стратегическое планирование; систему сбалансированных показателей; всеобщий менеджмент качества; бюджетирование, ориентированное на результат; управление проектами; реинжиниринг бизнес-процессов и другие управленческие инновации.

**Ключевые слова:** Реинжиниринг, методы управления, интеграция методов, бизнес – процессы, СМК, ССП, РБП.

УДК 666.194

**O.A.Zubova, A.Y.Orazbayev, N.V.Voronova, G.A.Mukanova**  
(Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Republic of Kazakhstan)  
E-mail: zubova.olya.a@mail.ru

### **PERSPECTIVE METHODS OF TPP ASH-SLAG WASTES TREATMENT**

**Abstract.** The article provides an overview of the methods of ash and slag using from TPPs through the example of the foreign countries experience, which generally shows both their economic and environmental expediency and the need to adapt and apply in the Republic of Kazakhstan. The results of the authors' research regarding the ashes of TPP use as a component of a dry plaster mix that meets standard requirements are provided.

In particular, the effect of mechanically activated ash additive on the properties of plaster solutions has been studied. The strength of the solution was determined to increase by 25-30%, with the introduction of ash in the amount of 15-25%, while the consumption of cement decreases, respectively, by 20-50%. The economic and environmental benefits from applying the proposed method of processing this type of waste were considered.

**Key words:** thermal power plant (TPP), ash and slag wastes, ash and slag dumps, dry plaster mixtures, resources saving, green economy.

**О.А.Зубова, А.Е.Оразбаев, Н.В.Воронова, Г.А.Муканова**  
(Казахский Национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан)  
E-mail: zubova.olya.a@mail.ru

## **ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ ПЕРЕРАБОТКИ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЭС**

**Аннотация.** В статье представлен краткий обзор методов использования золошлаков ТЭС на примере опыта зарубежных стран, что в целом показывает как их экономическую, так и экологическую целесообразность и необходимость адаптации и применения в Республике Казахстан. Приведены результаты исследований авторов по применению зол ТЭС в качестве компонента сухой штукатурной смеси, отвечающей стандартным требованиям.

В частности, изучено влияние добавки механоактивированной золы на свойства штукатурных растворов. Определено, что при введении золы в количестве 15-25% прочность раствора повышается на 25-30%, при этом расход цемента уменьшается соответственно на 20-50%. Рассмотрены экономические и экологические выгоды от применения предложенного способа переработки данного вида отходов.

**Ключевые слова:** теплоэлектростанция (ТЭС), золошлаковые отходы, золошлакоотвалы, сухая штукатурная смесь, ресурсосбережение, зеленая экономика.

Энергетические предприятия, в частности тепловые электростанции (ТЭС), по степени влияния на окружающую среду относятся к числу наиболее интенсивно воздействующих объектов. Все ТЭС мира в год выбрасывают около 700 млн. т. загрязнителей различных классов опасности. Огромные территории занимают их золоотвалы. В частности, в Казахстане накоплено 430 млн. т. золошлакоотходов.

Подсчитано, что ТЭЦ мощностью 2,4 млн. кВт, работающая на каменном угле, потребляет (т/ч): топлива – 1060, воды -  $3 \cdot 10^5$  и кислорода – 1060; выбрасывает в окружающую среду (т/ч): золы – 194, шлака – 34,5, теплой воды -  $28 \cdot 10^5$ .

Экологическая нагрузка от аэрополлютантов ТЭС вносит следующие существенные изменения в атмосферу:

- содержание частиц, являющихся ядрами конденсации, возрастает в 10 раз;
- газовые примеси в воздухе возрастают от 5 до 25 раз;
- количество облаков увеличивается на 5-10%, а количество туманов зимой возрастает на 100%, летом – на 30%;
- солнечное излучение уменьшается до 20%.

Накопленные золошлакоотходы оказывают значительную экологическую нагрузку на природу с геоморфологическими, гидрогеологическими, геохимическими, геотермическими, инженерно-геологическими, минералогическими и геофизическими последствиями.

Золы являются техногенными минеральными образованиями – продуктами пиротехнологических процессов, протекающих в топочных камерах ТЭЦ. В зависимости от вида твердого топлива и физико-химических процессов, возникающих в этих котлоагрегатах, формирование золошлаков происходит без образования расплава, или с его образованием, или с полным расплавлением исходных компонентов, сопровождающимся выделением газо- и парообразных веществ, декарбонизацией, плавлением, кристаллизацией и силикатообразованием первоначального сырья.

С другой стороны, золошлакоотходы являются ценным техногенным минеральным сырьем различного товарного продукта для промышленности строительных материалов, жилищного, дорожного, сельского и промышленного строительства, сельского хозяйства, горнодобывающей и нефтяной промышленности. Так, в развитых странах золошлаки не считаются отходами, а называются «побочным продуктом ТЭС», поэтому электростанции осуществляют подготовку продукта для продажи, доводя его характеристики до требований строительных нормативных документов. В странах постсоветского пространства золошлаки до сих пор считаются и называются отходами, и электростанции могут предложить потенциальным потребителям именно отходы, а не продукты, технологически доработанные с характеристиками, соответствующими строительным нормативным требованиям.

В целом, в развитых странах перерабатывается 70-95% золошлаков от процентного содержания их выхода. В таких европейских странах, как Нидерланды и Дания, золошлаки используются на 100%. В Западной Европе и Японии при ТЭС упразднены золоотвалохранилища. Они заменены силосами, находящиеся рядом с главными корпусами ТЭС, в которых осуществляется сбор сухой

золы. Например, в Германии на многих ТЭС имеются силосы вместимостью до 40-60 тыс. т. Обычно строятся небольшие силосы с суточной и двухсуточной емкостью [1]. Из них отбираются пробы для анализа золы в лаборатории, далее из нее с помощью технологических методов перемешивания и объемного дозирования создают продукт, который по фракционному составу приобретает характеристики, соответствующие нормативным требованиям. В конце процесса зола перегружается на хранение в силосы. Крупнейшая в Европе фирма по переработке зол ТЭС – Bau Mineral (BM), которая является дочерней фирмой энергосистемы, функционирует в Германии. Эта компания служит связующим звеном между строительной индустрией и ТЭС. BM образовалась в 1989 г. в г. Хертен, в результате объединения двух компаний, которые к данному времени уже обладали почти 30-летним опытом в применении побочных продуктов электростанций.

BM использует собственную систему перевозок и хранения побочных продуктов ТЭС. Транспортировка осуществляется грузовым транспортом, морскими судами и железнодорожными составами. Одним из главных преимуществ компании является своевременная транспортировка. Компании BM имеет филиалы в 8 регионах, в которых работают более 100 служащих, общая вместимость хранилищ составляет 200 тыс. т, располагает более 50 специальными транспортными средствами, обладающих емкостью перевозки 600 тыс. т. За год компания продает более 3 млн. т. побочных продуктов ТЭС. Продукция BM соответствует стандартам и инструкциям DIN, что подтверждается институтами тестирования стройматериалов. Качество продукции обеспечивается благодаря непрерывному контролю в собственных лабораториях тестирования стройматериалов, оборудованных по последнему слову техники [2]. Между ТЭС и строителями нет никаких посредников, кроме BM. Основу процветания компании BM составляют: техническая компетентность, экономические показатели, новаторские идеи использования побочного продукта ТЭС.

На протяжении уже многих лет в Германии функционирует *Технический Союз пользователей побочного продукта ТЭС*. Согласно его данным, в 2011 году в Германии было произведено 25 млн. т. побочного продукта ТЭС, из них 15 млн. т. принадлежит ТЭС, работающих на бурых углях, 10 млн. т - ТЭС, работающих на каменных углях. Ежегодно побочными продуктами ТЭС на бурых углях являются: 7,9 млн. т - летучей золы, 1,8 млн. т - топочного песка, 5,3 млн. т - гипса и проч. На ТЭС, работающих на каменных углях, их количество и состав меняются: 4,3 млн. т - летучей золы, 0,53 млн. т - топочного песка, 0,20 млн. т - гипса, 4,97 млн. т - граншлаков. Из общего объема летучей золы, составляющего 4,3 млн. т., 3,5 млн. т соответствует Европейскому стандарту на летучую золу [2].

Осуществляется полная утилизация граншлаков и топочного песка. Граншлаки можно использовать в качестве заменителя песка при пескоструйной очистке. Главное требование к ним заключается в однородности свойств золы. Таким образом, использование предприятиями летучей золы служит важнейшим показателем уровня технического развития *энергетики и строительства*. Она может быть применена в качестве добавки в бетон, раствор, цемент, силикатные изделия; для производства кирпича; в подземном и дорожном строительстве. И все-таки основным перспективным направлением использования считается замена цемента. В Германии отсутствуют ТЭС без силосов для золы. Например, на ТЭС «Мольке» общий объем силосов составляет 60 тыс. т, а выход золы - 600 тыс. т/год [3]. При ТЭС золоотвалы не накапливаются. Побочные продукты ТЭС успешно экспортируются в соседние страны. Если летучая зола применяется в строительстве и стройиндустрии, то для нее обязательно наличие сертификата.

Основой интереса потребителя, безусловно, является диапазон цен на цемент и золу. Ни одно производство бетона в Германии не обходится без золы. В целом, в Германии золой заменяется 3,1 млн. т цемента. Утилизация золы осуществляется с использованием экологически чистых методов. Перечислим основные выгоды этого процесса: экономия ресурсов и энергии, необходимых для производства цемента, сокращение выброса CO<sub>2</sub> на 3,1 млн. т (учитывая, что при производстве 1 т цемента происходит выброс 1 т CO<sub>2</sub>), что соответствует требованиям Киотского протокола по снижению выбросов CO<sub>2</sub> [4]. Затраты на силосы, транспорт, зарплату сотрудникам окупаются очень быстро. Таким образом, можно сказать, что электростанция (ТЭС) в современном мире это производитель ценных продуктов, а не отходов.

Законодательство США обязывает строителей применять летучую золу ТЭС для производства бетонов и растворов. Нарушители этих требований подвергаются санкциям со стороны государства в виде системы штрафов. Кроме того, ТЭС часто доплачивает потребителю за забор золы. В Китае золошлаковые отходы ТЭС передаются потребителям бесплатно. В Польше применяется система экономического регулирования, стимулирующая использование золошлаков [4]. Таким образом,

опыт зарубежных стран показывает как экономическую, так и экологическую целесообразность и необходимость использования золошлаков ТЭС. Для их масштабного использования необходимы усилия различных организаций и помощь со стороны государственных структур.

Строительная индустрия является наиболее перспективным потребителем золошлаковых отходов. В последние годы появляется необходимость использования зол - отходов ТЭС, для уменьшения расхода цемента при получении различных видов бетонных изделий. Это обусловлено необходимостью снижения себестоимости и, соответственно, повышения конкурентоспособности продукции. Поэтому авторами статьи были проведены исследования по применению зол ТЭС в качестве активного компонента состава сухой клеевой и штукатурной смеси на цементной основе.

Был изучен химический состав золы Алматинской ТЭС. Выявлено, что зола Алматинской ТЭС относится к сверхкислым, так как отношение суммы CaO и MgO к сумме SiO<sub>2</sub> и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> составляет 0,03, т.е. на два порядка меньше единицы. При этом, так как зола представлена в основном стеклофазой, то очевидна ее высокая химическая активность при введении в состав цементного или шлакового вяжущего. Удельная поверхность золы, определенная на приборе ПСХ-2 составила 3100 см<sup>2</sup>/г.

В соответствии с [5] зола по химическому составу удовлетворяет требованиям к зольному наполнителю, используемому при изготовлении неармированных бетонных конструкций, к которым можно отнести штукатурные растворы. Научные исследования последних лет показывают высокую эффективность применения операции механоактивации при подготовке цементных и гипсовых вяжущих [6]. Поэтому значительный интерес представляет механоактивация золы и введение ее как активный компонент вяжущего в состав штукатурной смеси совместно с портландцементом.

С целью механоактивации зола предварительно была высушена при 105 °С до достижения материалом постоянной массы и после охлаждения подвержена помолу в течение различного времени (0,5; 1,5 и 3 ч) в двухкамерной лабораторной шаровой мельнице с диаметром 50 см и рабочим объемом засыпаемого материала 50 кг. Испытания проводили как без введения добавок, так и с добавкой суперпластификатора С-3 и добавки Х. Результаты испытаний растворных образцов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Влияние добавки золы на плотность и прочность раствора

Состав смеси, кг	На основе золы, измельченной в течение, ч											
	-			0,5			1,5			3		
Цемент	350	300	200	350	300	200	350	300	200	350	300	200
Зола	50	100	200	50	100	200	50	100	200	50	100	200
Песок	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Вода	320	320	340	320	320	340	320	320	340	320	320	340
Свойства раствора												
$\rho$ после пропарки, кг/м <sup>3</sup>	2000	2025	1955	2010	2055	2010	2100	2025	1985	2040	2000	1970
$\rho$ в сухом состоянии, г/м <sup>3</sup>	1730	1785	1715	1760	1760	1715	1830	1760	1685	1785	1730	1715
R <sub>сж</sub> после пропарки, МПа	3,5	4,7	4,0	4,9	5,7	4,4	5,4	6,1	5,2	5,0	6,4	6,4
R <sub>сж</sub> после твердения в течение 28 сут, МПа	8,2	9,0	6,8	9,5	10,4	7,2	11,2	11,7	7,3	9,3	11,6	8,2

Характеристики контрольного состава, изготовленного при расходе цемента 400 кг, песка - 1000 кг и воды - 300 л: средняя плотность после пропарки и в сухом состоянии соответственно 2080 и 1830 кг/м<sup>3</sup>, прочность при сжатии соответственно 4,7 и 12,1 МПа.

Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что введением механоактивированной золы можно снизить расход цемента на 50%, т.е. с 400 до 200 кг и при этом марка раствора не снижается - остается на уровне М100, как и контрольного состава. При введении немолотой золы в количестве 25 и 50% прочность образцов снижается с 12,1 соответственно до 8,2 и 6,8 МПа [7].

Интересно отметить следующий факт: во всех случаях прочность образцов при добавке золы в количестве 100 кг (отношение цемент : зола равно 3:1) выше прочности образцов с меньшим количеством добавки золы, т.е. образцов с добавкой золы 50 кг (отношение цемент : зола равно 7:1). Так как плотности образцов при этом примерно равны, то можно сделать вывод о том, что в данном случае преобладающую роль начинают играть химические процессы связанные с гидратацией клинкерных минералов цемента и активных компонентов золы [8].

В соответствии с рабочей гипотезой в качестве активаторов твердения были апробированы гашеная и негашеная известь, а также гипс. В качестве контролируемых параметров были выбраны прочность на сжатие и изгиб, и сроки схватывания шлакового вяжущего.

На первом этапе были проведены экспериментальные исследования по определению оптимального количества гидратной извести и гипса, обеспечивающих нормальное схватывание и твердение шлакового вяжущего. При проведении экспериментов использовали шлак молотый до удельной поверхности 3 000 см<sup>2</sup>/г, измельченную известь-пушонку, негашеную известь измельченную до удельной поверхности 4 000 см<sup>2</sup>/г и гипс с удельной поверхностью 2 800 см<sup>2</sup>/г.

При определении гранулометрии зерен извести-пушонки выяснилось, что размеры частиц имеют прерывистый характер и поэтому материал подвергали помолу. Из представленных экспериментальных данных (таблицы 2 и 3) видно, что после помола в извести-пушонке в основном преобладают зерна размером 2-15 мкм. При анализе данных необходимо принять во внимание следующее: при определении распределения частиц по размерам исходной извести-пушонки в прибор засыпали материал, просеянный через сито 0,63, а при определении распределения частиц по размерам измельченной извести-пушонки в прибор засыпали материал, просеянный через сито 0,08. Остатки на указанных ситах для обоих видов материалов составили соответственно 15 и 7%.

**Таблица 2. Распределение частиц по размерам извести-пушонки и измельченной извести-пушонки**

Наименование компонента	Максимальные размеры зерен извести-пушонки (мкм), при которых их доля (%) составляет									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
извести-пушонки	0,73	0,9	1,19	4,34	5,24	6,1	10,5	12,9	41,2	150
измельченной извести-пушонки	1,98	2,67	3,3	3,94	4,65	5,5	6,63	8,26	11,8	150

**Таблица 3. Распределение частиц по размерам извести-пушонки и измельченной извести-пушонки**

Наименование компонента	Массовая доля зерен (%), соответствующих заданным параметрам (мкм)									
	10	20	30	40	50	60	80	100	120	150
извести-пушонки	68,2	81,5	88,3	89,9	91,7	94,1	97,9	99,4	100	100
измельченной извести-пушонки	86,6	93,1	94,6	96,4	97,9	98,8	99,6	100	100	100

При формовке образцов исходные компоненты тщательно перемешивали и затем определяли основные физико-механические свойства материала. Результаты исследований представлены в таблице 4.

Таблица 4. Влияние гашеной и негашеной извести на схватывание и прочность шлакового вяжущего

Показатели	Содержание СаО				Содержание Са(ОН) <sub>2</sub>			
	5	10	20	30	5	10	20	30
сроки схватывания, ч-мин:								
- начало	13-00	11-15	09-30	07-15	13-00	12-00	09-30	08-00
- конец	22-30	20-00	18-15	16-00	21-30	21-00	19-00	17-30
прочность (МПа) через 28 сут, при:								
- изгибе	0,8	1,7	1,9	1,6	0,8	1,4	1,6	1,1
- сжатии	2,6	4,9	5,4	3,9	2,6	4,3	4,6	3,5

Полученные экспериментальные данные по активации шлака известью (таблица 4) показывают, что при добавке негашеной извести в количестве 10-20% прочность шлакового вяжущего в 28-ми суточном возрасте возрастает до 4,9-5,4 МПа, на изгиб – до 1,7-1,9 МПа. Несколько меньшую прочность шлаковое вяжущее набирает при добавке гашеной извести: в этом случае при добавке 10-20% извести прочность вяжущего составляет на сжатие 4,3-4,6 МПа, на изгиб – 1,4-1,6 МПа. В обоих случаях добавка 30% извести приводит к некоторому снижению прочности образцов, изготовленных на шлаковом вяжущем. Последнее, надо полагать, обусловлено наличием в системе излишней извести которое с одной стороны не участвует в процессе гидратации шлака, с другой – при самостоятельном твердении образует прочность неадекватную прочности гидратированного шлака.

Сроки схватывания активизированной известью шлакового вяжущего остаются достаточно длительными: при добавке 20-30% негашеной извести начало схватывания вяжущего составляет 9 ч 30 мин – 7 ч 15 мин, конец схватывания – 18 ч 15 мин – 16 ч 00 мин; при добавке такого же количества гашеной извести начало схватывания вяжущего составляет 9 ч 30 мин – 8 ч 00 мин, конец схватывания – 19 ч 00 мин – 17 ч 30 мин.

Обобщая экспериментальные данные по активации шлака известью можно констатировать следующее: марка шлакового вяжущего достигает М35-М50, т.е. является достаточно низкой. Сроки схватывания вяжущего также достаточно длительные – 16-19 ч.

С целью ускорения схватывания шлакового вяжущего представляет интерес введение в состав вяжущего комплексной добавки, состоящей из гипса и сульфата натрия или калия. Поскольку зерна указанных солей имеют достаточно крупные размеры, порядка 0,5-2 мм, то можно предположить о том, что они в составе сухой смеси из-за малого количества с одной стороны распределяются неравномерно, а с другой стороны, вследствие постепенного растворения также неоднородно влияют на активацию шлаковой и известковой составляющих [9]. У близлежащих зерен плотность солей будет высокой, а в дальнем порядке плотность растворов солей будет ослабевать.

Для устранения указанных недостатков были проведены исследования по повышению дисперсности солей путем помола совместно с трегером и гипсом. В качестве трегера наиболее оптимальным представляется использование золы-уноса ТЭС. После проведения предварительных экспериментов, оптимальное соотношение состава комплексной добавки принят следующим: гипс: соль: трегер равен 2:0,2:10. Результаты исследований представлены в таблице 5.

Таблица 5. Влияние комплексной добавки на сроки схватывания шлакового вяжущего с добавкой 10% гашеной извести

Наименование соли в составе добавки	Сроки схватывания, ч-мин							
	начало схватывания, при содержании комплексной добавки, %				конец схватывания, при содержании комплексной добавки, %			
	0	10	15	20	0	10	15	20
сульфат натрия	12-00	3-20	1-35	0-40	21-00	6-30	4-45	3-30
сульфат калия	12-00	2-30	1-25	0-20	21-00	5-50	4-50	3-15

Как видно из представленных экспериментальных данных, применение комплексной добавки привело к резкому ускорению схватывания шлакового вяжущего, причем явно просматривается эффект синергизма. Оптимальным является введение комплексной добавки в количестве 15%. Расчеты показывают, что в этом случае в нем содержатся 2,45% гипса, 0,25% сульфата натрия или калия и 12,3% золы. Учитывая более низкую стоимость сульфата натрия, можно считать целесообразным его применение в составе комплексной добавки.

Опробование составов и технологии было проведено в производственных условиях ТОО «POLIMIN KZ». Там же была выпущена опытная партия сухой штукатурной смеси, апробация которой была успешно осуществлена при отделке стен Центральной районной больницы в г. Есик. Работку раствора, нанесенного на стену, рабочие осуществляли таким же способом, который применяется при работе с обычным цементным раствором. Масса была технологичной при переработке, а после отвердевания имела однородный вид без трещин и каких-либо видимых дефектов. По заключению специалистов, состав сухой штукатурной смеси отвечает требованиям стандарта и может быть использован для оштукатуривания стен жилых и общественных зданий и сооружений [10].

Таким образом, результаты исследований показывают возможность существенного снижения себестоимости сухой штукатурной смеси путем уменьшения в нем расхода цемента вдвое. Экономический эффект при увеличении стоимости цемента будет еще более возрастать. Производственное внедрение разработанных составов значительно бы упростилась при использовании сухой золы. Установки для отбора сухой золы имеются в Экибастузской и Алматинской ТЭЦ.

На основании вышеизложенного, можно сделать вывод, что эффективные переработка и применение золошлаковых отходов ТЭС могут помочь значительно снизить негативное влияние на окружающую среду и улучшить экономические показатели предприятий. В целом, зола широко используется в разных производствах и имеет хорошие рыночные перспективы.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Pokale W.K. (2012) Effects of thermal power plant on environment. Scientific Reviews & Chemical Communications, vol. 2(3), pp. 212-215.
- [2] Ribeiro J., Flores D., Ward C.R., Silva L.F. (2010) Identification of nanominerals and nanoparticles in burning coal waste piles from Portugal. Science of the Total Environment, vol. 408(23), pp. 6032–6041.
- [3] Shamshad A., Fulekar M.H., Bhawana P. (2012) Impact of Coal Based Thermal Power Plant on Environment and its Mitigation Measure. International Research Journal of Environment Sciences, vol. 1(4), pp. 60-64.
- [4] Gu Xingyu., Bin Yu, Qiao Dong, Yongfeng Deng. (2018) Application of secondary steel slag in subgrade: Performance evaluation and enhancement. Journal of Cleaner Production, vol. 181, pp. 102-108.
- [5] Пшеничный Г.Н. Активированное твердение цементных систем // Технологии бетонов.- 2009.- № 2.- С. 50-51.
- [6] Тимаков Ю.Н. Новые технологии, бетоны и химические добавки // Технологии бетонов.- 2008.- № 11.- С. 56-57.
- [7] Мальчик А.Г., Литовкин С.В., Родионов П.В. Исследование технологии переработки золошлаковых отходов ТЭС при производстве строительных материалов // Современные наукоемкие технологии. – 2016. - №3 (часть 1). – С. 60-64.
- [8] Крикунова А.А., Рахимбаев Ш.М., Харьковская Н.В. О влиянии гранулометрического состава на кинетику твердения портландцементных систем // Технологии бетонов.- 2009.- № 2.- С. 54-55.
- [9] Александрова А.Н., Клягин Г.С. Использование золошлаковых отходов ТЭС для получения сухих строительных смесей // Металлургия XXI столетия глазами молодых. – 2014. - №1. – С. 157-158.
- [10] Зубова О.А. Сухие штукатурные смеси на основе шлаковых вяжущих и зол-уноса ТЭС // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Алматы, 2010. – С. 6-7.

Зубова О.А., Оразбаев Ә.Е., Воронова Н.В., Мұқанова Г.А.

#### **ЖЭО күл-қожды қалдықтарын қайта өңдеудегі пермнективті әдістер**

**Түйіндемe:** Мақалада шет елдік тәжірибелер үлгісінде, ЖЭО күл-қожды қалдықтарын пайдалану әдістеріне қысқаша шолу нәтижелері жалпы экономикалық және экологиялық тиімді, сондай-ақ Қазақстан Республикасында да қолданып және бейімделу қажеттілігі қарастырылған. ЖЭО күлдерін стандарттық талаптарға сай құрғақ сылау қоспасы ретінде қолдануы бойынша авторлардың зерттеу нәтижелері келтірілген.

Атап айтқанда, сылау ерітінділерінің қасиеттеріне механоактивті күлдердің қоспаларының әсері зерттелген. 15-25% мөлшерде күлді енгізгенде ерітіндінің беріктілігі 25-30%, артатындығы сонымен қатар, цементтің шығыны сәйкесінше 20-50% кемітілдігі анықталған. Аталған қалдық түрінде ұсынылған қайта өңдеу әдісін қолданудағы экономикалық және экологиялық тиімділіктер қарастырылған.

**Түйін сөздер:** жылыту электр орталығы (ЖЭО), күл-қожды қалдықтар, күл-қожды үймелер, сылақтық құрғақ араласпалар, қамбалар үнем, жасыл экономика.

Zubova O.A., Orazbayev A.E., Voronova N.V., Mukanova G.A.

**Perspective methods of TPP ash-slag wastes treatment**

**Summary.** The article provides an overview of the methods of ash and slag using from TPPs through the example of the foreign countries experience, which generally shows both their economic and environmental expediency and the need to adapt and apply in the Republic of Kazakhstan. The results of the authors' research regarding the ashes of TPP use as a component of a dry plaster mix that meets standard requirements are provided.

In particular, the effect of mechanically activated ash additive on the properties of plaster solutions has been studied. The strength of the solution was determined to increase by 25-30%, with the introduction of ash in the amount of 15-25%, while the consumption of cement decreases, respectively, by 20-50%. The economic and environmental benefits from applying the proposed method of processing this type of waste were considered.

**Key words:** thermal power plant (TPP), ash and slag wastes, ash and slag dumps, dry plaster mixtures, resources saving, green economy.

ӘӨЖ 621.48

<sup>1</sup>Umbetbekov A.T., <sup>2</sup>Mazhit Zh.B., <sup>1</sup>Dauletbayeva M.Y., <sup>1</sup>Isanbekova A.T., <sup>1</sup>Srazh N.M.,  
(<sup>1</sup>Al-Farabi Kazakh National University, <sup>2</sup>Almaty Technological University,  
Almaty, Republic of Kazakhstan)  
E-mail:ashat.talgat@mail.com

**ANALYSIS OF THE SITUATION AND POWER INDUSTRY PROSPECTS OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN AND RENEWABLE ENERGY SOURCES USE**

**Abstract.** The use of renewable energy sources will significantly contribute to the improvement of ecosystem management and the state of the environment in the future, as well as reduce the level of environmentally polluted areas in the country. The proposed article analyzed the state and prospects of the development of the country's energy industry and the use of renewable energy. Identified and set relevant issues related to the renewable energy and environmental situations in the regions. Sustainable development of the country to provide electricity, and the transition of alternative types of energy production are analyzed. The study carefully analyzed the potential level of energy flow throughout Kazakhstan based on the use of solar and wind energy. The state and development prospects in the context of the regions on the use and introduction of renewable energy for 2013-2024 are analyzed.

**Key words:** renewable energy sources, alternative energy sources, solar power stations, wind power stations, resources, wind energy, solar energy.

<sup>1</sup>А.Т. Умбетбеков, <sup>2</sup>Ж.Б. Мәжит, <sup>1</sup>М.Е. Даулетбаева, <sup>1</sup>А.Т. Исанбекова., <sup>1</sup>Н.М. Сраз  
(<sup>1</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, <sup>2</sup>Алматы технологиялық университеті,  
Алматы қаласы, Қазақстан Республикасы)

**БАЛАМАЛЫ ЭНЕРГИЯ КӨЗДЕРІН ПАЙДАЛАНУДАҒЫ  
ҚР ЭНЕРГЕТИКА САЛАСЫНЫҢ ЖАЙ-КҮЙІ МЕН ДАМУ  
КЕЛЕШЕГІН ТАЛДАУ**

**Аңдатпа.** Жаңартылатын энергия көздерін пайдалану нәтижесі болашақта экожүйені жақсартуға және қоршаған ортаға жүктемін азайтумен қатар ауасы ластанған аймақтардың экологиялық жағдайларын жақсартуға байланысты мәселелерді шешуге үлкен септігін тигізеді. Ұсынылып отырған мақалада елімізде баламалы энергия көздерін пайдаланудағы энергетика саласының жай-күйі мен болашақта даму деңгейіне талдау жүргізіліп, тағы басқада жан-жақты өзекті мәселелері қарастырылды. Жыл сайынғы өнеркәсіптік сектордың және оған қоса басқада салалардың қарқынды дамуына байланысты энергия сұранысына т.б. талдаулар жасалды. Зерттеу жұмысын жүргізу барысында Қазақстанның бүкіл аумағында күн, жел энергиясын пайдаланумен қатар энергия ағымының әлеуетті деңгейі жан-жақты сараланды. 2013-2024 жылдарға арналған жаңартылатын энергия көздерін өңірлерде пайдалану және енгізу бойынша жағдайына және даму келешегіне байланысты талдаулар жүргізілді.

**Түйін сөздер:** Жаңартылатын энергия көздері, баламалы энергия көздері, күн электр станциялары, жел электр станциялары, ресурстар, жел энергетикасы, күн энергетикасы, жел энергиясы, күн энергиясы



Қазіргі уақытта әлемнің көптеген елдерінде баламалы энергия көздерін белсенді түрде пайдалану үстінде. Мұндай маңызды бағыт көптеген елдерде стратегиялық қажетті ресурстар ретінде қабылданып, болашақта дамушы елдердің экономикаларын, сондай-ақ мемлекетіміздің энергетика саласы жағын тұрақты түрде дамытуды қамтамасыз ететін, экологиялық қауіпсіздік тұрақтылығын орнатуға септігін тигізетін маңызды мәселеге айналып отыр. Көптеген ғалымдардың болжауы бойынша бүкіл әлемдегі жаһандық энергия тұтынуындағы баламалы энергияның (күн, жел, биоотын энергиясы және т.б.) үлесі жыл сайын артып, 2030 жылға қарай 30% және 2050 жылға қарай 50% жетеді деп болжам жасалуда.

Бүгінгі күнге дейін еліміздің экономикасы отын-энергетикалық саласында табиғи шикізат көздерінің ресурстарын көп тұтынуымен сипатталып келген. Отын-энергетикалық ресурстарын ұтымсыз пайдалану, көптеген жағдайда экономика деңгейінің қарқынды дамуына кері әсерін тигізіп, экономиканың бәсекеге қабілеттілігінің артуына кері әсерін тигізіп келеді. Нәтижесінде қоршаған ортаның ластануына, сонымен қатар парниктік газдардың жоғарлауынан жаһандық жылынуға әкеледі.

Әлем бойынша Қазақстан Республикасы қазба органикалық отын қорына бай елдердің қатарына жатады. Жаңартылатын энергия көздеріне қарасты (күн, жел, гидравликалық, геотермальды, биомасса және тағы басқа да баламалы энергия) мол қоры бар. Жаңартылатын энергия көздері мен энергия көздерінің техникалық әлеуетінен тек желді алатын болсақ, жылына 1,820 млрд. кВт электр энергиясын өндіруге болады, яғни Қазақстан Республикасының барлық отын-энергетикалық ресурстарын тұтынудан 25 есе жоғары және экономикалық әлеуеті 110 млрд. кВт -тан асады, бұл Қазақстан Республикасындағы ішкі тұтынудың ішкі тұтынуынан 1,5 есе көп деген сөз [1].

Елбасы ҚР Президенті Н.Ә.Назарбаевтың Төртінші Индустриалды Революция жағдайында еліміздің дамуына арналған жыл сайынғы Жолдауында біздің уақытымыздың маңызды өзекті мәселелерінің бірі болып табылатын Қазақстан Ресурстық әлеуетінің мәселесі қозғалды. Қазақстан Республикасының Президенті Н.Ә. Елбасы «2030 жылға қарай Қазақстанда баламалы энергия үлесін 30% -ға дейін жеткізу» міндетін қойып, жаңартылатын энергия көздерінің рөлін ерекше атап өтті [2].

Қазақстан Республикасы Президентінің 2006 жылғы 14 қарашадағы Жарлығымен бекітілген 2007-2024 жылдарға арналған Қазақстан Республикасының орнықты дамуға көшу тұжырымдамасына сәйкес Қазақстан Республикасының экономикасын тұрақты дамыту факторы ретінде жаңартылатын энергия көздерін және энергия көздерін тиімді пайдалануды қамтамасыз ету [3]. Стратегияны іске асыру барысында келесі нәтижелерге қол жеткізілетін болады:

- Қазақстан Республикасында баламалы энергия көздерін пайдалану үлесін 2012 жылға қарай 0,05%, ал 2018 жылға қарай 5%, 2024 жылға қарай - 10% жоғарлату жоспарланып отыр;

- баламалы энергия көздерінен 2009 жылы 0,065 млн. тонна отын баламасына ауыстыруды қамтамасыз ету, 2012 жылға - 0,165 млн. тонна о.б., 2018 жылға қарай - 0,3 млн. тонна о.б., 2024 жылға қарай - 0,688 млн. тонна о.б., 2030 жылға қарай - 1,139 млн. тонна о.б.;

- ресурс тиімділігінің көрсеткіші (РТК) 2009 жылға 33%, 2012 жылға 37%, 2018 жылға қарай 43%, 2024 жылға қарай - 53%;

- серпінді энергетикалық технологиялар (сутегі энергиясы және басқалары) бойынша пилоттық жобаларды іске асыру;

Қазақстан Республикасында парниктік газдар шығарындыларын азайту мақсаты көзделуде. Жариялымға ұсынып отырған жұмыстың мақсаты Қазақстан Республикасының әртүрлі нысандарының энергиямен жабдықтау жүйесінде осы технологияларды енгізу механизмін қарастыру, баламалы энергия көздерін пайдаланудағы энергетика саласының жай-күйі мен даму келешегін талдау, елімізде жаңартылатын энергия көздерін өндірудің заманауи жабдықтарын қолдануды іске асыруды зерттеу болып табылады.

Бүгінгі күні баламалы энергия көздерін дамытуға барлық жағдай бар. Тек бізге осы саланы дұрыс деңгейде дамыту үшін ең алдыменен баламалы энергия көздерін пайдалану жөнінде және оған инвестиция тарту жолдарының заңдары мен нормативті талаптарын қайта қарап, өзгертулер енгізіп, толықтыруымыз қажет. Бұл бағытта Қазақстанның даму келешегі мен мүмкіншілігі барлық жағынан алсақта қолайлы болып отыр. Елімізде даму мүмкіншілігі бар жаңартылатын энергия көздеріне (жел энергетикасы, күн энергетикасы, гидроэнергетика, геотермалдық энергия, биоотындарды пайдалануға) негізделген энергияны жатқызуға болады. Оның бірден бір себебі еліміздің жер көлемінің үлкендігі, халық тығыздығының төмен жағдайы, ірі ауыл шаруашылығы секторының жоғары көрсеткіші, сондай-ақ жұмыспен қамту пайызы, климаттық және ауа райы жағдайлары т.б., жел және күн энергиясын дамыту үшін қолайлы жағдай туғызады.

Қазақстанның көптеген аудандары электр энергиясын жақын жатқан көршілес мемлекеттерден алады. Жыл сайынғы өнеркәсіптік сектордың және оған қоса басқада салалардың қарқынды дамуына байланысты энергия сұранысы жоғарлап келеді. Міне осыған байланысты энергия тұтынуының өсуі жаңа қуат көздерін шығаратын нысандарды көбейтуді талап етіп отыр. Көмір, мазут және басқада отын көздерімен жұмыс істейтін жаңа жылу электр станцияларының құрылысына салынған инвестициялар қазіргі уақытта экологиялық проблемалар мен электр желілеріндегі шығындардың өсуіне әкеліп отыр. Бұл жағдайда орталықтандырылған энергиямен жабдықтау арқылы жергілікті қайта жаңаратын энергия көздерін пайдалану арқылы энергетика саласын тұрақты түрде реттеуге болады [5,6].

Дәстүрлі энергия көздерінің шектеулі қорларын және энергетикалық секторды экологиялық таза энергиямен қамтамасыз етудегі болашақ дамуын ескере отырып, жанарғылатын энергия көздерін пайдалану арқылы энергияны генерациялаудың жаңа жолдарын енгізу және іздеу қажет болады. Аймақтарды экологиялық таза электр энергиясымен қамтамасыз ету еліміздің энергетикалық секторында өзекті мәселе болып отыр.

Жалпы айтқанда, қазіргі уақытта Қазақстанда жұмыс істеп тұрған гидроэлектростанцияларының қуаты жылына 8,32 млрд. кВт/сағ электр энергиясын өндіруге байланысты 2,068 МВт құрайды. Теориялық тұрғыдан алғанда Қазақстанның жалпы гидроэнергетикалық әлеуеті жылына 170 млрд. кВт/сағат құрайды, оның ішінде 23,5 млрд. кВт/сағат экономикалық жағынан тиімді өндіре алады. Негізгі гидроэнергетикалық ресурстар республиканың шығыс және оңтүстік-шығыс өңірлерінде шоғырланған.

Оңтүстік Қазақстан аумағында орналасқан облыстың жалпы энергиялық әлеуетінің энергетикалық ресурстары 10 млрд. кВт/сағ. жетеді. Ал Солтүстік және Орталық Қазақстанда кем дегенде 2,08 млрд. кВт/сағ. немесе республиканың әлеуетті гидроэнергетикалық ресурстарының 1,7% құрайтын энергетикалық ресурстар бар. Батыс Қазақстан үшін өзендерінің су-энергетикалық әлеуеті 2,8 млрд кВт / сағ бағаланады.

Гидроэнергетиканың ең маңызды аймақтарына Іле, Шарын, Шилик, Қаратал, Көксу, Тентек, Қорғас, Текес, Талғар, Үлкен және Кіші Алматылық, Усек, Ақсу, Лепсі, Ирғайт жатқызуға болады.

Қазақстанның жері басқада елдермен салыстырғанда жел мен күн энергетикалық ресурстарына бай ел қатарына кіреді. Мысалы, орташа жылдамдығы 15 м биіктікте 27-36 м/с жылдамдықта соғып, желдің күші III және IV деңгейге тиесілі. Сондай-ақ елімізде орташа жел жылдамдығы 8-10 м/с жететін 10 аймағы кездеседі. Салыстырмалы түрде, айта кететін болсақ, еуропалық жел электр станциялары 4-5 м/с орташа жылдамдықта жұмыс істейді.

Қазақстанда жел энергиясының мол қоры бар деп айтуға болады. Алайда, ауаның орташа жылдық және орташа айлық жылдамдығы метеостанциялардың деректеріне сәйкес 131 ден (296 дейін жетіп) кеңінен өзгеріске ұшырып отырады екен. Егер біз Жамбыл облысын алатын болсақ, онда «Шоқпар» метеостанциясы пайымдауынша желдің орташа жылдық жылдамдығы 5,2 м/с, «Қордай» бойынша - 5,7 м/с жетіп, ал «Луговой» - 1,9 м/с дейін өзгеріп отырады екен. Кейбір зерттеулерге сүйенетін болсақ, Қазақстандағы желдің орташа жылдық жылдамдығы 8,0 м/с теңеліп, ол Жалаңашкөл ауданында байқалып отыр, мұнда желдің жылдамдығы 8,0 м/с-ден асатын күндер саны 253 күнге тең. Бұл елдегі жел ресурстарының біркелкі соқпайтынын білдіреді.

Жалпы республиканың климаттық жағдайы талдаулар нәтижесі бойынша аумағының 80-85% -ында жыл сайын соғатын желдің орташа жылдық жылдамдығы 3-тен 5,0 м/с-ге дейін жетеді, ал ол аумақтың 13-15% -ында желдің орташа жылдық жылдамдығы 3 м/с-ден аз екенін көрсетеді. Яғни, аумақтың 2 - 3% ғана - орташа жылдық желдің жылдамдығы 5 м/с-тан астам болып отыр. Демек, Қазақстанның басым бөлігінде (аумақтың 90-95%) жел турбиналарын пайдалану тиімсіз, тиімді болу үшін желдің жұмыс жылдамдығы 12-15 м/с болуы тиіс. Еліміздің аймақтарында, көбінесе (аумақтың 80-85%-да) жел өнімділігі 2,5 - 3,0 м/с жылдамдықта жұмыс істейтін жел турбиналарын пайдалану тиімді.

Қазақстанның жел энергетикалық әлеуетін техникалық жағынан пайдалану мүмкіндігі 3 млрд. кВт/сағатқа бағаланады. Ең маңыздысы - Жоңғар қақпасының жел электр энергиясы (17 000 кВт/м<sup>2</sup>). Ал басқа жел электр энергиясын өндіретін аймақтарға: Ерментау, Көкшетау (Ақмола облысы), Арқалық (Қостанай облысы), Солтүстік Қазақстан облысы, Форт-Шевченко (Каспий теңізі жағалауы), Қордай (Жамбыл облысы) және т.б. басқаларын жатқызуға болады.

Әлем бойынша 2005 жылға қарай қуаттылығы 1460 МВт жететін күн электр станциялары орнатылды. Сол жылдары көшбасшы ретінде еуропа елдер арасында Германия мемлекеті болып, қуаттылықтың қолдануын 57% жеткізді. Қазақстанның бүкіл аумағында энергия ағымының әлеуетті деңгейі 1 трлн. кВт / сағ 2500 МВт күн электр станцияларының жиынтық қуаты бар фотоөткізгіштерге негізделген ықтимал шығарылым 2,5 млрд кВт / сағ құрайды. Қазақстанның жылу мен электр энергиясына сұранысы жоғары аймақтарына Арал теңізі, Қызылорда және Оңтүстік Қазақстан облыстарын жатқызуға болады. Осы аймақтарда орналастыруға арналған таңдаулы 8 аймақ бар, бірақ олар әлі күнге дейін күн электр станцияларымен қамтамасыз етілмеген.

Тиімді баламалы энергияны дамыту жергілікті өңірлердің тұрғындарына жаңартылатын энергия көздерін пайдалану нәтижелері, энергиямен жабдықтау жүйелерінің экологиялық қауіпсіздігін қамтамасыз ету және болашақ ұрпақ үшін жаңартылмайтын отын мен энергия көздерін сақтау арқылы жылу мен жарық алуға мүмкіндік береді.

Шындығында, ел өңірлерінде өндірістердің дамуы мен электр энергиясын тұтынудың өсуіне байланысты, әсіресе еліміздің оңтүстік өңірлерінде электр энергиясына деген сұраныс жоғарлап келеді. Дегенмен, жаһандық экономикадағы соңғы дағдарыс және экономика мен қоршаған ортаны қорғаудың энергетикалық қарқындылығын төмендету қажеттілігін хабардар ету ел басшылығының жаңартылатын энергияны пайдалану үшін қолайлы жағдайлар жасауға белсенді түрде көңіл бөлуге мәжбүр етті.

Қазақстан пайдалы қазбалардың алуан түрлілігі мен саны бойынша әлемдік көшбасшылардың бірі болып табылады. Елдің аса маңызды экономикалары мен энергетикалық секторлары мұнай-газ, көмір және басқа да пайдалы қазбалар болғандықтан, осы салалардағы заңнамалық база соншалықты дамыған, бұл тарихи тұрғыдан алғанда мемлекет баламалы энергияны дамытуға шоғырландырылмаған. Мысалы, қазіргі уақытта біздің еліміздегі электр станцияларының көбісі табиғи газ, көмір немесе мұнай өнімдеріне қатысты.

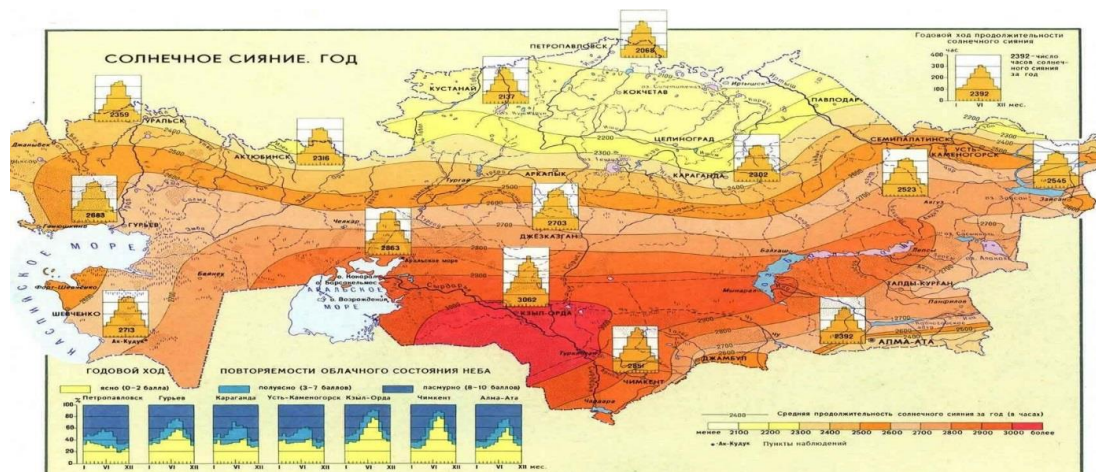
Қазақстандық заңнамаға сәйкес, жаңартылатын энергия көздеріне табиғи жолмен және процестермен жаңартылатын энергия көздері кіреді:

- күн энергиясы;
- жел күші;
- судың гидродинамикалық энергиясы;
- геотермалдық энергия (ыстық көздер, топырақтың жылуы, жерасты сулары, өзендер және су объектілері) және де бастапқы энергияның антропогендік көздері:
- биомасса;
- биогаз;
- электр және / немесе жылу энергиясын өндіру кезінде пайдаланылатын органикалық қалдықтардан алынған басқа отындар жатады [2, 84 бет].

Бүгінгі таңда Қазақстанда жаңартылатын энергия көздері негізінде жұмыс істейтін 48 нысан бар. Олардың жалпы қуаты 252,37 МВт құрайды: гидроэлектростанциялар - 122,99 МВт; жел электр станциялары (ЖЭС) - 71,87 МВт; күн электр стансалары (КЭС) - 57,16 МВт; биогаз зауыты - 0,35 МВт.

Осылайша, Қазақстанның барлық жаңғыртылатын энергия көздері барлық электр энергиясының 0,94%-ын құрап отыр. 2015 жылы жаңғыртылатын энергия станциялары электр энергиясын өндіруге рекорд орнатып, оны 147 ГВт-қа дейін арттырды.

Қазақстан жері географиялық жағынан қарасақ солтүстікке жақын орналасқан, бірақ оған қарамстан жеріміздің климаттық жағдайының тұрақтылығы мен қолайлығының арқасында елді мекеннің күн энергиясынан электр энергиясын алуға өте қолайлы болып отыр. Көптеген ғалымдар мен сарапшылардың ізденістерінің бағалауы бойынша, елдің оңтүстік өңірлеріндегі күн энергиясының әлеуеті жылына 2500-3000 күн сағатын құрайды және жылына 1 м<sup>2</sup> жылына 1,3-1,8 млрд. КВт/сағ электр энергиясын алуға болады. Қазақстанның фотоэлектрлі қондырғыларын немесе күн жылытқыш қондырғыларын орнату үшін қолжетімді аумағы жалпы аумақтың (2 724 902 км<sup>2</sup>) кем дегенде 50% құрайды, күн энергиясының әлеуеті жылына 1700 ТВт / сағ болуы мүмкін (1-сурет).



1-сурет. Қазақстанның күн картасы

## • Технические науки

Қазақстан Республикасының баламалы және жаңартылатын энергия көздерін дамыту жөніндегі 2013-2020 жылдарға арналған іс-шаралар жоспарына сәйкес (Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2013 жылғы 25 қаңтардағы №43 қаулысы) бойынша 2020 жылға қарай баламалы және жаңартылатын энергия көздері негізінде белгіленген жалпы қуаты 1040 МВт жұмыс істейтін 31 нысан іске қосыла-мақ, оған қоса қуаттылығы 77 МВт жететін тағы 4 күн электр станциясы нысан салу жоспарлануда (1-кесте) [4].

Кесте -1. 2013-2020 жж. Жоспар бойынша құрылысын салуға жоспарланған күн электр станцияларының тізімі

№ р/с	Іс-шараның атауы	Іске асыру мерзімі	Болжамды шығын құны, миллион АҚШ доллары
1	Алматы облысының Қапшағай қаласындағы қуаты 2 МВт күн электр станциясын салу	2014 жыл	11,33
2	Жамбыл облысының Жамбыл ауданында қуаты 24 МВт күн электр станциясын салу	2015 жыл	57,67
3	Қызылорда облысындағы қуаты 50 МВт күн электр станциясын салу	2017 жыл	96,80
4	Қазақстан Республикасында күн фотоэлектрлік жүйесін пайдалану арқылы таза энергия алу енгізу жобасы	2014 жыл	10,00
Барлығы:			176

«Қапшағайдағы қуаты 2 МВт күн электр станциясы» іске асыру жобасы іске асырылды, стан-ция 2014 жылдың қазанында пайдалануға берілді (2-сурет). 2015 жылы Қапшағай қаласында 2 МВт күн электр станциясы 3 267 мың кВт / сағ электр энергиясын өндірді, оның ішінде торапқа жеткізілетін 3154 мың кВт/сағ электр энергиясы беріліп отырды.



2-сурет. Қуаты 2 МВт Қапшағай қаласында КЭС

Өткен 2015 жылдың 2 шілдесінде Жамбыл облысының Жуалы ауданында қуаты 50 МВт бола-тын «Бурне Соляр-1» күн электр станциясы іске қосылды. Сонымен қатар, мемлекеттік бағдарлама-ларға қатысы жоқ жекеменшік компаниялар жүзеге асыратын жобалар бар: Жамбыл облысындағы Отар ауылында 1 МВт «ҚазЭкоВатт» ЖШС-нің қуаты бар КЭС жұмыс істеуде, тағы Алматы облы-сының Сарыбұлақ ауылында аудандық әкімдіктің қатысымен қуаттылығы 52 кВт күн электр стан-циясы жұмыс істеуде.

2013-2020 жылдарға арналған Қазақстанда баламалы және жаңартылатын энергия көздерін да-мыту жөніндегі қайта қаралған іс-шаралар жоспарына сәйкес. 2020 жылдың соңына қарай жиынтық орнатылған қуаттылығы 713,5 МВт күн энергиясының 28 объектісін пайдалануға беру жоспарлануда [5]. Ұзақ мерзімді перспективада жел күші әлеуеті жоғары. 50 мың шаршы метр аумақта. км, яғни Қа-зақстан аумағының 2% -ы, желдің жылдық орташа жылдамдығы 7 м / с-тан асады. Бұл аумақтардың

мүмкіндіктері жылына 1 трлн. кВт / сағат электр энергиясын өндіру үшін жеткілікті, бұл республиканың электр энергиясына қажеттілігін бірнеше рет қайталайды. Қазақстанда желдің жылдық энергетикалық әлеуеті 1,8 трлн. кВт / сағ, ал кейбір жерлерде оның тығыздығы - шаршы километрге 10 МВт барады.

2013 жылы Қазақстанда 2013-2020 жылдарға арналған баламалы және жаңартылатын энергияны дамыту жөніндегі іс-шаралар жоспары қабылданды (Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2013 жылғы 25 қаңтардағы № 43 қаулысы). Осы жоспарға сәйкес, 2020 жылға дейін жиынтық белгіленген қуаты 1040 МВт 31 жаңартылатын энергия көздері негізінде жұмыс жасайтын қондырғысы пайдалануға беріледі, оның ішінде: 13 жел электр станциялары - 793 МВт; 14 гидроэлектростанциялары - 170 МВт; 4 күн электр станциялары - 77 МВт жасалады. Жоспардағы жел энергетикасы жобаларының тізімі 2-кестеде келтірілген.

Кесте -2. **2013-2020 жылдарға арналған іс-шаралар жоспарына сәйкес құрылысқа жоспарланған жел электр станциялары (ЖЭС) тізімі.**

№	Іс-шараның атауы	Іске асыру мерзімі	Болжалды шығыстар, миллион АҚШ доллары
1	Ақмолаоблысының Ерейментау ауданы, Ерейментау маңындағы қуаты 45 МВт болатын ЖЭС құрылысы	2014 жыл	118,06
2	Ақмола облысы, Ерейментау ауданы Ерейментау қаласының маңында қуаты 30-50 МВт болатын жел электр станциясын салу	2017 жыл	200,00
3	Ақтөбе облысының Қарғалы ауданындағы Бадамша ауылында қуаттылығы 300 МВт болатын жел паркінің құрылысы	2015 - 2020 жылдар	548,80
4	Алматы облысының Шелек дәлізіндегі қуаты 51 МВт болатын ЖЭС құрылысы	2015 жыл	85,87
5	Алматы облысының Шелек ауданында қуаты 60 МВт болатын ЖЭС құрылысы	2017 жыл	180,00
6	Алматы облысының Жоңғар қақпасында қуаты 72 МВт болатын ЖЭС құрылысы	2018 жыл	100,00
7	Умыш жел электр стансасының құрылысы Шығыс Қазақстан облысының Ұлан ауданында қуаты 24 МВт	2014 жыл	53,89
8	Жамбылдағы Қордай ЖЭС құрылысы 21 МВт қуатты құрайды	2016 жыл	36,34
9	Жамбыл облысы Сарысу ауданында Жанатас ЖЭС қуаттылығы 100 МВт	2016 жыл	190,00
10	Қарағанды облысының Қарқаралы ауданында қуаттылығы 15 МВт болатын ЖЭС құрылысы	2016 жыл	66,67
11	Қостанай облысының Арқалық қаласының маңындағы учаскеде 48 МВт жел электр станциясын салу	2016 жыл	105,33
12	Маңғыстау облысының Форт-Шевченко қаласында қуаты 19,5 МВт болатын ЖЭС құрылысы	2015 жыл	36,15
13	ЖЭС орнату. Солтүстік Қазақстан облысының Қызылжар ауданы, Новоникольское ауданы, қуаты 1,5 МВт	2013 жыл	1,23
Барлығы			1 723

Сонымен, мемлекеттік бағдарламаларға қатысы жоқ жекеменшік ұйымдардың бірнеше жобалары жүзеге асырылды: Жамбыл облысының Қордай ауданында қуаттылығы 1,5 МВт болатын «Исен Су» ЖШС-нің жел электр станциясы, Ақмола облысының Целиноград ауданы Отанына ауысқан 0,75 МВт «Родина» ЖШС жел электр станциясы. Қазақтелекомның телекоммуникациялық жабдығы үшін қуат көзі ретінде қуаты 10-100 кВт болатын 40-қа жуық жел турбиналары орнатылды.

«Самұрық-Энерго» АҚ 2015 жылы Ақмола облысының Ерейментау ауданы Ерейментау маңындағы қуаты 45 МВт болатын ЖЭС пайдалануға берілді. 2015 жылы Жамбыл облысында Қордай жел электр станциясында жалпы қуаты 17 МВт 17 жел қондырғысы пайдалануға берілді. Станцияның орнатылған қуаты - 21 МВт. Солтүстік Қазақстан облысында Зенченко ЖЭС-2 КТ «Зенченко и К» қуаты 2 МВт КТ-ты пайдалануға берілді. Өткен 2015 жылдың соңына қарай қазақстандық жел паркттерінің белгіленген қуаты 75,7 МВт (жиынтық орнатылған қуаттың 0,3% -ы) және ЖЭС қуаты 30,4 МВт құрады. 2015 жылы электр энергиясын өндіру 130,2 млн. кВт \* сағ құрады. [7].

#### ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Закон Республики Казахстан от 4 июля 2009 жылы № 165-IV «О поддержке использования возобновляемых источников энергии».
- [2] Об утверждении Государственной программы индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2015-2019 жылы. Указ Президента Республики Казахстан. Электронный ресурс:
- [3] Кононов Ю.Д. Энергетика и экономика. Проблемы перехода к новым источникам энергии. – М.: Наука, 2009.
- [4] Лукутин Б.В. Возобновляемые источники электроэнергии: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического ун-та, 2008. – 87 с.
- [5] Сближение с экологическим законодательством Европейского Союза в странах Восточной Европы, Кавказского региона и Средней Азии: Бюро официальных публикаций ЕС, 2003. – 124 с.
- [6] Aitken D.W. Transitioning to a Renewable Energy Future, International Solar Energy Society, 2010. 54 p.
- [7] Бишимбаев В.К. Законодательные аспекты поддержки использования возобновляемых источников энергии в Казахстане. УДК 536.7(574) Электронный ресурс: <http://www.parlam.kz/ru/blogs/bishimbayev/Details/4/8273>
- [8] Национальная Программа развития ветроэнергетики в Республике Казахстан до 2015г. с перспективой до 2024г.
- [9] План действий по развитию альтернативных и возобновляемых источников энергии в Республике Казахстан в 2013-2020г.г.

Умбетбеков А.Т., Мәжит Ж.Б., Даулетбаева М.Е., Исанбекова А.Т., Сраж Н.М.

#### **Анализ состояния и перспективы развития энергетической отрасли РК по использованию возобновляемых источников энергии**

**Резюме.** Таким образом, использование возобновляемых источников энергии будет в значительной степени способствовать улучшению управления экосистемами и состояния окружающей среды в будущем, а также снижать уровень экологически загрязненных территорий в стране. В предлагаемой статье проанализированы состояние и перспективы развития энергетической отрасли страны по использованию ВИЭ. Установлены и выявлены актуальные вопросы связанные с ВИЭ и экологической ситуаций в регионах. Проанализированы вопросы устойчивого развития страны по обеспечению электроэнергией, и перехода альтернативные виды производства энергии. В ходе исследования были тщательно проанализирован потенциальный уровень потока энергии по всей территории Казахстана на основе использования солнечной и ветровой энергии. Проанализированы состояния и перспективы развития в разрезе регионов по использованию и внедрению ВИЭ на 2013-2024 годы.

**Ключевые слова:** Возобновляемые источники энергии, альтернативные источники энергии, солнечные электростанции, ветряные электростанции, ресурсы, энергия ветра, солнечная энергия, энергия ветра, солнечная энергия

УДК 004. 048

**L.L. La, D.Zh. Kaibassova**

(The Faculty of Information Technology, Eurasian National University n.a. L.N. Gumilov,  
Astana, Kazakhstan)  
E-mail: dindgin@mail.ru

### **CONTENT ADDRESSABLE RULES WHEN SEARCHING FOR DISTINCTIVE-FEATURE DEPENDENCIES WITH RESPECT TO THE MINING A DATABASE**

**Abstract.** The search for the content addressable rules is reduced to processing the initial data and obtaining the results. In the course of solving the problem of searching for the content addressable rules, regularities are found between related events in a data set. The main point of the problem lies in the definition of frequently occurring sets of objects in a large scope of such sets. This article proposes an approach based on the content addressable rules when searching for the distinctive-feature dependencies and in the further presentation of links between disciplines and competencies in the form of a directed graph. It will allow you to identify the sequence of teaching disciplines taking into account the prerequisites and the postrequisites in order to organize an educational program.

**Key words:** content addressable rules, data analysis, distinctive-feature dependencies, mining a database.

**Л.Л. Ла, Д.Ж. Кайбасова**

(Астана, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева)  
E-mail: dindgin@mail.ru

### **АССОЦИАТИВНЫЕ ПРАВИЛА ПРИ ПОИСКЕ ПРИЗНАКОВЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ**

**Аннотация.** Решение задачи поиска ассоциативных правил сводится к обработке исходных данных и получению результатов. В ходе решения задачи поиска ассоциативных правил отыскиваются закономерности между связанными событиями в наборе данных. Суть задачи заключается в определении часто встречающихся наборов объектов в большом множестве таких наборов. В данной статье предлагается подход, основанный на ассоциативных правилах при поиске признаков зависимостей и в дальнейшем представлении связей между дисциплинами и компетенциями в виде ориентированного графа, который позволит выявить последовательность обучения дисциплин с учетом пререквизитов и постреквизитов для формирования образовательной программы.

**Ключевые слова:** ассоциативные правила, анализ данных, признаки зависимости, интеллектуальный анализ данных.

**Постановка проблемы и анализ литературы.** Интеллектуальный анализ данных является процессом обнаружения в сырых данных ранее неизвестных, нетривиальных, практически полезных и доступных интерпретации знаний, необходимых для принятия решений в различных сферах человеческой деятельности [1]. Подразделяется на задачи классификации, моделирования и прогнозирования и другие.

Зачем нам нужен интеллектуальный анализ данных?

Есть две основные причины, по которым необходим интеллектуальный анализ данных:

1) Задача поиска действительно полезных шаблонов, может быть обескураживающей для неопытных лиц, принимающих решения, из-за того, что потенциальные шаблоны в транзакциях не всегда очевидны;

2) Объем данных в большинстве приложений слишком велик для ручного анализа.

Впервые это задача была предложена поиска ассоциативных правил для нахождения типичных шаблонов покупок, совершаемых в супермаркетах, поэтому иногда ее еще называют анализом рыночной корзины (market basket analysis)[2].

В последнее время данный алгоритм применяется в задачах для выявления тематики в коллекциях текстовых документов [3], информационно-аналитической системе оценки качества предоставления телекоммуникационных услуг [4], также ассоциативные правила нашли широкое применение в медицине, информационной безопасности, анализе компьютерных сетей и маркетинге при решении задач диагностики и прогнозирования [6-8].

Интеллектуальный анализ данных включает кластерный анализ, методы классификации, регрессии и обучения правилам ассоциации. Этот метод направлен на выявление и извлечение полезной информации из обширных данных или наборов данных [9]. Современные методы поиска ассоциативных правил базируются преимущественно на анализе формальных понятий и теории вероятностей [10, 11]. Анализ формальных понятий, как прикладная ветвь алгебраической теории решеток, является удобным математическим аппаратом описания методов поиска ассоциативных правил [12–14].

В работе [15], мы предложили подход, основанный на анализе формальных понятий, для определения отношений между результатами обучения и дисциплинами посредством надлежащего последствия. Для установления связи между объектами и их свойствами применили формальный контекст, который отражается тройкой множества  $K$  - это множество объектов  $G$ , множество свойств  $M$ , связь  $I$  между объектами и свойствами  $G \times M$ .

**Признаковые зависимости.** Каждый объект  $g \in G$  описывается с помощью конечного набора признаков  $\{m_i\}_{i=1}^n$ , то есть отображений  $m_i: G \rightarrow K_i$ , при этом  $m(x)$  — значение  $i$ -го признака объекта  $g$ . Множество  $K_1 \dots K_n$  обозначается  $M$  и называется исходным признаковым пространством. Обычно  $G$  отождествляется с  $M$  [16]. В зависимости от природы этого множества признаки делятся на следующие типы:

- бинарный признак:  $K_m = \{0, 1\}$  ;
- номинальный признак:  $K_m$  - конечное множество;
- порядковый признак:  $K_m$  - конечное упорядоченное множество;
- количественный признак:  $K_m = R$ .

В прикладных задачах встречаются и более сложные случаи. Значениями признаков могут быть числовые последовательности, изображения, тексты, функции, графы, результаты запросов к базе данных, и т. д. Если все признаки имеют одинаковый тип, то исходные данные называются *однородными*, в противном случае — *разнородными*.

Совокупность признаков описаний всех объектов обучающей выборки  $G^l = (g_1, \dots, g_l)$ , записанную в виде таблицы размером  $l \times n$ , называют *матрицей объектов–признаков*, *матрицей информации* или просто *матрицей исходных данных*:

$$M = (m_j(g_i))_{l \times n} = \begin{pmatrix} m_1(g_1) & \dots & m_n(g_1) \\ \dots & \dots & \dots \\ m_1(g_l) & \dots & m_n(g_l) \end{pmatrix}$$

Строки матрицы — это признаковые описания обучающих объектов. Столбцы матрицы соответствуют признакам.

Матрица «объекты  $\times$  признаки» является стандартным и наиболее распространённым способом представления исходных данных в задачах классификации и регрессии. Подавляющее большинство методов обучения приспособлены к обработке именно таких данных. Однако на практике встречаются задачи, в которых данные устроены сложнее. Например, в задаче обнаружения спама объекты (письма) представляются текстами произвольной длины; к тому же, в письмо могут быть вложены файлы произвольного формата. В таких случаях по имеющимся исходным данным вычисляются некоторые признаки, что позволяет привести данные к стандартному матричному виду. Этот приём называется извлечением признаков из данных (features extraction) или генерацией признаков (features generation).

Таким образом, *признаки* — это характеристики объектов, которые либо измеряются непосредственно, либо вычисляются по «сырым» исходным данным. Любое отображение из множества  $X$  можно рассматривать как признак.

**Характеристики ассоциативных правил.** Определим ассоциативное правило, используя приведенные в работе [15] понятия и обозначения. Ассоциативным правилом на множестве признаков контекста  $K = (G, M, I)$  называется упорядоченная пара  $r = (X, Y)$ ,  $X, Y \subseteq M$ . Принято ассоциативное



правило  $r = (X, Y)$  записывать в виде  $X \Rightarrow Y$ . В ассоциативном правиле  $X \Rightarrow Y$  множества  $X$  и  $Y$  называют посылкой (или причиной) и заключением (или следствием) соответственно [17]. В анализе ассоциативных правил часто полагают, что посылка и заключение – непустые непересекающиеся множества [18]. Применительно к заданному контексту  $K = (G, M, I)$  всякое ассоциативное правило  $X \Rightarrow Y$  количественно характеризуется с помощью двух числовых функций:

$\text{supp}(X \Rightarrow Y)$  – поддержка (support) – частота проявления правила,  
 $\text{conf}(X \Rightarrow Y)$  – достоверность (confidence)- процент транзакций [19].

Поддержка и достоверность ассоциативного правила определяются через понятие поддержки множества признаков [18]. Поддержка  $s(X)$  множества признаков  $X \subseteq M$  в контексте  $K = (G, M, I)$  – отношение числа объектов, которым присущи признаки  $X$ , к общему числу объектов, представленных в этом контексте:

$$s(X) = |X'| / |G|. \quad (1)$$

Величину  $s(X)$  можно интерпретировать как частоту встречаемости в контексте  $K = (G, M, I)$  объектов, имеющих признаки  $X$ . Из формулы (1) следует, что для любого  $X \subseteq M$  значение  $s(X)$  неизменно находится в естественных границах  $0 \leq s(X) \leq 1$ . Чем ближе значение  $s(X)$  к 1, тем большее число объектов рассматриваемого контекста обладает всеми признаками из  $X$ . В силу антимонотонности отображения «'» поддержка множества признаков также удовлетворяет свойству антимонотонности: для всякого контекста  $K = (G, M, I)$  и любых  $X, Y \subseteq M$  при  $X \subseteq Y$  верно неравенство

$$s(Y) \leq s(X). \quad (2)$$

Согласно (2), поддержка множества признаков не может превышать поддержку любого из его подмножеств. Так, для произвольного  $X \subseteq M$  всегда

$$s(M) \leq s(X) \leq s(\emptyset) = 1.$$

Поддержкой  $s(X \Rightarrow Y)$  ассоциативного правила  $X \Rightarrow Y$  относительно контекста  $K = (G, M, I)$  называется величина

$$s(X \Rightarrow Y) = s(X \cup Y) = |(X \cup Y)'| / |G|, \quad (3)$$

указывающая, какая доля объектов этого контекста имеет признаки  $X \cup Y$ . Достоверность  $c(X \Rightarrow Y)$  ассоциативного правила  $X \Rightarrow Y$  относительно контекста  $K = (G, M, I)$  определяется как отношение числа объектов, обладающих всеми признаками из  $X \cup Y$ , к числу объектов, которым свойственны только признаки  $X$ :

$$c(X \Rightarrow Y) = |(X \cup Y)'| / |X'|.$$

Достоверность ассоциативного правила через функцию поддержки выражается формулой

$$c(X \Rightarrow Y) = s(X \Rightarrow Y) / s(X) = s(X \cup Y) / s(X). \quad (4)$$

Необходимо учесть, что достоверность определяется формулой (4) только для тех ассоциативных правил  $X \Rightarrow Y$ , для которых  $s(X) \neq 0$ . Если  $s(X) = 0$  (в контексте нет ни одного объекта, который обладал бы признаками  $X$ ), то также  $s(X \cup Y) = 0$ . В этом особом случае полагают  $c(X \Rightarrow Y) = 1$ . Исходя из (1)–(4), достоверность ассоциативного правила  $X \Rightarrow Y$  при произвольных  $X, Y \subseteq M$  всегда находится в границах

$$0 \leq c(X \Rightarrow Y) \leq 1.$$

Чем ближе значение  $c(X \Rightarrow Y)$  к 1, тем с большей уверенностью можно сказать, что признаки  $Y$  появляются в объектах рассматриваемого контекста вместе с признаками  $X$  [18].

**Значимость ассоциативных правил.** Результатом использования ассоциативных правил является получение всех возможных правил из вида «Из  $A$  следует  $B$ », с различными значениями поддержки и достоверности. Однако во многих случаях, требуется количество правил ограничивать заранее установленными минимальными и максимальными значениями поддержки и достоверности. Нужно отметить, если значение поддержки правила слишком велико, то в результате работы алгоритма будут найдены правила очевидные и хорошо известные. Это приводит к необходимости рас-

смагивать десятки и сотни тысяч ассоциаций, которых необходимо обработать, вручную это невозможно. Поэтому желательно уменьшить число правил для того, чтобы проанализировать только наиболее значимые из них. В свою очередь значимость часто вычисляется как разность между поддержкой правила и в целом и произведением поддержки только условия и поддержки только следствия.

**Выводы.** Предложенный в данной статье подход, основанный на ассоциативных правилах при поиске признаков зависимостей и в дальнейшем представлении связей между дисциплинами и компетенциями в виде ориентированного графа, который в свою очередь позволит выявить последовательность обучения дисциплин с учетом пререквизитов и постреквизитов для формирования образовательной программы. Для решения поставленной задачи предполагается выполнение следующих двух этапов: вначале построение различных подмножеств множества  $M$ , вычисление для каждого из них поддержки и проверка условия; далее генерация ассоциативных правил с учетом найденных частых наборов и проверка условия.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Чернышова Г.Ю. Интеллектуальный анализ данных: учебное пособие.- Саратов: СГСЭУ, 2012. – 92 с.
- [2] Шахиди А. Введение в анализ ассоциативных правил.  
URL: [http://www.basegroup.ru/library/analysis/association\\_rules/intro/](http://www.basegroup.ru/library/analysis/association_rules/intro/) (дата обращения 20.12.2018)
- [3] Воронцов К.В. Методы поиска ассоциативных правил [Электронный ресурс]: курс лекций. – [Б.м.], 2014. – 29 с. – URL: <http://www.machinelearning.ru/wiki/images/7/7c/Voron-MLAssocRules-slides.pdf> (дата обращения: 04.01.2019).
- [4] ФАМ КУАНГ ХИЕП, КВЯТКОВСКАЯ И.Ю. Применение ассоциативных правил в информационно-аналитической системе оценки качества предоставления телекоммуникационных услуг. // Научный вестник НГТУ. – 2015. - Т. 59. - № 2. - С. 33–42
- [5] Ekaterina Olshannikova, Aleksandr Ometov, Yevgeni Koucheryavy and Thomas Olsson. Visualizing Big Data with augmented and virtual reality: challenges and research agenda // Journal of Big Data. -2015. – № 2:22. – pp.222-234.
- [6] Батура Т.В. Модели и методы анализа компьютерных социальных сетей // Программные продукты и системы. - 2013.- № 3. - С. 130-137.
- [7] Платонов В.В., Семенов П.О. Методы сокращения размерности в системах обнаружения сетевых атак // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. - 2012.- № 3. - С. 40-45.
- [8] Paayaraja M., Meeyappan T. Mining medical data to identify frequent diseases using Apriori algorithm // Pattern Recognition, Informatics and Mobile Engineering (PRIME), IEEE. – 2013 - pp. 194-199.
- [9] Zhang, Shichao & Zhang, Chengqi & Yang, Qiang. Data Preparation for Data Mining // Applied Artificial Intelligence. – 2003. - 17.- pp. 375-381.
- [10] Городецкий В.И., Самойлов В.В. Ассоциативный и причинный анализ и ассоциативные байесовские сети // Тр. СПИИРАН. - 2009.- Вып. 9.- С. 13–65.
- [11] Кузнецов С.О. Автоматическое обучение на основе анализа формальных понятий // Автоматика и телемеханика. - 2001.- № 10.- С. 3-27.
- [12] Биркгоф Г., Барти Т. Современная прикладная алгебра. - СПб: Лань, 2005.- 400 с.
- [13] Гуров С.И. Булевы алгебры, упорядоченные множества, решетки: определения, свойства, примеры. - М.: ЛИБРОКОМ, 2013.- 352 с.
- [14] Ganter B., Wille R. Formal Concept Analyses: mathematical foundations// Springer Science and Business Media. – 2012. - 314 p.
- [15] Кайбасова Д.Ж., Кожанов М.Г., Ла Л.Л. Объектно-признаковые данные для программных средств анализа формальных понятий // Материалы III Международной научно-практической конференции «Global science and innovations 2018: Central Asia». - Астана, 2018. – С. 493-496.
- [16] Воронцов К. В. Математические методы обучения по прецедентам. Курс лекций. - МФТИ.- 2006.- <http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php>
- [17] Zhang C., Zhang S. Association rules mining // Springer. – 2002. - 240 p.
- [18] Быкова В.В., Катаева А.В. Сжатое представление строгих ассоциативных правил в анализе данных. // Программные продукты и системы. - 2017.- Т.30.- №2. - С. 187-195
- [19] Зайцев К.С. Применение методов Data Mining для поддержки процессов управления ИТ-услугами: учебное пособие. – М.: МИФИ, 2009. – 96 с.

Л.Л. Ла, Д.Ж. Кайбасова

**Деректерді зияткерлік талдауға арналған белгілік тәуелділіктерді анықтаудағы ассоциативті ережелер**

**Андатпа.** Ассоциативті ережелерді іздеу мәселесінің шешімі бастапқы деректерді өндеуге және нәтижелерді алуға бағытталған. Ассоциативті ережелерді іздеу мәселесін шешу барысында деректер жиынтығындағы оқиғалар арасындағы заңдылықтар анықталған. Мәселенің мәні осы жинақтардың үлкен жиынтығында жиі кез-

десетін көптеген нысандарды анықтауда жатыр. Бұл мақалада ерекшеліктерді іздестіруде және пәндер мен құзыреттілік арасындағы байланыстарды алдағы жұмыстарда бағыттаушы график түрінде ассоциативті ережелерге негізделген тәсілді қолдану ұсынылады, бұл білім беру бағдарламаларын қалыптастырудың қажетті шарттарына ескере отырып, оқыту пәндерінің ретін анықтауға мүмкіндік береді.

**Түйін сөздер:** ассоциативті ережелер, деректерді талдау, белгілік тәуелділіктер, деректерді зияткерлік талдау.

**R.D. Akhmetbekov, A.A. Yesmaganbetov, D.D. Nussupov, T.M. Ginayatov, D.D. Dossymbek**  
(Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan)  
E-mail: mimolte@mail.ru

### **TRAFFIC CAPACITY IMPROVEMENT OF MOBILE NETWORKS BY THE METHOD OF SPATIAL-TIME CODING**

**Abstract.** The article reviews the principles of the spatial-time coding technology functioning, the principles of spatial correlation and loss in the channel carrying capacity. The calculations, results and analysis of the correlation coefficient were executed. The influence of the correlation coefficient on the channel carrying capacity, as well as the loss in the carrying capacity for various nodes of the correlation coefficient is analyzed.

**Keywords:** mobile networks, LTE, carrying capacity, MIMO, correlation coefficient, losses.

**Р.Д. Ахметбеков, А.А. Есмаганбетов, Д.Д. Нусупов, Т.М. Гинаятов, Д.Д. Досымбек**  
(Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, г.Алматы, Республика Казахстан)  
E-mail: mimolte@mail.ru

### **ПОВЫШЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СЕТЕЙ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ МЕТОДОМ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО КОДИРОВАНИЯ**

**Аннотация.** В статье рассмотрены принципы функционирования технологии пространственно-временного кодирования, принципы пространственной корреляции и потери в пропускной способности канала. Проведены расчеты, результаты и анализ коэффициента корреляции. Проанализировано влияние коэффициента корреляции на пропускную способность канала, а также потери в пропускной способности для различных модулей коэффициента корреляции.

**Ключевые слова:** мобильная связь, LTE, пропускная способность, MIMO, коэффициент корреляции, потери.

#### **Введение**

Последнее время наблюдается тренд увеличения роста интереса к беспроводным системам передачи информации. Таким образом, появляется необходимость в повышении пропускной способности. Данную проблему можно решить при помощи технологии Multiple Input Multiple Output (MIMO). MIMO – это технология, реализуемая с помощью антенных систем с «многоканальным входом многоканальным выходом». В данном случае общий поток данных делится на несколько подпотоков, а затем передается в общем канале связи. Растет скорость передачи данных при неизменной полосе частот. Для обеспечения независимости подпотоков в MIMO-системах используют пространственное и поляризационное разнесение. При этом системы MIMO хорошо работают вне зоны прямой видимости и при наличии хорошо рассеивающей среды, каждый из передаваемых сигналов оказывается «промаркированным» самой средой передачи (межканальной и межсимвольной интерференцией, затуханием, задержкой во времени, и другими искажениями).

Таким образом, разработка и анализ алгоритмов приема дискретных сообщений, основанных на принципе «приема в целом» при использовании технологии MIMO, является весьма актуальной задачей.

#### **Методы**

Пропускная способность системы связи – это максимальная скорость передачи данных, при которой обеспечивается максимально низкая вероятность ошибки.

Физическое определение возможности увеличения скорости передачи информации можно показать с помощью формулы, выведенной Шенноном.

Например, емкость системы с технологией SISO вытекает из теоремы Шеннона-Хартли:

$$C = \log_2 \left( 1 + \frac{E_b}{N_0} \right), \quad (1)$$

где  $\frac{E_b}{N_0}$  – отношение среднее сигнал/шум.

Емкость системы MIMO определяется формулой, полученной Telatar в 1995 году:

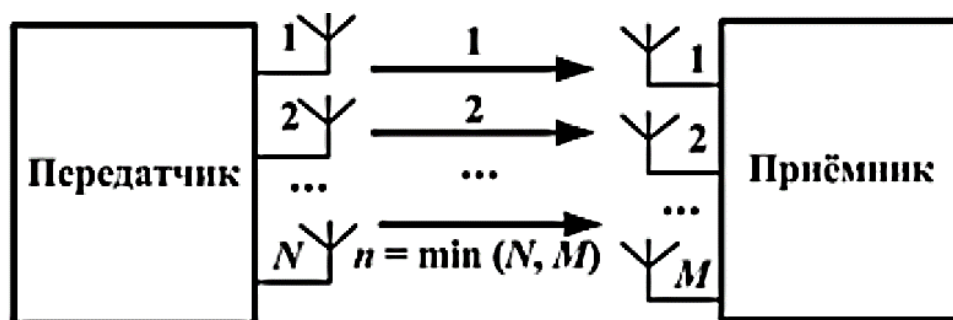
$$C = \log_2 \left[ \det \left( I_M + \frac{E_b}{N_0 N_{tr}} \mathbf{H} \mathbf{H}^H \right) \right] = \sum_{i=1}^{\min(N_{tr}, M_{tr})} \log_2 \left( 1 + \frac{E_b}{N_0 N_{tr}} \lambda_i \right), \quad (2)$$

где  $\lambda_i$  – это собственное значение  $\mathbf{H} \mathbf{H}^H$ ,  $\det(\cdot)$  – определитель матрицы.

Собственные, а также сингулярные значения соединены выражением  $\sigma_i^2 = \lambda_i$ . Таким образом, MIMO работает более продуктивно при высоких SNR. Высокий уровень SNR чаще всего доступен при наличии LoS. Необходимо отметить, что, если на передаче известен канал (CSIT), он может усилить сигнал в «более подходящем» подканале, таким образом увеличить пропускную способность канала.

Пропускная способность канала MIMO равна  $n$  пропускных способностей каналов SISO, следовательно, канал MIMO может быть определен в виде совокупности нескольких параллельных каналов SISO. Скорость передачи информации при технологии MIMO с увеличением числа антенн также линейно увеличивается.

На рисунке 1 изображены каналы связи MIMO в виде нескольких параллельных каналов SISO.



**Рис. 1.** Представление канала связи MIMO в виде нескольких параллельных каналов SISO

Очень часто, в условиях города, в канале передачи данных наблюдаются замирания сигнала. При наличии эффекта замираний матрица канала  $\mathbf{H}$ , а, следовательно, и пропускная способность канала связи будут непредсказуемыми. Определение пропускной способности канала передачи информации выводится распределением элементов матрицы канала  $\mathbf{H}$ .

В действующих системах беспроводной радиосвязи, имеет место пространственная корреляция замираний между различными сигналами в разных антеннах.

Пространственная корреляция замираний чаще всего провоцируется достаточно низким разнесением антенн между собой (ближе, чем 10-30 длин волн). Пространственная корреляция является причиной уменьшения пропускной способности канала связи. Появляется задача анализа коэффициентов корреляции канала связи в зависимости от взаимного вертикального расположения, передающей и приемной решёток.

Коэффициенты корреляции и интервал корреляции по задержкам определяются разностью хода лучей от передатчика до элементов решетки на стороне приемника.

Лучи, приходящие на приемную решетку под углом  $\theta$  (угол отсчитывается к оси решетки от нормали), опаздывают по фазе между соседними элементами на величину  $\delta$ :

$$\delta = kd \sin \left( \frac{\theta \pi}{180} \right), \quad (3)$$

где  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$  ( $\lambda$  – длина волны излучения);

$d$  – расстояние между элементами антенной решетки;  
 $\theta$  – вертикальный угол между приемной и передающей решетками.

Простая модель коррелированного канала связи с технологией ММО:

$$H = R_r^{1/2} H_\omega R_t^{1/2}, \quad (4)$$

где  $R_t$  – корреляционная матрица на передаче с размерностью  $N \times N$ ;

$R_r$  – корреляционная матрица на приеме с размерностью  $M \times M$ .

Матрицы  $R_t$  и  $R_r$  будут являться положительно определёнными эрмитовыми матрицами с единицами на главной диагонали.

Корреляционные матрицы  $R$ ,  $R_t$  и  $R_r$  связаны соотношением:

$$R = R_t^T \otimes R_r, \quad (5)$$

где знак  $\otimes$  обозначает операцию кронекерова (внешнего) умножения матриц.

Корреляционные матрицы  $R_t$  и  $R_r$  могут быть определены на основании модели, позволяющей вычислить данные этих матриц исходя из величины расстояния между элементами приёмных и передающих антенн.

При этом, округленная оценка коэффициента корреляции определяется формулой:

$$\rho \approx e^{(-23(\frac{d}{\lambda})^2 \sin^2 \theta)} \quad (6)$$

Если антенны расположены на одной оси главных максимумов излучения-приема ( $\theta = 0$ ), к примеру, на одинаковой высоте, то в таком случае задержки на элементах приемной решетки сводятся к минимуму и  $\rho = 1$ . Реализация технологии ММО проблематична, но в таком случае помехи минимальны и отношение сигнал/шум достаточно высокий. На практике решётки должны быть на различной высоте, антенны БС желательно должны быть выше 40 м.

### Результаты и их обсуждение

Расчеты коэффициента корреляции на основе формулы (6) приведены в таблице 1 для двух значений  $\frac{d}{\lambda}$ . Необходимо отметить, что при  $\rho < 0.4$  корреляция слабо влияет на пропускную способность канала связи, а при  $\rho < 0.2$  сигналы на соседних элементах приемных антенн можно принять, как некоррелированные.

Таблица 1. Расчет коэффициента корреляции

$\theta$ , рад <sup>0</sup>	0.2	0.26	0.3	0.4	0.5
$d/\lambda$	11.5	15	17	23	28
0.5	0.8	0.68	0.6	0.42	0.26
0.67	0.67	0.5	0.41	0.21	0.1

Из таблицы следует, что коэффициент корреляции на столько меньше, на сколько больше наклон передающей решетки относительно земной поверхности. При наиболее часто используемых на практике ( $\frac{d}{\lambda} = 0.5$ ) антеннах угол наклона диаграммы должен быть больше 25 градусов, чтобы реализовать преимущества технологии ММО. Наклон диаграммы уменьшает радиус зоны обслуживания, поэтому наиболее предпочтительными являются решетки с более увеличенным расстоянием между соседними элементами решетки до значения  $\frac{d}{\lambda} = \frac{2}{3}$ .

Рассмотренная ранее формула Шеннона при равном числе приемных  $M$  и передающих  $N$  антенн реализуется исключительно при независимых сигналах, принимаемых на элементах антенной решетки. При корреляции сигналов наблюдаются потери  $\Delta C$ , на столько больше, на сколько больше коэффициент корреляции. Величину потерь в пропускной способности можно приближенно оценить:

$$\Delta C(\rho) = -2 \log_2(1 - \rho)^2, \frac{\text{бит}}{\text{с}}/\text{Герц} \quad (7)$$

Потери в пропускной способности канала изображены в виде таблицы 2.

Таблица 2. Потери в пропускной способности для модулей некоторых коэффициента корреляции  $|\rho|$

$ \rho $	0	0.2	0.4	0.6	0.8	0.9	0.95
$\Delta C(\rho)$	0	0.12	0.5	1.3	2.95	4.8	6.7

Из таблицы можно сделать вывод, что при  $|\rho| \leq 0.4$  потери в пропускной способности канала не превышают 0,5 бит/с/Гц. При  $|\rho| \geq 0.4$  потери резко возрастают. Если по модулю коэффициент корреляции стремится к единице, то канал MIMO превращается в канал SISO.

Рисунок 2 показывает быстрое увеличение абсолютных потерь пропускной способности канала с ростом корреляции, также при увеличении числа антенн потери возрастают. При увеличении числа антенн пропускная способность также сильно возрастает, поэтому на практике более важное значение представляют относительные потери.

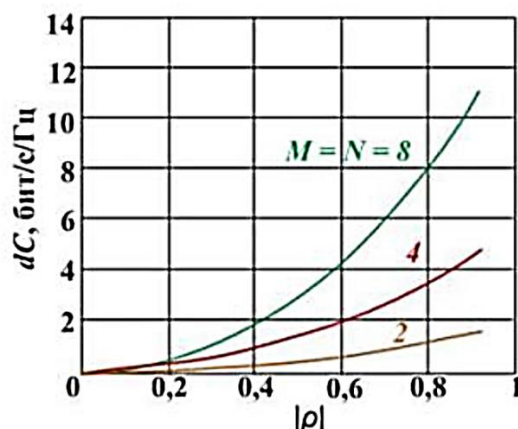


Рис. 2. Построенные зависимости потерь в средней пропускной способности канала MIMO от коэффициента корреляции  $\rho$  для различных значений числа приемных и передающих антенн при отношении сигнал/шум 10 дБ на основании формулы (7)

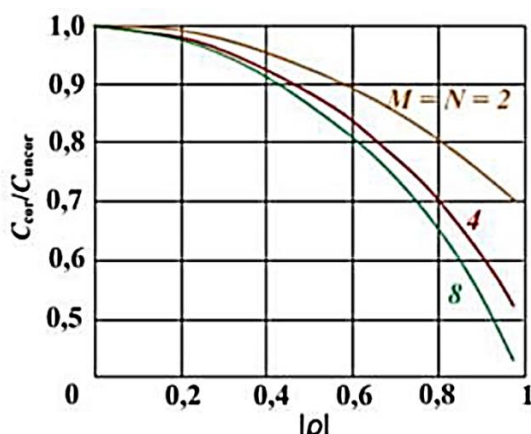


Рис. 3. Построенные зависимости отношения средней пропускной способности канала MIMO к пропускной способности канала MIMO с независимыми релейскими замираниями, от коэффициента корреляции  $\rho$  при разных количествах приемных и передающих антенн

Зависимости иллюстрируют, что при допустимом уменьшении пропускной способности на 20% (соответствует  $\frac{C_{cor}}{C_{uncor}} = 0.8$ ) приемлимый уровень корреляции в канале  $|\rho|$  составляет 0,6 при числе антенн  $M = N = 8$  и 0,8 при  $M = N = 2$  соответственно.

### Заклучение

Наиболее важной проблемой в современной высокоскоростной системе передачи дискретных сообщений является повышение качества обслуживания пользователя при увеличении скорости передачи информации, за счет уменьшения вероятности ошибки передачи данных. Значительно улучшить емкость сети, спектральную эффективность и скорость передачи информации можно при использовании технологии с многоканальным входом и многоканальным выходом (Multiple Input Multiple Output, MIMO), то есть использовать антенные решетки на обоих концах линии связи. При этом преимущества систем MIMO позволяют бороться либо с эффектом замирания сигнала, либо используются для повышения пропускной способности.

Сформированы и проведены расчеты и анализ коэффициента корреляции. Проанализировано влияние коэффициента корреляции на пропускную способность канала, а также потери в пропускной способности для различных модулей коэффициента корреляции.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Голдсмит А. Беспроводные коммуникации. Основы теории и технологии беспроводной связи – М.: Техносфера, 2013. – 904 с.
- [2] Слюсар В. Системы MIMO: принципы построения и обработка сигналов // Электроника: наука, технология, бизнес. – 2005. — № 8. – С. 52—58.
- [3] Бакулин М.Г. Повышение скорости передачи информации и спектральной эффективности беспроводных систем связи // Цифровая обработка сигналов. – 2006. – №1. – С. 2-12.
- [4] Zeng Y. Blind MIMO Channel Estimation Method Tolerating Order Overestimation // The 8th International Conference on Communication Systems. – Singapore, 25-28 November 2002. – v.1. – P. 274- 278.
- [5] Stuber G. L. Principles of Mobile Communications – 3rd ed. – Springer-Verlag New York: Springer Science+Business Media, LLC, 2012. – pp.324.
- [6] Medles A. Semiblind channel estimation for MIMO spatial multiplexing systems // Proc. VTC2001-Fall. – Oct 2001. –v. 2. – P. 1240-1270.
- [7] Korn I. Digital Communications – New York: Van Nostrand Reinhold Company, Inc., 1985. – 676 p.

Ахметбеков Р.Д., Есмаганбетов А.А., Нусупов Д.Д., Гинаятов Т.М., Досымбек Д.Д.

**Ұялы байланыс желілерінің өткізу қабілетін кеністік және уақыт бойынша кодтау әдісімен арттыру.**

**Түйіндемe.** Антенна торының жер бетіне катысты көлбеулік бұрышы неғұрлым үлкен болса, корреляция коэффициенті соғұрлым кіші болатынын келтірілген есептеу тәсілі көрсетеді.  $\rho < 0.4$  кезінде корреляцияның әсер етуі байқалмайды, ал  $\rho < 0.2$  кезінде көрші элементтерді корреляцияланбаған деп есептеуге болады.

Байланыс арнасындағы шығындар корреляция коэффициентімен қатар өседі. Келтірілген есептеулерге қарағанда  $\rho \geq 0.4$  кезінде шығындар күрт көтеріледі. Корреляция коэффициентінің мәні 1 жақындаған кезде MIMO байланыс арнасы SISO байланыс арнасына айналады.

**Түйінді сөздер:** ұялы байланыс, LTE, өткізу қабілеті, MIMO, корреляция коэффициенті, шығындар.

УДК 681.5; 519.2

**V.P. Kulikova, K.Y. Iklassova**

(North Kazakhstan State University named after M. Kozybayev, Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan)

E-mail: kiklasova@mail.ru

### TO THE FORECASTING OF THE INDICATIVE PARAMETERS

**Abstract.** The forecasting is a step in the process of indicative planning, which minimizes risk and reduces uncertainty in decision-making. Specifying the threshold largest and lowest values and the use of indicators are necessary both for monitoring the state of the controlled object and for changing the management strategy. The article reviews approaches to the analysis of statistics and data forecasting. The method of forecasting the indicative indicators is provided.

**Key words.** Decision-making, strategic management, indicative indicators, forecasting, analysis of statistics.

**В.П. Куликова, К.Е. Икласова**

(Северо-Казахстанский государственный университет им. М. Козыбаева,  
Петропавловск, Республика Казахстан)  
Email: kiklasova@mail.ru

## **К ВОПРОСУ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИНДИКАТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ**

**Аннотация.** Прогнозирование является этапом процесса индикативного планирования, способствующий минимизации риска и снижению неопределенности при принятии решений. Определение пороговых максимальных и минимальных значений и использование индикаторов необходимо как для осуществления мониторинга состояния управляемого объекта, так и для изменения стратегии управления. В статье рассматриваются подходы к статистическому анализу и прогнозированию данных. Представлена методика прогнозирования индикативных показателей.

**Ключевые слова.** Принятие решений, стратегическое управление, индикативные показатели, прогнозирование, статистический анализ.

### **1. Введение.**

Индикативный план – это план-прогноз, который составляется с целью помочь хозяйствующим субъектам (в том числе – институциональным структурам образования) в разработке собственных планов, исходя из видения будущего (в том числе – экономического) государственными органами (и другими привлеченными – в том числе, научными, – организациями). Современные исследования рассматривают подходы к качеству образования [1], создание культуры профессионального прогнозирования для студентов вузов [2] вопросы стратегического управления в образовании [3-9]. Прогнозирование является важным этапом в процессе планирования (в том числе – в обосновании значений уровней индикаторов), так как способствует минимизации риска и снижению неопределенности при принятии решений. Индикаторы носят направляющий векторный характер и являются параметрами границ, в пределах которых система может устойчиво функционировать и развиваться.

### **2. Методы исследований.**

Методология многомерности и фрактальная структура образовательной системы полагают индикативное управление в качестве инструмента государственного косвенного регулирования функционирования и развития образования. Аналитической фазой индикативного управления является индикативное планирование, качество которого в значительной степени определяется составом, полнотой и репрезентативностью системы индикаторов. Аппарат системно-когнитивного анализа обеспечивает универсальность процедур индикативного планирования посредством многовариантного ситуационного анализа; различных форм получения и представления информации; агрегированного учета влияния экзогенных/эндогенных факторов на институциональные структуры образования [10].

Рассмотрим ВУЗ в качестве представителя институциональной структуры образования. Плановое решение, как предмет индикативного планирования, предполагает две группы характеристик:

- желаемых состояний ВУЗа (индикаторов);
- способов достижения этих состояний (реакций – параметров управляющих воздействий, направленных на достижение индикаторов).

Все характеристики определяются принципами универсальности, информационного взаимодействия, учета оценки состояния функционирования системы образования, учета ресурсов инфраструктуры системы образования в аспектах развития и рефлексивности.

Когнитивное моделирование проблем слабоструктурированных сложных систем, декларируя принцип междисциплинарности, предполагает единую систему моделей, методов (в том числе – *статистических*) и информационных технологий из разных отраслей знаний для решения ряда задач (в том числе – *идентификации* объекта, *прогнозирования*) [10].

Методологией прогнозирования некоторых уровней показателей индикативного плана ВУЗа выбраны:

- «линейно»-экстраполяционная (для выявления тенденции развития и продления их на последующие временные периоды времени с адаптацией/корректировкой посредством учета «ошибок» либо экспертизы);
- теория циклично-генетической динамики в управлении жизненным циклом системы (для идентификации колебательных процессов с меняющейся амплитудой и учетом многочисленных фак-



торов, эффектов резонанса или демпфирования (смягчения); для оценки возможности адаптации к переменам окружающей среды).

Отметим, что спецификой «когнитивного прогноза» является характеристика тенденции развития *возможных* процессов в ВУЗе на базе сценариев «что-если?» (например, методом импульсного моделирования на когнитивных картах [11]). Иными словами, оценка возможных последствий развития ВУЗа как реакции на гипотетические причины – изменения факторов и/или их сочетаний в моделируемом будущем. При этом, численно представленные результаты наблюдений над объектом/системой (статистические данные) участвуют как в построении когнитивной модели и базовом/начальном моделировании сценариев, так и при оценке адекватности сценариев путем сравнения результатов моделирования с наблюдаемыми данными.

### 3. Результаты исследований.

Успешность прогнозирования зависит от объема и качества информации, правильности формулирования задачи прогнозирования и обоснованности выбора способа ее решения. «Входные точки» или результаты образования (индикаторы) могут быть как измеряемыми (количественными, качественными), так и не измеряемыми. Для обоснованного выбора метода прогнозирования авторами применяются, как правило, две классификации:

– согласно измерительным шкалам либо формализованные (прогнозная экстраполяция, а именно, адаптивное сглаживание, авторегрессия, гармонические весы, экспоненциальное сглаживание; и методы структурного, сетевого, матричного, имитационного моделирования), либо интуитивные (индивидуальные и коллективные экспертные оценки);

– согласно расчетным технологиям либо *статистические методы* (множественная линейная регрессия, стохастические временные ряды, экспоненциальное сглаживание, пространство состояний и т.д.), либо *методы искусственного интеллекта* (экспертные системы, нейронные сети, нечеткую логику).

Спрос на образование в краткосрочном и долгосрочном периодах определяют демографические и миграционные потоки [12]. SWOT-анализ деятельности ВУЗа [13] показал, что контингент обучающихся – один из самых «болевых» внутренних факторов, отражающих слабые стороны.

Рассмотрим оценивание (прогнозирование) индикативного показателя «Прием по программам бакалавриата» относительно образовательной сферы деятельности ВУЗа на базе данных за 2005-2018 годы. Проверка на аномальность методом Ирвинас 95%-й надежностью подтверждает, что все наблюдаемые значения показателя считаются принадлежащими к одной совокупности, не подлежащими выбраковке и коррекции. Действительно, вспомогательные фактические статистики  $\lambda_t$  на уровне значимости 5% имеют меньшее значение, чем значения критического табличного интервалы (1,3;1,5)[14].

Наличие тенденции в исходном ряду проверили методом Фостера-Стьюарта [14], сформулировав нулевые гипотезы  $H_0$  об отсутствии трендова) собственно ряда исходных данных (тренда в среднем) и б) дисперсии (т.е. ряд данных «раскачивается», разброс уровней данных непостоянен). Учтывая фактические статистики  $t_h \approx 5,9$  и  $t_d \approx 3,8$  вспомогательных числовых последовательностей, табличное значение  $t_{0,05;12} \approx 2,18$  t-критерия Стьюдента с заданным уровнем значимости  $\alpha$ , пришли к выводу:

– Гипотеза  $H_0 : h = \mu$  при  $H_1 : h \neq \mu$  отвергается, т.к.  $t_h > t_{\alpha;(n-2)}$ . Содержательно нулевая гипотеза говорит о случайности отклонения величины  $h$  от величины математического ожидания  $\mu$ . Следовательно, на  $\alpha$ -уровне значимости можно утверждать о наличии в исходном временном ряду тренда в среднем.

– Гипотеза  $H_0 : d = 0$  (о случайности отклонения) при  $H_1 : d \neq 0$  отвергается, т.к.  $t_d > t_{\alpha;(n-2)}$ , и признается наличие тренда дисперсии уровней ряда.

Выявление тенденции провели обычным методом наименьших квадратов, рис.1 (МНК)[6].

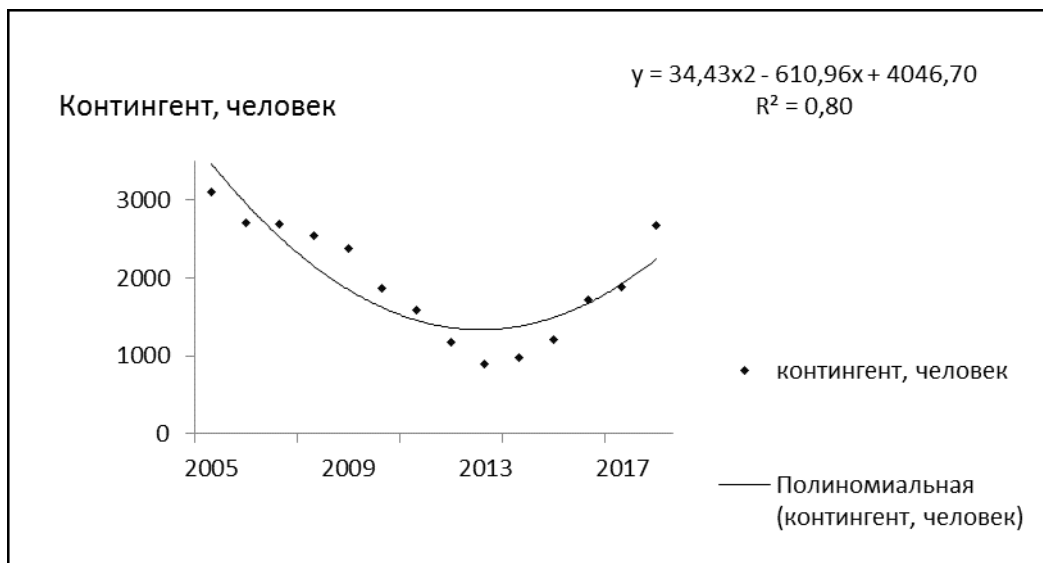


Рис.1. Трендовая модель

Для квадратичной МНК-модели  $y=34,43x^2 - 610,96x + 4046,70$  формальный критерий близости  $R^2=0,80$  не самый большой в ряду «возможных» МНК-трендов, но для «советующего» индикатора важнее информация, полученная содержательной трактовкой модели:

– первая производная  $y' = 68,86x - 610,96$ ;

– вторая производная  $y'' = 68,86 > 0$  показывает равноускоренное развитие процесса набора обучающихся на образовательные программы бакалавриата.

Надо обратить внимание на величину набора 2013 года. Тест Чоу [12] на наличие структурных изменений с надежностью 95% подтверждает неоднородность данных до и после 2013 года (что вполне согласуется с данными о рождаемости в СКО и РК в целом, так называемой «демографической ямы», и ее последствий через 17-20 лет). Таким образом, есть основания прогноз индикативного показателя «Прием по программам бакалавриата» выполнять на выборке 2013-2017 годов посредством адаптивных моделей, способных приспособлять свою структуру и параметры к изменению условий.

В данном случае (малая выборка, стационарность принимаем как модельное допущение) использована однопараметрическая модель Брауна [14]:

$$a_{1,t} = a_{1,t-1} + a_{2,t-1} + (1-\beta^2)e_t$$

$$a_{2,t} = a_{2,t-1} + (1-\beta)^2 e_t$$

где  $\beta$  – коэффициент дисконтирования данных;  $e_t$  – ошибка прогнозирования,  $e_t = y_t - \hat{y}_t$ .

Оптимальное значение параметра дисконтирования  $\beta$  в пределах  $[0;1]$  определяется методом численной оптимизации (минимум ошибки прогноза) и является постоянным для всего периода наблюдений. Начальные значения параметров модели можно определить МНК на основе нескольких первых наблюдений. Прогноз в момент времени  $t$  на  $\tau$  шагов:

$$\hat{y}_t(\tau) = a_{1,t-1} + a_{2,t-1}\tau,$$

где  $a_{1,t-1}$  и  $a_{2,t-1}$  – предыдущие оценки коэффициентов адаптивного полинома.

Дополняем точечный прогноз интервальным (для индикативного показателя это существенно):

$$\hat{y}_{t^*} - t_{\alpha;n-2} \cdot s_{\hat{y}_{t^*}} \leq y_{t^*} \leq \hat{y}_{t^*} + t_{\alpha;n-2} \cdot s_{\hat{y}_{t^*}}$$

где  $\hat{y}_{t^*}$  – точечный прогноза в точке  $t^*$ ;

$t_{\alpha;n-2}$  – табличное значение критерия Стьюдента;

$$s_{\hat{y}_{t^*}} = s_{\hat{y}_t} \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{3(n+2k-1)^2}{n(n^2-1)}};$$

$n$  – число наблюдений ряда,  $k$  – упреждение прогноза;

$$s_{\hat{y}_t} = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2}{n-2}} = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n e_t^2}{n-2}} - \text{стандартная ошибка аппроксимации прогнозируемого показателя.}$$

В случае нестационарных рядов данных применяем двухпараметрическую модель Хольта [6]:

$$S_t = \alpha y_t + (1 - \alpha)(S_{t-1} + b_{t-1})$$

$$b_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$$

где  $t = 2, 3, 4, \dots$  – периоды сглаживания;  $S_t$  – сглаженная величина на период  $t$ ;  $b_t$  – сглаженное значение тренда на период  $t$ ;  $\alpha, \beta$  – сглаживающие константы (числа между 0 и 1 подбираем методом численной оптимизации).

Приведем частные результаты исследования по выявлению зависимости приема абитуриентов (бакалавриата) от демографических изменений (с учетом рождаемости и миграции) и государственным расходами на образование. Для исследования взаимосвязи между контингентом (человек)  $Y$  (результатирующий признак) и социально-экономическими факторами были выбраны следующие регрессоры:  $X_1$  и  $X_2$  – сальдо миграции по уровням образования, соответственно, средне-специального и общего среднего;  $X_3$  – рождаемость по СКО (человек);  $X_4$  – гос. расходы на образование (млн.тг).

Результаты множественного корреляционно-регрессионного анализа [15] после стандартизации переменных приведены в таблице 1.

Таблица 1. **Матрица парных коэффициентов корреляции**

Переменная	Y	X1	X2	X3	X4
Y	1,000000	0,198322	0,257226	0,810435	-0,504942
X1	0,198322	1,000000	0,613393	0,479427	-0,587005
X2	0,257226	0,613393	1,000000	0,347964	-0,465416
X3	0,810435	0,479427	0,347964	1,000000	-0,879650
X4	-0,504942	-0,587005	-0,465416	-0,879650	1,000000

Парные корреляции матрицы  $R$  показывают, что результирующий признак  $Y$  сильно связан с рождаемостью по СКО –  $X_3$ , менее коррелирует с государственным расходами на образование –  $X_4$ . Некоторые из регрессоров коллинеарны между собой ( $X_3$  и  $X_4$ ,  $X_2$  и  $X_1$ ), т.е. есть подозрение о наличии мультиколлинеарности, которое подтверждается практически нулевым определителем матрицы  $R$ :  $\det R \approx 0,0102$ .

В результате анализа матрицы частных коэффициентов корреляции (ЧКК), оценивающей в чистом виде тесноту связи каждого фактора с результатом, и процедуры пошагового регрессионного анализа построили уравнение регрессии, исключив из него некоторые переменные (свободный коэффициент отсутствует в связи со стандартизацией данных), таблица 2:

$$Y = 1,654X_3 + 0,955X_4$$

Таблица 2. **ЧКК результата Y с регрессорами X.**

Переменная	X1	X2	X3	X4
Y	0,198322	0,257226	0,810435	-0,504942

Из анализа  $t$ -статистик, видно, что коэффициенты значимы на 5%- ном уровне, таблица 3. Коэффициент детерминации (равный  $R^2 = 0,8835$ ) доказывает адекватность модели изучаемому процессу. Для конкретной цели описываемого частного исследования регрессии в натуральном масштабе не требуется.

Таблица 3. t-статистики.

N=14	БЕТА	Ст.Ош.БЕТА	В
X1	-0,178798	0,159746	-0,178798
X2	0,235717	0,147019	0,235717
X3	1,653910	0,241906	1,653910
X4	0,954671	0,265053	0,954671

Таким образом, оценивая возможные стратегии ВУЗа, можно обоснованно прогнозировать уровень индикатора «Прием по программам бакалавриата» с учетом уровня, например, рождаемости  $X_3$  (или прогноза выпуска образовательных учреждений среднего звена, обеспечивающих ВУЗ потенциальными абитуриентами), а также государственных программ (здесь выраженных, в том числе  $X_4$ ), направленных на обеспечение жизнестойкости системы образования.

#### 4. Обсуждение.

Аналогичные исследования (в предположении стационарности тенденций) на основе статистических данных проведены для результативного признака  $Y$  – прием по программам бакалавриата, и регрессоров  $X_1$  – количество абитуриентов, поступивших на грант (не серпін),  $X_2$  – количество поступивших на грант серпін,  $X_3$  – количество поступивших на коммерческое отделение,  $X_4$  – численность студентов ВУЗа,  $X_5$  – количество выпускников школ области,  $X_6$  – численность учащихся в дневных общеобразовательных школах.

Надо отметить, что результаты SWOT-анализа деятельности ВУЗа, прогнозирования индикативного показателя «Прием по программам бакалавриата» на 2005-2010-е годы текущего века инициировали активное участие ВУЗа в образовательных программах в рамках социального проекта «Мәңгілік ел жастары – индустрияға!» – «Серпін-2050», мероприятиях по привлечению иностранных студентов (в частности – из стран Центральной Азии, Индии) и других. Это, в свою очередь, оказало влияние на прогнозирование других индикативных показателей, например, «Контингент полиязычных групп», «Количество совместных образовательных программ и программ по двудипломному образованию» и многих других.

Планирование индикатора «Прием по программам бакалавриата» на уровне  $\pm 150$  студентов позволяет адекватно управлять процессом: резкий рост численности студентов, в том числе – за счет программ серпін и иностранных студентов, требует дополнительных затрат (например, учебные аудитории, общежитие и т.д.), увеличения ППС, способных преподавать на казахском и/или английском языках и т.д.

Отметим, что в ВУЗе ведется работа не только по внедрению и систематизации методов и моделей когнитивного анализа, синтеза, прогнозирования развития ВУЗа, но и четкого формализованного описания способов достижения заявленных индикаторов на основе выявления соответствующих стратегических приоритетов посредством реализации системно-когнитивного инструментария в рамках вузовского индикативного планирования.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Kuznetsova O.N., Maksimov V.Y., Narozhnaya G.A., Tkachenko A.E., Toiskin V.S. Approaches to Quality of Education that Conform to the Needs of Labor Market in Information Society// Perspectives on the use of new information and communication technology (ict) in the modern economy. – 2019. – vol. 726. - pp. 1134-1143.
- [2] Kargapoltseva N.A., Erofeeva N.E., Pak L.G., Goriainova T., Popova O.V., Kulesh E.V., Ilkevich, B.V. Creation Culture Of Occupational Forecasting For University Students// Modern journal of language teaching methods . – 2018. – vol. 8, no. 6. - pp. 190-201.
- [3] Kuklin, A. A., Korobkov, I., V Selection of an Effective Trajectory of Regional Socio-Economic Development // Ekonomika regiona-economy of region. – 2018. – vol. 14, no. 4. - pp. 1145-1155.
- [4] Means A. J. Platform learning and on-demand labor: sociotechnical projections on the future of education and work// Learning media and technology. – 2018. – vol. 43, no. 3. - pp. 326-338.
- [5] Ilchuk P., Mushenyk I. Influence of development of national innovation systems on the economic efficiency // Baltic journal of economic studies. – 2018. – vol. 4, no. 2. - pp. 78-85.
- [6] Whittington R., Yakis-Douglas B., Ahn K., Cailluet L., Strategic Planners in More Turbulent Times: The Changing Job Characteristics of Strategy Professionals, 1960-2003// Long range planning.
- [7] Robertson S.L. Making education markets through global trade agreements// Globalisation societies and education. - 2017. – vol. 15, no. 3. - pp. 296-308.

[8] Titova N., Shutov A. Predictive model of strategic development of a university// 2nd International conference on information technology and quantitative management, itqm 2014. – vol. 31, - pp. 459-467.

[9] Ligonenko L.O. Theoretical and methodological foundations of technological management// Marketing and management of innovations. - 2016. – vol. 3, - pp. 145-160.

[10] Горелова Г.В., Захарова Е.Н., Радченко С.А. Исследование слабоструктурированных проблем социально-экономических систем: когнитивный подход. - Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 2006. – 332 с.

[11] Горелова Г.В., Рябцев В.Н. Моделирование архитектуры и динамики геополитических регионов современного мира: когнитивный подход (зона Черноморье-Кавказ-Каспий). – Ростов-на-Дону: Изд. ЮФУ, 2014. – 374 с.

[12] Информационно-аналитический центр. Обзор национальной политики в области образования. Высшее образование в Казахстане 2017, <http://iac.kz/ru/analytics/vysshee-obrazovanie-v-kazahstane-2017> (актуальная дата 24.12.2018).

[13] Стратегический план развития Северо-Казахстанского государственного университета им. М.Козыбаева на 2016-2019 годы.

[14] Куликова В.П., Климов Е.В., Таджигитов А.А. Практикум. Анализ временных рядов. - Петропавловск : СКГУ им.М.Козыбаева, 2013. - 198 с.

[15] Куликова В.П., Климов Е.В., Таджигитов А.А. Практикум. Статистический анализ. - Петропавловск: СКГУ им.М.Козыбаева, 2013. - 201 с.

Куликова В.П., Икласова К.Е.

#### **Индикативтік көрсеткіштерді болжау мәселесі туралы**

**Түйіндеме.** Шешімдерді қабылдау кезінде белгісіздікті төмендетуге және тәуекелді азайтуға ықпал ететін индикативтік жоспарлау процесінің кезеңі болжамдау болып табылады. Шекті ең жоғары және ең төменгі мәндерді анықтау және индикаторларды пайдалану басқарылатын объектінің жай-күйіне мониторингті жүзеге асыру үшін, басқару стратегиясын өзгерту үшін де қажет. Мақалада деректерді статистикалық талдау және болжау тәсілдері қарастырылады. Индикативтік көрсеткіштерді болжау әдістемесі ұсынылған.

**Кілт сөздер.** Шешімдер қабылдау, стратегиялық басқару, индикативтік көрсеткіштер, болжамдау, статистикалық талдау.

УДК 004.89

**N.A. Toyganbayeva, D. B. Nurseitov, Zh.Kh. Zhunussova**

(Al-Farabi Kazakh National University,  
Satbayev University, Almaty, Kazakhstan)  
E-mail: nazkon@gmail.com

### **OVERVIEW OF THE ADAPTIVE LEARNING PLATFORM OF LEARNING MATERIAL**

**Abstract.** The article deals with the problems of designing the structure of the adaptive learning system. The main parameters of adaptation of the educational process to the individual characteristics of the student are considered. With the development of information technology, and in particular with the advent of electronic information and educational environments, the possibility of effective implementation of adaptive learning. Two systems of adaptive learning are considered: Knewton and WebTutor. In the process of work Knewton algorithms analyze all educational materials on hundreds of parameters and on the basis of key ideas, theories and concepts offer optimal structure, information format and level of complexity. WebTutor is a complex modular system.

**Keywords:** adaptive learning, platform, adaptive test, content, user, server.

**Н.А. Тойганбаева, Д.Б. Нурсейтов, Ж.Х. Жунусова**

(Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Сәтбаев Университеті, Әл-Фараби атындағы  
Қазақ Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан)  
E-mail: nazkon@gmail.com

### **ОҚУ МАТЕРИАЛДАРЫН БЕЙІМДІ МЕНҒЕРУГЕ АРНАЛҒАН ПЛАТФОРМАЛАРҒА ШОЛУ**

**Аңдатпа.** Мақалада бейімді оқу жүйесінің құрылымын жобалау мәселелері қарастырылды. Оқу үдерісінде білім алушының жеке ерекшеліктеріне байланысты негізгі бейімділік көрсеткіштері сипатталды. Ақпараттық технологияларды дамуы, оның ішінде электрондық ақпараттық білім беру жүйелерінің пайда болуы оқу материалдарын бейімді менгеруді тиімді іске асыруға мүмкіндік тудырды. Бейімді білім алудың екі жүйесі қарастырылды: Knewton и WebTutor. Knewton алгоритмі жұмыс істеу барысында барлық оқу материалдарын бірнеше

көрсеткіштер бойынша талдау жасайды және негізгі идеялар, теориялар және ұғымдарды ерекшелеп, тиімді құрылымды, ақпарат форматын және күрделілік деңгейін ұсынады. WebTutor – кешенді модульдік жүйе.

Кілттік сөздер: бейімді меңгеру, платформа, бейімді тест, контент, пайдаланушы, сервер.

Қазіргі заманда ақпараттық технологиялардың үдемелі дамуы мен әртүрлі компьютерлік желілер қызметтері пайда болуы адамзат өміріне, оның қызметі мен еңбегінің сапасына үлкен әсерін тугызды. Жаңадан пайда болған технологиялық мүмкіндіктер оқу материалдарын меңгеріп, дамытуға жағдай жасады. Интернет желісінің қарқынды дамуы электрондық оқу құралдарының санының өсуіне себеп болды. Бүгінгі таңда тілді бейімді меңгеруге арналған платформа құру өзекті мәселелердің бірі болып отыр. Бейімді меңгеру білім алушының жеке ерекшеліктері мен талаптарын ескеріп жеке оқу траекториясын құру әдісіне негізделген [1]. Бейімді және жекешелеп оқытудың негізін 50-ші жылдары Гарвард университетінің профессоры, психолог Б.Ф. Скиннер қалаған [2]. Скиннер студенттерді сұрақтармен «қоректендіретін» қорапқа ұқсас механикалық құрал құрастырды. Сұрақтарға дұрыс жауап берген студенттер сыйлық ретінде жаңа академиялық материалдарды алып, ал дұрыс жауап бермеген студенттер алдыңғы сұраққа қайта оралып отырған. 2000-шы жылдардың аяғында бейімді оқыту дамып, функциялары кең, шұғыл кері байланысқа шығатын, ыңғайлы компьютерлік интерфейсі бар Knewton сияқты жүйелер құрылды[3].

Оқу материалдарын меңгеруге арналған дайын платформа – оқыту технологиясын дамытуға арналған үлкен қадам. Knewton компаниясы алғашқылардың бірі болып оқу саласында деректерді талдау технологияларын белсенді пайдалану нәтижесінде кезкелген замануи оқу үдерісін басқару жүйесіне (LMS) қосыла алатын бейімді оқу платформасын құрды [4]. Knewton әдістемесі екі ұғымға негізделген: оқу траекториясын жоспарлау және студентті бағалаудың күрделі моделі технологиялары [5]. Бұл әдіс студент білімін бағалайтын көптеген «бейімді қосымшалардан» айрықшаланады. Knewton түсінігі бойынша бейімді оқыту жеке студенттің нақты осы уақыттағы нәтижесіне негізделіп, жүйеде іс-әрекет жасауы қажет. Бұл әдіс студент қажет кезінде дұрыс оқу материалына қол жеткізуінің ықтималдығын арттырады және студент алдына қойған мақсатына жетеді. Мысалы, студент белгілі бір тақырып бойынша нашар нәтиже көрсететін болса, онда Knewton сұрақтарға талдау жасап, нашар жауап берген сұрақтар бойынша контентті ұсынады[6]. Knewton өзін мәліметтерге талдау жасайтын білім беру жүйесінің қосымша деңгейі деп атайды. Міне, сондықтан да, Knewton кезкелген білім беру жүйесімен немесе жобасымен жұмыс жасайды. Оқу қомысшасы бейімді платформа қолданатын мәліметтерді жинақтап, API көмегімен Knewton серверіне жібереді. Бейімді платформа жинақталған мәліметтерге талдау жасап, ұсынысты оқу қосымшасына қайта жібереді де, білім алушыға келесі қай блокты таңдау керектігін нұсқайды[7].

2011 жылы Аризон университеті күзгі семестрде бейімді оқытуды енгізу бойынша эксперимент жасады. Бұл экспериментке білім беру жүйесінде алда келе жатқан Knewton өзімен серкітес компания Pearson екеуі қатысты. Экспериментте бірінші курс студенттері математика пәні бойынша бейімді жүйемен оқыды. Бейімді оқыту жүйесі студенттер үшін де, оқытушы үшін де оңтайлы болды. Эксперимент қорытындысы білім алушылардың нәтижесі 18% артқан, ал оқудан шығару 47% түскен. Бейімді оқыту оң нәтиже бергеннен кейін, Аризон университеті Knewton компаниясының бейімді платформасын қолдаған.

Енді Ресейдің Websoft компаниясының WebTutor платформасын қарастырайық. Бейімді оқыту оқытудың жеке траекториясын құрумен байланысты. WebTutor платформасында бейімді оқыту бірнеше қадамдардан тұрады:

Бірінші қадамда контент микро-бөліктерге, кванттарға, фрагменттерге бөлінуі тиіс. WebTutor платформасының артықшылығы микро бөліктерге бөліп оқыту[8]. Микро-контентті құру оңай және басқару ыңғайлы. Материалды бейімді меңгеру үшін курсты сегменттеп қана қоймай, контент мөлшерін арттыру керек. Бір тақырып бойынша әртүрлі қиындықпен және тереңдікпен микро-элементтер құрылады.

Екінші қадамда білім картасын құру керек. Контент микро-элементтерге бөлінгендіктен контентті құру, жаңарту және пайдалану оңай болады. Сонымен қатар, білім картасын сипаттап, әрбір тақырып контентіне сай қажетті элементтерді (курс, кітап, вебинар жазбалары), оқу белсенділіктерді (дискуссияға қатысу, анкетаға жауап беру, блогтағы посттар) немесе тест тапсырмаларын қосуға болады [9]. Білім алушының талабына сай ақпарат беріледі, қай қадамда қателескені анықталып, қосымша көмек беріледі. Білім алушы бейімді тест тапсырмаларына жауап беруі арқылы меңгерілмеген материалдардың тақырыптары анықталады [10].

Үшінші қадамда платформада әртүрлі көрсеткіштер бойынша талдау жасалады. Электронды бейімді оқыту барысында өлшенетін көрсеткіштер:

- өтілген курс, тест, оқу бағдарламалары, вебинарлар, тренингтер саны;
- құрылған, жаңартылған және ескі контент бірліктерінің саны;
- тағайынбелған оқу шараларының саны;
- бөлімдер, топтар бойынша білім алушылардың орташа балы және әртүрлі фильтрлер нәтижесі;
- оқу порталына тіркелген пайдаланушылар саны, жаңадан келген білім алушылардың саны;
- әртүрлі көрсеткіш бойынша оқу порталында пайдаланушыларының оқу материалдарын меңгеруге кеткен уақыты;

- сағатына, тәулігіне, айына, жылына оқу порталына жүгіну саны мен динамика.

LMS көптеген мәліметтерді сақтайды, осы мәліметтер негізінде оқу тиімділігін және оқу порталына деген сұранысты бағалауға болады [11]. Бейімдік жүйеде талдау жасау қиындау, өйткені:

- жүйе білім алушының білімі мен шеберлігі туралы мәлімет жинайды;
- бастапқы және болашақ оқу туралы қорытынды жасайды;
- бастапқы мәліметтерге негізделіп, білім алушыны қажет траектория бойынша бағытайды.

Білім алушының тарихына негізделе отырып болжам жасауға болады, оның сұрақтарға сенімді жауап бергені, қандай тақырып бойынша қосымша оқу қажеттігі туралы ақпарат алуға болады [12].

Төртінші қадамда, бейімді тесттер қолданылады. Әдеттегі онлайн-тестті пән expertі өзі құрастырып, сұрақтар қорына енгізеді. Тест сұрақтарының саны шектеулі, нәтиже жинақталған баллмен және дұрыс жауаптардың пайызымен анықталады [13]. Ал бейімді тест алгоритм негізінде автоматты түрде сұрақтар қорына енгізіледі. Әрбір пәндік сала бойынша жинақталған балл және дұрыс жауаптар пайызы және білім деңгейі бағаланады [14]. Адаптивті тестке өтпей тұрып, тестілеу қоры сапалы екеніне көз жеткізу керек, яғни:

- сұрақтар мен жауаптар бірімді құрылуы қажет;
- дұрыс емес жауаптар қателер негізінде құрылуы қажет;
- әртүрлі сұрақтар құрылуы қажет (көптен біреу, көптен көп, реттеу, енгізу өрісінің болуы);
- әртүрлі түрлі категориялағы сұрақтар қолданылуы қажет (білу, түсіну, қолдану);
- күрделілік деңгейін expert бекітуі тиіс және өту ұпайы пилоттық топтарда талқыланып, бекітілуі тиіс.

Бейімді тест Блум таксономияларына да негізделеді.

Бесінші қадамда, білім алушы бейімді траекторияға көшеді [15]. Бейімді траекторияға көшудің екі бағыты бар [16]:

- Жеке пилоттық жобалар негізінде;
- Кешенді оқу стратегиясы деңгейінде.

Бірінші бағыт қарапайым, ал екінші бағыт ауқымды болып табылады.

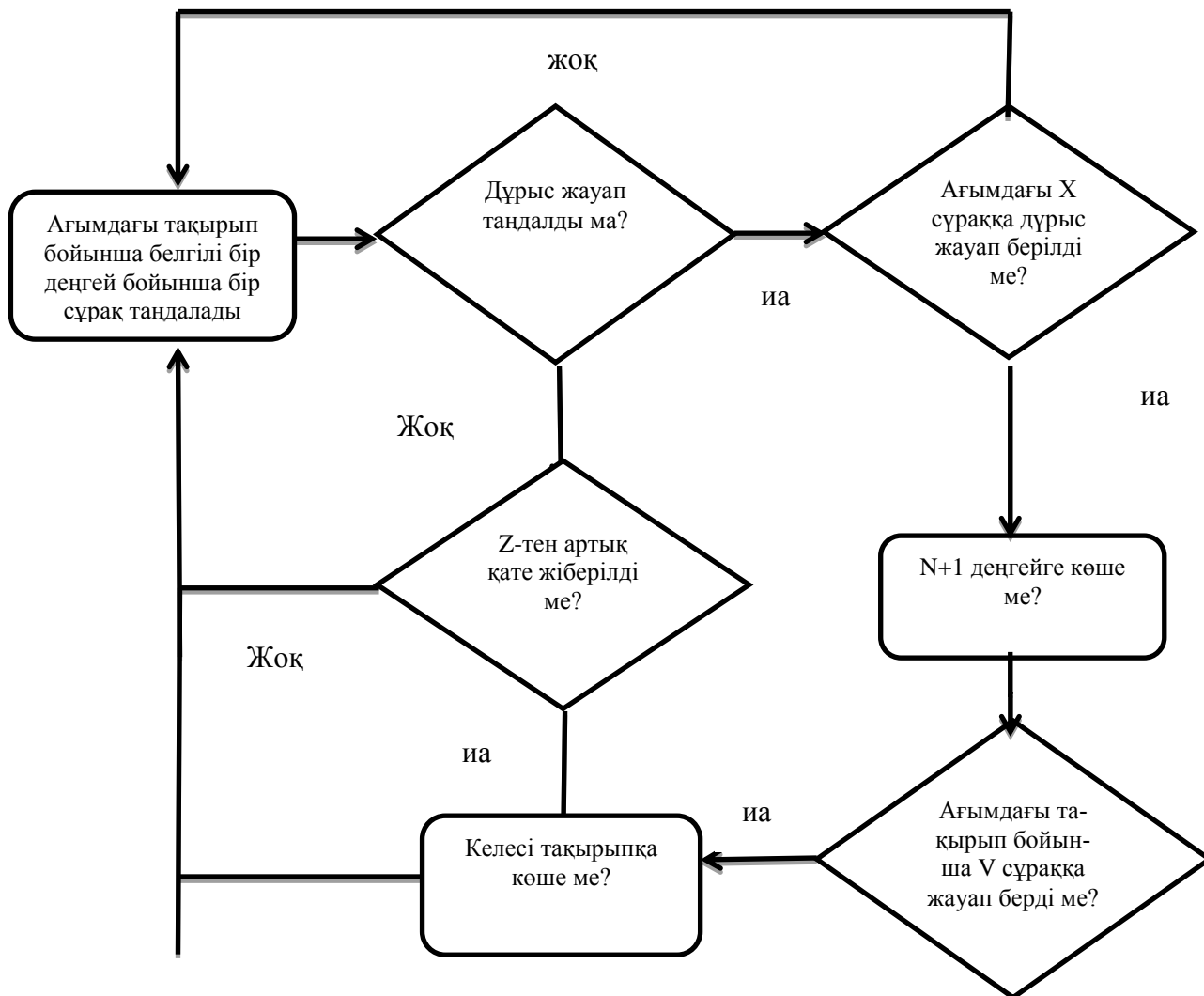
Әдеттегі курс пен бейімді курс айырмашылығы: әдеттегі электронды курста модульдер жиынтығын алдын-ала құрастырушы анықтайды, ал бейімді курста алгоритм негізінде білім картасы, бейімді тест, бағалау іс-шаралары және әртүрлі тапсырмалар көмегімен автоматты құрылады және өзгереді. Әдеттегі және бейімді курста ішкі және сыртқы оқу ресурстары қолданылады. Барлық нәтижелерді бірыңғай қорға байланыстырып және оқу порталының пайдаланушы профилінде бейнелеу үшін xAPI стандарты қолданылады. Баптауларға байланысты бейімді курстың динамикалық құрылымы білім алушының ерекшеліктері мен қажеттіліктерін ескеріліп, оның жеке траектория бойынша құрылады. Әрбір контенттің жеке элементінің кері байланысы өзектілік индикаторы қызметін атқарады. Контент мәліметі неғұрлым көп болса, білім алушының жеке оқу траекториясы соғұрлым нақты болады.

### Кесте 1. Әдеттегі тестілеу мен бейімді тестілеуді салыстыру

Құрылымы	Әдеттегі тестілеу	Бейімді тестілеу
Тест үшін сұрақтарды сұрыптау	Тест сұрақтары expert қолмен енгізген сұрақтар ішінен таңдау жасалады	Тест сұрақтары алгоритм негізінде сұрақтар қорларынан автоматты түрде сұрыпталады
Тесттегі сұрақтар саны	Тестте сұрақтар саны бекітілген болады	Сұрақтардың реттілігі мен саны алгоритммен анықталады
Тест нәтижесі	Білім алушы жинаған балл және дұрыс жауаптардың пайызы	Білім алушының жинаған балы, дұрыс жауаптардың пайызы және әрбір тақырып бойынша деңгейі

Бейімді оқытудың типтік міндетін қарастырайық. Білім алушылар белгілі бір тақырыпты тиімді форматпен бейімді меңгеруі қажет болсын. Бұл мәселені шешу үшін пәндік саланы сипаттап, оған оқу модульдерін, контентті, тесттерді және тапсырмаларды WebTutor жүйесіне «кірістіру» керек. Ары қарай әдеттегі онлайн-тесттен айырмашылығы бар бейімді тестілеуді жіберу керек.

Келесі блок-схемада бейімді тест алгоритміне мысал келтірілген:



Сурет 1. Бейімді тест алгоритміне мысал

Бейімді тестте әрбір сұрақ үшін жеке күрделілік деңгейі орнатылады. Алгоритм бойынша бірінші деңгей сұрақтарына жауап бергенде, екінші деңгей сұрақтарына өтуге болады. Бейімділіктен күтілетін нәтижелер:

- оқыту тиімділігін арттыру;
- оқуға кететін уақытты қысқарту;
- білім алушыға жеке контент беру;
- оқу үдерісін тездету және икемді ету.

Қорытынды шығарайық:

- әдеттегі электрондық курстар ескірді;
- оқу материалын құрылымданған тұрақты етіп беру ақпараттың аздығына байланысты болған;
- интернет білімге, сарапшыларға және жеке оқуға жол ашты. Енді кезкелген адам қажет пішімді тандап, өзекті және уақытқа сай контентті таңдай алады;
- материалды замануи оқу үдерісін басқару жүйесіне сай меңгеруге болады;
- нақты білім алушы жеке бейімді траекториямен білім меңгереді.



ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Аипова А. Ш. Цифровые образовательные ресурсы и адаптивное обучение // Молодой ученый. – 2015. – №4. – С. 45-47.
- [2] Авдеева Т.О., Лыонгхак Д., Ауад М., Аль Балуши М. Интеллектуальная система обучения с адаптивным построением курса обучения на LMS Moodle // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2012. – № 3. – С. 71-74.
- [3] 1. Адольф В.А., Журавлева О.П. Развитие личностного потенциала студента в процессе профессиональной подготовки // Сибирский педагогический журнал. – 2012. – № 2. – С. 21-26.
- [4] Царев Р.Ю., Тынченко С.В., Гриценко С.Н. Адаптивное обучение с использованием ресурсов информационно-образовательной среды // Современные проблемы науки и образования. - 2016. – № 5. – с.67-71.
- [5] Esichaikul V., Lamnoi S., Bechter C. Student modelling in adaptive e-learning systems // Knowledge Management and E-Learning. - 2011. - Vol. 3. - № 3. - P. 342-355.
- [6] Токтарова В.И., Маматов Д.Р. Реализация модели адаптивного обучения на основе познавательных стилей // Теория и практика общественного развития -2015 - №8 – с.242-246.
- [7] Кречатов И.А. Технология создания онлайн-курса с элементами адаптивного обучения // Материалы международной конференции eLearning Stakeholders and Researchers Summit / Москва, 2017 – с.14-21.
- [8] Кречатов И.А. Принципы реализации технологии адаптивного обучение // Современное образование: проблемы взаимосвязи образовательных и профессиональных стандартов: материалы междунар. Научно метод. Конф. – Томск, 2016 – с.117-120.
- [9] Бояринов Д.А. Адаптивное образовательное пространство // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 1.
- [10] Brusilovsky P. Developing adaptive education hypermedia systems: from design models to authoring tools // Authoring tools for advanced learning technologies by Murray T., Blessing S., Ainsworth S. (eds.). Kluwer Academic Publishers, NL. 2003. - 557 p.
- [11] Esichaikul V., Lamnoi S., Bechter C. Student modelling in adaptive e-learning systems // Knowledge Management and E-Learning. - 2011. - Vol. 3. - № 3. - P. 342-355.
- [12] 9. Paramythis A., Loidl-Reisinger S. Adaptive learning environments and eLearning standards // Electronic Journal of eLearning. - 2004. - Vol. 2. - № 1. - P. 181-194.
- [13] Shute V., Towle B. Adaptive e-learning // Educational Psychologist. - 2003. - Vol. 38. - № 2. - p. 105-114.
- [14] <https://newtonew.com/tech/knewton-adaptivnoe-obuchenie-v-dejstvii>
- [15] <https://habr.com/ru/company/newprolab/blog/244539/>
- [16] [http://www.websoft.ru/ru/db/wb/root\\_id/webtutor/doc.html](http://www.websoft.ru/ru/db/wb/root_id/webtutor/doc.html)

Тойганбаева Н.А., Нурсейтов Д.Б., Жунусова Ж.Х.

**Обзор платформ по адаптивному изучению учебного материала**

**Резюме.** В статье рассмотрены проблемы проектирования структуры адаптивной системы обучения. Рассмотрены основные параметры адаптации учебного процесса к индивидуальным характеристикам обучаемого. С развитием информационных технологий, и в частности с появлением электронных информационно образовательных сред, появилась возможность эффективной реализации адаптивного обучения. Рассмотрены две системы адаптивного обучение: Knewton и WebTutor. В процессе работы алгоритмы Knewton анализируют все учебные материалы по сотням параметров и на основе выделения ключевых идей, теорий и понятий предлагают оптимальную структуру, формат информации и уровень сложности. WebTutor – это комплексная модульная система.

**Ключевые слова:** адаптивное изучение, платформа, адаптивный тест, контент, пользователь, сервер.

УДК: 621.311.24

ГРНТИ: 14.85.00

**A.A. Zhamalov, A.I. Zhuman**

(Kazakh National Women’s Teacher Training University  
Almaty, Kazakhstan)

**THE THEORY AND ANALYTIC METHODS AND PARAMETERS OF THE BI-ROTARY HYDROGENERATOR**

**Abstract.** The reserves of the natural resources can be shortly depleted. In this article, I analyzed the hydro-generator. The theories and analytic methods and selecting a bi-rotary hydro-generator for a small HPP and the configuration of the bi-rotary hydro-generator and the main dimensions. Specifying the geometric dimensions of a unified hydro-generator starts with the basic criteria determination. One of the basic parameters and configurations is that the D1 and L1 will have a unique standard generator with the vertical poles in a single hydro-generator.

Key words: generator, a small HPP, hydro-generator, stator

**А.А.Жамалов, А.И.Жұман**

(Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы, Республика Қазақстан)

## **БИРОТОРЛЫ ГИДРОГЕНЕРАТОРДЫҢ ПАРАМЕТРЛЕРІН ЕСЕПТЕУДІҢ ТЕОРИЯЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ**

**Аңдатпа.** Табиғи ресурстардың қорлары шектеулі белгілі бір уақыт кезеңі ішінде таусылуы мүмкін. Сондықтан жаңартылған энергия көздеріне көп мән берілуде. Мен осы мақалада гидрогенераторлар жайлы қарастырдым. Микро ГЭС- тің бироторлық гидрогенераторының параметрлерін есептеу және таңдаудың теориялық негіздері мен әдістері мен бироторлық гидрогенераторды және негізгі өлшемдерді конфигурациялау қарастырылды. Біртекті гидрогенератордың геометриялық өлшемдерін таңдау негізгі өлшемдерді анықтаумен басталады. Негізгі параметрлері мен конфигурацияларының бір параметрі тек қана D1 және L1 серіппелі статорлар мен біртұтас гидрогенератордың тік полюстерін есептегенде, классикалық генераторға ұқсас болады деп есептейді.

**Түйінді сөздер:** генератор, статор, гидрогенератор.

Микро ГЭС- тің бироторлық гидрогенераторының параметрлерін есептеу және таңдаудың теориялық негіздері мен әдістері.

Бироторлық гидрогенераторды және негізгі өлшемдерді конфигурациялау.

Бироторлық гидрогенератордың негізгі геометриялық өлшемдерін таңдау негізгі өлшемдерді анықтаудан басталады. Негізгі өлшемдер мен конфигурация параметрлерінің статорының ішкі диаметрі D1 және L1 статордың ядросы болып табылады, оның есебін біз классикалық генераторға ұқсас етіп шығарамыз. Екі осьтік гидрогенератордың ерекшелігі, сондай-ақ синхронды генератордың ерекшелігі статор орамасында пайда болатын ЭМӨ айнымалы жиілігі мен синхронды айналу жиілігі  $f_1$  деп аталатын ротордың жылдамдығы  $n_1$  арасындағы қатаң байланыс болып табылады.

$$n_1 = \frac{f_1}{p} \quad (1.1)$$

Гидрогенератордың габариттік өлшемдерінің салмағына әсер ететін негізгі параметрлердің бірі - полюс жұптарының саны.

1.1-формулада көрсетілгендей, полюс жұптарының саны ротордың жылдамдығымен  $n_1$  тікелей байланысты және гидрогенератордың ротордың жылдамдығының  $n_1$  көбеюі р полюс жұптарының санын азайтады.

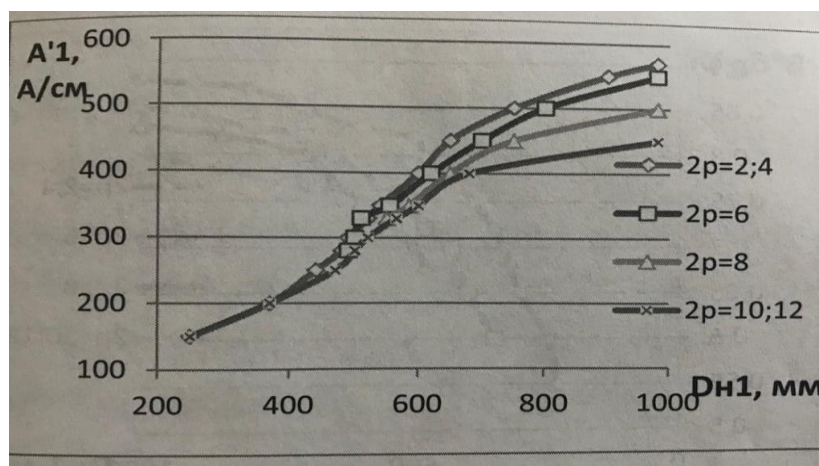
$$p = 60 \cdot \frac{f}{n} \quad (1.2)$$

Гидрогенератор роторының айналу жылдамдығын арттыру үшін микроэлектростанциясының кіріс бөлігіндегі гидравликалық ағынның жылдамдығы мен қысымын арттыру қажет, бұл әрқашан мүмкін емес [1].

(1.2) көрініп тұрғандай екі осьтік гидрогенераторды қолданған жағдайда, дәстүрлі гидрогенераторға қарағанда, полюстердің аз саны талап етіледі, өйткені гидрогенератор роторының айналу жиілігі белгілі бір бағытта статорлардың айналу жиілігін кері бағытта алуға болады. Бұл жағдайда ротордың айналуы және гидрогенератордың статорлары жоғарыда көрсетілгендей кері бағытта бір-біріне қатысты. Бұл магнит өрісін кесіп өтетін генератордың электр өрісінің жиілігінің өсуіне әкеледі. Осындай жұмыс принципі биотор генераторының айналу жиілігін екі есеге арттырады.

(1.3) сәйкес екі осьтік гидрогенератордың  $L'_1$  статорлық ядросының есептелген ұзындығын анықтаған кезде,  $A'_1$  сызықтық жүктің алдын-ала маңызы 1.1-суреттен алынып, номиналды жүктемедегі ауа аралықтың  $B'_\delta$  магниттік индукциясы 1.1-суреттен алынған

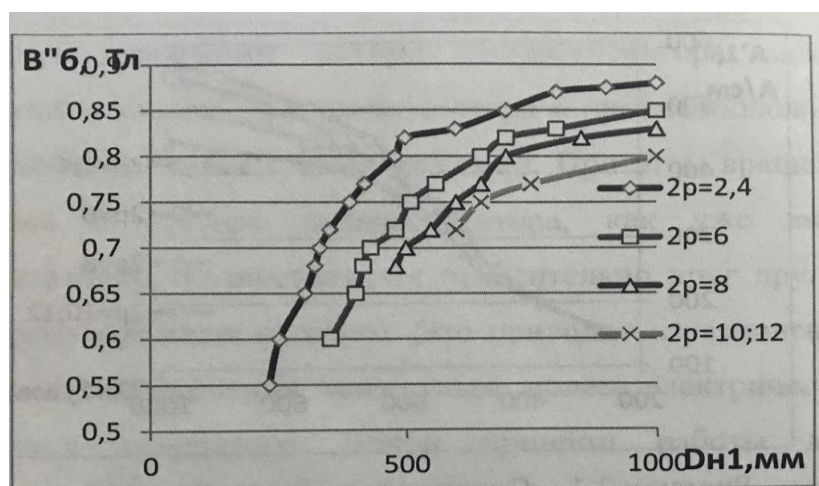
$$l'_1 = 6,1 \cdot 10^7 P' \left( D_1^2 n_1 A_1 B'_\delta a' k_\phi k_{об.м} \right) \quad (1.3)$$



1.1-сурет. Орташа мәндер  $A'_1 = f(D_{H1})$

Көп жағдайларда синхронды генератор ретінде құрастырылған электр машиналары жылу кедергісінің F сынып оқшаулауын пайдаланады. 1.1 және 1.2-суретте келтірілген деректер жылу кедергісінің F сынып оқшауланған екі осьтік гидроргенератордың құрылысына сәйкес келеді.

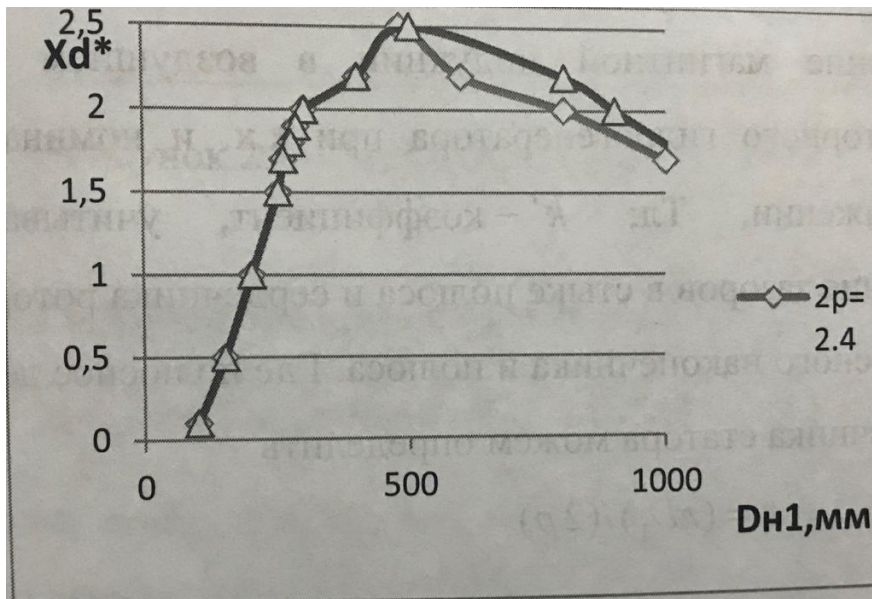
$$B_\delta = f(D_{H1})$$



1.2 сурет. Орташа мәндер  $B_\delta = f(D_{H1})$

(1.1-сурет) құрамына кіретін бағалау  $a'$  полюсі доғаның коэффициенті, басқалармен қатар, статор мен полюс бөліктері арасындағы  $\delta$  ауа айырмашылығына байланысты. Бұл айырмашылық, екі осьтік гидроргенератордың техникалық - экономикалық көрсеткіштері мен сипаттамаларын айтарлықтай анықтайды.  $\delta$  Қуат типті гидроргенератордың бойлық осьтегі  $x_d$  синхронды индуктивті қарсылығы  $M_{max}$  максималды сәттен және  $I_k$  тұрақты күйдегі қысқа тұйықталу тоғына әсер ететін мәнге байланысты;  $\delta$  азайып  $x_d$  және  $M_{max}$  көбейеді.

Гидро-генератор өнімділігі жоғары жүктемемен жобаланатын болады, одан кейін ол үлкен аралыққа ие болуы керек  $x_{d*} < 1,0$ , сонымен бірге ол материалды қарқынды болады, бұл негізінен полюстері мен бүкіл екі осьтік гидроргенератордың өріс орнын айтарлықтай өсуіне байланысты болады.  $x_{d*}$  болжалды шамасы 1.3-суретте анықталуы мүмкін [2].



1.3-сурет. Орташа мәндер  $x_{d*} = f(D_{H1})$

Екі осьтік гидрогенератор жұмысының принципі синхронды машиналардың жұмыс принципі бойынша әзірленді және ротор реакциясының әсерін төмендету үшін екі осьтік гидрогенератордың полюстік ұшымен және статордың арасындағы айырмашылық асинхрондыға қарағанда әлдеқайда

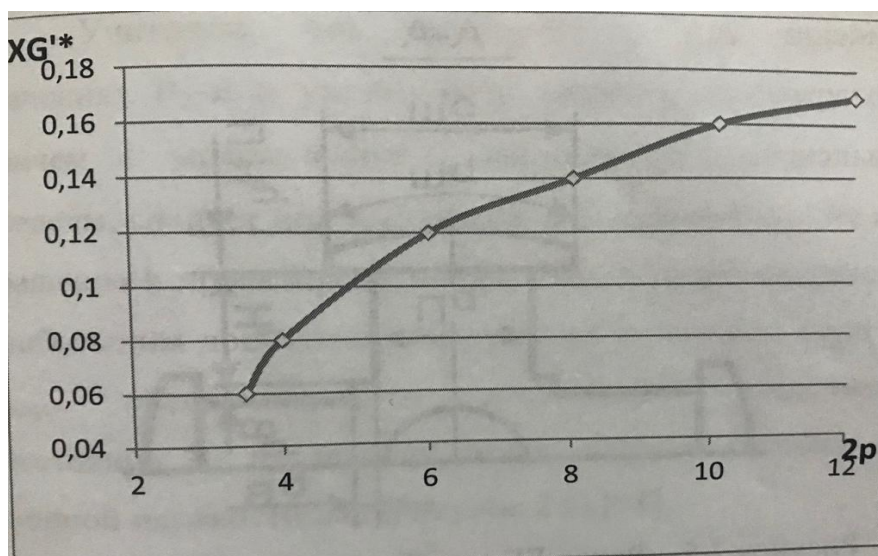
$$\delta = 36 \cdot 10^{-6} \tau A'_1 / (x_{ad} * B'_{\delta 0} k')$$

көп. Ауа қашықтығы (мм):

Мұндағы  $\tau$  - статордың ядролық полярлық бөлімі, мм;  $x_{ad}$  - бойлық ось бойымен екі осьтік гидрогенератордың ауа ағынындағы реакцияның индуктивті кедергісі;  $B'_{\delta 0}$  - х.х кезінде қайыңдарлы гидрогенератордың ауа ағынындағы магниттік индукцияның алдын-ала максималды мәні номиналды кернеу, Тл;  $k'$  - полюстың түйіспесінде және ротордың немесе полюстің ұшы мен полюстың түйісуінің болуы туралы коэффициент. Статор ядросының полярлық бөлігін анықтауға болады.

$$\tau = (\pi D_1) / (2p) \tag{2.5}$$

Статор орамасының индуктивті диссипациялау кедергісі анықтамалық тәуелділік қисық сызығымен анықталады (1.4-сурет) [3].

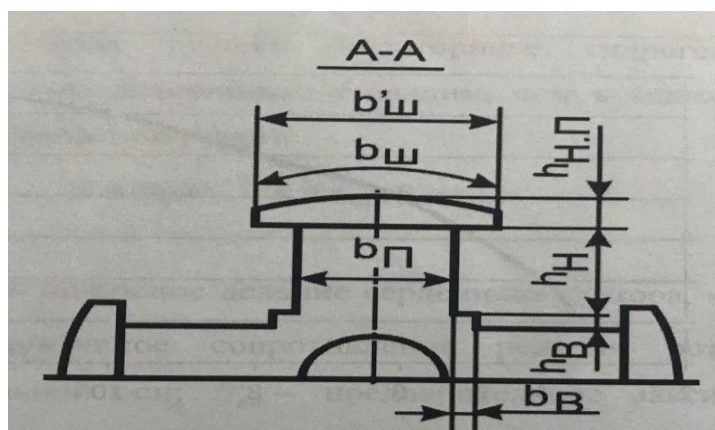


1.4-сурет. Тәуелділік  $x'_{\delta*} = f(2p)$

Қуат факторын жүктеңіз

$$k_H = \sqrt{\cos^2 \varphi + (\sin \varphi + x'_{\delta*})} \quad (1.6)$$

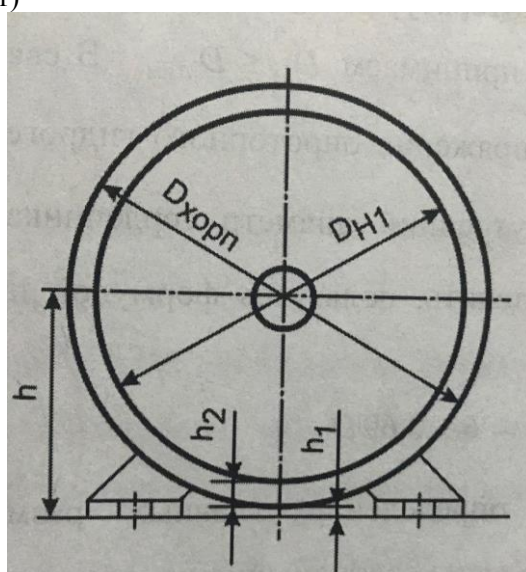
Қозғалыс алаңын қалыптастыру үшін полюсте ұшымен және синусоидальналық толқындарға жақын статордың ядросы арасында полюстік кеңестерге белгілі бір пішінді қосамыз. Екі осьтік гидроротордың полюстік ұшы үшін біз 0.7-2.0 мм біркелкі ауаның аралықтары бар тарақ конструкциясын аламыз (1.5 сурет)



1.5-сурет. Полюстердің тарақты дизайнымен Ротор БГ

Бүгінгі таңда электр машиналарын жобалау тәжірибесінде генераторлардың  $h$  айнымалы осінің биіктігі  $P_2$  және айналу жиілігі  $n$ -де максималды түрде төмендеу үрдісі байқалады. Мұның басты себебі - басқа механизмдермен және құрылғылармен байланысқан кезде тұтынушылардың ыңғайлылығы. Алайда ВГ төмендеуі осінің биіктігінің төмендеуі ротордың және статордың механикалық инерциясын азайтады, демек ВГ динамикалық қасиеттерін арттырады [4].

$P_2$  және  $n$  мәндеріндегі  $h$  мәндерінің азаюы гидроротордың ұзақтығын арттырады және  $\lambda$  ротациялық осінің  $h$  стандартты биіктігімен таңдалған ұтымды шегінен асып кете алатынын ескере отырып, бироторлық осьтік генератор ең үлкен рұқсат етілген сыртқы диаметрі  $D_{корп}$  арқылы жобалануы керек, бұл ең төмен рұқсат етілген қашықтықты  $h_1$  төменнен Құрылғының корпусы аяқтың тірек жазықтығына дейін (1.6-сурет)



1.6 –сурет.  $D_{корп}$  және  $D_{Н1}$  Латинирленген статорлық ядросы бар айнымалы және тұрақты ток машиналарын анықтауға.

Демек, ВГ корпусының ең жоғарғы рұқсат етілген сыртқы диаметрі келесідей есептелуі мүмкін (мм)

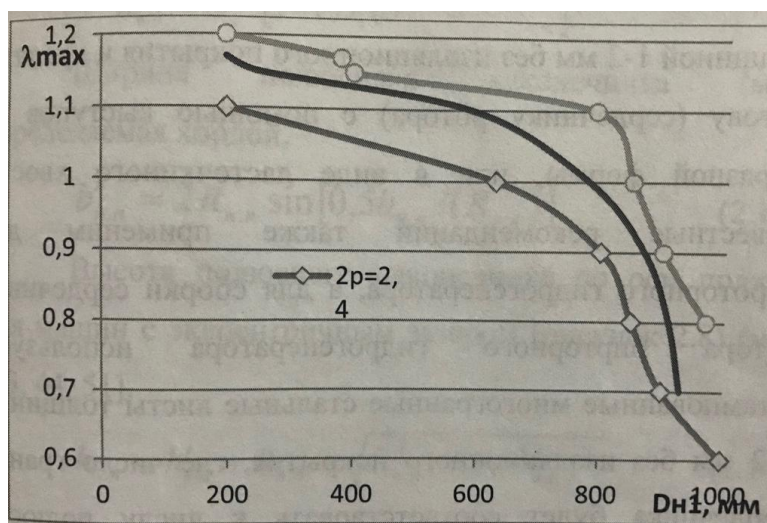
$$D_{корп} = 2(h - h_1) \quad (1.7)$$

Осыдан шығатыны, ось айналу  $h$  биіктігінің белгілі мәндері бойынша анықтамалық әдебиеттегі статордың негізгі диаметрінің ең жоғарғы рұқсат етілетін мәнін таңдауға болады.

Содан кейін  $D_{H1} \leq D_{H1max}$  біртұтас гидрогенератордың сызықтық кернеуі  $U_{\lambda} \leq 660$ ,  $D_1$  статорының ішкі диаметрі төмендегі формула бойынша анықталуы мүмкін:

$$D_1 = 6 + 0.69D_{H1} \quad (1.8)$$

Негізгі өлшемдерді анықтау кезінде  $l_1/D_1 = \lambda$  негізгі статордың ішкі диаметріне  $\lambda$  құрылымдық ұзындығы 1.7-суретте көрсетілген  $\lambda_{max}$  рұқсат етілген мәннен аспайтындығын есепке ала отырып, қатынау керек [5].



1.7-сурет. Ең үлкен мәндер  $\lambda_{max} = f(D_{H1})$

#### ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Zhamalov A. Zh., Obozov A. Dzh., Kynelbayev M.M., Isaev R., Akparaliev R. Researches of influence of hydrodynamic parametres on target capacity of microhydroelectric power station. Since and World. International Scientific Jornal, №1 (1),2013, p.83-89.
- [2] Zhamalov A. Zh., Obozov A. Dzh., Kynelbayev M.M., Isaev R., Akparaliev R. Выбор генератора для микрогэс.
- [3] А.Н. Гончаров. Гидроэнергетическое оборудование ГЭС и его монтаж. Москва «Энергия» 1972г. стр.311.
- [4] Жамалов А., Кунелбаев М. Разработка синтеза структурной схемы нового типа микроГЭС с бироторным гидрогенератором. // Международная научно-практическая конференция «Зеленая экономика – будущее человечества». – Усть – Каменогорск, 24-25.05.2014 – С.427-439.
- [5] Обозов А.Дж., Жамалов А., Исаев., Р.Э. Масштабный эффект гидродинамических параметров микроГЭС. // Международная научно-практическая конференция, посвященная 70-летию Казахского государственного женского педагогического университета «Качественное образование, передовая наука, зеленая экономика – будущее планеты». – Алматы, 16 апреля 2014. – С.170-173.

Жамалов А.А., Жуман А.И.

#### Теоретические основы и методы расчета и выбора параметров бироторного гидрогенератора

**Резюме.** Запасы природных ресурсов могут быть исчерпаны в течение ограниченного периода времени. Вот почему возобновляемым источникам энергии уделяют много внимания. Рассмотрены теоретические основы и методы расчета и выбора бироторного гидрогенератора для микроГЭС и конфигурация бироторного гидрогенератора и главные размеры. Выбор геометрических размеров однородного генератора водорода начинается с определения основных критериев. Одним из параметров основных параметров и конфигураций является то, что  $D1$  и  $L1$  будут идентичны классическому генератору с учетом вертикальных полюсов одного генератора водорода.

**Ключевые слова:** генератор, микроГЭС, гидрогенератор, статор.

УДК 004.65

**I.T. Utepbergenov, A.T. Akhmediyarova, D.R. Kuandykova, D.T. Kassymova**  
(Institute of Information and Computational Technologies, CS MES RK, Almaty, Kazakhstan)  
E-mail: dika.cat@mail.ru, aat.78@mail.ru

### **CONCEPTUAL APPROACHES TO MODELING DATA STORAGE**

**Abstract.** Data storage systems enable managers in corporations to obtain and integrate information from disparate sources and work efficiently with the databases. Creating data storage requires concentrating on the conceptual design stage in connection with the specific requirements contained in the conceptual model used. The researchers presented various approaches to support the conceptual design of data storages, since there is no universal and well-formalized approach. This article presents the basic requirements for data storage and the results of a thematic comparative study of using different conceptual models for data storage to identify the most significant model to support conceptual design of data storage.

**Key words:** data storage, data storage methodology, conceptual models, GOLD model, EGOLD model.

**И.Т. Утепбергенов, А.Т. Ахмедиярова, Д.Р. Куандыкова, Д.Т. Касымова**  
(Институт информационных и вычислительных технологий МОН РК,  
Алматы, Республика Казахстан)  
E-mail: dika.cat@mail.ru, aat.78@mail.ru

### **КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ХРАНИЛИЩ ДАННЫХ**

**Аннотация.** Системы хранилищ данных позволяют менеджерам в корпорациях получать и интегрировать информацию из разнородных источников и эффективно работать с базами данных. Создание хранилища данных требует сосредоточения на этапе концептуального проектирования в связи с конкретными требованиями, содержащимися в используемой концептуальной модели. Исследователи представили различные подходы для поддержки концептуального проектирования хранилищ данных, поскольку не существует универсального и хорошо формализованного подхода. В данной статье представлены основные требования к хранилищу данных и результаты тематического сравнительного исследования использования разных концептуальных моделей для хранилищ данных для выявления наиболее значимой модели для поддержки концептуального проектирования хранилищ данных.

**Ключевые слова:** хранилище данных, методология хранилища данных, концептуальные модели, модель GOLD, модель EGOLD.

#### **Введение**

Хранилище данных — это предметно-ориентированная информационная база данных, специально разработанная и предназначенная для подготовки отчётов и бизнес-анализа с целью поддержки принятия решений в организации. Хотя общепризнанно, что хранилище данных опирается на многомерную модель, мало говорится о том, как реализовать ее концептуальный проект. С другой стороны, утверждается, что точный концептуальный проект хранилища данных является необходимой основой для построения информационной системы, которая хорошо документирована и полностью отвечает требованиям.

Концептуальные модели, построенные для проектирования хранилища данных, до сих пор по-разному поддерживают различные свойства многомерной модели данных. Удивительно, но не существует общей концептуальной модели для хранилища данных, такой как ER-модель, учитывая, что она не удобна для использования в качестве концептуальной модели для хранилищ данных.

#### **Многомерная модель данных**

Концептуальное моделирование хранилищ данных отличается от концептуального моделирования традиционной базы данных. Во-первых, важно определить свойства многомерной модели хранилища данных, поскольку отсутствие этих свойств может повлиять на производительность системы

OLAP на более позднем этапе эксплуатации. Причем, в зависимости от их важности, некоторые из этих свойств влияют на производительность больше, чем другие.

Рассмотрим пример торговой компании, где покупатели покупают товары из разных магазинов. Торговая компания заинтересована в отслеживании процесса продаж и анализе с точки зрения профилей клиентов, профилей продуктов, профилей магазина и периода времени. Свойства многомерной модели можно рассматривать с разных точек зрения: структурной и операционной.

К основным свойствам моделирования, которые должны присутствовать в концептуальной модели относят следующие.

1) Факты. Факты имеют решающее значение для хранилища данных. Они показывают реальные факты и могут рассматриваться как процессы, генерирующие дополнительные данные с течением времени. Они характеризуются свойствами. Например, «продажи» — это факт, показывающий продажи продуктов. Эти числовые данные могут быть обобщены или агрегированы различными способами для получения дополнительной информации. По этой причине показатели также называются сводными свойствами, показателями, атрибутами фактов и числовыми свойствами. Например, цена за единицу, общая цена, запас, процент скидки и прибыль являются фактическими свойствами для факта продаж.

Меры, также связанные с фактами, можно разделить на два типа в зависимости от того, как они генерируются и хранятся. Атомарные меры — это показатели, созданные непосредственно из хранилищ исходных данных и хранящиеся в хранилище данных, например, цена продукта. Производные меры — это меры, генерируемые оперативно посредством предварительных вычислений по одному или нескольким показателям в факте, например, общая цена, которая генерируется в соответствии со следующей формулой {цена за единицу товара \* количество}.

2) Измерения. Информация, связанная с фактами, может быть проанализирована - как в классических приложениях - с точки зрения сущностей. Эти объекты называются измерениями, например, измерениями факта «продажи» являются «клиенты», «продукты», «магазины» и «время». Каждое измерение описывается некоторыми свойствами. Это информация, описывающая измерение, называемая также атрибутами измерения. Например, измерение «клиент» содержит такие атрибуты, как «ключ клиента и адрес клиента». Атрибуты измерения имеют тот же тип, что и свойства факта. Некоторые атрибуты обычно действительны для всех элементов в измерении, а другие действительны только для подмножества элементов. Измерение можно классифицировать следующим образом:

- Специализация / Обобщение показывает измерения как подклассы из других измерений, например, «компания» и «физическое лицо» являются клиентами торговой компании.

- Агрегирование показывает измерения как части других больших измерений, например, «Продукты» состоят из «Пакета» и «Контента», где пакет продукта может иметь атрибуты «Объем» и «Форма», в то время как контент может иметь атрибут «Калории».

- Членство показывает, что измерение является элементом другого более высокого измерения с такими же характеристиками и поведением, например, «Продукт» является членом «Категории продукта».

Существует особый случай измерений, который очень часто используется в хранилище данных, который называется измерение «Родитель-Дитя». Это измерение, которое имеет рекурсивное отношение, например, в измерении «клиент» существует отношение, которое должно присутствовать в продажах компании, между клиентом и клиентом, который представил его / ее компании.

3) Факты и измерения. Эти свойства связаны как с фактами, так и с измерениями одновременно.

1. Аддитивность меры — это способность мер агрегировать по измерениям и давать значимые значения, например, «Запас не аддитивен по времени», тогда как «Общая цена аддитивна ко всем измерениям».

2. Типы аддитивности. В некоторых случаях измерения не полностью не аддитивны к конкретному измерению, где могут использоваться некоторые операции агрегирования, а другие - нет, например, в факте «Продажи», «Мера инвентаризации» не является аддитивной в измерении времени, когда мы не можем суммировать инвентаризацию за два дня друг с другом, потому что инвентаризация сегодня может включать в себя часть инвентаризации вчера и добавление инвентаря двух дней приведет к противоречивым результатам. С другой стороны, некоторые другие операции агрегирования не ограничиваются, например, операции «AVG, MAX и MIN».

3. Отношения «многие ко многим». Обычно факты рассматриваются как отношения «многие ко многим» между всеми измерениями, а также как отношения «многие к одному» между фактом и каждым конкретным измерением, но в некоторых случаях факты могут представлять собой отноше-



ние «многие ко многим». Вырожденное измерение — это измерение, которое хранится в факте, а не представляется как измерение, например, «Номер заказа» — это вырожденное измерение факта «Продажи».

Многомерные свойства на операционном уровне.

В процессе проектирования хранилищ данных после определения структуры многомерной модели определение начальных требований пользователя выполняется в качестве отправной точки для последующего этапа анализа данных. Исходя из требований пользователя, существует набор операций On-Line Analytical Processing (OLAP) – оперативного анализа данных, которые можно применить к представлению данных для дальнейшего анализа данных. Эти операции OLAP обычно включают следующее:

- свертка: повышает уровень агрегирования по одной или нескольким иерархиям классификации;
- развертка: уменьшает уровень агрегирования по одной или нескольким иерархиям классификации;
- срез: выбирает и проецирует данные;
- поворот: переориентирует представление многомерных данных, позволяя симметрично обмениваться измерениями для фактов.

Автоматическая генерация в инструмент OLAP.

Инструмент Computer Aided Software Engineering (CASE) - система автоматизированной разработки программ очень важен в концептуальном проектировании хранилищ данных, где он должен поддерживать реализацию свойств многомерных данных на структурном и операционном уровне. Любая концептуальная модель, в которой нет инструмента CASE, не имеет возможности проверить правильность и согласованность модели, а также автоматически преобразовать концептуальную модель в логические и физические модели.

Каждый коммерческий инструмент OLAP предоставляет свою собственную модель для оценки основной семантики и концепций многомерного моделирования. Следовательно, различные инструменты OLAP фокусируются на различной семантике и свойствах. В идеале, правильный проект многомерной модели использует концептуальный подход, полностью независимый от проблем реализации, и разработчики генерируют реализацию модели непосредственно в коммерческом инструменте OLAP. Реальность не всегда идеальна, поэтому для любой модели данных должен быть хотя бы один коммерческий инструмент OLAP, чтобы его концептуальная модель могла быть легко преобразована в него.

Хранилище временных данных.

Время — это одно из измерений, позволяющее сравнивать разные периоды. Существует неявное понимание того, что все измерения ортогональны во времени. Однако со временем изменяются размеры: страны объединяются и разделяются, продукты появляются и исчезают, организационные структуры развиваются. Эти изменения могут привести к существованию неверных данных в результатах анализа OLAP, если они не будут приняты во внимание. Изменения данных измерений происходят в двух модификациях: Экземпляров уровней и Модификациях схемы.

Модификации экземпляра:

- Модификация данных транзакции: это ценности, представляющие деловой интерес. Это данные, которые пользователи могут анализировать. Они являются мерами, и их изменения отслеживаются из-за существования измерения времени. Например, прибыль, стоимость, количество проданного.
- Модификация основных данных: время измерения не помогает отслеживать основные данные. Основные данные описывают расширения: измерений и уровней измерений.

Модификация схемы:

- Измерения. Схема хранилища данных может со временем изменяться при добавлении нового измерения. Это изменение может произойти из-за изменения потребностей бизнеса. Например, добавление измерения «Gender» в существующее хранилище данных.
- Уровни измерения: чтобы показать больше деталей и большую гибкость в анализе, пользователю может потребоваться добавить новый уровень измерения в существующее измерение. Например, добавление измерения «Четверть уровня» между уровнями «Год» и «Месяц» во временном измерении.

Эти изменения в данных должны быть представлены в концептуальной модели, чтобы расширить гибкость хранилища данных при его вводе в эксплуатацию и предотвратить возникновение каких-либо неверных или вводящих в заблуждение результатов, пока пользователь выполняет анализ OLAP.

**Концептуальное моделирование подходов**

Во время изучения различных концептуальных подходов к моделированию было совершенно очевидно, что эти подходы к моделированию следуют трем школам:

1) Школа Entity-Relationship Based (основанная на «сущность-связь»): разработчики этой школы взяли очень известную диаграмму «сущность-связь» и расширили ее для поддержки свойств моделирования многомерных данных.

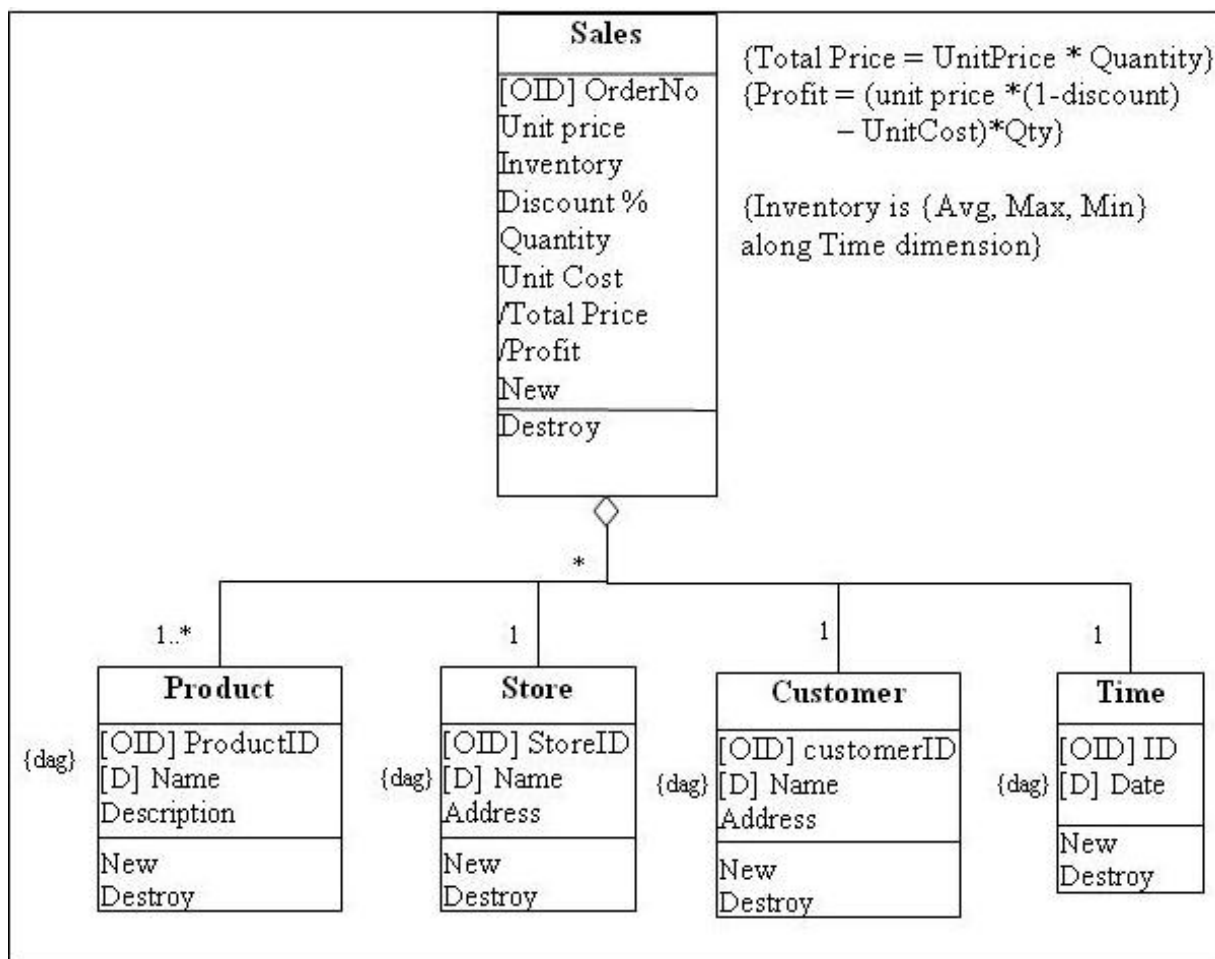
2) Объектно-ориентированная (ОО) школа: разработчики этой школы использовали методологию объектно-ориентированного проектирования для представления концептуальных подходов к моделированию, которые поддерживают свойства моделирования многомерных данных (МД). Все представленные модели использовали унифицированный язык моделирования (UML), который был широко принят в качестве стандартного языка моделирования ОО или разработал расширение UML для использования свойств моделирования МД.

3) Разработчики других школ использовали новое представление, которые сами создали, чтобы предложить свои концептуальные подходы к моделированию, разработанные для поддержки свойств МД.

**Модель GOLD**

Многие ученые описывают объектно-ориентированную концептуальную модель, основанную на подмножестве UML. Такой подход четко разделяет структуру модели МД, заданной диаграммой классов UML, на факты и измерения.

Графическое обозначение конструкций UML, используемых моделью Gold, представлено на рисунке 1, а на рисунке 2 показана золотая модель тематического исследования.



**Рис. 1.** Графическое обозначение конструкций UML

Как показано на рисунке 2, размеры помечены {dag}. DAG означает «Висячий ациклический граф», т.е. ограничение {dag} рядом с каждым классом измерения на диаграмме классов UML указывает, что любой класс в иерархии классификации должен определять висячий ациклический граф.

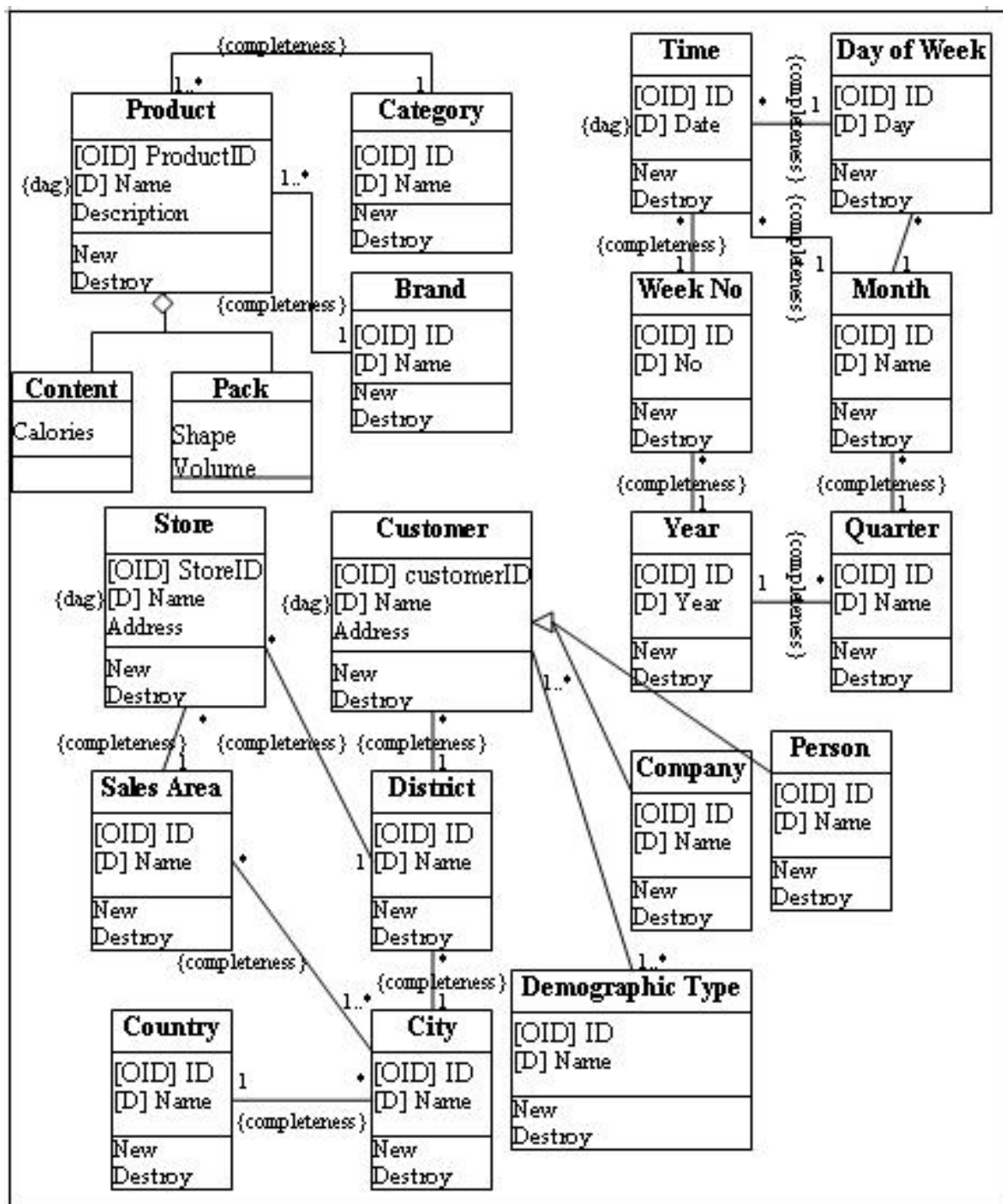


Рис. 2. Модель GOLD для тематического исследования

Модель EGOLD.

Временные измерения — это измерения, которые могут изменяться в будущем, представленные буквой T в углу и скрытыми атрибутами (Ts и Te), показывающими период действия каждого экземпляра измерения. Для отслеживания достигнутых улучшений тематическое исследование представлено моделью EGOLD на рисунке 3.

Методология хранилища данных

В своих исследованиях Олаф Херден представил методологию DW, основанную на трехуровневом моделировании, используемом при разработке обычных баз данных OLTP. На концептуальном уровне он различает язык и графическое представление. Он разработал мета-язык МД под названием MML (Multidimensional Modeling Language).

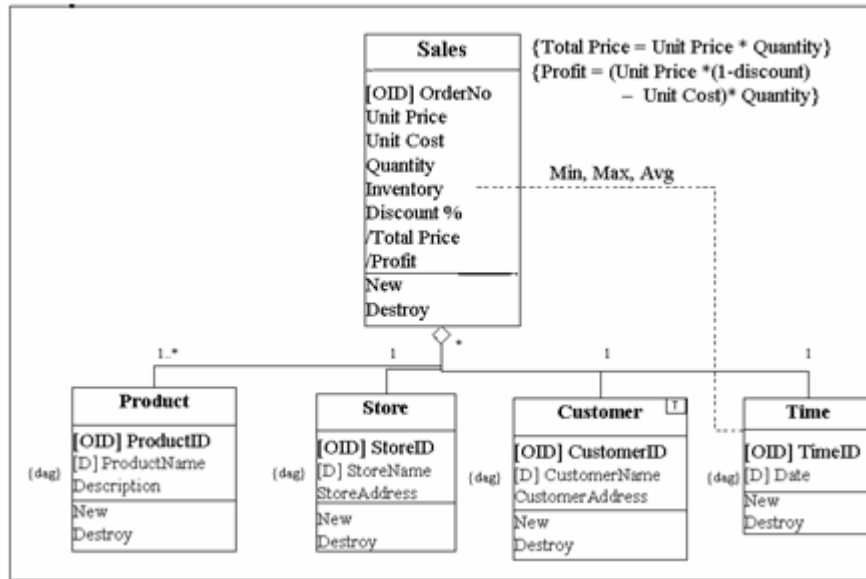


Рис. 3. EGOLD представление тематического исследования

MML был задан полужформально с помощью UML-диаграммы, показывающей иерархию наследования MML. Например, он разработал расширение UML, называемое mUML (многомерный UML). Используя концепцию стереотипов для mUML [RU98], он определил новые стереотипы для моделирования различных типов классов и для обозначения связей для построения иерархий. На рисунке 4 показаны некоторые новые моделирующие конструкции.

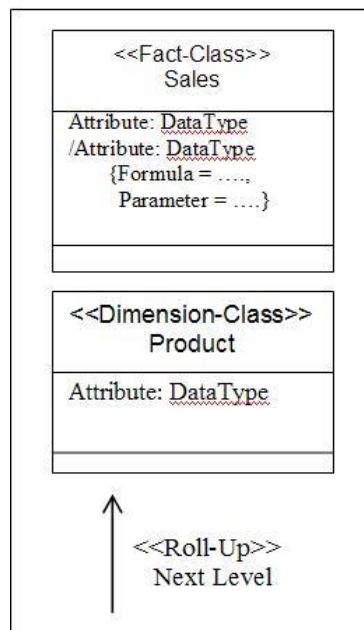


Рис. 4. Графическая запись mUML

В mUML представление реального примера продаж торговой компании примерно так же, как в модели GOLD представлен пример случая, за исключением того, что правила деривации помещаются в класс фактов, а не где-либо вокруг него, уровни иерархии связаны путем скручивания, как показано на рисунке 4.

Объектно-ориентированная многомерная модель данных (OODM).

Эта модель данных МД, представленная Nguyen, Тjoа и Wagner, использует парадигму ОО подхода для представления метамодели концептуальной модели. У OODM нет графической записи, используемой для представления модели, поскольку она представляет метамодель.

Неосновная школа.

Школа разработчиков Non-Based разработала собственную концептуальную модель со всеми ее элементами моделирования. Их модели в основном ориентированы на звездную структуру, которая очень известна в проектировании хранилищ данных, где факты централизованы, а измерения связаны с фактами, чтобы представить детализацию мер.

Модель факторного измерения.

Golfarelli, Maio и Rizzi представили концептуальную модель для использования в проектировании хранилищ данных, и они назвали это «Модель факторного измерения» (Модель DF). Вопреки тому, что сказано для некоторых формальных моделей, авторы утверждают, что важно четко различать измерения и меры. Таким образом, размерная схема состоит из набора схем фактов, и каждая схема фактов содержит факт, меры, измерения и иерархии. Модель DF является размерной схемой. На рисунке 5 показаны конструкции модели хранилищ данных, и показана модель DF для примера.

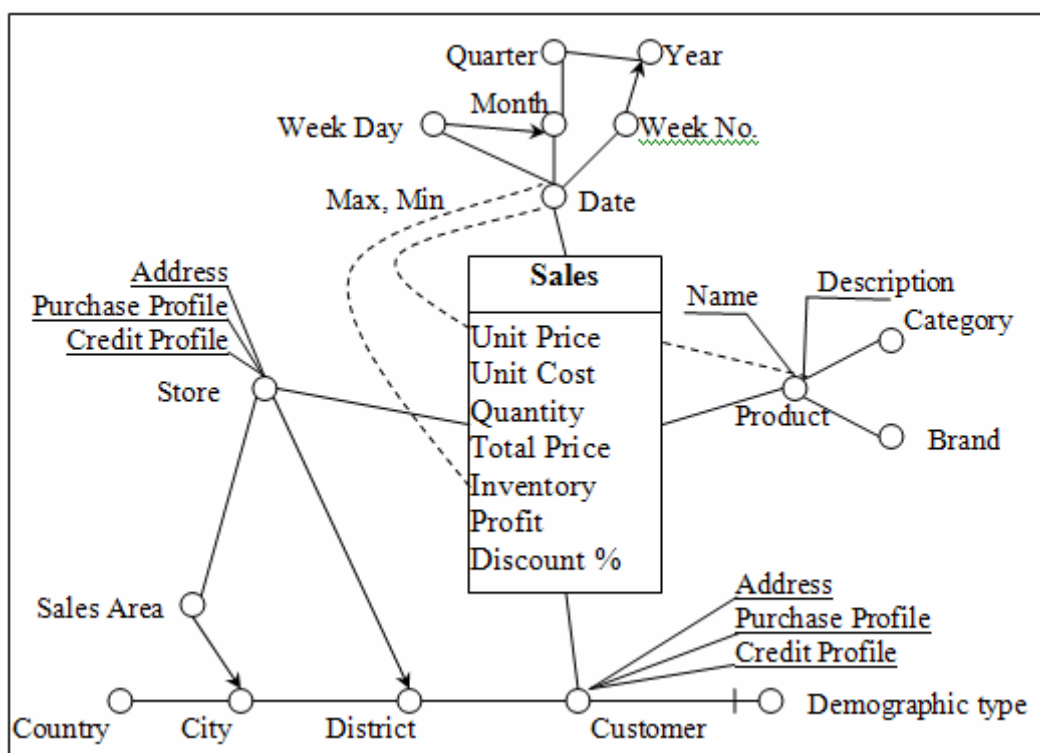


Рис. 5. Графическое обозначение элементов модели DF для тематического исследования

Husemann, Lechtenborger и Vossen не только представили свою концептуальную модель хранилищ данных, но также они представили методологию фазово-ориентированного проектирования хранилищ данных, которая систематически выводит схемы в обобщенной многомерной норме. Эта модель имела особый способ обработки аддитивности мер. Авторы не смогли объединить обработку аддитивности в графической нотации, поэтому они добавили таблицу, которая должна быть построена рядом со схемами фактов, чтобы описать ограничения аддитивности между каждой мерой и каждым измерением в схеме. Они не только обработали ограничения аддитивности мер в этой таблице, но и представили уровень ограничения аддитивности.

Многомерный куб агрегации (MAC).

Tsois, Karayannidis и Sellis определили новую концептуальную модель, предназначенную для сбора статических свойств информации, хранящейся в хранилище данных, и они рассмотрели проблему концептуального моделирования с конца -пользовательской точки зрения. Центральным понятием модели является многомерный куб агрегации (MAC), который дает широкое и гибкое определение для обозначения куба многомерности данных. MAC эквивалентен n-способному отношению, связывающему значения мер с набором значений измерений (рис. 6). Дополнительным новшеством этой модели является явное моделирование путей анализа - весьма важная функция для приложений OLAP.

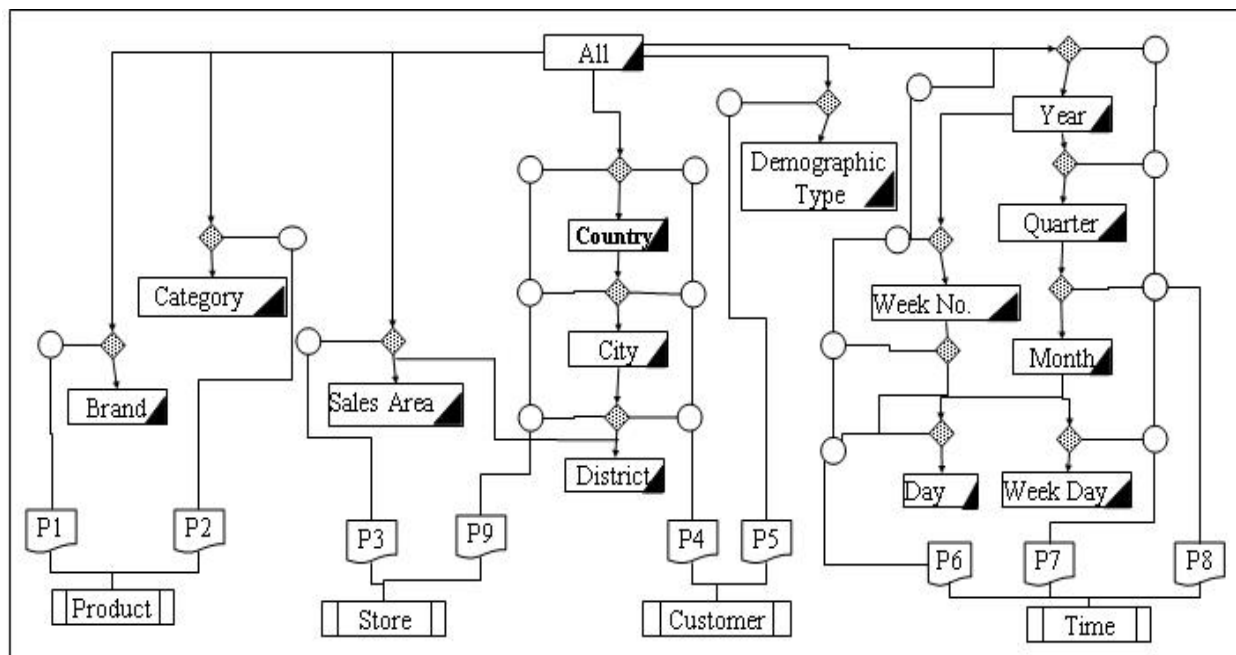


Рис. 6. Графическое обозначение размеров и уровней размеров в элементах модели MAC и стойке корпуса

### Модели оценки и сравнения

Использование одного тематического исследования для представления всех концептуальных моделей проектирования хранилища данных, помогло различить концептуальные модели и облегчило оценку этих моделей, чтобы узнать, какая модель больше всего подходит для концептуального проектирования хранилища данных. Теперь исследуем, насколько каждая из этих моделей учитывает свойства моделирования многомерных данных, которые были описаны ранее.

В соответствии с моделями, которые были определены на основе ER, было очевидно, что у этих моделей есть некоторые общие черты, которые они унаследовали от диаграммы ER, такие как категоризация измерений и атрибуты измерений. Более того, модели, принадлежащие этой школе, получили преимущество в том, что стали ближе к любому нетехническому человеку, у которого были небольшие знания диаграммы ER. Модели, которые принадлежат этой школе, сосредоточены на том, как представить свою модель на очень высоком уровне абстракции. Поэтому некоторые реализации задерживаются, так как производные меры не были представлены в нем, так как разработчики считают, что это больше связано с реализацией, чем с концептуальным дизайном. Другим свойством, которое пропустили модели в этой школе, является поддержка фактов без фактов. Это было связано с тем, что модель ER не позволяет ни одному объекту быть пустым. Еще одно очень мощное свойство данной концептуальной модели многомерных данных показывает аддитивность мер по измерениям.

Использование методов объектно-ориентированного моделирования облегчило ряд свойств моделирования многомерных данных подобно тому, как существовало отношение агрегирования в UML, было соединение классов измерений с классом фактов. Модели в этой школе были гораздо более мощными, чем другие модели в двух других школах, где они опираются на UML, которые поддерживает стереотипы, используемые для расширения UML для создания пользовательских диаграмм.

Школа подходов обладала гибкостью использования собственных обозначений, правил и конструкций, которые облегчали создание новых моделей, которые полностью независимы от используемой модели, программного обеспечения или оборудования. В моделях, принадлежащих этой школе отсутствует инструмент CASE, который поддерживает автоматическую генерацию для коммерческого инструмента OLAP. Это произошло из-за отсутствия формализма.

**Выводы.** Модификация схем не поддерживалась ни в одной концептуальной модели из-за ее сложности. Модель EGOLD была единственной моделью, которая полностью поддерживала модификацию экземпляра и почти охватила все свойства МД в этой матрице. Исходя из этого, модель EGOLD была оценена как самая лучшая модель в способности представлять концептуальный проект хранилища данных.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Abelló A., Samos J., and Saltor F., 2000, “A Data Warehouse Multidimensional Data Models Classification.” Technical Report LSI-2000-6. Software Engineering Department (University of Granada). Spain.
- [2] Cabibbo L., and Torlone R., 1998, “A Logical Approach to Multidimensional Databases”. Proceedings of 6<sup>th</sup> International Conference on Extending Database Technology (EDBT’98), Vol. 1377, Springer-Verlag, Spain, pp. 183-197.
- [3] Cabibbo L., and Torlone R., 1998, “A Logical Framework for Querying Multidimensional Data”. In New Techniques and Technologies for Statistics (NTTS’98), Italy.
- [4] El Gamal N., Galal-Edeen, G., El-Bastawissy, A., 2005, “Towards a Generic Conceptual Model for Data Warehouses” Proceedings of the 5th International Business Information Management Association (IBIMA) Conference, Egypt, pp. 262-269.
- [5] Eder J., Koncilia, C., Kogler H., 2002, “Temporal Data Warehousing: Business Cases and Solutions”, In Proceedings of the 4th International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS 2002), Vol. 1, Spain, pp. 81-88.
- [6] Golfarelli M., Maio, D., Rizzi S., 1998, “Conceptual design of data warehousing from E/R schemes”, Proceedings of 31st Hawaii International Conference on System Sciences. USA.
- [7] Golfarelli M., Maio D., and Rizzi S., 1998, “The Dimensional Fact Model: a Conceptual Model for Data Warehouses”. International Journal of Cooperative Information Systems, Vol. 7, No. 2&3, pp. 215-247.
- [8] Herden O., 2000, “A Design Methodology for Data Warehouses”. 7th Doctoral Consortium on Advanced Information Systems and Engineering (CAiSE’00), Sweden.
- [9] Husemann, B., Lechtenborger, J., and Vossen, G., 2000, “Conceptual data warehouse design”. In Proceedings of International Workshop on Design and Management of Data Warehouses (DMDW’2000), Stockholm.
- [10] Lehner, W., Albrecht, J., and Wedekind, H., 1998, “Normal Forms for Multidimensional Databases” In Proceedings of the 10th Scientific and Statistical Database Management (SSDBM), Italy, pp. 63–72.
- [11] Lechtenborger J., Vossen G., 2003, “Multidimensional Normal Forms for Data Warehouse Design,” Information Systems Journal, Vol. 23, No. 8. pp. 415-434
- [12] Luján-Mora S., Trujillo J., and Song, I., 2002, “Multidimensional Modeling with UML Package Diagrams”. Proceedings of 21st International Conference on Conceptual Modeling (ER2002), number 2530 in LNCS, Springer, Finland, pp. 199-213.
- [13] Nguyen T. B., Tjoa A. M., Wagner R. R., 2000, “An Object-Oriented Multidimensional Data Model for OLAP”. Proceedings of 1st International Conference on Web-age Information Management (WAIM), number 1864 in LNCS, Springer, China, pp. 69-82.
- [14] Rational Software Corporation and UML partners. “UML Semantics. Version 1.1” Object Management Group. OMG Document ad/97-08-04, 1997.
- [15] Sapia C., Blaschka M., Höfling G., and Dinter, B., 1999, “Extending the E/R model for the multidimensional Paradigm” Proceedings International Workshop on Data Warehouse and Data Mining (DWDWM) in conjunction with the ER’98, No. 1552, Springer, Germany, pp. 105-116.
- [16] Tryfona N., Busborg F., Christiansen J. G., 1999, “StarER: A Conceptual Model for Data Warehouse Design,” Proc. ACM 2nd Int’l Workshop Data Warehousing and OLAP (DOLAP 99), New York, pp. 3-8
- [17] Tsois A., Karayannidis N., Sellis T., 2001, “MAC: Conceptual Data Modeling for OLAP” Proceedings Of the International Workshop on design and Management of Data Warehouses (DMDW’2001), Interlaken, Switzerland, pp. 5.1-5.11.
- [18] Trujillo J., Palomer M., 1998, “An Object Oriented Approach to Multidimensional Database Conceptual Modeling (OOMD)” Proceedings Of the ACM 1<sup>st</sup> International Workshop on data warehousing and OLAP (DOLAP), USA, pp. 16-21.
- [19] Trujillo J., Palomar M., Gomez J., Song I. 2001, “Designing Data Warehouses With OO Conceptual Models”, IEEE Computer, Vol. 34, No. 12. pp. 66-75.

Утепбергенов И.Т., Ахмедиярова А.Т., Қуандықова Д.Р., Қасымова Д.Т.

**Деректер қоймасын модельдеуге тұжырымдамалық тәсілдер**

**Түйіндеме.** Мақалада деректер қоймаларын тұжырымдамалық жобалауға қолдау көрсетудің әртүрлі тәсілдері ұсынылған. Деректер қоймасына қойылатын негізгі талаптар және деректер қоймалары үшін тұжырымдамалық жобалауды қолдау үшін ең маңызды үлгіні анықтау үшін деректер қоймалары үшін әртүрлі концептуалдық модельдерді қолданудың тақырыптық салыстырмалы зерттеуінің нәтижелері келтірілген.

**Түйін сөздер:** деректер қоймасы, деректер қоймасының әдіснамасы, тұжырымдамалық модельдер, GOLD моделі, EGOLD моделі.

УДК 004.82, 004.93

**S.A. Kudubayeva<sup>1</sup>, B.T. Zhusupova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>L.N.Gumilyov Eurasian National University, Astana, Republic of Kazakhstan,

<sup>2</sup>A.Baitursynov Kostanay State University, Kostanay, Republic of Kazakhstan)

E-mail: saule.kudubayeva@gmail.com, botasha\_zhan@mail.ru

## **REVIEW OF MODERN APPROACHES TO THE DEVELOPMENT OF SIGN LANGUAGE INTERPRETATION SYSTEMS IN THE DOMESTIC AND FOREIGN PRACTICE**

**Abstract.** This article discusses the modern comprehension of the problems associated with the study of sign languages, methods of their recognition, the study of semantic relations in sign languages. The review of the existing sign language interpretation systems, the analysis of the first dictionaries of gestures are held taking into account their effectiveness and the possibility of full practical use. The article also reveals the advantages and disadvantages of the existing sign language interpretation systems.

**Key words.** sign, sign language, sign recognition, sign semantics.

**С. А. Кудубаева<sup>1</sup>, Б. Т. Жусупова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, Астана, Республика Казахстан,

<sup>2</sup>Костанайский государственный университет имени А. Байтурсынова, Костанай, Республика Казахстан)

E-mail: saule.kudubayeva@gmail.com, botasha\_zhan@mail.ru

## **ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ПОДХОДОВ К РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМ СУРДОПЕРЕВОДА В ОТЕЧЕСТВЕННОЙ И ЗАРУБЕЖНОЙ ПРАКТИКЕ**

**Аннотация:** В данной статье рассматривается вопрос о современном понимании проблем, связанных с исследованием жестовых языков, методов их распознавания, исследованием семантических отношений в жестовых языках. Проводится обзор существующих систем сурдоперевода, анализ составления первых словарей жестов с учетом их эффективности и возможности полноценного практического использования. В статье также выявлены преимущества и недостатки существующих на сегодняшний день систем перевода на жестовые языки.

**Ключевые слова:** жест, жестовый язык, распознавание жестов, семантика жестов.

В последние годы во всем мире большое внимание уделяется людям с ограниченными возможностями. Каждый день мы встречаем людей, общающихся на жестовом языке, который чаще всего является их родным языком. Создание безбарьерной среды и необходимых условий для их обучения и коммуникации – одна из важных задач любого современного государства, так как каждый человек должен иметь равные возможности для коммуникации с внешним миром. В этих целях проводятся организационные мероприятия, разрабатываются специальные инженерно-технические, аппаратно-программные средства.

На смену непониманию самобытности и самостоятельности жестовых языков пришел интерес лингвистов, сурдопереводчиков, разработчиков программного обеспечения, специалистов по детской речи, врачей и педагогов. В настоящее время во всем мире жестовые языки изучаются и описываются, разрабатываются методики обучения жестовым языкам, реализуются образовательные программы, которые предоставляют возможность неслышащим людям получить высшее образование.

Согласно Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), на 2018 год по статистике официально в мире порядка 360 миллионов человек страдают глухотой или имеют проблемы со слухом, из которых 328 миллионов взрослых людей и 32 миллиона детей [1]. В Казахстане насчитывается порядка 200 тысяч людей с инвалидностью по слуху.

Исследованию жестовых языков посвящены работы следующих зарубежных ученых: У. Стоуки, Д. Брентари, Р.Уилбур, В.Сэндлер, Д.Лилло-Мартин, а также работы российских ученых Г.Л. Зайцевой, А.А. Комаровой, Т.Давиденко, Е.В., Прозоровой, В.Киммельмана, Е.Ю Шамаро, С.И. Бурковой, М.Г. Гриф, А.Л. Воскресенского, А.А.Карпова, А.А.Кибрик, М.П. Фархадова, М.А. Мясоедовой, З.П. Мясоедовой, Ю.С. Мануевой.

Система жестового общения глухих имеет сложную структуру и включает две разновидности жестовой речи – разговорную и калькирующую (Г.Л. Зайцева). Разговорной жестовой речи присущи специфические грамматические закономерности. Является самостоятельной кинетической системой. Область ее функционирования – непринужденное, неофициальное межличностное общение.



Калькирующая жестовая речь (КЖР) – вторичная знаковая система, отражающая структуру языка слов. КЖР обслуживает межличностную коммуникацию глухих в официальной обстановке (на конференциях, собраниях и т.п.).

ЖЯ – это основное средство межличностной коммуникации большинства глухих и части слабослышащих людей [2]. Свои особенности есть и в морфологии, в синтаксисе, в лексике жестового языка.

Жестовые языки глухих разных стран отличаются своеобразием лексики и грамматического строя. Но помимо национальных жестовых систем существует международный язык жестов. В настоящее время составлен и опубликован словарь, включающий около 1500 жестов, сгруппированных по темам: люди, межличностные отношения, юстиция, природа и т.д. Эта система (жестуно) широко применяется на всемирных форумах глухих [3].

Методы распознавания образов, обработки изображений, их применение разрабатывались в работах Р.В. Шафера, А. Розенфельда, У. Прэтта, М. Мак-Доннела, Р. Харди, Дж. Серра, Ю.И. Журавлева, Ю.П. Пытьева, А.И. Чуличкова, Н.Г. Загоруйко, Л.П. Яросталавского, В.П. Пяткина, В.С. Киричука, В.А. Виттиха, В.В. Сергеева, В.А. Сойфера, А.А. Спектора, Ю.Г. Васина, В.В. Моттля, А.П. Немирко, К.К. Васильева, Ю.В. Обухова, И.Г. Пресианцевца, В.В. Рязанова, Shi-Guang, Filipe M. Vieira, А.Д. Варламова и др. [3].

По теории функционирования семантических категорий можно отметить работы А. Сокирко, А.В. Бондарко, по компьютерной лингвистике – Ю.Д. Апресяна, Д. Ландэ, С.Д. Тарасова, Б.Ю. Городецкого, А.Б. Преображенского [3].

В ходе изучения и актуализации исследований в области ЖЯ в мире были созданы различные системы сурдоперевода: Zardoz, TEAM, ViSiCAST, система машинного сурдоперевода на базе Microsoft Kinect, система SISI и др.

Система Zardoz была предложена в качестве системы перевода с английского языка на язык жестов, в которой язык-посредник (интерлингва) в качестве элемента перевода. Применение данной системы только для определенного количества предметных областей обусловлено большой трудоемкостью. В то время как реализованная часть системы, ориентирована на американский язык жестов, авторы так же ведут разработки в рамках ирландских и японский язык жестов. Текущие исследования сосредоточены на разработке всеобъемлющей грамматики, морфологии и лексики для ирландского языка жестов [4].

Система TEAM (Translation from English to ASL by Machine) – это система машинного перевода с английского языка на американский жестовый язык. Перевод в системе TEAM состоит из двух этапов: первый - перевод введенного предложения с английского языка на промежуточное представление с учетом синтаксической, грамматической и морфологической информации, второй - отображение промежуточного представления в виде движения с небольшим набором параметров, которые в дальнейшем преобразуются в большее число параметров, которые управляют моделью человека, воспроизводящей жесты. Гибкость системы позволяет адаптировать ее к другим жестовым языкам [5].

Система ViSiCAST (Virtual Signing: Capture, Animation, Storage and Transmission) - это система машинного перевода с английского языка на американский жестовый язык. Основная цель проекта ViSiCAST – это улучшение качества доступа к различной информации, развлечениям, образованию и общественным услугам для глухих граждан Европы. Проект ViSiCAST является упрощенной системой, которая фиксирует движения и жесты человека-сурдопереводчика, а затем эти координаты рук переводчика передаются для последующего анализа для получения реалистичного аватара [6].

Система машинного сурдоперевода, разработанная на базе технологии Kinect от Microsoft, способна считывать движения рук и всего тела. Список функций системы включает в себя помимо распознавания движений также сурдоперевод, как часть нового исследовательского проекта, призванного помочь людям с отсутствием слуха. Созданная технология не только переводит язык жестов в слова, проговариваемые компьютером, но и осуществляет обратный процесс: пользователь без недостатков слуха говорит или впечатывает слова в переводчик Kinect, а система затем воспроизводит слова на языке жестов с помощью виртуального аватара на экране.

Система «Say It Sign It», разработанная в исследовательском центре IBM Hursley в Великобритании, позволяет перевести устную речь в язык жестов. Система «Say It Sign It» (SiSi) объединяет несколько компьютерных технологий. Сначала специальный модуль распознавания речи преобразуют произнесенные одним из пользователей в микрофон слова в текст. Затем специальная программа «прогоняет» текст через программу-переводчика, которая анализирует сказанное и переводит текст в

английский язык жестов, в то время как виртуальный аватар изображает переведенный фрагмент. Жестовые аватары и технология для анимации языка жестов из специальной системы обозначений жестов были разработаны Университетом Восточной Англии, а база данных жестов была разработана RNID (Royal National Institute for Deaf People).

В будущем SiSi сможет стать одним из сайтов в Интернете, при этом перевод слов в язык жестов осуществлялся бы в центральном сервере, а анимированный результат выводился бы на экран компьютера зарегистрировавшегося пользователя. Кроме того, система сможет работать в виде отдельной программы, которую адресат и адресант смогут установить на их собственные компьютеры. Также рассматривается вариант с функционированием системы через телевизионный преобразователь [7].

Для разработки системы компьютерного сурдоперевода сотрудниками Новосибирского государственного технического университета под руководством профессора Гриф М.Г. был предложен новый способ построения семантического блока системы. В ходе построения данного блока семантического анализа для установления соответствия «слово-жест» были определены лексические значения слов, среди множества альтернатив на основе алгоритма семантического анализа за каждым словом закреплялось единственное лексическое значение. Для простых предложений были разработаны и реализованы алгоритмы семантического анализа, предложен способ перевода русского текста на русский жестовый язык на основе сопоставления синтаксических конструкций, для определения которых была разработана библиотека [8].

Ученые из Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН (ИПУ РАН) разрабатывают систему, которая с помощью искусственного интеллекта сможет в режиме реального времени через видеокамеру переводить жестовый язык в слова, фразы и буквы. После того как группа исследователей под руководством заведующего лабораторией «Автоматизированных систем массового обслуживания и обработки сигналов» ИПУ РАН Маиса Фархадова соберет необходимые статистические данные, они будут предъявлены нейросети, которую с применением методов машинного обучения «натренируют» распознавать, какой звук или буква соответствует определенному жесту.

В данной системе для распознавания жестов применяется искусственный нейронный кортекс (группа нейронов, ответственная за принятие решений), способный распознавать статические жесты. Дактильную азбуку он уже распознает и в будущем эта разработка будет доведена до автоматического сурдопереводчика.

Разработанный интернет-портал «Сурдосервер», призванный облегчить людям с проблемами слуха и их родственникам изучение жестового языка, содержит сотни обучающих видеороликов, речевой тренажер, который помогает глухим пользователям узнать, насколько правильно они произносят тот или иной звук, глоссарий с дактильными азбуками разных стран, словарь «диалектов жестового языка». Также ученые из ИПУ РАН разрабатывают мобильное приложение «Сурдосервис» и сурдооблако, в котором люди с проблемами слуха смогут мгновенно обмениваться информацией. Предполагается, что, после того как разработчики обучат нейросеть с максимальной точностью переводить жестовый язык в слова и буквы, все сурдосервисы, созданные в ИПУ РАН, будут интегрированы в единый пакет программ, который можно будет распространять среди слабослышащих людей.

По словам проректора по научной работе ННГУ Виктора Казанцева, создание сурдопереводчика на основе нейросетей — очень перспективное направление [9].

Используя нейронные сети, семантикой ЖЯ, распознаванием положения рук в рамках научно-исследовательских проектов занимаются чешские ученые Jakub Kanis, Milos Železný, Zdeněk Krňoul, Ivan Gruber, Marek Hruz, Miroslav Hlaváč и другие из University of West Bohemia совместно с российским профессором Алексеем Карповым из Университата ИТМО.

Исследованием американского ЖЯ (АЖЯ) занимаются ученые колледжа Hunter, Национального технического института глухих (NTID, Миннесота, город Рочестер) по технологии ACCESS в Рочестерском технологическом институте (Rochester Institute of Technology).

Исследованием систем распознавания жестов в США занимаются такие ученые, как Davi Hirafuji Neiva, Cleber Zanchettin. Они представили интегрированную систему для перевода между различными национальными жестовыми языками, объединяющую веб-приложение, использующее компьютерные методы видения и Extreme Learning Machines с мобильным. Также провели обзор работ с 2009 по 2017 год по распознаванию жестов в мобильном контексте (через смартфоны) и по распознаванию лиц в жестовых языках. Ими было отмечено следующее:

- среди разнообразия аппаратных средств и технологий перчатки на основе сенсоров были наиболее часто используемыми специальными аппаратными средствами, чтобы классифицировать жесты;

- работы, которые не использовали специальное оборудование, в основном использовали цвет кожи для извлечения признаков при распознавании жестов;

- распознавание статических жестов достигало результатов более 80%, при этом меньше работ по распознаванию динамических жестов с результатом распознавания выше 90%, однако большинство экспериментов проводилось в контролируемых средах с особыми условиями освещения и использовало только небольшой набор жестов, кроме того, большинство работ использовало специальное оборудование (которое часто громоздко для пользователя), чтобы облегчить извлечение признаков;

- распознавание лиц достигало высоких результатов классификации с использованием Random-Forest и Multi-layer Perceptron [10].

В США исследованием семантики АЖЯ занимаются ученые в Университете Чикаго (кафедра лингвистики): Diane Brentari, Anastasia Giannakidou и др. Анализируя лингвистические формы в языковых структурах D. Brentari исследует, как относятся языковые ограничения в разговорных языках к жестовым [11]. Работы A. Giannakidou касаются семантических корней модальных глаголов и наречия необходимости.

Исследованием китайского ЖЯ (HKSL) занимаются в The Chinese University of Hong Kong ученые Gladys Tang, Jia Li, Felix Sze в соавторстве с учеными из США, Англии: Diane Brentari, Harry Knoors, Jordan Fenlon. В своих исследованиях основное внимание уделяют лингвистическим особенностям HKSL, наличию в нем естественных языковых свойств и классификаторных конструкций. Распознаванием HKSL занимаются Jie Huang совместно с другими сотрудниками University of Science and Technology of China, Zhiheng Zhou из South China University of Technology [12]. Семантику HKSL исследует Manjuan Duan совместно с другими учеными кафедры лингвистики The Ohio State University. Ими выявлены зависимости в структуре китайских предложений с семантической точки зрения. В ходе исследования более десяти тысяч предложений были оценены системой.

Семантикой английского жестового языка BSL занимается ряд ученых в Англии: Cristofer Stoun, Jordan Fenlon, Adam Schembri, Kearsy Cormier [13].

В Германии Markus Steinbach из Georg-August-Universität Göttingen совместно с другими учеными ведет исследование, связанное с событиями в немецком жестовом языке DSL, рассматривая лингвистические элементы в жестовых языках, выделяет в предложениях морфосинтаксические структуры для передачи команды, разрешения или совета [14].

Французский жестовый язык LSF исследуют доктор лингвистики Вероника Жеффруа, аспирант лингвистики Энн Ванбруе института INS HEA, который представляет Францию в Европейском агентстве по особым потребностям и инклюзивному образованию.

В распознавании жестов значительные результаты исследований достигли индонезийские ученые W.N. Khotimah, Y.A. Susanto, Nanik Suciati из Institut Teknologi Sepuluh Nopember и индийские ученые Jalal Anand Singh, Pathak Bhumika, Thapa Vivek.

Интересны разработки бразильских ученых Daniele Pereira, Ana Regina, Helena Castro по семантике бразильского жестового языка. Ими была разработана система WhatSurdo - это дидактический материал для стимулирования написания и чтения с использованием сотового телефона.

Такие страны как Израиль, Япония, ОАЭ и др. также продолжают исследование своих национальных жестовых языков, анализируя их структуру и особенности.

Казахстанские ученые совместно с учеными ИПУ РАН создали первый электронный словарь казахского жестового языка на сайте [www.surdo.kz](http://www.surdo.kz), а также электронный учебник по казахскому буквенному жестовому языку. В настоящий момент ведутся исследования по вопросам лингвистики казахского ЖЯ, так как существующие разработки в области исследования казахского жестового языка не в полной мере обеспечивают потребности людей с нарушением слуха в осуществлении коммуникации. Недостаточно исследованы структура казахского жестового языка, его лингвистические и семантические особенности, связь естественных структур казахской речи с казахским жестовым языком, необходимые при создании автоматизированной системы сурдоперевода казахского жестового языка.

Учитывая то, что при разработке системы машинного перевода жестовых языков необходимо переводить текст на язык жестов, распознавать жесты, для этого требуется наличие базы данных жестов, жестового толкового словаря, словаря лексических значений и др., разработка которых является одним из основных моментов.

Из существующих на сегодняшний день разработанных словарей жестов только некоторые являются удобными в практическом использовании для изучения и распространения жестовых языков.

Всероссийский Союз переводчиков русского жестового языка “СурдоЦентр” при поддержке Центрального научно-исследовательского института русского жестового языка под руководством Харламенко А.Е. разработал Русско-жестовый толковый словарь, в котором имеется около 27000 слов 1700 жестов. На портале данного союза переводчиков имеется обзор словарей жестовых языков России. Данный обзор выполнен Харламенковым А.Е. на предмет обследования доступных в Интернете словарей жестовых языков (см. Таблица 1).

Данный обзор словарей очень полезен и для тех, кто изучает жестовый язык, и для тех, кто является профессиональным переводчиком, ведет исследования в области жестовых языков. Согласно этому обзору представленные достоинства и недостатки словарей можно показать следующим образом:

Таблица 1. **Обзор словарей жестовых языков**

Словарь жестов	Показатели (уровни)				Оценка	Примечание
	дизайн сайта	сообщество пользователей	количество жестов	достоверность жестов		
On-line словарь Jestov.Net	выс.	выс.	сред.	низк.	-8,5 (из 63) -13,49%	Справочник только для переводчиков ЖЯ, не для изучающих ЖЯ. <a href="http://jestov.net/dictionary">jestov.net/dictionary</a>
On-line словарь DigitGestus	низк.	низк.	низк.	сред.	-5 (из 63) -7,94 %	Справочник номинальных значений жестов со средним уровнем достоверности. <a href="http://www.digitgestus.com">www.digitgestus.com</a>
On-line словарь DeafNet	сред.	сред.	---	---	---	Не является словарём. <a href="http://www.deafnet.ru">http://www.deafnet.ru</a>
On-line словарь «Сурдосервер»	выс.	сред.	выс.	выс.	31 (из 63) 49,21%	учебное пособие для начинающих изучать ЖЯ, академичный и корректный в плане жестовой лексики. <a href="http://surdoserver.ru">surdoserver.ru</a>
On-line словарь «Сурдопортал» МГТУ им.Баумана	низк.	низк.	низк.	сред.	---	Словарь заброшен с 2013 г., содержит всего 20 словарных статей по 2 темам. <a href="http://vorb.ru/ps">http://vorb.ru/ps</a>
On-line словарь «Spreadthesign» Мультинациональный словарь ЖЯ	выс.	сред.	сред.	низк.	-1 (из 52) -1,92%	Справочник только для переводчиков ЖЯ, не для изучающих ЖЯ. <a href="https://www.spreadthesign.com/ru">https://www.spreadthesign.com/ru</a>

Низкий уровень достоверности жестов в этих словарях говорит о том, что часть жестов имеет искаженное значение, имеются неизвестно откуда взятые жесты, а также девиантные жесты вместо литературных значений. Такие словари не могут быть использованы для изучающих жестовый язык, а могут быть только справочником для профессиональных переводчиков ЖЯ.

Таким образом, несмотря на прогресс, достигнутый в связи с растущим интересом к распознаванию жестов, системам перевода жестовых языков все еще существуют важные пробелы, которые необходимо решать в контексте жестовых языков. Помимо улучшения удобства использования и эффективности решений, необходимо учитывать распознавание лица, а также статические и динамические жесты в сложных условиях, необходимо вести обработку голоса в системах перевода для обеспечения полноценного устного перевода.

В этой статье мы представили обзор проводимых исследований в области жестовых языков, современных подходов к разработке систем сурдоперевода, анализируя практическую применимость существующих словарей жестов.

Анализ показывает, что большинство зарубежных систем, кроме системы SISI, не может обрабатывать входную информацию, поступающую в виде голоса. Для систем перевода, способных обеспечить устный перевод, этот недостаток является существенным.

Использование пространственной информации вокруг говорящего, является спецификой жестового языка, которая учитывается только в системе Team. В системе Zardoz делаются попытки учета семантической составляющей жестового языка, помимо морфологической и синтаксической информации, необходимой для более качественного перевода. Недостатком технология перевода в системе ViSiCAST является привлечение человека в процесс перевода. В системе ViSiCAST достигнута максимальная реалистичность аватара. Но по мнению носителей жестового языка виртуальные сурдопереводчики (аватары), несмотря на свою уникальность, не являются совершенными, так как не могут передать выразительность и точность жестовой речи [9].

Основным недостатком рассмотренных выше систем является отсутствие учета семантической составляющей как звучащего, так и жестового языка. Системы, в которых в процессе перевода предусмотрен учет особенностей семантики исходного языка и язык перевода, имеют большое преимущество и обладают высоким качеством перевода. Только в системе семантического анализа, разработанной в Новосибирском ГТУ, ведется учет морфологической и синтаксической, а также семантической составляющих.

Специалисты в ходе работы над системами сурдоперевода также сталкиваются с такой проблемой, как недостаточность объема словарей жестовых языков, не всегда предоставляющих корректную и современную информацию.

Проводя обзор исследований в области жестовых языков, современных подходов к разработке систем сурдоперевода, анализируя практическую применимость существующих словарей жестов, можно говорить о том, что научный мир все же проявляет достаточно большой интерес к исследованию структуры жестовых языков, к распознаванию, анализу семантики жестов, построению систем перевода жестов. Все эти исследования обоснованы необходимостью обеспечить комфортную и доступную среду для безбарьерного общения людей с нарушением слуха со слышащими, в том числе при получении образования, медицинских и государственных услуг и прочее.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs300/ru/> – Всемирная организация здравоохранения [Электронный ресурс], (дата обращения: 14.12.2018).
- [2] Зайцева Г.Л. Жестовая речь. Дактилология: Учебник для студентов высших учебных заведений / Г.Л. Зайцева. – М.: Владос, 2000. – 192 с.
- [3] Речицкая Е. Г., Плуталова Л. А. Дактильная и жестовая речь как средства коммуникации лиц с нарушением слуха: Учебно-методическое пособие в двух частях / Е. Г. Речицкая, Л. А. Плуталова. – М.: МПГУ, 2016. – 144 с. – ISBN 978-5-4263-0362-1
- [4] Veale, T., Conway, A. Cross modal comprehension in ZARDOZ: an English to sign-language translation system / T. Veale, A. Conway // Proceedings of the Seventh International Workshop on Natural Language Generation INLG'94, Kennebunkport, Maine. – 1994. – P. 249–252.
- [5] Zhao, L., Kipper, K., Schuler, W. A machine translation system from English to American sign language / L. Zhao, K. Kipper, W. Schuler // Lecture Notes in Computer Science. – 2000. – Vol. 1934. – P. 54–67.
- [6] Wakefield, M. VisiCAST Milestone: final report no. IST-1999-10500 / M. Wakefield // Information Societies Technology. – 10 December 2002. – 97 p.
- [7] <http://www.sys-consulting.co.uk/web/ProjectSISI.html>
- [8] Гриф М. Г., Мануева Ю. С. Разработка и тестирование алгоритма семантического анализа речи (текста) для перевода на русский жестовый язык / М. Г. Гриф, Ю. С. Мануева // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Лингвистика и межкультурная коммуникация. – 2017. – Т. 15 – № 2. – С. 70–80. – ISSN 1818-7935
- [9] Недюк М. Голос жестов: искусственный интеллект применяет для сурдоперевода. Программа поможет людям с проблемами слуха и их родственникам обучиться жестовому языку и чтению по губам / М.Недюк // Известия. – 22 ноября 2018 года.
- [10] Davi Hirafuji Neiva, Cleber Zanchettin Gesture Recognition: a Review Focusing on Sign Language in a Mobile Context/ Davi Hirafuji Neiva, Cleber Zanchettin // Expert Systems with Applications. – august 2018.
- [11] Qatherine Andan, Diane Brentari, Outi Bat-El, Iris Berent ANCHORING is amodal: Evidence from a signed language/ Qatherine Andan, Diane Brentari, Outi Bat-El, Iris Berent // Cognition 180. – august 2018. – P. 279–283.

[12] Jie Huang, Wengang Zhou, Houqiang Li, Weiping Li Attention based 3D-CNNs for Large-Vocabulary Sign Language Recognition/ Jie Huang, Wengang Zhou, Houqiang Li, Weiping Li // IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology. – september 2018.

[13] Jordan Fenlon, Adam Schembri, Kearsy Cormier Modification of indicating verbs in British Sign Language: A corpus-based study, Language / Jordan Fenlon, Adam Schembri, Kearsy Cormier // Linguistic Society of America. – march 2018. – Volume 94.– Number 1. – P. 84-118

[14] Markus Steinbach, Anne Wienholz, Derya Nuhbalaoglu, Nivedita Mani, Annika Herrmann Pointing to the right side? An ERP study on anaphora resolution in German Sign Language / Markus Steinbach, Anne Wienholz, Derya Nuhbalaoglu, Nivedita Mani, Annika Herrmann // PLoS ONE. – september 2018. – 13(9).

[15] Карпов А.А. Когнитивные исследования ассистивного многомодального интерфейса для бесконтактного человеко-машинного взаимодействия / А.А. Карпов // Информатика и ее применения. – 2012. – Т. 6. – N 2. – С. 77–86.

Кудубаева С. А., Жусупова Б. Т.

**Отандық және шетелдік тәжірибедегі сурдоаударма жүйелерін құрудағы заманауи тәсілдерін шолу Түйіндеме.** Бұл мақалада ымдау тілін зерттеумен, оларды тану әдістерімен, ымдау тілдеріндегі семантикалық қатынастарды зерттеумен байланысты қазіргі мәселелерді түсіну тұралы мәселе қарастырылады. Қазіргі сурдоаударма жүйелеріне шолу, ымдардың бірінші сөздіктердің тиімділігі мен толыққанды практикалық пайдалану мүмкіндігін ескере отырып олардың құрастыруына талдау жүргізіледі. Мақалада қазіргі қолданыстағы ымдау тілдеріне аудару жүйелерінің артықшылықтары мен кемшіліктері анықталды.

**Түйінді сөздер:** ым, ым тілі, ымдарды тану, ым семантикасы.

УДК 513.3

**A. Zhaksylyk**

(The International Information Technology University, Almaty, Kazakhstan)

E-mail: a.ordabekova@mail.ru

### **THE SPECIFICS OF CONTEMPORARY COMPUTER GRAPHICS TEACHING AT THE UNIVERSITIES**

**Abstract.** This article outlines the role of the discipline "Computer graphics" in training specialists of various fields at the universities and modern trends in studying the discipline.

**Keywords:** 3d model, viewing, computer graphics, project.

**A. Жаксылык**

(Международный университет информационных технологий, Алматы, Казахстан)

E-mail: a.ordabekova@mail.ru

### **ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ В ВУЗе В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

**Аннотация.** Данная статья освещает значение дисциплины «Компьютерная графика» в подготовке специалистов различных специальностей в высших учебных заведениях и современные тенденции в изучении данной дисциплины.

**Ключевые слова:** 3d модель, визуализация, компьютерная графика, проект.

Графика, компьютерное оформление проектов, компьютерное моделирование имеют большое значение в современном образовательном пространстве. На протяжении многих лет дисциплины «Инженерная графика», «Компьютерная графика» занимали ведущее место среди фундаментальных дисциплин при подготовке инженерных кадров. Сегодня, когда взят курс государства на инновационное развитие, популяризация данных дисциплин имеет важное значение.

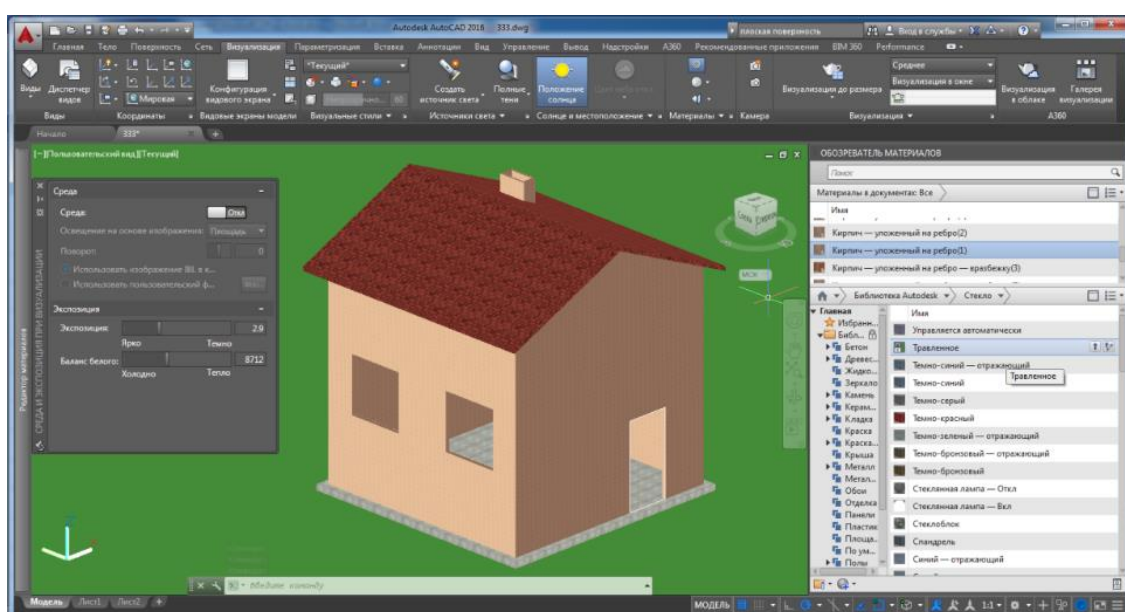
Создание новых технических объектов, графическое представление инновационных проектов связано с выполнением технических чертежей. При этом для глубокого понимания технических чертежей инженер любой специальности должен иметь пространственное воображение, иметь навыки проектирования в 3d среде. Компьютерная графика изучает методы геометрического моделирования пространства, является базой для автоматизированного решения задач прикладной геометрии, построения 3d модели объекта. Компьютерная графика представляет большой практический интерес, так как исследователи имеют возможность получения реалистичных изображений. Развитие компью-

терной графики определяется потребностями пользователей и достижениями в области программного обеспечения. Основным достижением при изучении данных дисциплин являются богатое пространственное воображение и умение быстро анализировать информацию. При изучении компьютерной графики доступными методами для восприятия студентов формируются графическая грамотность, способность логического мышления, закладываются знания основ автоматизированного проектирования, повышается способность к решению инженерных задач. Данные знания позволяют в дальнейшем реализовать проекты в различных областях науки и техники.

Хорошей площадкой для обсуждения имеющихся проблем в данной предметной области является проведение семинаров; обмен опытом. Задача образовательного процесса в настоящее время заключается в подготовке кадров, которые соответствовали бы современным требованиям рынка труда.

В данное время молодежь наглядно демонстрирует свои знания и достижения, хорошо ориентируется в современных программах. Хорошим стимулом для изучения компьютерной графики являются конкурсы научно-исследовательских работ среди студентов, которые повышают знания и компетентность обучающихся. В настоящее время широко применяют технологию 3D-печати, что способствует развитию многих отраслей, таких как биомедицина и автомобильная промышленность. Развитию творческого мышления способствует изучение бакалаврами таких программ, как AutoCad, 3d Max, Компас. Общеизвестно, что чертежи в программе AutoCad выполняются в векторной форме, при этом могут сохраняться в векторном и растровом формате. Программа AutoCad является наиболее распространенной при изучении курса «Компьютерная графика». Возможности программы широко освещены специалистами в данной области. Программа AutoCAD в соответствии со своим функциональным назначением призвана автоматизировать процесс разработки моделей. Для полномасштабного трехмерного моделирования и разработки предназначены такие специализированные программные продукты, как Autodesk Inventor, Autodesk Architectural Desktop и др. Благодаря данной программе исключается рутинность и трудоемкость подготовки чертежей, улучшается качество выполняемых студентами графических работ. Программа позволяет визуализировать выполненные изображения. Студенты также имеют возможность для творческого роста и реализации индивидуальных проектов. Компьютерная графика позволяет создать объемные модели в программе AutoCAD с применением обозревателя материалов и визуализации.

Наглядным примером применения компьютерных программ являются следующие рисунки. На рисунке 1 представлена объемная модель дома с выполнением визуализации.



**Рис. 1.** Модель дома с элементами визуализации

На рисунках 2 и 3 представлены проекты дизайна помещения библиотеки, выполненные в 3d с применением различной текстуры материалов и выполнением освещения комнаты. Данные проекты выполнены студентами АО «МУИТ».



**Рис. 2.** Дизайн помещения



**Рис. 3.** Фрагмент дизайна библиотеки

Студенты МУИТ, находясь в самом центре, где формируются будущие специалисты в области IT-технологий для казахстанских предприятий, также активно изучают данную дисциплину. При изучении курса используются демонстрационные материалы по компьютерной графике, электронные материалы, графические программы. В процессе обучения бакалавры получают знания по автоматизированному проектированию, изучают методы отображения трехмерного пространства на плоскость и способы графических решений пространственных задач на чертеже. Данные знания позволяют сформулировать задачи по моделированию геометрических объектов, где требуется знание закономерностей, методов анализа данных и моделирования реальных объектов. При этом можно сказать, что достигаются наиболее эффективные результаты при изучении дисциплины «КГ».

Одной из возможностей применения информационных технологий в учебном процессе является применение электронного учебника. Они занимают сейчас все более устойчивые позиции, являясь результатом развития компьютерных учебно-методических проектов.

Таким образом, можно утверждать, что студенты ориентируются в современных компьютерных технологиях, знают основы построения сложных чертежей.

Для достижения творческих успехов при подготовке специалистов необходимо искать эффективные методы обучения, внедрять специализированные программы для повышения интереса студентов к изучению данной дисциплины.



ЛИТЕРАТУРА

1. Ордабекова А.Ж. Исследование и создание графических моделей в системе AutoCAD. Алматы 2016. – 120 с.

Жаксылық А.

**Компьютерлік графиканы жоғары оқу орындарында оқытудың заманауи ерекшеліктері**

**Аңдатпа.** Бұл мақалада «Компьютерлік графика» пәнінің жоғары білім берудегі әртүрлі мамандықтар бойынша мамандарды даярлаудағы рөлі және осы пәнді оқытудың қазіргі заманғы үрдістері сипатталған.

**Түйін сөздер:** 3d модель, визуализация, компьютерлік графика, жоба.

УДК 510.22

**L.Sh. Cherikbayeva**

(Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan)

E-mail: lyailya\_sh@mail.ru

**SEARCH FOR AN EFFECTIVE CLASSIFIER BY USING GROUP SOLUTIONS  
OF ALGORITHMS**

**Abstract.** This work introduces a supervised classification algorithm based on a combination of clustering assembly [1] and kernel method [2]. The main idea of the algorithm lies behind the expectation that the clustering assembly as a preliminary stage would restore more accurately metric relations between data objects under noise distortions and existence of complex data structures, eventually rising the overall classification quality. The algorithm consists in two major steps. On the first step, the averaged coassociation matrix is calculated using cluster assembly. On the next step, optimal classifier is found with the obtained kernel matrix as input.

**Keywords:** cluster assembly, kernel method, co-association matrix, support vector machine.

**Л.Ш. Черикбаева**

(Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы)

E-mail: lyailya\_sh@mail.ru

**АЛГОРИТМДЕРДІҢ ТОПТЫҚ ШЕШІМІН ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП ТИІМДІ  
КЛАССИФИКАТОРДЫ ІЗДЕУ**

**Аңдатпа.** Бұл жұмыста топтық кластерлік талдау және классификациялаудың топтық ядролық әдістерін біріктіре отырып жаңа классификациялаудың топтық шешімдер алгоритмін алу қарастырылған. Топтық шешімдер алгоритмі басқа алгоритмдерден қарағанда жақсы нәтиже беретіндігі көрсетілген. Алынған алгоритм негізгі екі қадамнан тұрады. Бірінші қадамда кластерлік ансамбльді қолдана отырып, орташаланған коассоциация матрицасын есептеу жүргізіледі, ал екінші қадамда алынған матрицаны кіріс деректері ретінде пайдалана отырып, тиімді классификатор табу жүргізіледі.

**Кілттік сөздер:** тану, объект, классификация, кластер, коассоциация, алгоритм, бейне.

**Кіріспе.** Кластерлік талдау есебі кластерлер деп аталатын қиылыспайтын жиындарға берілген объектілерді бөлу, мұнда әрбір кластер ұқсас объектілерден тұрады және әртүрлі кластерлердегі объектілер айтарлықтай өзгешелікте болулары керек. Кластерлеу есептерінің шешімдері келесі бірнеше себептермен бірімәнді емес:

- Кластерлеудің сапа критерилерінің ішінде ең жақсы дегені жоқ. Көптеген эвристикалық сипаттағы, анық берілген критеріі жоқ, бірақ айтарлықтай сапалы кластерлік талдау жүргізуші алгоритмдер көп;

- Кластерлер саны көп жағдайда белгісіз және алдын ала орнатылады немесе алгоритм жұмысы барысында орнатылады;

- Кластеризация нәтижесі эксперт арқылы және қолданбалы аймаққа қатысты таңдалынатын метрикадан өте тәуелді болады.

Кластерлік алгоритмдердің әрқайсысының қолдану аймағы бар. Осындай ерекшеліктерінің негізінде кластерлік талдауға алгоритмдердің топтық шешім қолдану тәсілі қолданылады. Топтық шешім алгоритмдерінің негізгі міндеті зерттелуші объекті жиынын базалық топтық алгоритм құрушы әр алгоритм арқылы қалыптастырылатын бөлулер жиынынан тиімді нәтижелік бөлуді құрастырудан тұрады. Тиімділік түсінігі классификациялаудың әр нақты есебі үшін анықталған. Дегенмен де

бөлулердің нақты қиылысуы мүмкін болатын нұсқалардың көптеген бірнеше түрлерін қарастырып көруді қажет ететін өте күрделі мәселе болып табылады. Сондықтан бұл жерде базалық топтық шешім алгоритмдерінің жиынтығында тиімді нәтижелік бөлулерді құру туралы мәселе актуалды болып табылады.

Қарапайым алгоритмдер комбинациясына негізделген топтық шешімдерді құру идеясы бейнені тану, болжау және деректерді интеллектуалды талдаудың заманауи теориясы мен практикасында белсенді түрде қолданылады [3]. Алгоритмдерді топтау процесі айтарлықтай дәрежеде субъективті болып келетіні белгілі [4]. Оны бірдей объектілер жиынтығы қолданбалы аймаққа, оқу объектілері туралы білімнің толықтығы дәрежесіне және т.б. тәуелді әртүрлі классификациялануы мүмкіндігінен байқауға болады. Сондықтан эксперттік білімдерді толығымен ескеруге мүмкіндік беретін әдістерді, сонымен қатар топтаудың сапа критерііне сәйкестендіре отырып жасау керек. Танудың топтық әдісі әрқайсысы жеке нәтиже беретін бірнеше классификаторларды қолданады. Қандай да бір жалпы әр классификаторлардан алынған нәтижелер негізіндегі дауыс беру ережесі бойынша қорытынды нәтиже алынады [5].

Тану есебі объектілерді бірнеше кластарға (бейнелерге) классификациялаудан тұрады. Әрбір берілген объект ақырлы белгілер жиынымен сипатталады. Классификациялаудың көптеген алгоритмдері бар екені белгілі [6]: объектілердің жұптық ұқсастық/өзгешелік матрицасын қолдану [7]; шешімдерді келісудің дәрежесін максимизациялау (Ранда түзетілген индексі және т.б.) [8]; теоретикалық графтық әдістерді қолдану [9]; бутстрэп-таңдау талдауы [10,15].

Берілген жұмыстың негізгі мақсаты тану есебінде жаңа топтық шешімдер алгоритмін алу болып табылады, яғни топтық кластерлік талдау алгоритмі мен классификациялаудың ядролық тәсілін үйлестіру. Бұл жұмыста объектілердің жұптық ұқсастық/өзгешелік матрицасын [16,17] қолданылды.

Айталық,  $X$  тану объектілерінің жиынтығы және  $Y$  кластарының белгілер жиынтығы берілсін. Барлық объектілер бергілермен сипатталады. Объектінің белгісі ретінде келесі кескінді аламыз:  $f: X \rightarrow D_f$ ,  $D_f$  – белгілер мәндерінің жиыны. Объектілердің жұптық ұқсастық/өзгешелік матрицасын құру үшін барлық  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$  объектілеріне топтық әртүрлі  $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_M$  кластерлік талдау алгоритмдерімен кластерлеу жүргізіледі. Әрбір кластерлеу алгоритмі бөлудің  $L_M$  нұсқасын береді,  $m=1, \dots, M$ . Алгоритмдердің жұмысы нәтижесінде  $X$  объектілерінің ұқсастығының орталанған  $H$  матрицасы құрылады. Матрица элементтері келесі өрнекке тең:

$$h(i, j) = \sum_{m=1}^M \alpha_m \frac{1}{L_m} \sum_{l=1}^{L_m} h_{lm}(i, j) \quad (1)$$

мұндағы  $i, j \in \{1, \dots, N\}$  – объектілер номері, ( $i \neq j$ ),  $\alpha_m \geq 0$  – берілген алгоритм салмағы  $\sum_{m=1}^M \alpha_m = 1$  егер  $\mu_m$  алгоритмімен алынған ( $i, j$ ) объектілер жұбы бөлудің  $l$ -ші бөлуінде әртүрлі кластерлерге жататын болса және  $\sum_{m=1}^M \alpha_m = 0$  объектілер жұбы бір кластерде жатса.  $\alpha_m$  салмағы бірдей болуы мүмкін немесе кластеризациялаудың сапа индексінен пропорционал болуы мүмкін. Алгоритмдердің тиімді салмағын таңдау [12,13,14] жұмыстарында қарастырылады.

Классификациялау есептерін шешуде ядролық әдістерді қолдану кең таралуда. Бұл әдіске жататын классификациялаудың SVM танымал әдісін қарастырайық [18,19]. SVM әдісі бинарлы классификациялау болып табылады. Бұл әдісте екі класқа бөлуде (бинарлы классификациялау есебі)  $Y = \{y_1, \dots, y_N\}$ , класты  $X = \{x_1, \dots, x_N\}$  объектілерінің оқыту деректері беріледі, мұндағы  $y_i \in \{+1, -1\}$ ,  $i = 1, \dots, n$  объектілер белгілерді сипаттаудың  $m$  – өлшемді кеңістігінде нүкте ретінде алынады. Нүктелерді ( $m-1$ ) өлшемді гипержазықтығымен бөлу керек. Бөлуші жазықтықты екі класқа дейінгі арақашықтығы максималды болатындай алу керек. Тірек векторлар әдісінің міндеті тиімді бөлуші гипержазықтықты құру болып табылады. Бөлуші сызық шетінде жатқан нүктелер тірек векторлары деп аталады. Гирпежазықтық теңдеуі  $(w, x) + b = 0$  екені белгілі, мұндағы  $w$  – бөлуші гипержазықтыққа перпендикуляр вектор, ал  $b$  көмекші параметр. Тірек векторының әдісі келесі түрдегі шешуші функцияны құрады:

$$F(x) = \text{sing} \left( \sum_{i=1}^n \lambda_i c_i(x_i, x) + b \right) \quad (2)$$

Бұл жерде  $x \in X$  объектілері  $F(x)=1$  мен бір класқа жатқызылады, ал  $F(x)=0$  мен басқа класқа жатқызылады.  $F(x)$  шешуші функциясы объектілердің скаляр көбейтіндісіне тәуелді. Сондықтан  $(x_i, x)$  скаляр көбейтіндісін  $(\varphi(x_i), \varphi(x))$  түріндегі көбейтіндімен алмастыруға болады:

$$F(x) = \text{sing} \left( \sum_{i=1}^n \lambda_i c_i(\varphi(x_i), \varphi(x)) + b \right) \quad (3)$$

Мұнда  $K(x, x') = (\varphi(x_i), \varphi(x'))$  функциясы ядро деп аталады. Ядроны таңдау түзетуші кеңістікке өтуге анықтайды және сызықты бөлінбейтін берілгендерге классификациялаудың сызықты алгоритмдерін (атап айтқанда SVM алгоритмін) қолдануға мүмкіндік береді.

Әдістің негізгі идеясы  $X$  кіріс деректерінен алынған барлық объектілерінен (1) ұқсастық матрицасын құру болып табылады. Бұл матрица  $X$  объектілеріне кластеризациялаудың әртүрлі алгоритмдерін қолдану жолымен құрылады. Объектілер жұбы бірдей кластерлерге кіретін болса, оларды ұқсас деп аламыз [20].  $H(x, x')$  функциясы классификациялаудың ядролық әдісінде ядро ретінде алынады, атап айтқанда SVM тірек векторы әдісінде және жақын көрші әдісінде (NN). Ары қарай алынған тәсіл бойынша алгоритмнің екі нұсқасы ұсынылады:

**CASVM алгоритмі:**

*Берілгендер:*  $Y = \{y_1, \dots, y_N\}$  класты  $X = \{x_1, \dots, x_N\}$  объектілері,  $M$  кластеризациялау алгоритмдерінің саны, әрбір  $\mu_m, m = 1, \dots, M$  алгоритмдерімен жүргізілетін  $L_m$  кластеризациялау саны.

*Нәтиже:* Объектілер кластары.

1.  $X$  объектілеріне  $\mu_1, \dots, \mu_m$  кластерлік талдау алгоритмдері арқылы кластерлеу жүргіземіз, әр  $\mu_m, m = 1, \dots, M$  алгоритмдерінен объектілерге бөлудің  $L_m$  нұсқасын аламыз.
2. (1)-формула бойынша  $H$  матрицасын есептейміз.
3.  $H$  матрицасын ядро ретінде ала отырып SVM – ді  $X$  деректерімен оқытамыз.
4. SVM көмегімен  $X$  объектілері үшін кластарды көрсету керек.

*Алгоритмнің соңы.*

**CANN алгоритмі:**

*Берілгендер:*  $Y = \{y_1, \dots, y_N\}$  класты  $X = \{x_1, \dots, x_N\}$  объектілері,  $M$  кластеризациялау алгоритмдерінің саны, әрбір  $\mu_m, m = 1, \dots, M$  алгоритмдерімен жүргізілетін  $L_m$  кластеризациялау саны.

*Нәтиже:* Объектілер кластары.

1.  $X$  объектілеріне  $\mu_1, \dots, \mu_m$  кластерлік талдау алгоритмдері арқылы кластерлеу жүргіземіз, әр  $\mu_m, m = 1, \dots, M$  алгоритмдерінен объектілерге бөлудің  $L_m$  нұсқасын аламыз.
2. (1)-формула бойынша  $H$  матрицасын есептейміз.
3. Жақын көрші (NN) әдісін қолданамыз: әрбір объектіні  $H(x, x')$  негізінде ұқсас кластарға жатқызамыз. Формальды түрдегі жазбасы:

$$x_i = \arg \max_{j=1, \dots, k} H(x_i, x_j), i = k + 1, \dots, N.$$

*Алгоритмнің соңы.*

Алынған алгоритмді тәжірибелік зерттеу үшін өлшемі 610 да 340 пикселді, 103 спектрлі каналдан тұратын Pavia University scene [10] кескіні қолданылды.

Төмендегі кестеден көретініміз CASVM алгоритмінің SVM алгоритміне қарағанда жақсы нәтиже көрсететінін көруге болады.

**Кесте 1. Әртүрлі параметрлік мәндерінде CASVM және SVM алгоритмдерінің дәлдігі**

Параметрлер	0%, 0	10%, 0.1	20%, 0.2	30%, 0.3
CASVM	0.82	0.80	0.78	0.77
SVM	0.83	0.75	0.66	0.64

**Қорытынды**

Берілген жұмыста бейнені тану есебі қарастырылды. Осы есепті шешу үшін CASVM және CANN алгоритмдері жасалынды. Олар топтық кластерлік талдау және классификациялаудың ядролық әдістерінің біріктіруіне негізделі отырып алынды. Алынған алгоритммен гиперспектральды кескіндерге тәжірибелік түрде зерттеу жүргізіліп, алгоритмдердің нәтижелері салыстырылды.

**ӘДЕБИЕТТЕР**

[1] Fred, A., Jain, A.: Combining multiple clusterings using evidence accumulation. IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence 27, 2005, 835–850 с.  
 [2] Shawe-Taylor, J., Cristianini, N.: Kernel methods for pattern Analysis. Cambridge University Press, - 2004. – 125 с.  
 [3] Aidarkhanov, M.B., Amirgaliev, E.N., La, L.L. Correctness of algebraic extensions of models of classification algorithms. In Cybernetics and Systems Analysis, - 2001. 777-781 с.

- [4] В.Бериков, Г.С. Лбов. Современные тенденции в кластерном анализе. [http://biocomparison.usoz.ru/\\_id/0/49\\_berikov\\_lbov.pdf](http://biocomparison.usoz.ru/_id/0/49_berikov_lbov.pdf). (дата обращения: 07.07.2018).
- [5] Местецкий Л. М. - Математические методы распознавания образов. Курс лекций – 2002-2004. – 24 с.
- [6] Topchy A., Law M., Jain A., Fred A. Analysis of consensus partition in cluster ensemble // Proceedings of the Fourth IEEE International Conference on Data Mining (ICDM'04). – 2004. - P. 225-232.
- [7] Berikov, V.: Cluster ensemble with averaged co-association matrix maximizing the expected margin. In: 9th International Conference on Discrete Optimization and Operations Research and Scientific School (DOOR 2016). – 2016. - P. 489–500.
- [8] Rahman, A., Verma, B.: Cluster-based ensemble of classifiers. Expert Systems 30. – 2013. - 270–282 с.
- [9] Zahn C.T. Graph-theoretical methods for detecting and describing gestalt clusters // IEEE Trans. Comput., - 1971. - P. 68-86.
- [10] Rand W. Objective criteria for the evaluation of clustering methods // Journal of American Statistical Association, - 1971. - V.66. - P.846-850.
- [11] Berikov V.B. Weighted ensemble of algorithms for complex data clustering // Pattern Recognition Letters. - 2014. - Vol. 38. - P. 99-106.
- [12] Hyperspectral Remote Sensing Scenes. [http://www.ehu.es/ccwintco/index.php?title=Hyperspectral\\_Remote\\_Sensing\\_Scenes](http://www.ehu.es/ccwintco/index.php?title=Hyperspectral_Remote_Sensing_Scenes) (дата обращения: 1.07.2017).
- [13] Vega-Pons S., Correa-Morris J., Ruiz-Shulcloper J. Weighted cluster ensemble using a kernel consensus function // LNAI. - 2008. - P. 195-202.
- [14] Berikov V., Pestunov I. Ensemble clustering based on weighted co-association matrices: Error bound and convergence properties // Pattern Recognition. - 2017. - P. 427-436.
- [15] Joydeep, G., Ayan, A. Cluster ensembles. Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery. – 2011. – P. 305–315.
- [16] Jain, A.K.: Data clustering: 50 years beyond k-means. Pattern Recognition Letters. – 2010. – P. 651–666.
- [17] Ghosh, J., Acharya, A.: Cluster ensembles. Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery. – 2011. – P. 305–315.
- [18] Vega-Pons, S. Ruiz-Shulcloper, J.: A survey of clustering ensemble algorithms. IJPRAI. – 2011. – P. 337–372.
- [19] Rahman, A., Verma, B.: Cluster-based ensemble of classifiers. Expert Systems 30. -2013. – P. 270–282.
- [20] Chapelle, O., Weston, J., Scholkopf, B.: Cluster kernels for semi-supervised learning. Adv. Neural Inf. Process. Syst. 15. – 2002. – P. 601-608.

Черикбаева Л. Ш.

**Поиск эффективного классификатора с использованием групповых решений алгоритмов**

**Резюме.** В этой работе мы получили алгоритм классификации с помощью комбинации ансамбль алгоритмов кластеризации и классификации на основе ядра. В ансамбле алгоритмов кластеризации мы использовали схему одного алгоритма кластеризации, который строит базовые разделы с параметрами, взятыми случайным образом. Коассоциационная матрица получена с помощью кластеризации ансамбля алгоритмов. Эксперимент с реальным гиперспектральным спутниковым изображением показал, что предложенный алгоритм является более точным, чем SVM.

**Ключевые слова:** кластерный ансамбль, метод ядра, коассоциативная матрица, опорный вектор.

УДК 004.9

<sup>1,2</sup>A. U. Kalizhanova, <sup>1,2</sup>Zh. S. Aitkulov, <sup>1,2</sup>A.H. Kozbakova

(<sup>1,2</sup> Al-Farabi Kazakh National University, Almaty

<sup>2</sup>Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty)

E-mail: kalizhanova\_aliya@mail.ru, jalau@mail.ru, ainur79@mail.ru

**MODERN TENDENCIES OF CONSTRUCTION OF WIRELESS SENSOR NETWORKS**

**Abstract.** This article discusses wireless sensor networks (WSN) which are one of the most promising areas for the development of modern telecommunication technologies. Their use is promising both with the replacement of cable infrastructure by radio and with new functionality. Due to such characteristics of the WSN, as the miniaturization of nodes, low power consumption, built-in radio interface, sufficient computing power, relatively low cost, it became possible to widely use them in many spheres of human activity in order to automate the processes of collecting information, monitoring and controlling the characteristics of various technical and natural objects.

**Keywords:** wireless sensor networks, sensor, topology, protocol.

<sup>1,2</sup>А.У. Калижанова, <sup>1,2</sup>Ж.С. Айтқулов, <sup>1,2</sup>А.Х. Козбакова  
<sup>1</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті., Қазақстан, Алматы  
<sup>2</sup>Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан)  
 E-mail: kalizhanova\_aliya@mail.ru, jalau@mail.ru, ainur79@mail.ru

## СЫМЫЗ СЕНСОРЛЫҚ ЖЕЛІЛЕРДІ ҚҰРУДЫҢ ЗАМАНАУИ ТЕНДЕНЦИЯЛАРЫ

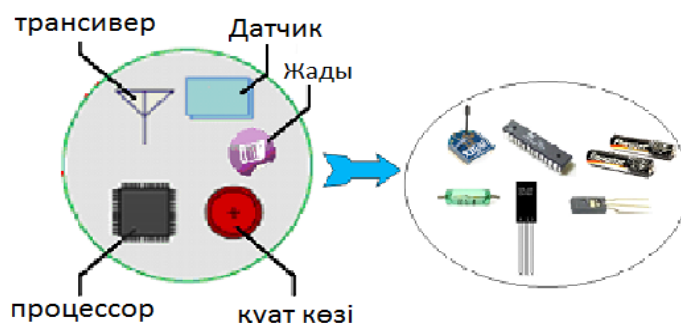
**Аңдатпа.** Мақалада сымсыз сенсорлық желілер (ССЖ) қазіргі заманғы телекоммуникациялық технологияларды дамытудың ең перспективалы бағыттарының бірі болып табылатыны айтылған. Оларды пайдаланудың келешегі кабельдік инфрақұрылымды радиоэфирге ауыстырумен де, жаңа функционалдық мүмкіндіктермен де байланысты. ССЖ-ның түйіндерінің миниатюралығы, төмен энергия тұтыну, кіріктірілген радиоинтерфейс, жеткілікті есептеу қуаты, салыстырмалы төмен құны сияқты сипаттамаларының арқасында ақпаратты жинау процестерін автоматтандыру, әртүрлі техникалық және табиғи объектілердің сипаттамаларын мониторингілеу және бақылау мақсатында адам қызметінің көптеген салаларында оларды кеңінен пайдалану мүмкін болды.

**Кілттік сөздер:** сымсыз сенсорлық желілер, датчик, топология, протокол.

**Кіріспе.** Сымсыз сенсорлық желілердің жоғарыда аталған ерекшеліктері келесі салаларда күрделі міндеттерді шешу кезінде оларды қолданудың мақсаттылығына негізделген:

- желілердің телекоммуникациялық инфрақұрылымының мониторингі;
- көлік магистральдарының (темір жолдар, метрополитен және т. б.), мұнай және газ құбырларының, энергия және жылумен жабдықтаудың инженерлік желілерінің мониторингі;
- көліктік жүк ағындарын бақылау және талдау;
- экологиялық, биологиялық және медициналық мониторинг;
- тіршілікті қамтамасыз ету жүйелерін және “Ақылды үй” класының жүйелерін автоматтандыру;
- төтенше жағдайларды анықтау және алдын алу (сейсмикалық белсенділік пен вулкандық қызметтің мониторингі, табиғи зілзалалардың басталуы туралы уақтылы ескерту үшін атмосфераны талдау және ауа райы болжамы) және т.б.

Сымсыз сенсорлы желі (ССЖ) – бұл қызмет көрсетілмейтін шағын электронды құрылғылардың (желі түйіндерінің) таратылған желісі, олар сыртқы ортаның параметрлері туралы деректерді жинауды және оларды базалық станцияға сымсыз байланыс көмегімен түйіннен түйінге қайта тарату арқылы беруді жүзеге асырады [1]. Мұндай сенсорлық түйіндер стационарлық бекітілуі мүмкін, сондай-ақ салыстырмалы тұтас болуы мүмкін, яғни желінің логикалық байланыстарын бұзбай, кейбір кеңістікте бір-біріне қатысты еркін қозғалуы мүмкін. Соңғы жағдайда сенсорлық желінің тіркелген тұрақты топологиясы жоқ, оның құрылымы уақыт өте келе динамикалық өзгеріп отырады. Сенсор деп аталатын желі түйіні (сурет 1) сыртқы ортадан (сенсордың өзі) деректерді қабылдайтын датчиктен, микроконтроллерден, жадыдан, радиотаратқыштардан, автономды қуат көзі мен кейде атқарушы механизмдерден тұрады. Сондай-ақ, желі түйіндерінен сыртқы ортаға басқару әсерлері берілуі мүмкін [2-4].



Сурет 1. Сенсорлық желі торабының моделі және оның аппараттық құраушылары

ССЖ орналастырудың физикалық аймағының өлшемі бойынша сымсыз дербес есептеу желілерінің (WPAN) класына жатады. WPAN желілерінің ерекшелігі олардың энергия тұтынуының жоғары еместігінде. Қазіргі уақытта WPAN желісі екі класпен ұсынылған: іс-әрекет радиусы қысқартылған (10 м дейін) және іс-әрекет радиусы ұлғайтылған (100 м дейін), бұл оларға өзінің функционалдық

## • Технические науки

мүмкіндіктері бойынша WLAN-мен түйіскен жерде тұруға мүмкіндік береді. Дербес желілер әртүрлі стандарттар, протоколдар мен технологиялар негізінде құрылуы мүмкін, мысалы: IEEE 802.15.1 стандарт негізіндегі Bluetooth; IEEE 802.15.4 стандарт негізіндегі ZigBee, 6LoWPAN, DigiMesh; ECMA368 стандартындағы (IEEE 802.15.3a стандартының негізінде) WiMedia/MBOA UWB (Ultra Wideband) немесе IEEE 802.15.4a стандарт негізіндегі DS-UWB Forum [5] (кесте 1).

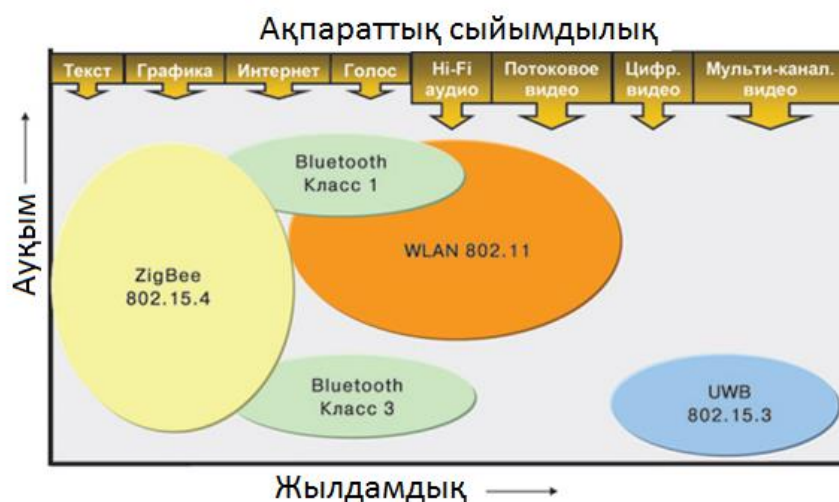
Кесте 1. 802.15 және 802.11 стандарттарын салыстыру

Стандарт	802.15.4 ZigBee™		802.15.1 Bluetooth	802.15.3. High Rate WPAN, WiMedia	802.15.3a* UWB	802.11.b Wi-Fi	
Қосымша	Мониторинг, басқару, датчиктер желісі, отбасылық/ өнеркәсіптік автоматика		Дауыс, мәлімет, кабель алмастыру	Мультимедиа тасушы, дыбыс кабелін ауыстыру/ видео жүйесі		Мәлімет, видео, ЛВС	
Артықшылығы	Бағасы, энергия үнемдеу, желі өлшемі, аз жүктелген диапазон	Бағасы, энергия үнемдеу, желі өлшемі, ғаламдық диапазон	Бағасы, энергия үнемдеу, дауыс жеткізуі, жиіліктік секіріс	Жоғары жылдамдық, энергия үнемдеу		Жылдамдық, иілгіштік	
Жиілік, ГГц	0,868	0,915	2,4		3,1-10,6	2,4	
Макс.жылдамдық	20 Кбит/с	40 Кбит/с	250 Кбит/с	1 Мбит/с	22 Мбит/с (доп. 11, 33, 44, 55 Мбит/с)	110 Мбит/с (10 м), 200 Мбит/с (4м) (доп.480 Мбит/с)	<20 (110 Мбит/с) <24 (110 Мбит/с)
Шығыс қуаты (ном.), дБм	0		0 (класс 3) 4 (класс 2) 20 (класс 1)	0	<20 (110 Мбит/с) <24 (200 Мбит/с)	20	
Ауқым	10-100		10 (класс 3) 100 (класс 1)	5-50	10 (110 Мбит/с) 4 (200 Мбит/с)	100	
Сезімталдығы (спецификация, дБм)	-92	-85	-70	-75	-	-75	
Стек өлшемі, Кбайт	4-32		>250	-		>1000	
Батарейаның қызмет ету мерзімі, күн	100-1000+		1-7	Теориялық жағынан 1000 жоғары		0,5-5	
Желі өлшемі	65536 (16-биттік адрес), 2 <sup>64</sup> (64-биттік адрес)		Мастер +7	Хостқа 127-ға дейін		32	

WPAN желісінің бірінші стандарттарының бірі IEEE 802.15.1 болды. Стандарт Bluetooth v1.x ерекшеліктеріне негізделген және физикалық деңгейін (PHY layer) және ортаға кіру деңгейін (MAC layer) анықтайды. IEEE 802.15 отбасын кеңейтудің келесі қадамы IEEE 802.11 және IEEE 802.15 стандарттары құрылғыларының өзара әрекеттесуін қамтамасыз ететін стандартты құру болды. Көп ұзамай WPAN-желілерінің физикалық аймағында жұмыс істейтін құрылғылар үшін Bluetooth жылдамдығы жеткіліксіз болды. Ондаған және жүздеген Мбит/с өткізу қабілеті бар сымсыз деректер арнасын құруға мүмкіндік беретін стандартты әзірлеу қажеттілігі туындады (IEEE 802.15.3) [6].

Жоғарыда аталған стандарттар жоғары жылдамдықпен (1-ден 200 Мбит/с-қа дейін) үлкен көлемді ақпаратты (дауыс, деректер, бейне) беру үшін өте қолайлы. Олардың негізінде құрылғылар 10-нан 100 м-ге дейін тарату қашықтығында автономды режимде (батареялар мен аккумуляторлардан) жұмыс істей алады. Бұл стандарттар біз күн сайын жұмыс істейтін құрылғылардағы сымды қосылыстарды (компьютерлер, есептеу желілері) алмастыруға мүмкіндік береді. Алайда, бір қарағанда, ерекшелікке ие көрінбейтін жүйелер (әртүрлі датчиктер, ақпаратты жинау жүйелері және т. б.) көп, соның салдарынан мұндай қосымшаларда аталған технологияларды тиімді пайдалану мүмкін емес. Мұндай міндеттерді жүзеге асыру үшін төмен жылдамдықты WPAN-желілері үшін IEEE 802.15.4 стандарты әзірленді [6].

IEEE 802.15.4 стандарты бұрын бос радиоинтерфейстердің орнын алды (сурет 2), оны жоғары техникалық сипаттамалары бар құрылғылар мен технологиялар, тиісінше, аса қымбат немесе қатты стандартталған базасы жоқ электрондық компоненттердің әртүрлі өндірушілерінің радиотрансиверлерінің жекелеген микросхемаларына негізделген шешімдер толтырады. [6].



Сурет 2. IEEE 802.15.4 стандартының қарастырылған радиоинтерфейстер арасындағы орны

ССЖ ұғымы және алғашқы тәжірибелік үлгілері АҚШ-та пайда болды. ССЖ зерттеу мен әзірлеуді АҚШ-тағы бірнеше университеттер жүргізді. Калифорния штатының Беркли университетінің профессоры Кристофер Пистердің (2001 ж.) зерттеулері ең табысты болды, олар DARPA (АҚШ Қорғаныс министрлігінің перспективалы әзірлемелер басқармасы) назарын аударды. Кристофер Питердің зерттеулері және Берклиде жобаланған 2001 жылы бірегей функционалдық мүмкіндіктерге ие болған ССЖ smart dust моделі, Ember, Freescale Semiconductor, Honeywell, Invensys, Mitsubishi Electric, Motorola, Philips Electronics және Samsung фирмаларымен, ашық стандарт негізінде шағын тұтынылатын қуаты бар мониторинг пен басқарудың сымсыз желілерін іске асыру мақсатында құрылған альянс ZigBee – консорциум құрамына кіретін компаниялардың қызығушылығын тудырды [4]. ZigBee протоколдарының жинағы ашық жүйелердің өзара әрекеттесуінің жеті деңгейлі моделінің протоколдар стегін жүзеге асыру болып табылады [7]. Төменгі екі деңгей (физикалық және радиоарнаға қол жеткізу деңгейі) төмен жылдамдықты дербес радиожелілер үшін IEEE 802.15.4–2003 стандартының протоколдары болып табылады [8]. IEEE 802.15.4 стандарты үшін деректер берудің кейбір сипаттамалары келтірілген (сурет 3) [6].



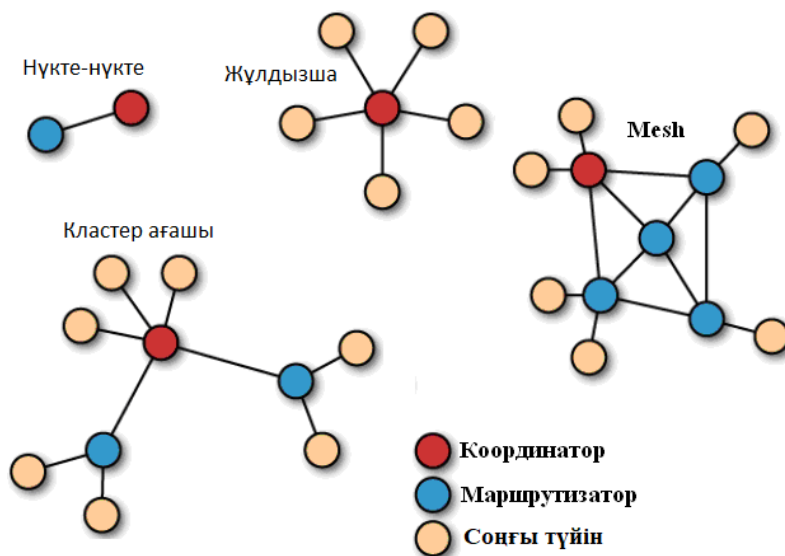
Сурет 3.1 IEEE 802.15.4 стандартының қысқаша сипаттамасы

IEEE 802.15.4 стандартында ССЖ түйіндерінің екі түрі бөлінеді: (1) өзінің орналасу нүктесінің кейбір маңайында ақпарат жинауды жүзеге асыратын RFD (reduced-function device) шектеулі функциялары бар құрылғылар; (2) пакеттерді қайта таратумен қатар, ақпаратты жинауды да орындайтын FFD (full-function device) толық функционалды құрылғылары. IEEE 802.15.4 стандартындағы сенсорлық желілер 264 желілік құрылғыларды қамтуы мүмкін [9].

IEEE 802.15.4 стандартының желілері біррангты (тең құқылы) құрылым бойынша да, жұлдыз бойынша да салынуы мүмкін. Әрбір желіде кем дегенде үйлестіруші ретінде жұмыс істеуге арналған бір толық функционалды құрылғы болуы тиіс [10].

Біррангты желілер түйіндердің әрбір жұбы арасындағы қашықтықпен ғана шектелген ерікті топологиялық құрылымдарды қалыптастыра алады. Біррангты немесе пирингтік желінің мысалы (ағылш. peer-to-peer, P2P-тең-теңімен) - кластерлік ағаш. Кластерлік ағаш түріндегі желі P2P желісінің жеке жағдайы болып табылады, онда көптеген құрылғылар FFD болып табылады. RFD құрылғылары кластерге соңғы түйін ретінде қосылады. PAN үйлестірушісінен алыстатылған жаңа желілік құрылғылардың желісіне қосылу үшін үйлестіруші режимінде FFD желісіне қосылған болуы мүмкін. Бұл режимде олар бастапқыда PAN үйлестірушісі сияқты жаңа желілік құрылғыларды шамшырақтармен желіге шақырады. Нәтижесінде өз үйлестірушісін "еститін" желілік құрылғылардан кластер қалыптасады. Дегенмен, кластер туралы барлық ақпарат PAN үйлестірушісіне қол жетімді. Осындай жолмен желілік құрылғылардан мультикластерлер құрылуы мүмкін [10,11].

IEEE 802.15.4 стандарты жоғарырақ деңгейлі протоколдар үшін базалық негіз болып табылады (ZigBee, 6LoWPAN, DigiMesh және т.б.) және бағдарламалық қондырмалардың көмегімен желілік және одан жоғары деңгейде сурет 4-те көрсетілген топологияның кез келгенін құруға мүмкіндік береді [12].



Сурет 4. Сенсорлы желінің қолдаулы топологиялары

ZigBee протоколдары өздігінен ұйымдасқан және қалыптасқан сенсорлы желілерді құруға мүмкіндік береді. ZigBee желісінің құрылғысы қуат көзін қосқан кезде орнатылған бағдарламалық жасақтаманың арқасында бір-бірлерін өздігінен тауып, желіні қалыптастыруға қабілетті, ал қандай да бір түйіннің қатардан шығып кету жағдайында хабарламаны жіберу үшін жаңа бағыт орната алады [13].

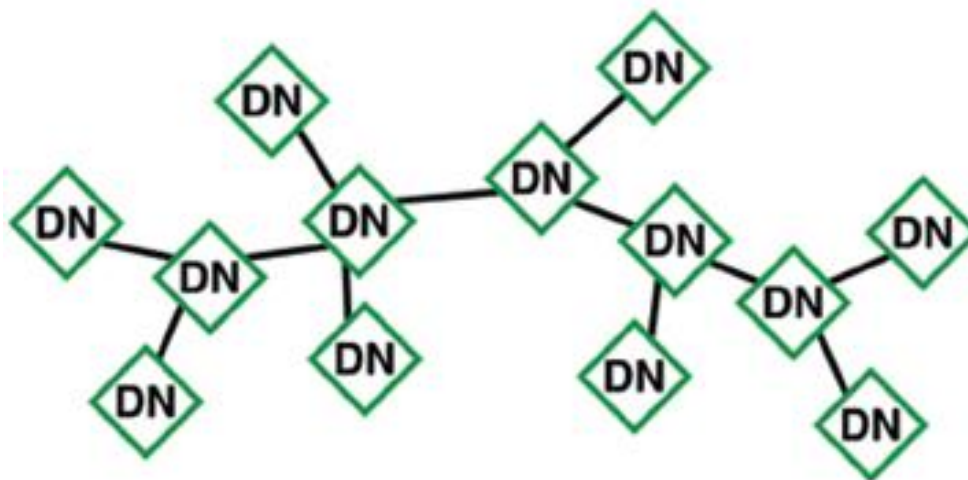
ZigBee желісі логикалық құрылғылардың үш түрінен тұрады: ZigBee үйлестіруші, ZigBee бағдарлаушы және соңғы ZigBee құрылғысы. ZigBee үйлестіруші міндеттеріне бос канал табу және желі құру үшін қажет жиілік каналдарды сканерлеу, желі сәйкестендіргішін қалыптастыру (PAN ID), жаңа желі құрылғыларын қосу (бағдарлаушылар мен соңғы түйін), ұйқы күйіндегі соңғы түйіндерді бағыттау және буферлеу кіреді. Бір ZigBee желісінде бір ғана үйлестіруші болуы керек. ZigBee бағыттауыштарының міндеттеріне пакеттерді қайта тарату, ұйқы күйіндегі соңғы түйіндерді бағыттау және буферлеу жатады. ZigBee соңғы түйіндері қолданбалы әрекеттерді ғана орындайды (ақпарат жинау және жойылған объектілерді басқару) және қайта таратуды орындамайды [13]. ZigBee протоколдары «нүкте-нүкте» және «жұлдыз» қарапайым қосылыстарын орындауға секілді, «ағаш» және «ұяшықты»



желі» топологиясымен күрделі желі құруға қолданыла алады (4 сурет). ZigBee желісінің түйін радиосигналын сенімді таратудың ұзақтығы көптеген параметрлерге байланысты болады (біріншіден – қабылдағыштың сезімталдығы мен таратқыштың қуаттылығынан), бірақ орташа есеппен Zigbee желісінің түйіндері арасындағы арақашықтық ашық кеңістікте жүздеген, ал ғимаратта - ондаған метрді құрайды [13].

ZigBee желісінде тек соңғы түйіндер ғана ұйқы күйіне кете алады. Үйлестіруші мен бағыттауышты ұйқы күйінің режимінде жіберу мүмкін болмауы толық дербес сенсорлы желі құру жолында кедергі келтіреді. Бұл мәселені 2008 жылдың күзінде Digi компаниясы шығарған DigiMesh желі протоколы ішінара шешіп жатыр.

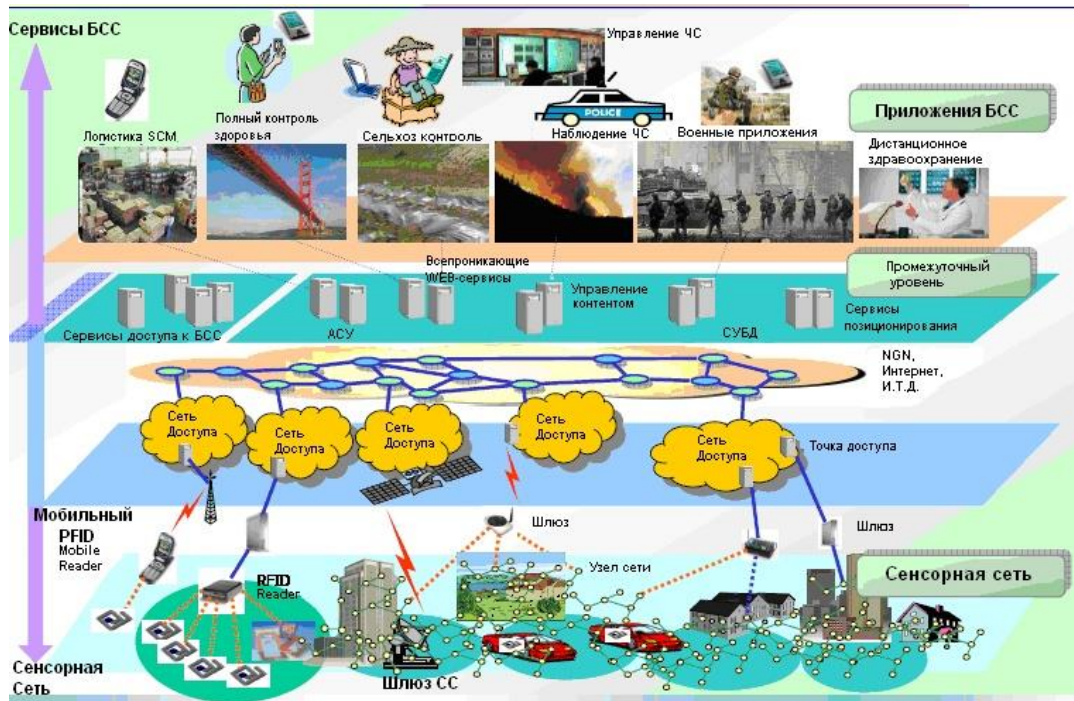
DigiMesh протоколының [14] ерекшелігі ұйқы күйіндегі бағыттауыштармен mesh-желі (сурет 5) құру мүмкіндігінің болуы. DigiMesh желісінде белгіленген рөлі бар үйлестірушілер жоқ — желінің әрбір түйіні оның міндеттерін өзіне ала алады. DigiMesh-те ұйқы күйіндегі бағыттауыштар режимінің болуы барлық түйіндерге жұмыс және ұйқы күйінің уақытын үйлестіруге мүмкіндік береді. Барлық үйлестірілген түйіндер аз энергия қолдану режимінен бір уақытта кіріп, бір уақытта шығады. Осылайша, циклдік қалғу күйіндегі желі құрылады. Түйіндер ұйқы күйінің үйлестірушісі болып табылатын түйін арқылы жіберілетін арнайы RF-пакеттермен (үйлестірім хабарламасы) үйлестіріледі. Желі түйіні тағайындау деп аталатын процесстен өту арқылы ұйқы күйінің үйлестірушісі бола алады. Ұйқы күйін үйлестіруші ақпаратты мерзімді жинаудың сенсорлы желісінің әрбір жұмыс кезінің басында бір үйлестірім хабарламасын жібереді. Үйлестірім хабарламасы кең таратымды жіберілім жолымен тасымалданады. Жалпы желінің жұмыс және ұйқы күйінің уақыты желінің жеке түйіндерінің қондырмаларының локальді өзгерістерімен өзгеруі мүмкін [15].



Сурет 5. DigiMesh желісінің мысалы

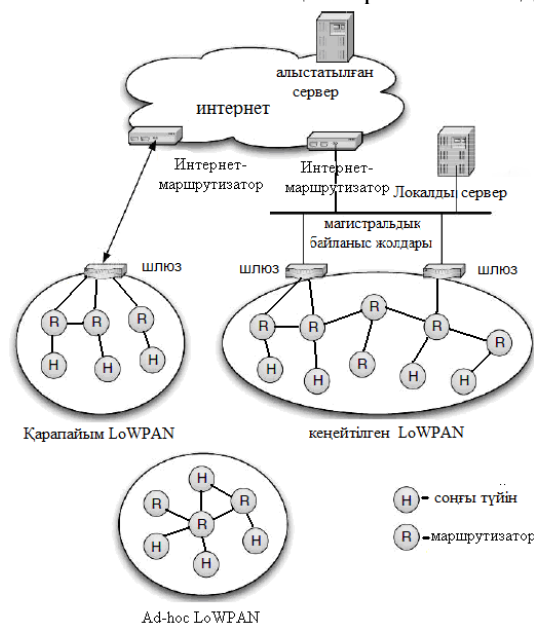
Соңғы кездері ортақ пайдаланылатын байланыс желілерінің сәулеті (ОПБЖ) желі дамуының екі негізгі бағыттарына сүйене отырып құрылды: жуықтау және үйлесімділік [16, 17]. Жуықтау желі дамуының кезінде ОПБЖ ресурстарын барлық технологиялармен бірге қолдануды қамтамасыз етті: ұялы, Ғаламтор, тіркелген байланыс, - ал үйлесімділік тұтынушыға аталып өткен желілердің кез-келгенінің қызметтерін біркелкі жолмен алуға мүмкіндік берді. Соңында, осы екі бағыт келесі буынның байланыс желісінің NGN (Next Generation Network) тұжырымдамасына қарай қалыптасты [18, 19].

Кеңжолақты конвергентті BcN (Broadband convergence Network) желісінің тұжырымдамасына сәйкес [20], инфокоммуникациялық қызмет аймағындағы кезекті бір сапалы өзгеріс жаһандық телекоммуникациялық желіні қолданушыға елдің кез-келген нүктесінде әртүрлі объект туралы телеметриялық ақпарат алуға және аумақтық таратылған объектілерге команда таратуға мүмкіндік беретін сымсыз сенсорлы желінің енуімен болады. Сенсорлы желі трафигі ортақ пайдаланылатын байланыс желілерінің көмегімен жіберілуі мүмкін (сурет 6) [22]. Технологиялық негізі сенсорлы желі болып табылатын Ubiquitous (барлығы енетін) желілері инфокоммуникация дамуының жаңа болашағын ашып жатыр, олардың негізінде U-қоғамдарын құру [21].



Сурет 6. Барлығы енетін сенсорлы желінің функционалды деңгейлері

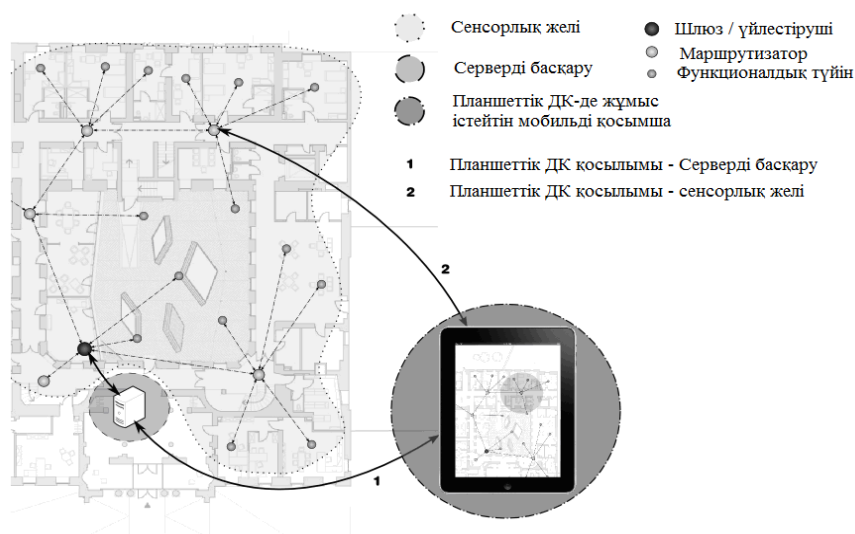
Қазіргі кезде ССЖ мен ОПБЖ түйіндесуі үшін IETF ұсынған және бар желілер тобына сенсорлы желіні біріктіруге мүмкіндік беретін 6LoWPAN протоколы қолданылады. Бұл протокол IEEE 802.15.4 стандартының үстінен ашық протоколмен (IPv6 протоколы) қанағаттандырылатын әдіспен IP-пакеттерді жіберуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, басқа IP-каналдар және құрылғылармен байланыс қамтамасыз етіліп отырады [23]. 6LoWPAN протоколы аз қуатты сымсыз дербес желілер (LoWPANs) үшін құрылды және [RFC4919] мен [RFC4944] құжаттарында сипатталған. 6LoWPAN желісінің сәулетінде (сурет 7) логикалық құрылғылардың үш түрі (соңғы түйін, бағыттауыш және шлюз) және желілердің үш түрі анықталды: «Қарапайым LoWPAN», «Кеңейтілген LoWPAN» және «Ad hoc LoWPAN». Сурет 7-де көрініп тұрғандай, «Ad hoc LoWPAN» ОПБЖ қосылмаған, ал «Қарапайым LoWPAN» бір шлюз арқылы ОПБЖ қосылған, ал «Кеңейтілген LoWPAN» ОПБЖ-мен және бір-бірімен торапты байланыс жолағымен байланысқан бірнеше шлюздардан тұрады [24].



Сурет 7. 6LoWPAN желісінің архитектурасы

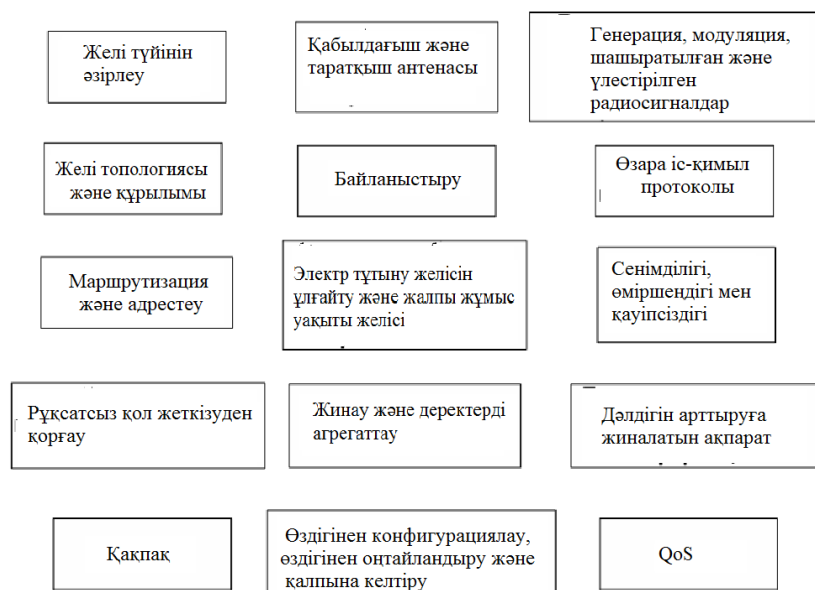
Сенсорлы желілердің келесі ерекшеліктерін атап өткеніміз жөн:

- өздігінен қалыптасу мен өздігінен ұйымдасу қабілеттілігі;
- таратқыштың аз қуаттылығы арқылы ақпаратты айтарлықтай арақашықтыққа жіберу қабілеттілігі (ретрансляция жолымен);
- түйіндердің арзан болуы және мөлшерінің шағындығы;
- электр қуатын аз қолдану және электр қуатын дербес көздерден алу мүмкіндігі;
- қондырғының қарапайымдылығы, кабель тартуда қажеттіліктің болмауы (толық сымсыз технология мен батареяның қуат көзінің арқасында) [25];
- мұндай желілерді бұрыннан бар және пайдаланылатын объектіге қосымша жұмыстарды қажет етпей орнату мүмкіндігі;
- ССЖ инфрақұрылымын планшетті ДК көмегімен басқару мүмкіндігі (сурет 8);
- техникалық қызмет көрсетудің арзан болуы.



Сурет 8. Планшетті ДК көмегімен ССЖ басқару және бақылау

Жалпы сенсорлы желіні жобалау және құру кезінде инфокоммуникациялық технологиялар мен телебайланыс құралдарының түрлі аймақтарына жататын, ғылыми-техникалық тапсырмаларды шешумен байланысты көптеген аспектер қарастырылуы керек (сурет 9).



Сурет 9. ССЖ аймағындағы ашық зерттеу мәселелері

**Қорытынды**

Бұл мақалада сымсыз желілердің сипаттамалары және жіктелуі қарастырылды. Wi-Fi жергілікті сымсыз желілеріндегі ену әдістері. IEEE 802.11 стандартындағы, IEEE 802.11. ZigBee протоколдары өздігінен ұйымдасқан және қалыптасқан сенсорлы желілерді құруға мүмкіндік беруі жазылған.

Жалпы сенсорлы желіні жобалау және құру кезінде инфокоммуникациялық технологиялар мен телебайланыс құралдарының түрлі аймақтарына жататын, ғылыми-техникалық тапсырмаларды шешумен байланысты көптеген аспектілер қарастырылды.

**ӘДЕБИЕТТЕР**

- [1] Nitaigour, P.M. (Editor) *Sensor networks and configuration fundamentals, standards, platforms, and applications* / P.M. Nitaigour // Springer. — 2007. — 510 p.
- [2] Кучерявый, Е.А. Принципы построения сенсоров и сенсорных сетей / Е.А. Кучерявый, С.А. Молчан, В.В. Кондратьев // *Электросвязь*, 2006. — №6 — С.10-15.
- [3] Молчанов, Д.А. Приложения беспроводных сенсорных сетей / Д.А. Молчанов, Е.А. Кучерявый // *Электросвязь*, 2006. — №6 — С.20-23.
- [4] Майская, В. Беспроводные сенсорные сети, малые системы — большие баксы / В. Майская // *Электроника: Наука, Технология, Бизнес*. — 2005. — №10. — С. 18–22.
- [5] *Беспроводные технологии и их применение в промышленности. Передача речевой информации через WPAN*. URL: <http://www.russianelectronics.ru/leader-r/review/2187/doc/54063/>.
- [6] Панфилов, Д., Соколов, М. Введение в беспроводную технологию ZigBee стандарта 802.15.4. URL: <http://www.freescale.com/files/abstract/global/s50210.pdf>.
- [7] Таненбаум, Э. *Компьютерные сети* / Э. Таненбаум — Спб. : Питер, 2003 — 992 с.
- [8] Варгаузин, В.А. Сетевая технология ZigBee / В.А. Варгаузин // *ТелеМультиМедиа*. — 2005. — №6. — С. 29–32.
- [9] Прокопьев, А.В. Перспективы использования протокола 6LoWPAN в сетях IEEE 802.15.4 / А.В. Прокопьев // *Электросвязь*, 2009. — №1 — С.33-36.
- [10] Семенов, Ю.А. Телекоммуникационные технологии. URL: <http://book.itper.ru/> (дата обращения: 22.02.2010).
- [11] Варгаузин, В.А. Радиосети для сбора данных от сенсоров, мониторинга и управления на основе стандарта IEEE 802.15.4 / В.А. Варгаузин // *ТелеМультиМедиа*. — 2005. — №6.
- [12] Faludi, R. *Building Wireless Sensor Networks* // O'Reilly Media, 2010 — 320 с.
- [13] *Технология ZigBee* / URL: <http://www.spectronvideo.ru/zigbee.html>.
- [14] *Сетевой протокол DigiMesh* / URL: <http://www.digi.com/technology/digimesh/> (дата обращения: 07.07.2010).
- [15] Пушкарев, О. ZigBee-модули XBee: новые возможности / О. Пушкарев // *Беспроводные технологии*. — 2008. — №4. — С. 22–25.
- [16] Аджемов, А.С. Задачи гармонизации технологии Softswitch с особенностями построения российских сетей связи / А.С. Аджемов // *Электросвязь*. — 2003. — №11.
- [17] Васильев, А.Б. Тестирование сетей связи следующего поколения / А.Б. Васильев, Д.В. Тарасов, Д.В. Андреев, А.Е. Кучерявый // М.: Изд-во ФГУП ЦНИИС, 2008 — 144 с.
- [18] Кучерявый, А.Е. Сети связи следующего поколения / А.Е. Кучерявый, А.Л. Цуприков // М.: Изд-во ФГУП ЦНИИС, 2006 — 278 с.
- [19] Аджемов, А.С. Перспективные направления развития сетей связи общего пользования / А.С. Аджемов, А.Б. Васильев, А.Е. Кучерявый // *Электросвязь*. — 2008. — №10. — С. 6-7.
- [20] Кучерявый, А.Е. Модели трафика для сенсорных сетей в и-России / А.Е. Кучерявый, А.И. Парамонов // *Электросвязь*. — 2006. — № 6. — С. 15-18.
- [21] Кох, Р. Эволюция и конвергенция в электросвязи / Р. Кох, Г.Г. Яновский // М.: Радио и связь, 2001 — 280 с.
- [22] *Ubiquitous Sensor Networks (USN)*. ITU-T Technology Watch Briefing Report Series, No. 4 (February 2008) / URL: [http://www.itu.int/dms\\_pub/itu-t/oth/23/01/T23010000040001PDFE.pdf](http://www.itu.int/dms_pub/itu-t/oth/23/01/T23010000040001PDFE.pdf).
- [23] Прокопьев, А.В. Перспективы использования протокола 6LoWPAN в сетях IEEE 802.15.4 / А.В. Прокопьев // *Электросвязь*, 2009. — №1 — С.33-36.
- [24] Shelby, Zach. 6LoWPAN : the wireless embedded internet / Zach Shelby, Carsten Bormann // Wiley. — 2009. — 223 с.
- [25] *Беспроводные системы на базе сенсорных сетей для автоматизации объектов нефтяной промышленности* / URL: <http://www.ipmce.ru/img/release/oil.pdf>.
- [26] Мочалов, В.А. Навигация и мониторинг в сенсорной сети с использованием планшетных ПК / В.А. Мочалов, Е.Н. Турута, А.А. Халецкий // *Материалы IX Международной НТК «Перспективные технологии в средствах передачи информации – ПТСПИ-2011»*. — Владимир-Суздаль, 2011. — Т. 1. — С. 85-88.

Калижанова А.У., Айткулов Ж. С., Козбакова А.Х.

**О современных тенденциях построения беспроводных сенсорных сетей**

**Резюме.** В данной статье рассмотрены современные тенденции построения беспроводных сенсорных сетей (БСС), которые являются одним из самых перспективных направлений развития современных телекоммуникационных технологий. Перспективы их использования связаны как с заменой кабельной инфраструктуры на радиоэфир, так и с новыми функциональными возможностями. Благодаря таким характеристикам БСС, как миниатюрность узлов, низкое энергопотребление, встроенный радиоинтерфейс, достаточная вычислительная мощность, сравнительно невысокая стоимость, стало возможным их широкое использование во многих сферах человеческой деятельности с целью автоматизации процессов сбора информации, мониторинга и контроля характеристик разнообразных технических и природных объектов.

**Ключевые слова:** беспроводные сенсорные сети, датчик, топология, протокол.

**A. Aitimov<sup>1,3</sup>, B.A. Amirgaliyev<sup>2</sup>, A. Abdikerim<sup>1</sup>**

(<sup>1</sup>Suleyman Demirel University, Kaskelen, Kazakhstan, <sup>2</sup>International Information Technology University, Almaty, Kazakhstan.

<sup>3</sup>Institute of Information and Computational Technologies)

E-mail: askhat.aitimov@sdu.edu.kz, amirgaliyev.b@gmail.com, idon.abdikerim@gmail.com

**GESTURE RECOGNITION REVIEW**

**Abstract.** In the modern world hand, facial or body gesture recognition interfaces are used not only by deaf and speech-impaired persons, also they are used in manufactories and by simple people too. The usage of gestural interfaces as the tools in collaboration between computerized devices and humans is increasing. Automating the interaction between human and computerized devices needs to be considered from various parties because in any sphere of human activity this technology gives productive outcomes. With the aid of artificial intelligence, touchless interaction between humans and computers is used for recognizing gestures and registering movements. Gesture recognition for collaboration between human and computerized devices makes it possible to control and to communicate with the machines, and achieve efficient services in almost any field of manufacturing. This article deals with the general concepts of gesture recognition, gesture types, architecture, and various models. The review of the current technologies in this area also proposed.

**Key words:** Hand gestures, Gesture recognition, Human-robot collaboration, Sensor technologies, Gesture identification, Gesture classification.

**Introduction**

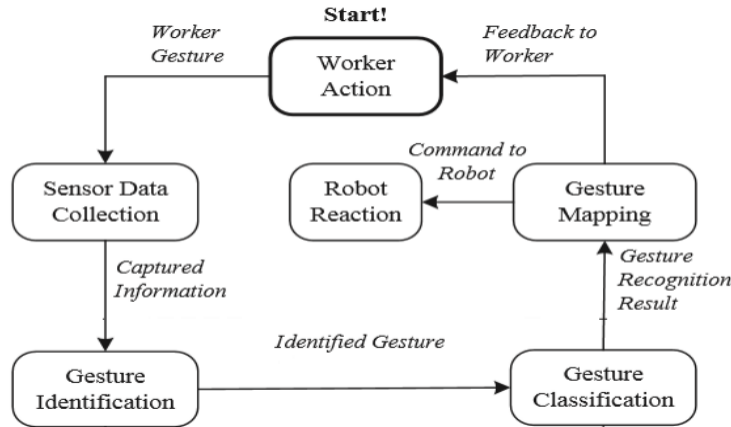
Researchers who work in Human Computer Interaction area has made a common emphasis to elaborate and design the user interfaces capable enough fulfill the intended performance criteria desired in the dynamic environment [1]. Automatic system of recognition has many applications, such as synthetic human expression, understanding of human behavior and mental disorder detection[2]. In addition, deaf people all over the world use combinations of hand movements and facial expressions, called sign language. This non-verbal communication is vitally necessary for all the people, especially for people with disability. And there is a barrier as normal people rarely use sign language[3]. The development of mobile technology includes usage of gesture recognition in smartphones and other computer devices, that makes it possible to overcome that barrier. Moreover, many researchers have studied the concept of Human-Robot Collaboration. It is much better to collaborate jobs of humans and robots. Also it is expected to be more effective than replacement of one another. There are not so limited opportunities in human and programmed devices, so communication people can easily associated with computers by using gesture recognition[4]. For example, smartphones, gadgets, computers and labour-saving devices etc. Production and consumption show that usage of such things more effective in any aspects. In course of time, HRC can release human workers from heavy tasks by elaborating interaction interfaces between humans and robots for better overall performance, and get more productive work[5]. However, there are some aspects in sign language that must be researched.

In this paper, gesture recognition architecture proposed. There are three main components: sensor data, gesture identification and gesture classification. Advantages and disadvantages of these components and their methods given. Future research trends outlined.

**Gestures recognition**

One of the most used types of communication methods is gesture. According to this a substantial part of human communication is nonverbal. One of the three types of communication (verbal, visual and nonverbal), nonverbal, which includes movement of the hands, facial expressions, or other parts of the body[6].

Usually divided into three types: body (actions and motions), arm and hand (gestures and poses), facial and head (nodding, gaze etc.) gestures [7]. Also, in computer science developers use these types gestures by recognizing and applying to programs. In gesture recognition there are two types of gesture classification: static and dynamic[8]. Where static is detected by a single image or a frame. But, dynamic needs multiple data. So, developers usually use architecture as shown in figure 1 (Fig. 1).

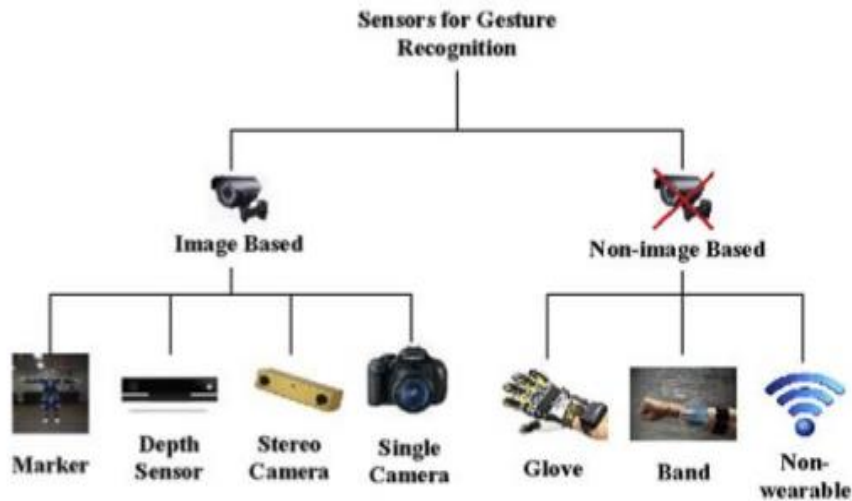


**Fig. 1.** Gesture recognition process

A sensor is used to transfer data to device. First, Gesture Identification model tries to detect gesture and its type, static or dynamic. Then, Gesture Classification model reveals class of detected gesture using machine learning algorithms. Then, Gesture Mapping model reveals class of detected gesture using machine learning algorithms. Next a computer executes specific gesture command.

**Sensor Technologies**

At first sensors collect raw gesture data. There are 2 basic data acquisition: image based and non-image based approaches (Fig. 2).



**Fig. 2.** Current types of gesture recognition sensors

*a. Image based approaches*

In order to recognize gestures, robots or computers use cameras.

In marker-based approaches users wear obvious markers as a sensor here is a conventional optical camera [9]. Single camera has been used since the early 90th[10]. In this approach view angles are restricted. It causes the robustness of the system. However, the latest researchers apply single camera to achieve high-speed gesture recognition. In order to construct 3D environment and to achieve clear gesture recognition, stereo camera-based approaches are suggested. In spite of many researches there are such kind of problems as computational complexity and difficulties in collaboration [11]. Depth sensor is a non-stereo depth sensing device that has more advantages than stereo cameras [12]. Depth sensor has an output – 3D depth information which simplifies the problem of gesture identification. One of the well-known depth sensing techniques is Time-of-Flight (ToF) techniques [13]. ToF identifies light

travel time and it has higher frame rate. Depth sensor is used in entertainment, education and research and gives solutions for gesture recognition in easy way.

*b. Non-image based approaches.*

Although image-based sensors have a dominating position in gesture recognition, recent development rose the importance of non-image based gesture recognition technologies [14].

**Table 1. Advantages and disadvantages of sensor technologies**

Sensor	Advantages	Disadvantages
Marker	Low computational workload	User wear markers
Single camera	Easy configuration	Not stable
Stereo camera	Robust	Difficult computation
ToF	Frame rate is high	Efficient depends on light
Glove	Low cost and fast	A lot of cables
Band	Large area and fast	Contact with human body
Non-wearable	Contactless	Not researched enough

**Gesture identification**

Glove-based approaches requiring wire connection, accelerometers and gyroscopes are commonly used in gesture recognition. This approach has complex calibration and setup procedures[15].

Band-based sensor is contactless technology that uses a wristband or other wearable devices, which does not connect cables. All it needs is to contact with wrist (user’s hand and fingers)[16]. Non-wearable sensor is a type of non-image based technologies that detects gestures without contacting human body. There are some recent suggestions of non-wearable sensors like RFCapture system[17]. It can capture motion of nfrom another room as its signals can cross the walls and other obstacles.

*c. Comparison of sensor technologies*

Table1 shows the differences of sensor technologies, including their advantages and disadvantages. It is seen that there are not any sensors that can totally fit all HRS applications.

The next step in gesture recognition after collecting raw data from sensors is gesture identification. Gesture identification is the revealing of gesture information and segmentation from the raw data. There are two types of gestures: static and dynamic.

*a. Static gestures*

Static gestures have following features:

- Visual features that have human hands and body are meant to be utilized in gesture identification.
- Colour is a visual feature that helps to identify a gesture from background image.
- Local feature approach is the detailed text-based approach that divides an image into smaller parts which do not correspond human parts. Many identification methods are based on local features [18].
- Skeleton model. This method is applied to find out human body poses. Skeleton model approach preserves only the most needed information from a human body and simplifies gesture classification. Table 2 shows the differences of static gesture recognition methods and their advantages and disadvantages.

**Table 2. Advantages and disadvantages of static gesture features**

	Advantages	Disadvantages
Visual features	Low computational workload	Low quality
Learning algorithms	Background removal can be avoided	High computational cost
Skeleton model	Collects just important information	Just used in depth sensors

- Learning algorithms is the latest trend in gesture identification that utilizes machine learning algorithm for identification of gesture from raw data [20].

- Motion. The human motion is a useful feature in revealing human gestures as human workers are the only moving objects in HRC[19]. A main technology in identification motion-based gestures is optical flow. The advantage of optical flow is that it does not need background subtraction. As the result, motion-based gesture identification is one of the most popular methods among non-image based sensors.

*b. Dynamic gestures*

In dynamic gesture recognition there is a different usage of motion of tracking. There are some kinds of dynamic gesture recognition approaches.

- Single hypothesis tracking. In this approach only one hypothesis shows a gesture.
- Mean swift. It is a basic tracking method that matches with RGB-colour histograms, comparing Bhattacharyya distance with the old frame[21].
- Kalman filter is a real-time algorithm that values the underlying states of inaccurate measurement results observed over time[22].
- Multiple hypothesis tracking is applied to track gestures of workers working at the same time.
- Particle filter is a famous robotics technology that represents a broader space of distribution and answers the requirements of multiple hypothesis tracking[23].
- Extended model tracking has the ability to preserve target behavior from the past image frames.
- Tracking by detection unites the result of an object detector with an optical flow tracker and increases the robustness of a tracker. Table 3 shows the differences of dynamic gesture tracking methods and their advantages and disadvantages

**Table 3. Advantages and disadvantages of dynamic gesture features**

Approach	Summary
Single hypothesis	Fast and simple algorithm, but one gesture and in controlled area
Multiple hypothesis	Multiple gestures, but slow and in controlled area
Extended model tracking	Saves gesture, uses for long time gesture tracking
Tracking by detection	Robustness and complex environment

**Gesture classification**

The most significant step in gesture recognition is gesture classification. There are several machine learning algorithms that solve gesture classification. Popular and usually used algorithms given below.

a. The basic and elementary gesture classification algorithm is K-nearest Neighbors algorithm. It categorizes data on the authority of the closest examples of training [24].

b. Hidden Markov Model is a well-known gesture classification algorithm that is a composition of an undetected Markov chain and stochastic process. An undetected Markov chain includes x states and static transition possibilities a whereas the stochastic process is probable observation 0 and b possibilities of output[25].

c. Support Vector Machine is discerning classifier that is defined by hyperplane separating it. A maximization of margin distance determining boundaries of classification decision [26].

d. One of the mostly used gesture classification is ensemble method which is more accurate than other classifiers. The example of well-known ensemble methods is Boosting by Schapire [27]

e. Dynamic time warping is an algorithm, causes a cumulative distance matrix which bends the sequences in a nonlinear way in order to connect each other. Dynamic time warping is applied to recognize the speech [28].

f. Artificial Neural Network is a set of models that process information. It includes a plenty of interconnecting processing units working in parallel. Artificial Neural Network is used to assess functions that rely on input data [29].

g. Deep learning is a branch of machine learning that is becoming well-known and grows 40th high speed. Deep learning is used in recognition of images and speech, in analyzing accelerator data [30].

Table 4 shows the differences of gesture classification algorithms and their advantages and disadvantages.



Table 4. **Advantages and disadvantages of gesture classification algorithms**

Approach	Advantages	Disadvantages
K-nearest Neighbors	Simple	Must choose best K
Hidden Markov Model	Flexible and model transparency	Parameters must adjusted
Support Vector Machine	Different kernel functions can be applied	Number of support vectors grows linearly with the size of training set
Ensemble method	Do not need large number of training data	Over fit easily, sensitive to noise and outliers
Dynamic time warping	Reliable nonlinear alignment between patterns	Time and space complexity
Artificial Neural Network	Can detect complex nonlinear relationships between variables	“Black box” nature and cannot be used for small training data set
Deep learning	Do not need good design of features, outperform other machine learning methods	Need large number of training data and computationally expensive

**Conclusion and future trends**

Inspire of a general view of gesture recognition, there are still many sites of it that should be researched and discovered. Sensors have close relation both with hardware and software, as software technologies and algorithms use the performance of hardware there is the summary of predicted future trends, including sensor technology. In order to supply a safer environment for a gesture recognition system depth sensors and skeleton models will manage human motions. One significant point is that skeleton models help to simplify gesture recognition. The most awaited technologies are non-wearable sensors and multi-sensor gesture recognition. However, now we have sensors that provide the fastest response such as glove and band sensors. All the technologies have advantages and disadvantages, but in the nearest future there will be technologies and approaches working better in it.

REFERENCES

[1] Hagan, R. G. O', Zelinsky, A., Rougeaux, S. Visual gesture interfaces for virtual environments. Interaction with computers, vol. 14, 2002, pp. 231-250.

[2] Jyoti Kumari, R. Rajesh, K.M.Pooja. "Facial expression recognition: A survey" Second International Symposium on Computer Vision and the Internet, 2015.

[3] Hongyi Liu, Lihui Wang. "Gesture recognition for human-robot collaboration: A review" International Journal of Industrial Ergonomics, 68:355-367, November , 2018.

[4] Mitra, S., Acharya, T., 2007. Gesture Recognition: a Survey, Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews. IEEE Transactions on, 37, pp. 311e324.

[5] Li, T., Sattar, T.P., Sun, S., 2012. Deterministic resampling: unbiased sampling to avoid sample impoverishment in particle filters. Signal Process. 92, 1637e1645.

[6] Li, T., Sun, S., Sattar, T.P., Corchado, J.M., 2014. Fight sample degeneracy and impoverishment in particle filters: a review of intelligent approaches. ExpertSyst. Appl. 41, 3944e3954.

[7] Lowe, D.G., 1999. Object recognition from local scale-invariant features. In: ComputerVision, pp. 1150e1157. The proceedings of the seventh IEEE internationalconference on, Ieee, 1999.

[8] Lu, S., Picone, J., Kong, S., 2013. Fingerspelling alphabet recognition using a twolevelhidden markov model. In: Proceedings of the International Conferenceon Image Processing, Computer Vision, and Pattern Recognition (IPC). TheSteering Committee of The World Congress in Computer Science, ComputerEngineering and Applied Computing (WorldComp), p. 1.

[9] Matsumoto, Y., Zelinsky, A., 2000. An algorithm for real-time stereo vision implementationof head pose and gaze direction measurement. In: Automatic Faceand Gesture Recognition, pp. 499e504. Proceedings. Fourth IEEE InternationalConference on, IEEE, 2000.

[10] Maung, T.H.H., 2009. Real-time hand tracking and gesture recognition system usingneural networks, world academy of science. Eng. Technol. 50, 466e470.

- [11] McCormick, J., Vines, K., Nahavandi, S., Creighton, D., Hutchison, S., 2014. Teaching a digital performing agent: artificial neural network and hidden markov model for recognising and performing dance movement. In: Proceedings of the 2014 International Workshop on Movement and Computing. ACM, p. 70.
- [12] Micilotta, A.S., Ong, E.-J., Bowden, R., 2005. Detection and tracking of humans by probabilistic body part assembly. In: BMVC.
- [13] Mitra, S., Acharya, T., 2007. Gesture Recognition: a Survey, Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews. IEEE Transactions on, 37, pp. 311e324. Müller, M., 2007. Dynamic Time Warping. Information Retrieval for Music and Motion, pp. 69e84.
- [13] Nagi, J., Ducatelle, F., Di Caro, G., Ciresan, D., Meier, U., Giusti, A., Nagi, F., Schmidhuber, J., Gambardella, L.M., 2011. Max-pooling convolutional neural networks for vision-based hand gesture recognition. In: Signal and Image Processing Applications (ICSIPA), pp. 342e347. IEEE International Conference on, IEEE, 2011.
- [14] Choi, Yoo-Joo., Lee, Je-Sung, Cho. We-Duke. A Robust Hand Recognition In Varying Illumination. Advances in Human Computer Interaction, Shane Pinder (Ed.), 2006.
- [15] Maung, T.H.H., 2009. Real-time hand tracking and gesture recognition system using neural networks, world academy of science. Eng. Technol. 50, 466e470
- [16] Micilotta, A.S., Ong, E.-J., Bowden, R., 2005. Detection and tracking of humans by probabilistic body part assembly. In: BMVC. Mitra, S., Acharya, T., 2007. Gesture Recognition: a Survey, Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews. IEEE Transactions on, 37, pp. 311e324.
- [17] Müller, M., 2007. Dynamic Time Warping. Information Retrieval for Music and Motion, pp. 69e84.
- [18] Ronfard, R., Schmid, C., Triggs, B., 2002. Learning to parse pictures of people. In: Computer Vision and ECCV 2002. Springer, pp. 700e714.
- [19] Ross, D.A., Lim, J., Lin, R.-S., Yang, M.-H., 2008. Incremental learning for robust visual tracking. Int. J. Comput. Vis. 77, 125e141.
- [20] Roy, S., Ghosh, S., Barat, A., Chattopadhyay, M., Chowdhury, D., 2016. Real-time implementation of electromyography for hand gesture detection using micro accelerometer. In: Artificial Intelligence and Evolutionary Computations in Engineering Systems. Springer, pp. 357e364
- [21] Cohen, P.R., Levesque, H.J., 1991. Teamwork, Nous, pp. 487e512.
- [22] Comaniciu, D., Ramesh, V., Meer, P., 2000. Real-time tracking of non-rigid objects using mean shift. In: Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 142e149. Proceedings. IEEE Conference on, IEEE, 2000.
- [23] Cutler, R., Turk, M., 1998. View-based Interpretation of Real-time Optical Flow for Gesture Recognition. In: fg. IEEE, p. 416.
- [24] D'Orazio, T., Attolico, G., Cicirelli, G., Guaragnella, C., 2014. A neural network approach for human gesture recognition with a kinect sensor. In: ICPRAM, pp. 741e746.
- [25] Haroon, N., Malik, A.N., 2016. Multiple hand gesture recognition using surface EMG signals. J. Biomed. Eng. Med. Imaging 3, 1.
- [26] Hasan, H., Abdul-Kareem, S., 2014. Static hand gesture recognition using neural networks. Artif. Intell. Rev. 41, 147e181.
- [27] Haykin, S., 2004. Kalman Filtering and Neural Networks. John Wiley & Sons.
- [28] Haykin, S.S., Haykin, S.S., Haykin, S.S., Haykin, S.S., 2009. Neural Networks and Learning Machines. Pearson Education Upper Saddle River.
- [29] Hearst, M.A., Dumais, S.T., Osman, E., Platt, J., Scholkopf, B., 1998. Support Vector Machines, Intelligent Systems and Their Applications, vol. 13. IEEE, pp. 18e28.
- [30] Green, S.A., Billingham, M., Chen, X., Chase, G., 2008. Human-robot collaboration: a literature review and augmented reality approach in design. Int. J. Adv. Robot. Syst. 1e18.

Айтимов А., Амиргалиев Б., Абдикерим А.

#### **Дене іс-қимылын тану есептері**

**Түйіндеме.** Қазіргі заманда қол, дене, бет қимылдарын тану интерфейстерін тек мүмкіндіктері шектеулі, саңырау немесе сөйлеу қабілеттері нашар адамдар ғана емес, сонымен қатар үлкен өндірістер де және қарапайым адамдар да қолданып жүр. Қимыл тану бағдармаларының адам мен компьютер арасындағы байланыс құралы ретінде қолданысы артып келеді. Осы тұрғыда адамдар мен компьютерлер арасындағы қол қимылдарын танып, өзара әрекеттесуін автоматтандыру мен дамытуды түрлі тараптардан қарастырған жөн, себебі бұл технология адам қызметінің кез-келген саласында нәтижелі өнімділік көрсетіп жүр. Адам мен компьютер арасындағы жанаусыз қарым-қатынастарын тіркеп, тану технологиясында жасанды интеллект те қолданылады. Дене қимылдарын тануды адамдар мен құрылғылар арасындағы өзара байланыста қолдану, автоматтандырылған құрылғыларды басқаруға мүмкіндік береді. Бұл технологияның қолданылуы өндірістің кез келген саласында тиімді қызметтерге қол жеткізуге мүмкіндік береді.

**Түйін сөздер:** қол қимылдары, қол қимылдарын тану, адам және роботтың өзара әрекеттесуі, сенсорлық технология, қимылды сәйкестендіру, қимылдарды жіктеу.

Айтимов А., Амиргалиев Б., Абдикерим А.

**Задачи распознавания жестов**

**Резюме.** В современном мире коммуникация между людьми и устройствами с использованием жестов рук, лица или тела используется не только людьми с нарушениями речи и слуха, а также при человеко-машинных интерфейсах на производстве. Автоматизация и развития этого вида взаимодействия дает свои продуктивные результаты в любой сфере человеческой деятельности, в современных условиях особенно как технология в качестве инструмента взаимодействия между людьми и устройствами. С помощью искусственного интеллекта бесконтактное взаимодействие между людьми и компьютерами используется для распознавания жестов и регистрации движений. Использование распознавание жестов для взаимодействия между человеком и устройствами позволяет управлять машинами, а также позволяет добиться эффективных услуг практически в любой сфере производства.

В статье рассматриваются общие концепции распознавания жестов, типы жестов, архитектура и различные модели распознаваний жестов. Сделан обзор существующих технологий в этой области.

**Ключевые слова:** жесты рук, распознавание жестов, взаимодействие человека с роботом, сенсорные технологии, идентификация жеста, классификация жестов.

УДК 666.973.6

**S.M. Mominova, B.T. Kopzhasarov, K.D. Kim**

(RSE on REU “South Kazakhstan State University named after M.A. Aueyzov”

Kazakhstan, Shymkent)

E-mail: [saule\\_momynova@mail.ru](mailto:saule_momynova@mail.ru)

**INFLUENCE OF GRANULOMETRIC COMPOSITION OF NATURAL AND ENRICHED  
POLYMINERAL BLOWN SANDS ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF GAS SILICATE  
CONCRETE BASED ON SLAG BINDING MATERIAL**

**Abstract.** The article considers the granulometric composition, influencing the properties of gas silicate concrete. The need to take into account the influence of granulometric composition in the production of autoclave building materials becomes especially real in the production of durable products. In this regard, the specification of the degree of influence of the granulometric composition of sand on the consumption of the cementing binding material and the strength of the material was the goal in the selection of the composition of gas silicate concrete. Based on the conducted research, it was revealed that the granulometric composition of sand is one of the decisive factors for increasing the strength and density of gas silicate concrete.

**Key words:** granulometric composition, gas silicate concrete, blown sand, blaine milling fineness, cementing material.

**С.М. Моминова, Б.Т. Копжасаров, К.Д. Ким**

(РГП на ПХВ «Южно-Казахстанский государственный университет им. М.О.Ауэзова»

Казахстан, Шымкент)

E-mail: [saule\\_momynova@mail.ru](mailto:saule_momynova@mail.ru)

**ВЛИЯНИЕ ЗЕРНОВОГО СОСТАВА ПРИРОДНЫХ И ОБОГАЩЕННЫХ  
ПОЛИМИНЕРАЛЬНЫХ БАРХАННЫХ ПЕСКОВ НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА  
ГАЗОСИЛИКАТОБЕТОНА НА ОСНОВЕ ШЛАКОВОГО ВЯЖУЩЕГО МАТЕРИАЛА**

**Аннотация.** В данной статье рассматривается зерновой состав, влияющий на свойства газосиликатобетона. Необходимость учета влияния зернового состава, при производстве автоклавных строительных материалов, становится особенно реальной при изготовлении прочных изделий. В связи с этим, уточнение степени влияния зернового состава песка на расход цементирующей связки и прочность материала явилось целью при подборе состава газосиликатобетона. На основании проведенных исследований было выявлено, что зерновой состав песка является одним из решающих факторов повышения прочности и плотности газосиликатобетона.

**Ключевые слова:** гранулометрический состав, газосиликатобетон, барханный песок, удельная поверхность, цементирующее вещество.

При производстве газосиликатобетона грубодисперсные кремнеземистые материалы непригодны, так как газосиликатобетонная смесь может расслоиться. Очень высокодисперсные требуют повышенного расхода воды для нормальной вязкости растворной смеси, а это отрицательно отражается на влажности изделий после твердения и приводит к уменьшению трещиностойкости, кроме дисперсности минерального сырья (вяжущего, кремнеземистого компонента) на свойства газосиликато-

бетона влияет гранулометрия. Однако этому вопросу до сих пор уделяется недостаточное внимание. Ясно одно, что по мере измельчения материала изменяется его гранулометрия, при этом на первой стадии измельчения плотность материала достигает своего максимума и это отвечает наиболее плотной упаковке зерен, а следовательно, и оптимальной гранулометрии [1].

Для получения газобетона пониженной плотности применяются композиции вяжущего с кремнеземистым компонентом, характеризующиеся повышенной удельной поверхностью. При этом интенсифицируется процесс твердения и достигается требуемая плотность за счет уменьшения толщины межпоровых перегородок и, наоборот, для получения газосиликатобетона повышенной плотности требуются композиции, имеющие меньшую суммарную удельную поверхность. В этом случае снижение удельной поверхности следует осуществлять в рациональных пределах, так как грубодисперсные композиции непригодны для формирования макроструктуры газосиликатобетона. Проведенные исследования авторами свидетельствуют о том, что прочность газосиликатобетона при увеличении удельной поверхности флотохвостов повышается до определенных пределов, после чего следует ее снижение. Это объясняется тем, что с увеличением удельной поверхности без роста активности смеси, т.е. при том же количестве вяжущего, прочность уже не возрастает, так как повышается концентрация насыщенного раствора. По-видимому, от дисперсности кремнеземистого компонента зависит скорость его растворения, а, следовательно, и изменение степени пересыщения жидкой фазы, определяющее структуру и прочность возникающего кристаллического сростка [2].

Тонкодисперсные компоненты обеспечивают более плотное использование вяжущих свойств, так как при этом повышается действующая общая поверхность реагирующих компонентов. Реакция при гидротермальных условиях протекает более быстро и полно, что оказывает положительное влияние на формирование структуры газосиликатобетона, прочность которой возрастает за счет образования цементирующего вещества низкой основности [3].

Таким образом, дисперсность компонентов во многом определяет свойства газосиликатобетона.

Профессор К.К.Куатбаев [4] изучал барханные пески Казахстана. Образцы из кварцевого, полевошпатового и барханного песков естественного гранулометрического состава с различным содержанием активной извести были подвергнуты автоклавной обработке при 0,9 МПа в течение 6 ч. При сравнимых условиях образцы на кварцевом барханном песке показали большую прочность. Однако прочность оптимальных составов на полевошпатовом песке также удовлетворяла предъявляемым требованиям массового жилищного и промышленного строительства.

Анализ данных Б.Н.Виноградова [5], из которых с исчерпывающей полнотой видно влияние минералогического состава песков на прочность образцов, подвергнутых автоклавной обработке.

Необходимость учета рациональной гранулометрии, при производстве автоклавных строительных материалов, становится особенно реальной при изготовлении прочных изделий, так как зерновой состав песка является одним из основных факторов прочности автоклавного материала.

Для обеспечения прочностных характеристик необходимо получить материал, если найти наиболее выгодное соотношение между количествами входящих в состав автоклавного материала: цементирующим веществом и зерновым составом заполнителя, так как на одних и тех же заполнителях, в известных условиях можно получать материалы с разными прочностными показателями. Это соотношение и определит состав автоклавного материала. Наиболее выгодное соотношение между цементирующим веществом и зёрнами заполнителя может быть достигнуто при рациональном подборе зернового состава заполнителя, что позволит сократить качество цементирующего вещества. Поэтому при подборе состава газосиликатобетона ставилась цель – уточнить степень влияния гранулометрии песка на расход цементирующей связки и прочность материала.

Качественная оценка гранулометрии песка производилась по его величине удельной поверхности и пустотности.

Полиминеральные барханные пески Шардаринского месторождения имеют  $M_{кр}=0,62$ . Преобладающей стандартной фракцией в песке является наиболее мелкая 0,14мм. Фракций 0,6 мм и 0,3 мм содержится незначительное количество. Фракции мельче 0,14 мм содержатся около 45%. Песок естественной гранулометрии имеет удельную поверхность 480 см<sup>2</sup>/г и пустотность 38,5%.

Можно считать, что естественные пески содержат две наиболее мелкие фракции: 0,14 и мельче 0,14 мм.

В основу методики работы было принято положение, которое отражает зависимость прочности автоклавного материала от структуры: исходные смеси песка-заполнителя должны иметь минимальную пустотность и наибольшую удельную поверхность.

Обогащение местных мелкозернистых песков более крупным привозным песком экономически себя не оправдывает. Необходимо было найти возможность получить более плотные песчаные смеси с использованием только двух фракций, содержащихся в самом песке.

Были составлены искусственные смеси песка с различным соотношением «крупных» и «мелких» фракций и были определены пустотность и величина удельной поверхности. Для сравнения был принят песок с естественным зерновым составом. Результаты исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1. **Характеристика искусственных и природных песчаных смесей**

Содержание фракций песка в частях		Величина удельной поверхности, см <sup>2</sup> /г	Пустотность смеси, %
0,14 мм	Меньше 0,14 мм		
6	4	550	35,5
8	2	520	37,0
Пригодная смесь	-	480	38,5

Из данных таб.1 видно, что изменяя соотношения между фракциями песка, можно снизить его пустотность и соответственно повысить удельную поверхность песка.

Далее была изучена роль гранулометрического состава полиминерального барханного песка-заполнителя на изменение прочности газосиликатобетона на пылешлаковом вяжущем материале (состав вяжущего: 90% - фосфорный шлак, 12% - вторичная цементная пыль электрофильтров). Образцы отформованные на природных и искусственно подобранных песчаных смесях, запаривали в автоклаве при 8 атм. по режиму 2+8+3 ч.

Результаты исследований влияния зернового состава на прочность газосиликатобетона с средней плотностью – 900 кг/м<sup>3</sup> приведены в таб.2.

Таблица 2. **Влияние пустотности и удельной поверхности полиминерального барханного песка на прочность газосиликатобетона**

Пустотность песка, %	Удельная поверхность песка, см <sup>2</sup> /г	Состав бетона, кг		R <sub>сж</sub> , МПа
		Вяжущее	Заполнитель	
38,5 природных	480	666	234	9,8
37,0 искусственных	520	630	270	11,6
35,5 искусственных	550	603	297	12,2

Данные приведенные в таб.2 показывают, что газосиликатобетон увеличивает свою прочность при снижении пустотности и при повышении удельной поверхности песка с одновременным сокращением расхода вяжущего материала. Снижение пустотности песка с 38,5% до 35,5% ведет к повышению прочности бетона на 2,4 МПа, а расход вяжущего снижается на 63кг/м<sup>3</sup>.

Представленные данные подтверждают возможность существенного снижения расхода вяжущего и прочности газосиликатобетона за счет увеличения удельной поверхности песка-заполнителя. Представляет интерес рассмотрение влияния изменения расхода цементирующего вещества на прочность газосиликатобетона при сохранении заданного гранулометрического состава песка. По расчетным данным общий расход цементирующего вещества при удельной поверхности песка-заполнителя 550,520 и 480 см<sup>2</sup>/г составляет 67, 70 и 74 % от общего веса сырьевой смеси 900кг/м<sup>3</sup> или усредненного можно считать 70%.

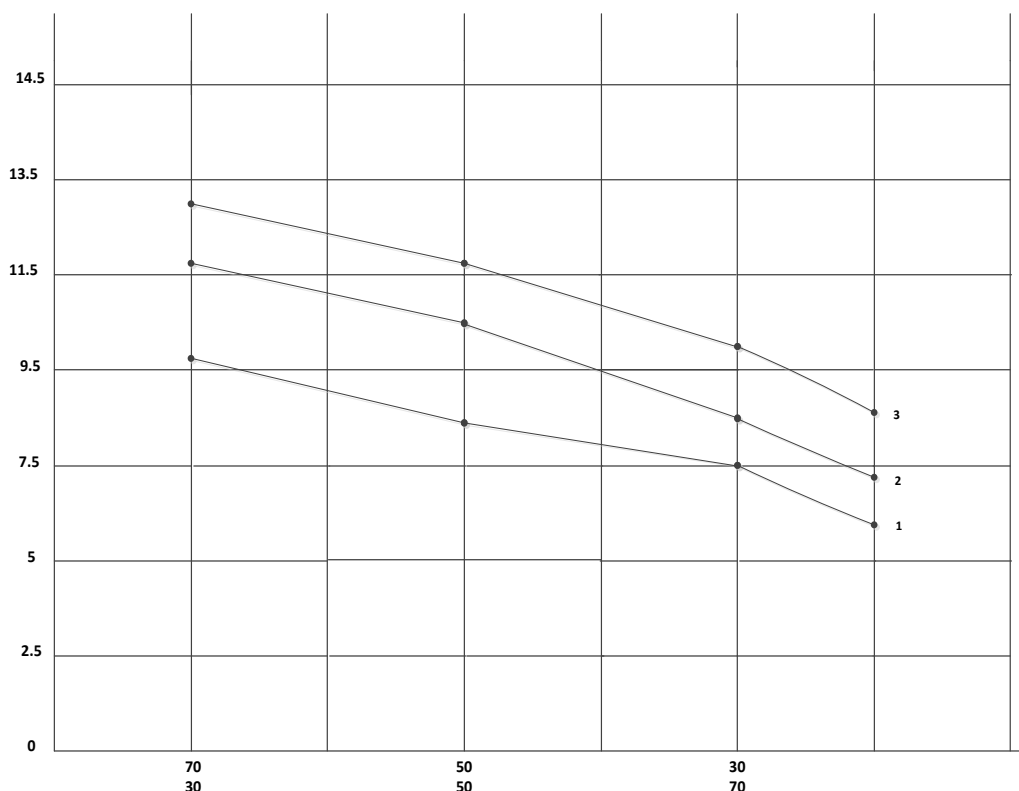
В последующих экспериментах расход цементирующего вещества был уменьшен до 50,30 и 20%. Прочностные показатели образцов, отформованных из сырьевых смесей приведены в таб.3.

Таблица 3. Зависимость прочности газосиликатобетона от состава сырьевой смеси и удельной поверхности песка

№ п/п	Удельная поверхность песка-заполнителя, см <sup>2</sup> /г	Предел прочности при сжатии, Мпа			
		Составы сырьевых смесей: цементирующее вещество / заполнитель, %			
		70:30	50:50	30:70	20:80
1.	550	12,2	11,7	9,3	8,0
2.	520	11,6	10,6	8,7	7,4
3.	480	9,8	8,6	7,5	6,0

Как видно из результатов, представленных в таб.3 газосиликатобетон имеет максимальную прочность при расчетном расходе цементирующего вещества. Совращение расходов цементирующего вещества до 50, 30 и 20 % приводит к снижению прочности, хотя отмеченная выше закономерность песко-сохраняется. При расходе цементирующего вещества 20% прочность составляет 6,0-8,0 МПа.

Следовательно, для определенного гранулометрического состава песка существует оптимальный расход цементирующего вещества, при котором материал имеет наибольшую прочность.



Примечание: количество вяжущего/количество песка, %

- 1 – удельная поверхность песка – 550 см<sup>2</sup>/г;
- 2 – удельная поверхность песка – 520 см<sup>2</sup>/г;
- 3 – удельная поверхность песка – 480 см<sup>2</sup>/г.

Рис. 1. Зависимость прочности газосиликатобетона от удельной поверхности и пустотности песка-заполнителя и состава сырьевой смеси.

Результаты исследования позволили вывести закономерность изменения прочности газосиликатобетона в зависимости от удельной поверхности и пустотности песка, и расхода цементирующего вещества представленного на рис.

Из результатов исследований можно заключить следующее, что гранулометрический состав песка является одним из решающих факторов повышения прочности и плотности газосиликатобетона.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ахметов Д.А., Ахметов А.Р., Бисенов К.А. Ячеистые бетоны (газобетон и пенобетон). – Алматы: Ғылым. 2008.-с.114.
- [2] Бисенов К.А., Касимов И.У., Тулаганова А.А., Удербаяев С.С. Легкие бетоны на основе безобжиговых цементов. Алматы: Ғылым. 2005.-с.195-196.
- [3] Боженов П.И. Технология автоклавных материалов. Учебное пособие для вузов. Л.: СИ Ленингр.отд. 1978.-с.89.
- [4] Куатбаев К.К., Ройзман П.А. Ячеистые бетоны на малокварцевом сырье. М.: 1976. – с. 42.
- [5] Виноградов Б.Н. Сырьевая база для производства силикатных бетонов. М.: 1978. –с. 38.

Моминова С.М., Копжасаров Б.Т., Ким К.Д.

**Табиғи және байытылған полиминералды шағыл құмдардың түйіршіктік құрамының кож тұтқыр материал негізіндегі газды силикат бетонның беріктіктік қасиетіне әсері**

**Түйіндеме.** Мақалада газды силикат бетонның қасиетіне әсер ететін түйіршіктік құрам қарастырылады. Автоклавта дайындалған құрылыс материалдарын өндіру барысында түйіршіктік құрамның әсерін ескеру қажеттілігі берік өнімдерді өндіруде маңызды. Осыған орай, цементтеуші байлам мен материалдың беріктігіне әсер ететін құмның түйіршіктік құрамы әсерінің деңгейін анықтау газды силикат бетон құрамын таңдаудың мақсатына айналды. Жүргізілген зерттеулердің нәтижесінде құмның түйіршіктік құрамы газды силикат бетонның беріктігі мен тығыздығын жоғарылатудағы шешуші факторлардың бірі болып табылатындығы анықталды.

**Түйін сөздер:** гранулометриялық құрам, газды силикат бетон, шағыл құм, үлесті бет, цементтеуші зат.

УДК 663.433

**S.M. Shintassova, M.M. Mayemerov, G.I. Baigazyeva**

(Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan)

E-mail: [saida\\_atu@mail.ru](mailto:saida_atu@mail.ru)

**THE MALT CYTOLYTIC ACTIVITY ESCALATION DUE TO  $\beta$ -GLUCAN CONTENT DECREASE AFFECTED BY ION-OZONE EXPLOSIVE CAVITATION**

**Abstract.** Brewing manufacturers face a large number of problems associated with an elevated  $\beta$ -glucan content. Ion-ozone explosive cavitation helps to reduce the content of  $\beta$ -glucan. According to the results of studies using a photoelectric colorimeter and using Shomodi-Nelson reagents, the ion-ozone explosive- cavitation treatment was discovered to promote an intensive increase in cytolitic activity by reducing the  $\beta$ -glucan content.

The appropriate treatment regime was set for 5 minutes, with an ozone concentration of 2 mg/m<sup>3</sup>, ions – 500±20 un/cm<sup>3</sup> and explosive cavitation of 2 atm. In this mode, the amount of  $\beta$ -glucan is reduced by 41 % compared with the control.

Keywords: malt, cytolitic activity,  $\beta$ -glucan, processing, concentration, ion-ozone explosive cavitation.

**С.М. Шинтасова, М.М. Маемеров, Г.И. Байгазиева**

(Алматынський технологічний університет, Алматы, Казахстан)

E-mail: [saida\\_atu@mail.ru](mailto:saida_atu@mail.ru)

**НАРАСТАНИЕ ЦИТОЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СОЛОДА ЗА СЧЕТ УМЕНЬШЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ  $\beta$ -ГЛЮКАНА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИОНООЗОННОЙ ВЗРЫВОКАВИТАЦИИ**

**Аннотация.** Производители пивоваренных производств сталкиваются с большим числом проблем, связанных с повышенным содержанием  $\beta$ -глобулина. Добиться уменьшения содержания  $\beta$ -глобулина можно с помощью ионоозонной взрывокавитации. По результатам проведенных исследований с помощью фотоэлектроколориметра и с использованием реактивов Шомодьи-Нельсона выявлено, что ионоозонная взрывокавитационная обработка способствует интенсивному нарастанию цитолитической активности за счет снижения содержания  $\beta$ -глобулина.

Установлен оптимальный режим обработки продолжительностью 5 минут, с концентрацией озона 2 мг/м<sup>3</sup>, ионов – 500±20 ед/см<sup>3</sup> и взрывокавитацией 2 ати. При данном режиме количество  $\beta$ -глобулина снижается на 41 % по сравнению с контролем.

**Ключевые слова:** солод, цитолитическая активность,  $\beta$ -глобулин, обработка, концентрация, ионоозонная взрывокавитация.

## ВВЕДЕНИЕ

В процессе солодоращения по мере накопления ферментов и увеличения их активности происходит ряд биохимических процессов, особая роль при этом отводится цитолизу [1]. Цитолиз – процесс растворения клеточных стенок, связанный с расщеплением гемицеллюлоз и белков. Он оказывает влияние на дробление солода, фильтрование суслу, выход экстракта, длительность осахаривания, интенсивность брожения, частично на пенообразующие свойства и фильтруемость пива, а также на его вкус. Цитолиз оценивается разностью массовых долей экстрактов тонкого и грубого помола и содержанием  $\beta$ -глюкана [2].

Разность массовых долей экстрактов тонкого и грубого помола дает информацию о пригодности солода к переработке и об ожидаемом выходе суслу в варочном цехе. Разность выходов экстракта при первом и втором затирании характеризует степень растворения зерна солода и дает одновременно представление о содержании в солоде ферментов [3].

Основной составной частью гемицеллюлоз является  $\beta$ -глюкан.  $\beta$ -глюканы определяются с целью установления цитолитического растворения солода.  $\beta$ -глюкан является растворимым компонентом пищевых волокон и наиболее высоко его содержание в ячмене.  $\beta$ -глюканы ячменя имеют то преимущество по сравнению с другими источниками растительных волокон, что они частично растворимы в воде. Обычно на долю  $\beta$ -глюкана приходится 4-7 % массы зерна, причем самая высокая его концентрация – в эндосперме. Является полисахаридом, который состоит из неразветвленных и незамещенных цепей  $\beta$ -D-глюкозильных остатков, связанных (1,3)- и (1,4)- $\beta$ -глюкозидными связями [4-7].

Во время солодоращения распад  $\beta$ -глюкана протекает по схеме:  $\beta$ -глюкан  $\rightarrow$   $\beta$ -глюкановые декстрины (с пониженной вязкостью)  $\rightarrow$  различные олигосахариды, включая целлобиозу; дальнейший ферментативный распад целлобиозы может дать глюкозу [8].

В процессе производства солода его содержание может быть искусственно понижено, но для этого требуются особые режимы замачивания и проращивания зерна. Если этот момент не будет учтен на стадии солодоращения, то впоследствии при производстве пива из солода с повышенным содержанием  $\beta$ -глюкана, технолог сталкивается с проблемой переработки высокоплотного суслу. Для фильтрации такого суслу потребуется больше времени и расходных материалов (пресс-фильтров, фильтрующих пластин). Таким образом, существенной необходимостью является контроль содержания  $\beta$ -глюкана в ячмене и солоде, поступающими на производство.

Содержание  $\beta$ -глюкана в основном зависит от сорта и условий произрастания. Кроме того, на содержание  $\beta$ -глюкана в солоде влияют технологические параметры процесса солодоращения, например, изменение технологии замачивания, степени замачивания, температуры проращивания, длительности и технологии сушки [9].

В исследованиях ученых из Чехии было обнаружено более высокое содержание  $\beta$ -глюкана у воскообразных сортов Washonubet, Wabet и Wanubet. И, наоборот, невосковые шелушенные сорта типа Kompakt и Krona имели значительно более низкое содержание  $\beta$ -глюкана. Наблюдения также показали, что на концентрации  $\beta$ -глюканов существенное влияние оказывали не только сорта, но и условия окружающей среды в периоды вегетации и взаимодействие этих двух факторов. Более высокие осадки во время цветения и период наполнения зерна, а также более низкие температуры во время цветения отрицательно влияли на концентрацию  $\beta$ -глюканов. И, наоборот, более сухая и теплая погода повысила содержание  $\beta$ -глюканов. Результаты показывают, что путем внедрения методов селекции можно повысить содержание  $\beta$ -глюкана в зерне ярового ячменя [10].

Также, ученый из Новой Зеландии Graeme Coles провел эксперименты по изучению содержания  $\beta$ -глюкана в ячмене при различных режимах подачи воды. Его исследования показали, что, когда содержание влаги снижалось до 40-50 %, скорость накопления резко возрастала у сортов Lamі и Triumph, но не у Minevra [11].

Следует отметить исследования ученых из Ирландии, которые выявили, что при проращивании ячменя при температуре от 10 до 20 °С в течение 2-6 дней происходил обширный распад растворимых пищевых волокон, особенно  $\beta$ -глюкана [12].

В первых сериях экспериментов было изучено воздействие ионоозонной взрывокавитации на амилолитическую и протеолитическую активность ферментов солода [13]. В виду того, что в опытных вариантах колебание активности амилаз и протеаз было значительным, по нашему мнению, это сделало целесообразным изучение влияния ионоозонной взрывокавитации на цитолитическую активность солода, в частности, содержание  $\beta$ -глюкана.



Озон, молекулярные и атомарные ионы способствуют повышению биологической ценности зерна, а взрывокавитация усиливает положительное влияние ионоозонной обработки на его технологические свойства. Актуальность применения данного способа заключается в том, что происходит положительное воздействие сразу трех факторов – концентрации озона, иона и взрывокавитации, которые взаимодействуют, взаимозаменяют и дополняют друг друга, что способствует экономии времени обработки [14].

Целью работы являлось изучение возможности использования ионоозонной взрывокавитации в производстве ячменного солода, позволяющей повысить его цитолитическую активность и сократить содержание  $\beta$ -глюкана в солоде.

#### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1) Светлый ячменный солод по ГОСТ 29294-2014 «Солод пивоваренный ячменный. Технические условия», полученный по классической технологии и с использованием ионоозонной взрывокавитации;

2) лабораторное сусло (контрольный и опытные образцы).

В литературе описан ряд методов определения содержания  $\beta$ -глюкана в солоде, основанных на разных принципах. Речь идет, прежде всего, о методах осаждения, ферментативном методе, флуориметрических методах и флуориметрических методах с применением проточно-инжекционного анализа. Однако, данные методы достаточно трудоемки и не адаптированы для типовых пивоваренных и солодовенных производств [9].

Исходя из этого, содержание в солоде высокомолекулярного  $\beta$ -глюкана определяли с помощью фотоэлектроколориметра и с использованием реактивов Шомодьи-Нельсона. Получали экстракт, смешивали с 96 % этанолом, образовавшийся в результате центрифугирования осадок промывали 50 % этанолом, добавляли раствор соляной кислоты и гидролизовали. По окончании гидролиза смесь охлаждали и нейтрализовали щелочью. В полученном гидролизате устанавливали концентрацию глюкозы. Измеряли оптическую плотность растворов и массовую долю  $\beta$ -глюкана (К, %) вычисляли по формуле:

$$K = a * 25 * 50 * 0,9 * 100 / (2 * 10 * 1000 * 5) = a * 1,125,$$

где а – содержание глюкозы в 2 см<sup>3</sup> гидролизата, мг; 25 – объем смеси гидролизата, см<sup>3</sup>; 50 – количество экстракта, см<sup>3</sup>; 0,9 – коэффициент пересчета глюкозы в полисахарид; 100 – коэффициент пересчета результата в %; 2 – количество гидролизата, взятого для определения, см<sup>3</sup>; 10 – объем экстракта, взятого для осаждения  $\beta$ -глюкана, см<sup>3</sup>; 1000 – коэффициент перевода мг в г; 5 – масса солодовой муки, взятой для экстракции, г. [15].

Разность экстрактов солода тонкого и грубого помола определялась по результатам двух опытов по затиранию: первый проводили с обычным солодом тонкого помола, содержащим 90 % мягкой фракции (муки), второй – с солодом грубого помола, приготовленным с помощью лабораторной мельницы системы Miag. Разность экстрактов солода тонкого и грубого помола (А, %) вычисляли по следующей формуле:

$$A = 38,7 + \frac{F+G}{4},$$

где F – воздушно-сухой экстракт суслу из солода тонкого помола (90 % муки); G – соответствующая величина для суслу из солода грубого помола, приготовленного по методике ЕВС при содержании 25 % муки [3].

Для изучения механизма влияния ионоозонной взрывокавитации на цитолитическую активность солода, были рассмотрены три фактора с соответствующими размерами (таблица 1) [16].

Таблица 1. **Факторы и их размерность**

№	Показатели	Кодированное значение	Факторы и их размерность			
			x <sub>1</sub> - соотношение концентрации озона (мг/м <sup>3</sup> ) и иона (ед/см <sup>3</sup> )		x <sub>2</sub> - взрывокавитация, ати	x <sub>3</sub> – продолжительность обработки, мин
1	Верхний уровень	+	6	100000±25	6	15
2	Нулевой уровень	0	4	50250±250	4	10
3	Нижний уровень	-	2	500±20	2	5
4	Интервал варьирования		2	49750	2	5

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Разность экстрактов солода тонкого и грубого помола характеризует степень растворения крахмальных зерен эндосперма, т.е. указывает на степень растворения солода. Этот показатель представляет собой разность массовой доли экстракта, полученного при затирании затора, содержащего 90 % муки тонкого помола, и экстракта, полученного при затирании затора, состоящего из 25 % муки [17].

В наших исследованиях разность экстрактов в сухом веществе солода тонкого и грубого помола в контрольном образце составляет 2,9 %, что отвечает требованиям II класса (таблица 2). Разность экстрактов в сухом веществе солода тонкого и грубого помола, прошедшего низкую обработку составляет от 1,2 до 1,5 %, что на 1,4-1,7 % лучше контроля. Солод, прошедший более сильную обработку имеет разность экстрактов в пределах 1,8-2,6 %, это на 0,3-1,1 % лучше контрольного образца.

Таблица 2. **Разность экстрактов в сухом веществе солода тонкого и грубого помола**

Показатель, %	Норма по ГОСТ 29294-92		Образцы солода								
			Контроль	Концентрация озона, мг/м <sup>3</sup> / иона, ед/см <sup>3</sup> / взрывокавитация, ати / продолжительность обработки, мин							
	Высокого качества	I класса		6 / 100000±25 / 6 / 15	2 / 500±20 / 6 / 15	6 / 100000±25 / 2 / 15	2 / 500±20 / 2 / 15	6 / 100000±25 / 6 / 5	2 / 500±20 / 6 / 5	6 / 100000±25 / 2 / 5	2 / 500±20 / 2 / 5
Разность экстрактов в СВ солода тонкого и грубого помола, не более	1,5	1,6-2,5	2,9	2,6	1,5	2,4	1,5	2,1	1,3	1,8	1,2

Как было сказано выше, цитолитическая активность зависит и от содержания β-глюкана. Для технологии пивоварения необходимо, чтобы произошло полное расщепление этого полисахарида [8]. Так как при солодоращении высокое содержание β-глюкана может привести к разрушению клеточных стенок, что ухудшает прорастание и уменьшает экстрактивность солода [18]. Также повышается вязкость суслу и пива, способствующая образованию мути [6].

Исследования показали, что на содержание β-глюкана в солоде повлияли технологические параметры процесса солодоращения с использованием ионноозонной взрывокавитации. Опытным путем было установлено снижение содержания β-глюкана в солоде по мере уменьшения концентрации обработки. Разница по сравнению с контролем составляет 17,2 % при высокой обработке и 41 % – при низкой (рис. 1).

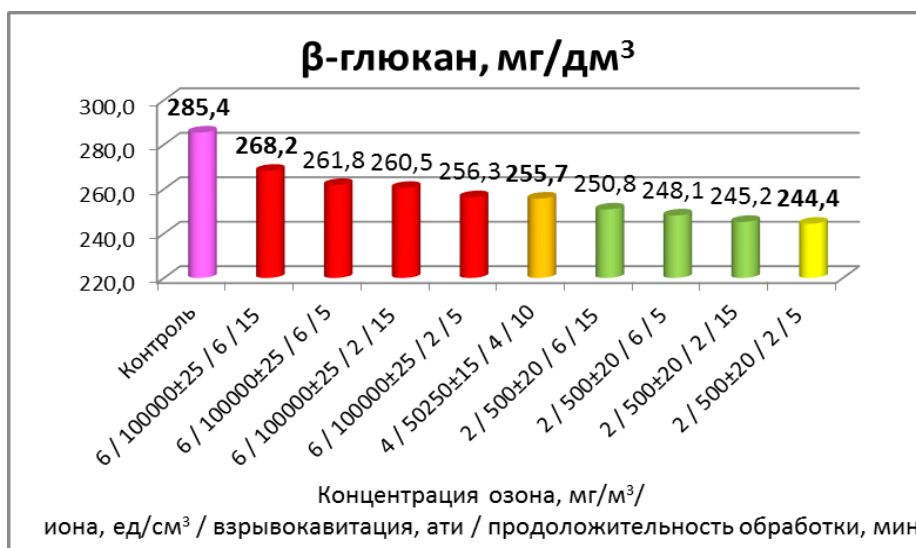


Рис. 1. Содержание β-глюкана в солоде в зависимости от режима обработки

Существует зависимость между разностью экстрактов солода тонкого и грубого помола и содержанием β-глюкана, что позволяет предсказать ход процесса осветления в варочном цехе и фильтруемость пива. Чем меньше эта разность, тем лучше растворен солод. По результатам наших исследований можно заключить, что разность экстрактов солода тонкого и грубого помола привела к ожидаемым результатам.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе полученных данных, при оценке цитолитической активности солода, можно сделать вывод о том, что такие ее важные показатели, как разность массовых долей экстрактов тонкого и грубого помола, а также β-глюканы, в частности, их процентное содержание, способствуют тому, что уровень цитолитического растворения повышается и можно применить ускоренный способ затирания (экспресс-затирание) или осветление в высоком слое.

Суммируя данные, приведенные в работе, можно сделать вывод о том, что ионоозонная взрывокавитационная обработка зерна ячменя оказывает существенное воздействие на структуру его мембран и активность цитолиза.

Обработка светлого пивоваренного ячменя и солода при низких параметрах позволяет улучшить различные показатели, при этом наилучшие результаты обеспечивает концентрация озона – 2 мг/м³, иона – 500±20 ед/см³, взрывокавитации – 2 ати, продолжительности времени – 5 минут.

Таким образом, применение ионоозонной взрывокавитации в солодовом производстве открывает новые возможности для повышения качества солода. Ионоозонная взрывокавитация в качестве инновационного подхода позволяет решить проблемы зерна с нестабильными показателями качества и открывает новые перспективы ее использования на предприятиях по хранению и переработке не только зерна ячменя, но и других различных зерновых культур.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Киселева Т.Ф., Миллер Ю.Ю., Гребенникова Ю.В., Стабровская Е.И. Возможность интенсификации солодоращения посредством использования комплекса органических кислот // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – Т. 40 – № 1. – С. 11-17.
- [2] Меледина Т.В. Сырье и вспомогательные материалы в пивоварении. – СПб.: Профессия, 2003. – 304 с.
- [3] Нарцисс Л. Технология солода. – пер. с нем. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 504 с.
- [4] Кунце В. Технология солода и пива. – пер. с нем. – СПб.: Профессия, 2001. – 838 с.
- [5] Kim H-S., Park K-G., Baek S-B., Kim J-G. Inheritance of (1-3) (1-4)-beta-D-glucan content in barley (*Hordeum vulgare* L.) // Journal of crop science and biotechnology. – 2011. – V. 14 – № 4. – P. 239-245.
- [6] Бэмфорт Ч. Новое в пивоварении. – пер. с англ. – СПб.: Профессия, 2007. – 520 с.
- [7] Wong S.C., Shirley N.J., Little A., Khoo K.H.P., Schwerdt J., Fincher G.B., Burton R.A., Mather D.E. Differential expression of the *HvCslF6* gene late in grain development may explain quantitative differences in (1,3;1,4)-β-glucan concentration in barley // Molecular breeding. – 2015. – V. 35 – № 1. – P. 1-12.
- [8] Булгаков Н. Биохимия солода и пива. – М.: Пищевая промышленность, 1965. – 488 с.

- [9] В универе.ру, учебные материалы для студентов. Изучение влияния  $\beta$ -глюкана ячменного солода на реологические показатели пивного сусла // <https://vunivere.ru/work44076>. 02.01.2019.
- [10] Ehrenbergerová J., Březinová Belcredi N., Psota V., Hrstková P., Cerkal R., Newman C.W. Changes caused by genotype and environmental conditions in beta-glucan content of spring barley for dietetically beneficial human nutrition // Plant foods for human nutrition. – 2008. – V. 63 – № 3. – P. 111-117.
- [11] Graeme Coles. Relationship of mixed-link beta-glucan accumulation to accumulation of free sugars and other glucans in the developing barley endosperm // Carlsberg research communications. – 1979. – V. 44 – № 6. – P. 439-453.
- [12] Hübner F., O'Neil T., Cashman K.D., Elke K.A. The influence of germination conditions on beta-glucan, dietary fibre and phytate during the germination of oats and barley // European food research and technology. – 2010. – V. 231 – № 1. – P. 27-35.
- [13] Шинтасова С.М., Мамеров М.М., Байгазиева Г.И., Молдакаримов А.А. Роль ионоозонных взрывокавитационных процессов в изменении амилолитической и протеолитической активности ферментов солода // Научный журнал «Вестник Алматинского технологического университета». – 2018.– № 1. – С. 37-41.
- [14] Изтаев А.И., Кулажанов Т.К., Мамеров М.М., Асангалиева Ж.Р., Изтаев Б.А., Сарлыбаева Л.М. Электрофизические методы обработки зерна на элеваторах и зерноперерабатывающих предприятиях. – Монография. – Алматы: ТОО «Издательство LEM», 2015. – 172 с.
- [15] Киселева Т.Ф., Вечтомова Е.А. Технохимический контроль производства солода. – лаб. прак. – Кемерово: КемТИПП, 2014. – 124 с.
- [16] Пат. 3035 МЮ РК. Способ производства солода с применением ионоозонных взрывокавитационных процессов / Шинтасова С.М., Мамеров М.М., Байгазиева Г.И.; опубл. 20.08.2018, Бюл. № 31. – 5 с.
- [17] Нарцисс Л. Технология солодоращения. – пер. с нем. 7-го перераб. изд. – СПб.: Профессия, 2007. – Т. 1. – 584 с.
- [18] Krstanović V., Lalić A., Kosović I., Velić N., Mastanjević Kristina, Mastanjević K. A survey of total  $\beta$ -glucan content in Croatia barley varieties // Cer. Res. Com. – 2016. – V. 44 – № 4. – P. 650-657.

Шинтасова С.М., Мамеров М.М., Байгазиева Г.И.

**Ион-озондық жарылыс кавитациясының ықпалымен құрамдағы  $\beta$ -глюканды азайту есебінен уыттың цитолитикалық белсенділігінің өсуі**

**Резюме.** Сыра қайнату өндірісінің өндірушілері құрамдағы  $\beta$ -глюканның көтерілуімен байланысты көптеген проблемаларға кезігеді. Құрамдағы  $\beta$ -глюканды азайтуға ион-озондық жарылыс кавитациясының көмегімен қол жеткізуге болады. Фотоэлектрлік колориметрдің көмегімен және Шомодьи-Нельсон реактивтерін пайдаланумен жүргізілген зерттеу нәтижесі бойынша ион-озондық жарылыс кавитациясымен өңдеу құрамдағы  $\beta$ -глюканды азайту есебінен цитолитикалық белсенділіктің екпінді өсуіне ықпал ететіні анықталды.

Өңдеудің ұзақтығы 5 минут, озон шоғырлануы  $2 \text{ мг/м}^3$ , иондар –  $500 \pm 20$  бірл./ $\text{см}^3$  және жарылыс кавитациясы 2 ати болатын оңтайлы режимі белгіленді. Бұл режимде  $\beta$ -глюкан саны бақылаумен салыстырғанда 41 %-ға азайтылады.

**Түйінді сөздер:** уыт, цитолитикалық белсенділік,  $\beta$ -глюкан, өңдеу, шоғырлану, ион-озондық жарылыс кавитациясы.

УДК 621.867.23

**D.S. Sekida, O.M. Zharkevich, D.S. Zhunuspekov**  
(Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan)  
E-mail: crazycrash007@mail.ru

**BELT CONVEYORS OUTPUT DEVELOPMENT**

**Abstract.** Conveyor transport is one of the most efficient and reliable modes of transport, providing high performance with huge cargo traffic. In an industry, conveyors are one of the main parts of the technological process. Conveyers set the pace of production, ensure its tact, contribute to an increase in labor productivity, and make it possible to resolve issues of integrated mechanization of transport and technological processes. The direct connection of conveyor machines with the overall process of production technology imposes special requirements on them in terms of strength, rigidity and the ability to work without downtime and in auto mode.

A newly designed conveyor must be sufficiently reliable, durable, economical and durable in operation. Production of conveyer must be carried out with minimal expenditure of labor and materials.

The article describes the trends in the development of modern designs of the belt conveyors.

**Key words:** belt conveyor, transportation, speed, power, capacity

Д.С. Секида, О.М. Жаркевич, Д.С. Жунуспеков  
 (Карагандинский государственный технический университет, Караганда, Казахстан)  
 E-mail: crazycrash007@mail.ru

## РАЗВИТИЕ ПРОИЗВОДСТВА ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ

**Аннотация.** Конвейерный транспорт один из наиболее эффективных и надежных видов транспорта, обеспечивающих высокую производительность при огромных грузопотоках. В промышленности конвейеры являются одной из основных частей технологического процесса, они задают темп производства, обеспечивают его такт, способствуют увеличению производительности труда, дают возможность решать вопросы комплексной механизации транспортно-технологических процессов. Прямая связь конвейерных машин с общим процессом технологии производства предъявляет к ним особые требования в отношении прочности, жесткости и способности работать без простоев и в авторежиме.

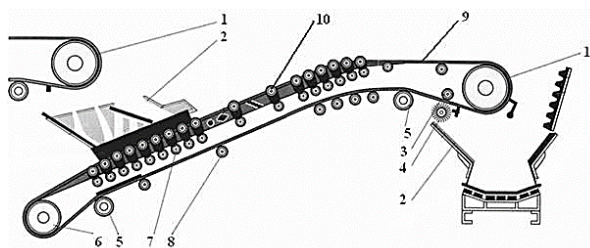
Заново проектируемый конвейер должен быть достаточно надежным, прочным, экономичным и долговечным в эксплуатации, а изготовление должно осуществляться с минимальными затратами труда и материалов.

Статья описывает тренды развития современных конструкций ленточных конвейеров.

**Ключевые слова:** ленточный конвейер, транспортировка, скорость, мощность, производительность

Ленточные конвейеры являются широко распространенным типом машин конвейерного транспорта для перемещения, в основном, насыпных грузов [1].

Ленточный конвейер – это оборудование, которое перемещает в горизонтальном и наклонном направлении насыпные и штучные грузы непрерывным потоком без остановок на загрузку и выгрузку (рисунок 1). Тяговой (и одновременно грузонесущей) частью такого конвейера является закольцованная вокруг барабанов лента [2].



1 - приводной барабан; 2 - загрузочный лоток; 3 - прижимной ролик; 4 - очистное устройство; 5 - отклоняющий барабан; 6 - конечный барабан; 7 - амортизирующие роликоопоры; 8 - нижние роликоопоры; 9 - лента; 10 - верхние роликоопоры

**Рис. 1.** Схема ленточного конвейера

Из всего парка конвейерных установок около 90 % составляют ленточные конвейеры. Наиболее широко, благодаря большой длине транспортирования (до 3 - 4 км в одном конвейере), простоте конструкции и эксплуатации, высокой производительности (до 30000 т/ч), а также высокой надежности ленточные конвейеры используются [3]:

- в производстве нерудных строительных материалов – для доставки гравия, известняка и щебня – от места добычи до мест переработки, песка – от карьеров до грузовых портов и т. д.;

- в машиностроительной отрасли – для подачи угля от приемных устройств на склады и со складов в котельные и формовочных материалов – от приемных устройств в отделения литейных цехов и участков, а также для отгрузки отработанной земли в отвалы;

- в металлургии – для транспортировки металлосодержащей руды, концентратов и извести от вагоноопрокидывателей на складе материалов и со складов на фабрику; агломерата – от фабрики в бункера доменного и сталелитейного цехов; и т. д.;

- в гидроэнергостроительстве - для транспортировки камня, песка, гравия и других строительных материалов от приемных бункеров на склады заводов или непосредственно в бетоносмесительные цехи; для транспортировки щебня, гравия, песка, глины, суглинка и крупнокусковых материалов – от карьеров до мест строительства объектов инфраструктуры;

- на электростанциях - для транспортирования топлива от приемных устройств и вагоноопрокидывателей на склады и со складов в бункера мельниц или котельных агрегатов;

- на разработках месторождений - для перемещения ископаемых руд от добывающих узлов и агрегатов до промежуточных площадок или мест переработки горных масс, а также вскрышных пород в зооотвалы;

- химической индустрии - для транспортировки сыпучих химических материалов от складов до установок в начале технологической цепочки и в самом техпроцессе, вывоза готовой продукции на хранение, а также отходов производства в места складирования;

- в бумажной индустрии - для транспортировки технологической щепы от приемных устройств в варочный цех, балансовой и дровяной древесины – из распиловочного цеха в древесно-заготовительный цех, на склад и др.

В зависимости от зоны эксплуатации ленточные конвейеры работают от односменного до четырехсменного режима и при полной рабочей неделе. Количество рабочих дней на предприятиях и заводах, где установлены ленточные конвейеры, чаще всего составляет 260, 300, 365 в год, а при работе по сезонам – не более 100. Число устанавливаемых на разных предприятиях ленточных конвейеров обусловлено технологической структурой и объемами производства и составляет от пары единиц до 200 конвейеров и более [4].

Ленточные конвейеры применяются на складах, эстакадах, на открытых площадках (с навесами, кожухами, козырьками), на открытом воздухе в карьерах, цехах, но в большинстве случаев – в галереях. Температура окружающего воздуха при установке и эксплуатации конвейеров на открытых площадках колеблется от - 50 до + 45 °С.

Главным преимуществом ленточных конвейеров является его высокая, требующаяся мощность. В отличие от автомобильного и железнодорожного видов транспорта конвейеры можно эксплуатировать при больших углах наклона трассы (до 18 - 20°). В связи с этим уменьшаются затраты на капитальные работы по подготовке трассы. Поэтому конвейерный транспорт эффективно использовать при весьма больших грузовых потоках. Применение конвейерного оборудования приводит к увеличению производительности труда при транспортировке. Этот вид транспорта легко автоматизируется. По статистике конвейерный транспорт более безопасен, чем железнодорожный и автомобильный транспорт [5].

К недостаткам ленточных конвейеров следует отнести требование строгой прямолинейности трассы в плане, малый срок службы конвейерной ленты, на долю которой приходится до половины стоимости всей конвейерной установки. Ленточный конвейер очень восприимчив к виду и характеристикам перевозимого груза. Обычными ленточными конвейерами можно перемещать грузы крупностью до 300 - 400 мм. Транспортирование липких, сильно увлажненных грузов связано с трудностями, возникающими при очистке ленты после разгрузки [4, 5].

В наше время накоплен значительный опыт проектирования и эксплуатации ленточных конвейеров.

На Курской магнитной аномалии работает мощная конвейерная линия протяженностью около 14 км, включающая 11 перегрузочных пунктов и предназначенная для транспортирования руды из карьера на обогатительную фабрику.

В штате Аризона (США) для перемещения от места добычи к пункту погрузки в железнодорожные вагоны применяют конвейерную линию длиной 10,5 км и мощностью 1260 т/ч. Она состоит из трех ставов с несколькими приводами мощностью 660 кВт. Первый став поднимает груз на высоту 229 м, второй с приводом мощностью 358 кВт стоит горизонтально, третий спускает уголь и в конце поднимает его на высоту 2,5 м.

В Марокко для транспортировки фосфатной руды на обогатительную фабрику эксплуатируют конвейер протяженностью около 15 км, состоящую из четырех конвейеров. Лента конвейера резинокордовая шириной 1200 мм [6].

Фирмой «Крупп» (Германия) изготовлена линия из 11 ленточных конвейеров общей длиной 100 км. Среднегодовая производительность конвейерной линии 10 млн. т, ширина резинокордовой ленты 1000 мм, скорость передвижения 4,5 м/с.

Разработана конвейерная линия Германия – Нидерланды протяженностью 206 км, которая транспортирует. Производительность системы 7200 т/ч, скорость ленты 5 м/с, ширина – 1400 мм [7].

Наибольшая в мировой практике производительность ленточных конвейеров достигнута на угольных разрезах Германии, где работают конвейеры с лентой шириной 3000 мм, производительностью, превышающей 30000 м<sup>3</sup>/ч разрыхленной массы [8].

Ленточные конвейеры имеют длину на один став до 10 км, скорость движения ленты до 10 м/с и ширину ленты до 3,6 м. При тяговом каркасе ленты из хлопчатобумажных тканевых прокладок длина горизонтального конвейера рекомендуется до 1000 м и высота подъема до 50 м; при каркасе из

синтетических тканей соответственно 2000 и 100 м, а резинокросовые ленты рекомендуются при длине конвейера более 2000 м и высоте подъема свыше 100 м [9].

Общими характерными трендами развития современных конструкций ленточных конвейеров, таким образом, являются:

- широкая унификация узлов и элементов конструкций на основе создания базовых блоков [10];
- блочный принцип компоновки приводных станций;
- значительное повышение скорости движения ленты (4 - 5 м/с для подземных и 8 - 10 м/с для открытых работ), мощности привода до 4000 кВт;
- возможность получения нескольких скоростей движения в одном приводе;
- применение унифицированного привода для лент различных по ширине;
- применение специальных электродвигателей с повышенным скольжением и повышенным пусковым моментом, двигателей с фазным ротором для регулировки пуска мощных конвейеров;
- создание приводов с автоматической регулировкой скорости ленты в зависимости от фактической производительности;
- разработка и опытное применение конвейеров новой конструкции с гибкими ставами и гирляндными роликотпорами, с криволинейной трассой;
- создание регулируемых приводов, обеспечивающих наряду с плавным регулированием скорости ленты ограничение динамических усилий [11];
- разработка перспективных конструкций конвейеров (конвейерных поездов, конвейеров на воздушной подушке и на магнитной подвеске) [12];
- увеличение дальности грузопереноса за счет внедрения сверхкрепких конвейерных лент [13];
- повышение производительности путем применения наиболее эффективной формы ленты для конвейеров [14];
- применение специальных лент с повышенными фрикционными свойствами для увеличения натяжного усилия в ленточных конвейерах, а также лент с обкладками, которые исключали бы прилипание частиц транспортируемых грузов;
- переход к полной автоматизации управления конвейерами для увеличения надежности и облегчения их обслуживания в тяжелых условиях эксплуатации;
- уменьшение массы и габаритных размеров конвейеров за счет принципиально новых, облегченных конструкций узлов и элементов;
- улучшение условий труда рабочего персонала и производственных рабочих, исключение потерь транспортируемого груза, изоляция от окружающей среды пылевидных, горячих, химически агрессивных грузов и т. д. [15].

Впервые, как был внедрен ленточный конвейер, предприятия промышленности различного масштаба и направления получили в свое распоряжение уникальную технику, которая в разы смогла увеличить эффективность производственных процессов.

Внедрение новых конструкций конвейеров даст возможность заводам и фирмам изготовителям конвейерного оборудования выпускать конкурентоспособные на отечественном и мировом рынке транспортные машины с высокими показателями качества и отвечающие современным требованиям к их техническому уровню.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Машины непрерывного транспорта. Конспект лекций по дисциплине. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2008. – 273 с.
- [2] Балабаев О.Т. Спецкурс конвейерного транспорта: Учебник. –Караганда: Изд-во КарГТУ, 2015. – 178 с.
- [3] Мусияченко Е.В. Расчет и проектирование машин непрерывного транспорта. Конспект лекций / Е. В. Мусияченко, В. М. Ярлыков, Н. Н. Малышева. – Красноярск: ИПК СФУ, 2009. – 234 с.
- [4] Рачков Е.В. Машины непрерывного транспорта. - М.: Альтаир-МГАВТ, 2014. – 164 с.
- [5] Соколов С. А. Металлические конструкции подъемно-транспортных машин; Политехника - М., 2017. - 424 с.
- [6] Транспортно-технологические машины: Методические указания /сост. Ю.В. Ремизович. – Омск: Си-БАДИ, 2011. – 160 с.
- [7] Галкин В.И., Шешко Е.Е. Транспортные машины. - М.: «Московский государственный горный университет», 2010. – 588 с.
- [8] Владимирская, А.Р. Транспортные машины и оборудование шахт и рудников: Учебное пособие / А.Р. Владимирская. - СПб.: Лань, 2012. - 544 с.
- [9] Подъемно-транспортные машины. Атлас конструкций; под ред. М. П. Александрова, Д. Н. Решетова. – М.: Машиностроение, 1987. – 122 с.

- [10] Сухарев, Э. А. Основы динамики подъемно-транспортных и дорожно-строительных машин: учеб. пособие / Э. А. Сухарев. - Ровно: НУВХП, 2012. - 191 с.
- [11] Daijie He, Yusong Pang, Gabriel Lodewijks. Speed control of belt conveyors during transient operation // Powder Technology, Volume 301, November 2016. - P. 622 – 631.
- [12] Boslovyak P.V., Emelyanova G.A. Optimization Mathematical Modeling of the Weight of Metal Structure of Suspended Belt Conveyor Linear Section // IFAC PapersOnLine 51-30, 2018. – P. 616 – 619.
- [13] Nur Ismalina Haris, Md Saidin Wahab, Amarul Talip. Failure Analysis of Conveyors Chain Links: A Case Study // Applied Mechanics and Materials, Volume 465-466, 2014. – P.725 – 729.
- [14] Grincova Anna, Andrejiova Miriam, Marasova Daniela, Khouri Samer. Measurement and determination of the absorbed impact energy for conveyor belts of various structures under impact loading // Measurement, Volume 131, 2019. - P. 362 - 371.
- [15] Mukalu Sandro, Masaki Lijun, Zhang Xiaohua Xia. A design approach for multiple drive belt conveyors minimizing life cycle costs // Journal of Cleaner Production, Volume 201, №10, 2018. - P. 526 – 541.

Секида Д.С., Жаркевич О.М., Жунуспеков Д.С.

#### **Таспалы конвейерлер өндірісін дамыту**

**Түйіндеме.** Конвейерлік көлік үлкен жүк ағындары кезінде жоғары өнімділікті қамтамасыз ететін көліктің ең тиімді және сенімді түрлерінің бірі. Өнеркәсіпте конвейерлер технологиялық процестің негізгі бөліктерінің бірі болып табылады, олар өндіріс қарқынын қояды, оның тактісін қамтамасыз етеді, еңбек өнімділігін арттыруға ықпал етеді. Көліктік-технологиялық процестерді кешенді механикаландыру мәселелерін шешуге мүмкіндік береді. Конвейер машиналарының өндіріс технологиясының жалпы процесімен тікелей байланысы оларға беріктікке, қатаңдыққа және тұрып қалмай және авторежимде жұмыс істеу қабілетіне қатысты ерекше талаптар қояды.

Қайта жобаланатын конвейер жеткілікті сенімді, берік, үнемді және ұзақ уақыт пайдалануда, ал дайындау еңбек пен материалдардың ең аз шығындарымен жүзеге асырылуы тиіс.

Мақала таспалы конвейерлердің қазіргі заманғы конструкцияларының даму трендтерін сипаттайды.

**Түйін сөздер:** таспалы конвейер, тасымалдау, жылдамдық, қуат, өнімділік

УДК 004.09

<sup>1,3</sup>T.S.Kartbayev, <sup>2</sup>V.A.Lakhno, A.A., <sup>3</sup>Turgynbayeva, <sup>4</sup>F.U.Malikova  
(Almaty University of Energy and Communications,  
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,  
KazNU named after Al-Farabi, Almaty, Kazakhstan)  
E-mail: kartbaev\_t@mail.ru, aliza1979@mail.ru

#### **SYSTEMS DEVELOPMENT OF DECISIONS SUPPORT ON THE EVALUATION OF INVESTMENT PROJECTS IN THE FIELD OF DIGITALIZATION OF ENTERPRISES**

**Abstract.** A review and analysis of existing software development in the field of computer-assisted decision-making (CPD) has been carried out. It has been shown that to increase the credibility of recommendations provided by analysts (decision maker-DM) in various areas, in particular, in tasks related to the evaluation of investment projects, it is necessary to make greater use of computer decision support systems (DSS). It is shown that in order to increase the efficiency of the CPD process, it is necessary to develop new models and methods for expert evaluation and, on their basis, appropriate software tools.

**Key words:** decision support, expert assessment, computer systems.

**Т.С. Картбаев, В.А. Лахно, А.А. Тургынбаева, Ф.У. Маликова**  
(Алматынський университет енергетики и связи,  
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,  
КазНУ имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан)  
E-mail: kartbaev\_t@mail.ru, aliza1979@mail.ru

#### **РАЗВИТИЕ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ОЦЕНКЕ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В СФЕРЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**Аннотация.** Выполнен обзор и анализ существующих программных разработок в области компьютерной поддержки принятия решений (ППР). Показано, что для повышения достоверности рекомендаций, предоставляемых аналитиками (лицо принимающее решение—ЛПР) в различных областях, в частности, в задачах, связанных с оценкой инвестиционных проектов, необходимо шире использовать компьютерные системы поддержки принятия решений (СППР). Показано, что для повышения эффективности процесса ППР необходима разработка новых моделей и методов экспертной оценки и на их основе соответствующего программного инструментария.

**Ключевые слова:** поддержка принятия решений, экспертная оценка, компьютерные системы.



**Введение.** Бурное развитие цифровой экономики существенно повлияло на рост спроса на современные информационные технологии (ИТ), которые дают возможность быстро и качественно обрабатывать исходную информацию в процессах анализа и решения различных проблемных задач. Информационные технологии и компьютеризированные системы способствуют повышению уровня информационного обеспечения процессов управления, и стали важным фактором успешного развития многих предприятий, регионов и государств. Сегодня одними из приоритетных [1] являются ИТ поддержки принятия решений (ППР), необходимые для управления инвестиционной деятельностью. Однако, как показывают результаты исследований многих авторов [2,3], рынок программных продуктов (ПП), позиционируемых разработчиками как системы поддержки принятия решений (СППР), продолжает развиваться, и с каждым годом расчет количество ПП, которые способствуют повышению эффективности процесса ППР, за счет автоматизации многочисленных расчетов, визуализации результатов моделирования и сравнения альтернативных подходов.

В связи со стремительным ростом применения компьютерных технологий ППР в последнее время отмечается спрос на интеллектуальные системы, предназначенные решать задачи в различных предметных областях. Среди ведущих мировых разработок на рынке СППР следует упомянуть: ExpertChoice, SuperDecisions, DecisionLens, D-Sight, Promethee и другие [4, 5].

В статье нами проведен обзор публикаций, связанных с проблематикой применения современных СППР. Следует отметить, что подобный обзор не может охватить все многообразие подобных систем. К тому же, в обзоре не рассматриваются узкопрофильные, специализированные СППР, например, такие как медицинские СППР, или СППР, используемые в диагностике неисправностей технических систем (автомобилей, компьютеров и др.).

Проведенный нами анализ существующих зарубежных ПП в области СППР, позволил предположить, что разработка отечественных СППР для оценивания инвестиционных проектов, в частности в сфере цифровизации предприятий, является актуальной и важной задачей.

**1.Цель статьи.**

Провести обзор и анализ существующих систем поддержки принятия решений, которые применяются в задачах оценивания инвестиционных проектов.

**2.Основной материал статьи. Обзор предшествующих исследований и существующих СППР.**

Общими чертами, характеризующими все архитектуры СППР, независимо от назначения, являются: наличие базы знаний (БЗ), наличие модели предметной области(контекста решения и критериев оценки), наличие интерфейса для пользователей [5, 7].

Учитывая изложенные соображения, в статье предлагается сосредоточить внимание на СППР универсального назначения. Математическое обеспечение подобных СППР включает наиболее популярные современные методики принятия решений на основе экспертных данных.

Одним из популярных и доступных по стоимости широкому кругу потребителей является СППР 1000minds [7, 8], см. рис. 1.

Chart and selected alternatives									
✓	x	?	ALTERNATIVE	x: Cost (\$K)	y: Total score	y/x ratio	Confidence in cost estimates: 1=low 2=med 3=high		Rank
●	●	●	Upgrade System Y	300	89,0%	0,296732	3		1 <sup>st</sup>
●	●	●	Inventory Information System	1000	84,3%	0,0843137	3		2 <sup>nd</sup>
●	●	●	Upgrade System Z	450	82,4%	0,183007	2		3 <sup>rd</sup>
●	●	●	Voice over IP	300	64,3%	0,214379	3		4 <sup>th</sup>
●	●	●	Electronic Staff Rosters	90	62,0%	0,688453	3		5 <sup>th</sup>
●	●	●	New Data Centres	890	58,8%	0,0660939	3		6 <sup>th</sup>
●	●	●	Storage System	450	48,6%	0,108061	1		7 <sup>th</sup>
●	●	●	Business Intelligence Project	760	44,7%	0,0588235	3		8 <sup>th</sup>
●	●	●	Upgrade System X	500	33,7%	0,067451	1		9 <sup>th</sup>
●	●	●	Server Virtualisation	250	30,6%	0,122353	2		10 <sup>th</sup>
●	●	●	Desktop Platform Refresh	110	7,1%	0,0641711	3		11 <sup>th</sup>
●	●	●	Upgrade Finance System	610	3,9%	0,0064288	2		12 <sup>th</sup>

Рис. 1. Общий вид интерфейса СППР 1000minds

Данный программный продукт можно классифицировать как инструмент для группового, в общем случае, дистанционного принятия решений по ранжированию альтернатив на основе их оценок по нескольким (двумя или более) критериям. Система не предусматривает загрузки программного обеспечения на индивидуальные рабочие места экспертов. Вся работа по поддержке принятия решений происходит в сети. В основе математического обеспечения системы лежит метод PAPRIKA [8, 9]. Метод основан на попарном ранжировании всех возможных альтернатив. В процессе работы с системой экспертам предлагают сравнивать попарно альтернативы. При этом рассматривается заданное множество. В диалоговом режиме эксперты отвечают на вопрос: «какая из двух предложенных альтернатив предпочтительнее?». Как правило, речь идет о достижении компромисса между несколькими критериями.

Например, эксперту предлагается выбрать перспективный проект для инвестирования, но весьма дорогостоящий или менее перспективный проект, но с меньшим размером необходимых инвестиционных ресурсов. Критериев может быть не два, а больше. Порядок парных сравнений выбран таким, чтобы минимизировать количество обращений к эксперту. Конечным результатом экспертизы является рейтинг и ранжирование альтернатив. На рис. 1 показан вид таблицы с ранжированием инновационных проектов в сфере информационных технологий, построенным с помощью системы 1000minds.

В программном пакете «Analysis» используется визуальный подход представления решаемой задачи. Пакет «Analysis» разработан компанией Lumina Decision Systems [11]. СППР позволяет иллюстративно представлять ситуацию, которая требует принятия решения. Для визуализации ситуации в ходе решения и ППР применяются так называемые диаграммы действий, см. рис. 2.

Следует отметить, что математическое обеспечение системы «Аналитика» основывается не на каких-то конкретных методах многокритериальной ППР, а, в основном, на статистическом инструментарии. Значительное внимание уделено разработчиками построению функций распределения вероятностей для величин, которые характеризуют альтернативы в решениях. Система «Аналитика» не предназначена для оценки в виде парных сравнений. Эксперт в процессе работы с пакетом «Аналитика» лишь задает отдельные параметры и предельные значения величин, которые оказывают влияние на достижение конечной цели экспертизы. Это достаточно удобно на практике, но накладывает ограничения на типы решаемых задач.

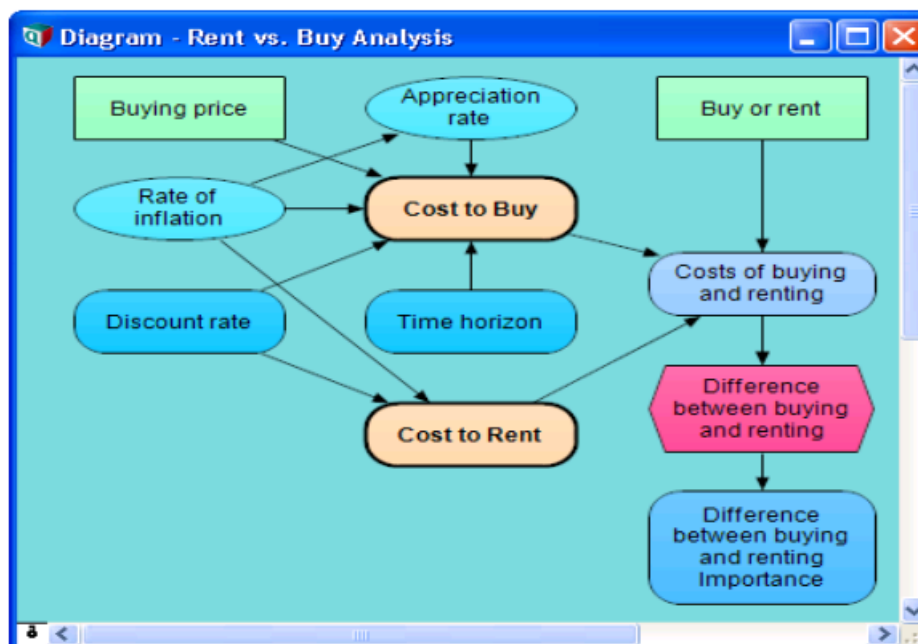


Рис. 2. Интерфейс представления ситуации в СППР «Analysis»

Достаточно дружелюбным интерфейсом и приемлемым уровнем функциональности отличается СППР «D-Sight» [8, 12]. Данный программный продукт предназначен для многокритериального оценивания (ранжирования) множества альтернатив с использованием различных шкал. В качестве

шкалы можно выбрать – количественные или/и качественные критерии оценивания, см. рис. 3. Следует отметить интересную возможность формирования экспертом собственной шкалы. Например, при выборе ответственного за реализацию того или иного проекта, можно выбирать с учетом шкалы профессиональных навыков претендента. Во время экспертизы, как и в большинстве других СППР, можно задавать значения оценок альтернатив и весов критериев. В «D-Sight» предусмотрено много средств визуализации результатов, что делает ее достаточно удобной для начинающего эксперта.

	Initial Inve...	Implement...	Daily oper...	Knowledge...	Duration	Man days	Strategy al...	Risks	Impact	SLA
Project A	434.2	301,182.2	216,600.0	33,081.7	122.0	334.0	60%	Low	Limited	Above 99,9%
Project B	288,215.8	235,051.1	416,600.0	12,342.0	106.0	113.0	10%	High	Limited	No SLA
Project C	264,010.7	368,432.1	-13,200.0	37,479.6	77.0	206.0	80%	High	High	Above 90%
Project D	194,136.8	445,573.1	486,700.0	29,045.5	113.0	338.0	100%	No risk	No impact	No SLA
Project E	194,565.8	304,182.6	-46,100.0	26,995.6	153.0	295.0	20%	High	High	Above 99%
Project F	252,042.0	375,651.3	-63,300.0	38,417.3	61.0	128.0	20%	Medium	Limited	Above 99%
Project G	332,906.9	468,657.6	-6,700.0	51,861.5	93.0	215.0	100%	Low	No impact	Above 90%
Project H	134,473.2	75,874.5	105,100.0	5,740.1	81.0	219.0	20%	Low	Limited	No SLA
Project I	56,321.0	414,580.9	365,200.0	47,672.1	121.0	164.0	60%	Medium	Limited	No SLA
Project J	59,321.5	456,126.2	-13,800.0	30,963.7	117.0	145.0	20%	High	No impact	Above 90%
Project K	156,789.0	174,453.6	57,700.0	15,522.8	101.0	235.0	40%	Low	No impact	Above 99,9%

Рис. 3. Общий вид интерфейса СППР «D-Sight»

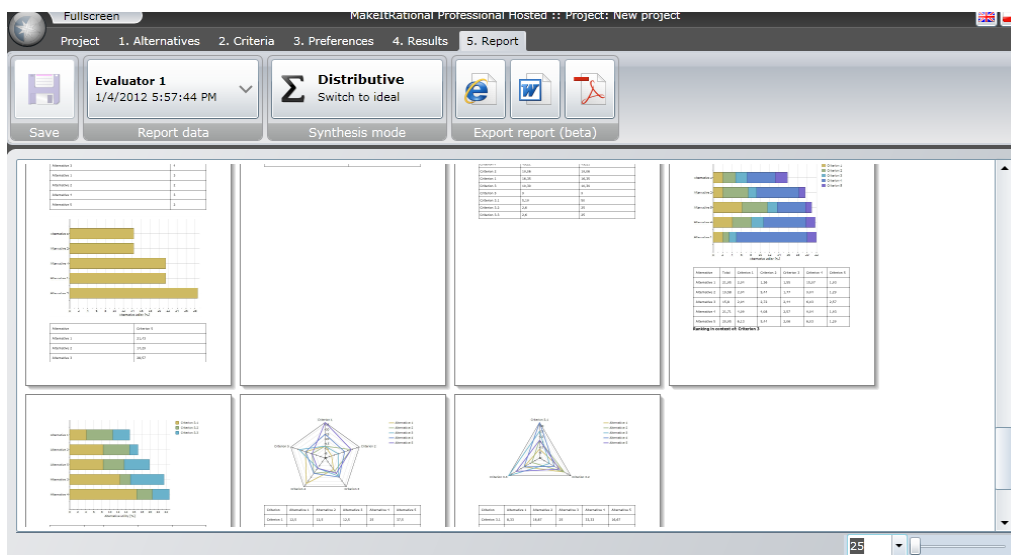


Рис. 4. Общий вид интерфейса СППР «MakeItRational»

СППР MakeItRational реализована разработчиками на основе метода анализа иерархий [13]. Система предназначена для многокритериального оценивания и выбора альтернатив из заданного множества. Сначала вводится множество альтернатив, затем - глобальный критерий оценки. После чего задается иерархия подкритериев. В системе отображаются как негативные, так и позитивные воздействия (например, расходы и прибыль при реализации инвестиционного проекта). На следующем этапе альтернативы оцениваются по различным критериям. Отметим, что оценки можно зада-

## • Технические науки

вать непосредственно, в виде численных значений, или же в виде парных сравнений в шкале Саати [8]. Конечным результатом экспертизы является рейтинг альтернатив по глобальным критериям. Вид интерфейса данной СППР показан на рис.4. В системе предусмотрены возможности экспорта результатов в MS Excel и автоматизация формирования документа с заключительным отчетом о результатах экспертизы.

СППР «MindDecider» [14], как и другие рассмотренные в данной статье системы, предназначена для многокритериального оценивания и построения рейтингов альтернатив. Экспертиза делится на несколько этапов, каждому из которых соответствует определенный режим работы: планирование и дизайн, оценка, анализ по времени, формирование отчета. Сначала формируется главная цель, затем - множество альтернатив, критерии оценки и диапазоны значений оценок. Далее проводится оценка альтернатив по критериям. После агрегирования оценок альтернатив по отдельным критериям строится их глобальный рейтинг (выраженный в процентах), и глобальное ранжирование. Пример интерфейса системы приведена на рис. 5.

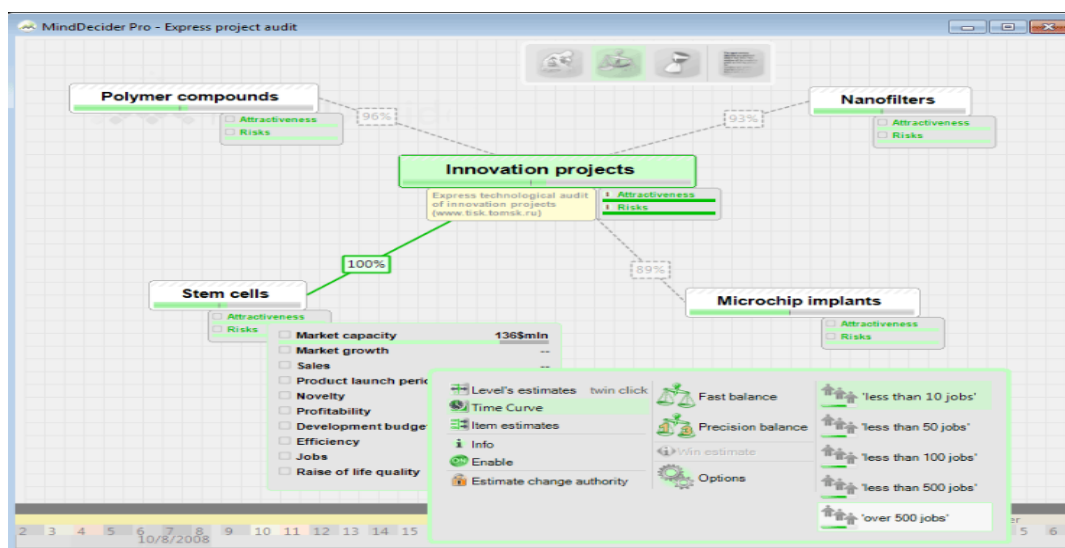


Рис. 5.Общий вид интерфейса СППР «MindDecider»

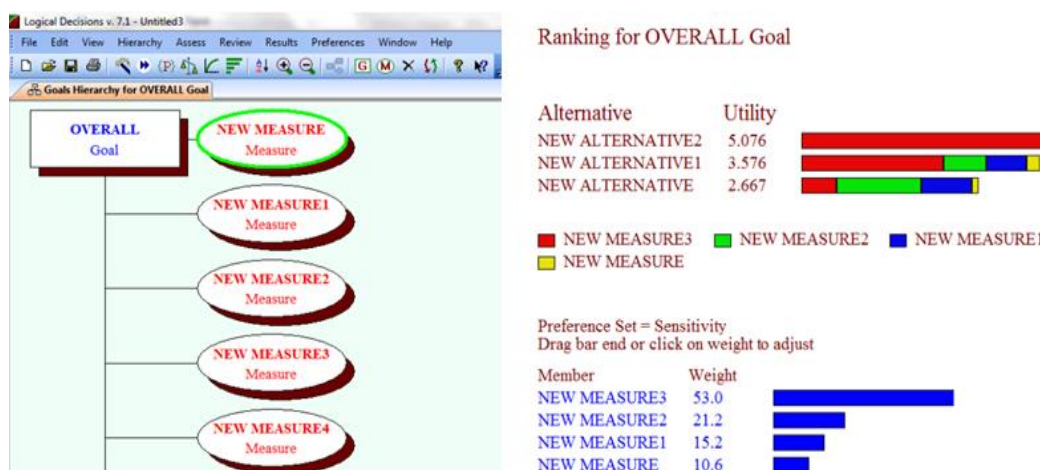


Рис. 6.Общий вид интерфейса СППР «Logical Decisions» и результатов проведенной экспертизы

СППР «Logical Decisions» [15] использует инструментальный метода анализа иерархий. Система предназначена для многокритериальной оценки альтернатив из заданного множества. Веса критериев задаются путем непосредственного оценивания, или парных сравнений для произвольной шкалы. Альтернативы оцениваются попарно, опять-таки, в произвольной шкале. На рис. 6 показан, вид иерархии критериев и ранжирование 3-х альтернатив по этим критериям в процессе поддержки принятия решения.

**Выводы.**

Хотя приведенный в данном разделе статьи обзор нельзя считать исчерпывающим, он иллюстрирует наиболее общие тенденции в развитии современных СППР.

На основе выполненного обзора существующих СППР, в частности, в задачах оценивания инвестиционной привлекательности проектов, можно сделать вывод, что неотъемлемыми требованиями к организации работы с экспертами в современных СППР является групповая экспертиза. Возможность сопровождения системы (ее базы знаний - БЗ) во время длительной эксплуатации, с предоставлением экспертам возможности менять свои предыдущие суждения, к сожалению в настоящее время, разработчиками СППР практически не предоставляется [13-15]. Учитывая вышеупомянутые ограничения имеющихся технологий ППР и СППР, возникает актуальная задача разработки инструментария поддержки принятия решений различного назначения, что позволит более эффективно и правильно получать, толковать, обрабатывать, согласовывать и агрегировать индивидуальные экспертные оценки.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] <http://economy.gov.kz/ru/pages/gosudarstvennaya-programma-cifrovoy-kazahstan-na-2017-2020-goda>
- [2] Lee, In, and Kyoochun Lee. "The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises." *Business Horizons* 58.4 (2015): pp. 431-440.
- [3] Tjader, Youxu, et al. "Firm-level outsourcing decision making: A balanced scorecard-based analytic network process model." *International Journal of Production Economics* 147 (2014): pp. 614-623.
- [4] Huang, C. Derrick, Ravi S. Behara, and Jahyun Goo. "Optimal information security investment in a Healthcare Information Exchange: An economic analysis." *Decision Support Systems* 61 (2014): pp. 1-11.
- [5] Power D.J. *Decision support systems: concepts and resources for managers / D.J.Power.* – Westport, Conn.: Quorum Books, 2002. – 251p.
- [6] Fielder, A., Panaousis, E., Malacaria, P., Hankin, C., & Smeraldi, F. (2016). Decision support approaches for cyber security investment. *Decision Support Systems*, 86, 13-23.
- [7] Mareschal B. "PROMETHEE Methods", Ch 5 in: Figueira, J, Greco, S. and Ehrgott, M., eds, *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys Series / B.Mareschal, J.-P.Brans*, New York: Springer, – 2005.
- [8] Sauter, V. L. (2014). *Decision support systems for business intelligence*. John Wiley & Sons.
- [9] Sharda, R., Delen, D., Turban, E., Aronson, J., & Liang, T. P. (2014). *Business Intelligence and Analytics: Systems for Decision Support-(Required)*. London: Prentice Hall.
- [10] 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*, Vol. 860, pp. 162-171. DOI: 10.1007/978-3-030-00184-1\_15
- [11] Ngai, E. W. T., Peng, S., Alexander, P., & Moon, K. K. (2014). Decision support and intelligent systems in the textile and apparel supply chain: An academic review of research articles. *Expert Systems with Applications*, 41(1), 81-91.
- [12] Kumar, A., Sah, B., Singh, A. R., Deng, Y., He, X., Kumar, P., & Bansal, R. C. (2017). A review of multi criteria decision making (MCDM) towards sustainable renewable energy development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69, 596-609.
- [13] de Brito, M. M., & Evers, M. (2016). Multi-criteria decision-making for flood risk management: a survey of the current state of the art. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 16(4), 1019-1033.
- [14] Weistroffer, H. R., & Li, Y. (2016). Multiple criteria decision analysis software. In *Multiple Criteria Decision Analysis* (pp. 1301-1341). Springer, New York, NY.
- [15] Thirumalai, C., & Senthilkumar, M. (2017, February). An Assessment Framework of Intuitionistic Fuzzy Network for C2B Decision Making. In *Electronics and Communication Systems (ICECS), 2017 4th International Conference on* (pp. 164-167). IEEE.
- [16] Akhmetov, B., Kydyralina, L., Lakhno, V., Mohylnyi, G., Akhmetova, J., Tashimova, A. (2018). Model for a computer decision support system on mutual investment in the cybersecurity of educational institutions, *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, Vol. 9, Iss. 10, pp. 1114-1122.
- [17] Lakhno, V., Akhmetov, B., Malyukov, V., Kartbaev, T. (2018). Modeling of the decision-making procedure for financing of cyber security means of cloud services by the medium of a bilinear multistep quality game with several terminal surfaces, *International Journal of Electronics and Telecommunications*, Vol. 64, Iss. 4, pp. 467-472.

Қартбаев Т.С., Лакно В.А., Тұрғынбаева А.А., Маликова Ф.Ө.

**Кәсіпорындарды цифрландыру саласындағы инвестициялық жобаларды бағалау бойынша шешімдер қабылдауды қолдау жүйелерін дамыту**

**Түйіндеме.** Бұл мақалада компьютерлік шешімдерді қабылдау саласында қолданыстағы бағдарламалық камсыздандыруды талдау және шолу жүргізілді. Талдаушылардың (шешім қабылдаушы) әр түрлі салалардағы, атап айтқанда, инвестициялық жобаларды бағалауға қатысты тапсырмаларында ұсынылған ұсынымдардың сенімділігін арттыру үшін компьютерлік шешімдерді қабылдауды қолдау жүйесін (ШҚҚЖ) кеңінен қолдану қажет кені көрсетілген. ШҚҚ үдерісінің тиімділігін арттыру үшін сараптамалық бағалаудың жаңа модельдері мен әдістерін және олардың негізінде тиісті бағдарламалық құралдарды әзірлеу қажеттігі көрсетілген.

**Түйін сөздер:** шешім қабылдауды қолдау, сараптамалық бағалау, компьютерлік жүйелер.

УДК 614.8:340

**K.T. Zhantasov<sup>1</sup>, D.M. Zhantasova<sup>1</sup>, B.A. Ismailov<sup>1</sup>, V.A. Karpenko<sup>2</sup>, A. Zh. Ziyat<sup>1</sup>**

(<sup>1</sup>South-Kazakhstan State University named after M. Aueyzov, Shymkent, Republic of Kazakhstan,

<sup>2</sup>LLP KazNIHIMPROEKT)

E-mail: baxa-86\_8@mail.ru

### **POTENTIALLY - HAZARDOUS FACILITIES AND THEIR IMPACT ON THE SAFETY OF THE INDUSTRIAL REGION**

**Abstract.** The negative factors of technological and natural character pose a real threat to ensure stable social, economic, and environmental development of the States and to improve the quality of people living on the planet Earth. The article provides information on the negative impact of these factors on the national security and emergencies at hazardous production facilities and personal examples. Information of the most distinctive violations leading to industries hazards that require improvement and safety management systems stimulation is provided, allowing improving the economic and environmental condition of the enterprises and the State, while reducing the amount of man-made wastes generated as receiving of the target products.

An important task of coordination in the distributed security systems is indicated to be its management with the identification of the potentially dangerous facilities, where the environmental component of life safety is in the chemical process. According to the data and signs of losses provided, the industrial facilities can be attributed to the hazardous facilities with the determination of the total threshold quantity of hazardous substances of the same category.

A rational attitude to the storage and use of man-made and hazardous substances is concluded to ensure the safety of life and improve the economic and environmental performances of the enterprise.

**Key words:** safety, facilities, potentially hazardous facilities, production conditions, industrial wastes, man-made wastes, fertilizer mixtures, mineral fertilizers.

**К.Т. Жантасов<sup>1</sup>, Д.М. Жантасова<sup>1</sup>, Б.А. Исмаилов<sup>1</sup>, В.А. Карпенко<sup>2</sup>, А.Ж. Зият<sup>1</sup>**

(<sup>1</sup>Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Республика Казахстан,

E-mail: baxa-86\_8@mail.ru

<sup>2</sup>ТОО «КазНИИХИМПРОЕКТ»)

### **ПОТЕНЦИАЛЬНО – ОПАСНЫЕ ОБЪЕКТЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА**

**Аннотация.** Негативные факторы технологического и природного характера представляют реальную угрозу обеспечения стабильного социально экономического и экологического развития государств и повышения качества жизни людей населяющих планету Земля. В статье приведены сведения по негативному влиянию указанных факторов на национальную безопасность и аварийные ситуации на опасных производственных объектах и частные примеры. Представлены сведения о наиболее характерных нарушениях приводящих к опасностям на производствах, которые требует улучшения и интенсификации средств и систем управления безопасностью, позволяющей повысить экономическое и экологическое состояние предприятий и государства, с одновременным снижением количества техногенных отходов образующихся при получении целевых продуктов.

Указывается, что важной задачей координации и распределенных системах безопасности является ее управление с определением потенциально-опасных объектов, где экологическая составляющая безопасности жизнедеятельности в химическом процессе. Приведены сведения и признаки по потерям можно отнести промышленные предприятия к опасным объектам с определением суммарного порогового количества опасных веществ одной и той же категории.

Сделан вывод о том, что рациональные отношение к хранению и применению техногенных и опасных веществ обеспечит безопасность жизнедеятельности и улучшений экономической и экологической показателей предприятия.

**Ключевые слова:** безопасность, объекты, потенциально опасные объекты, производственные условия, техногенные отходы, тукосмеси, минеральные удобрения.

В современных условиях негативные факторы техногенного, природного и террористического характера представляют собой одну из наиболее реальных угроз для обеспечения стабильного социально-экономического и экологического развития любого государства, повышения качества жизни населения, укрепления национальной безопасности и международного престижа Республика Казах-

стан. Негативное воздействие этих факторов становится все более масштабным и оказывает ощутимые влияния на социально-экономическое и развитие с экологическое обеспечением национальной безопасности любого государства земного шара.

Государственными органами исполнительной власти и органами субъектов государственной власти, местными акиматами управления проводятся мероприятия по улучшению производственных условий труда и безопасности жизнедеятельности населения, с обеспечением защищенности потенциально опасных объектов, улучшению инфраструктуру от угроз техногенного, природного и технологического характера.

С начала 2016 года на опасных производственных объектах в Республике Казахстан произошло 13 аварий. Об этом стало известно в ходе брифинга в МИР РК, на котором участники обсуждали вопросы обеспечения промышленной безопасности [1].

Проверки, организованные на опасных производственных объектах показывают, что владельцами предприятий малого и среднего бизнеса не в полной мере уделяется внимание вопросам обеспечения безопасности, вследствие чего происходят аварийные ситуации. На опасных производственных объектах допущены 13 аварий. Одна из них - авария на шахте "Саранская", которая произошла 10 ноября 2017 года. По результатам расследования производственной аварии установлена 100-процентная вина работодателя. Как отмечено в ведомстве, Комитет индустриального развития и промышленной безопасности МИР РК осуществляет государственный надзор на 9 160 предприятиях, имеющих опасные производственные объекты, что составляет 4,5 % от общего количества.

В 2016 году в соответствии с графиком проверок, осуществление проверок по особому порядку 1 426 предприятий, что составляет 16 процентов подлежащих проверке предприятия, относятся к высокой степени риска. По итогам проверок выявлены 56406 нарушений норм требований промышленной безопасности. При этом, за нарушение требований промышленной безопасности, по решению судебных органов Казахстана были приостановлены работы на 302 опасных производственных объектах. К наиболее характерным нарушениям относятся:

- эксплуатация неисправного оборудования и технических устройств, отработавших установленные нормативные сроки;
- низкая квалификация персонала;
- несвоевременное выполнение сводного плана по технологическому перевооружению;
- низкая технологическая дисциплина, слабый контроль за выполнение работ на опасных производственных объектах:

Полная или частичная ликвидация указанных нарушений является весьма актуальной:

В настоящее время идет изменение приоритетов в обеспечении безопасности от традиционных - защиты жизни и имущества, к новым - обеспечению устойчивости и непрерывности основных бизнес - процессов в организациях и на объектах.

В распределенных системах управления безопасностью основное внимание уделяется решению глобальной задачи множеством взаимодействующих узлов. При этом, обязательно имеется глобальная концептуальная модель процесса обеспечения безопасности объекта, глобальный критерий успеха, распределяются ресурсы, знания, управление и ответственность. Основным направлением согласованного взаимодействия распределенных систем управления безопасностью с открытой архитектурой остается координация. Координирование означает воздействие на подсистемы нижнего уровня, которое заставляет их действовать согласовано.

В общем случае, координация осуществляется для достижения общей цели функционирования и выполняется вышестоящей системой. Успехи в решении этой задачи оцениваются по отношению к общей, глобальной цели, поставленной перед системой, так как распределенные системы действуют для достижения своих собственных индивидуальных целей.

Современные системы безопасности – сложные комплексы, состоящие из сотен и тысяч компонентов самых разных производителей, расположенных на больших территориях. Интеграция всей имеющейся техники в единую систему до сих пор решалась лишь частично, в рамках отдельных специализированных подсистем: охранной, пожарной, контроля и доступа или видеонаблюдения. При этом давно назрела необходимость не только организации эффективного взаимодействия компонентов, формально принадлежащих какой-либо из указанных специализированных подсистем, но и организовать гибкий и оперативный доступ самых разных служб к интересующей их информации непосредственно на рабочих местах.

Необходимость оценки эффективности управления комплексными системами безопасности возникает в связи с широким распространением в коммерческих и государственных структурах интегрированных систем технической безопасности и жизнеобеспечения.

Следует отметить, что важнейшей задачей координации в распределенных системах безопасности является ее управление, где начальным звеном управления региональной системы служит объект, среди которых выделяется класс потенциально опасных производств на которых, экологическая составляющая безопасности жизнедеятельности технологического процесса становится актуальной проблемой.

Актуальность разработки принципов управления безопасностью промышленных предприятий вызвана появлением новых технологий, в том числе утилизации техногенного отходов различных производств и в частности значительных объемов фосфогипса при получении экстракционной фосфорит кислоты, а также обеспечения жизнедеятельностью обслуживающего персонала объектов связанного с окружающей средой.

Поэтому, для развития АПК, и экологических улучшения экономических показателей различных предприятий огромное значения имеет применение минеральных удобрений, так как они повышают съем и качество не только зерно бобовых, но и овощных культур.

Истощение пахотных и пастбищных земель, из-за эксплуатации без применения удобрений и их засоленности привело к резкому снижению съема урожая сельскохозяйственные культуры.

Выпускаемые минеральные удобрения и тукосмеси не позволяют частным фермерам в полной мере их применять из-за повышения кислотности почв отсутствия у аграрников излишка финансовых средств в связи с изменениями в весенне-осенние времена года на топливно - энергетические средства.

Кроме этого, одной из основных задач поднятия экономики страны является увеличение выпуска удобрений тукосмеси по более пониженным ценам и строительство мини цехов близкого расположенных к АПК. Во многих районах областей Республики Казахстан имеются еще оставшиеся с советских времени базы «Химснаб» по минеральным удобрениям, которые в настоящее время не соответствуют требованиям по пожаро - и взрывоопасности, а также по принципами безопасности жизнедеятельности.

В свете решения этого вопроса под потенциально опасными объектами, приводящих к критическим условиям безопасности жизнедеятельности, подразумеваются предприятия химической промышленности и пожаро-взрывоопасные объекты, на которых используются или находятся в складских помещениях и отвалохранилищах значительные количества энергетических материалов, используемые при производстве и переработке минеральных удобрений в виде тукосмесей, а также хранении пожаро - взрывоопасных сырьевых материалов.

К потенциально опасным объектам можно отнести также районы возможных чрезвычайных ситуации.

Находящиеся в вышеуказанных объектах или районах потенциал опасности может создать угрозу причинения здоровью людей, фауне и флоре окружающей среды, объектам техносферы. Они могут реализоваться в форме опасных событий в виде газовых выбросов, опасных твердых и газообразных веществ, образующихся в процессе производства тукосмеси на основе техногенных, в частности фосфогипса и пыли циклонов и фильтров аглопроизводства, углеродсодержащих сырьевых ресурсов, которые являются источниками возможных техногенных ЧС на потенциально опасном объекте.

В связи с законом Республики Казахстан «О промышленной безопасности производственных объектов» категориям опасных объектов относятся предприятия где используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются и уничтожаются опасные вещества, к которым можно отнести [2-7]:

- воспламеняющиеся – газы, которые при нормальном давлении и в смеси с воздухом становятся воспламеняющимися и температура их кипения при нормальном давлении составляет 20<sup>0</sup>С или ниже;
- окисляющие вещества поддерживающие горение и вызывающие воспламенение или способствующие воспламенению других веществ в результате окислительно - восстановительной экзотермической реакции;
- горючие вещества – жидкости, газы, пыли, способные самовозгораться или возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления;
- взрывчатые вещества, которые при определенных видах внешнего воздействия способны на очень быстрое само распространяющееся химическое превращение с выделением тепла и образованием газов;



- токсичные вещества, которые способны при воздействии на живые организмы приводить к их гибели и имеющие следующие характеристики  
 средней смертельной дозы при: введении в желудок от 15 до 200 миллиграммов на килограмм включительно;

- высокотоксичные вещества, способные при воздействии на живые организмы приводить к их гибели; средняя смертельная доза составляет при:

- вещества, представляющие опасность для окружающей природной среды;

- вещества, обладающие в водной среде показателями острой токсичности смертельной дозе.

Кроме этого, под потенциально опасными объектами можно понимать производственные объекты, [7-8] при эксплуатации которых:

- используются оборудования, работающие под давлением более 0,07 МПа или при температуре нагрева воды более 115<sup>0</sup>С;

- применяются стационарно установленные грузоподъемные механизмы, эскалаторы, канатные дороги, фуникулеры;

- получают расплавы черных и цветных металлов и сплавы на основе этих расплавов;

- проводятся горные работы по обогащению полезных ископаемых и работы в подземных условиях.

Если количество опасных веществ на опасном производственном объекте превышает предельно допустимые количества, то для этих объектов в обязательном порядке необходима разработка декларации промышленной безопасности.

Следует отметить, что:

- при расстоянии между опасными производственными объектами менее 500 м, учитывается суммарное количество опасного вещества.

- при применении нескольких видов опасных веществ одной и той же категории превышение суммарного порогового количества определяется условием[9]:

$$\sum_{i=1}^n \frac{m(i)}{M(i)} \geq 1,$$

где:  $i$  – номер вещества,

$m(i)$  - количество применяемого вещества,

$M(i)$  - предельное количество вещества в соответствии с настоящим перечнем для всех  $i$  от 1 до  $n$ ;

- предельно - допустимое количество опасных веществ, наличие которых на опасном производственном объекте является основанием для обязательной разработки декларации промышленной безопасности.

Вышеуказанные данные позволяют сделать вывод о том, что рациональное отношение к хранению и применению техногенных, пожаровзрывоопасных веществ обеспечит безопасность жизнедеятельности при всестороннем рассмотрении их физико – химических свойств с организацией систем защиты и управления на потенциально – опасных объектах, а также улучшений экономические и экологические показатели за счет использования и утилизации отходов различных производств.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] Today.kz.

[2] Закон РК от 03 апреля 2002 года №314-ІІ

[3] Айвоян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика: исследование зависимостей. - М.: Финансы и статистика, 1985. - 489 с.

[4] Акимов В.А., Повиков В.Д., Радаев П.П. Природные и техногенные чрезвычайные ситуации: опасности, угрозы, риски. — М.: ЗАО ФИД «Деловой экспресс», Москва. 2001. - 344 с.

[5] ГОСТ Р 22.3.05-96. М. – 1996. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. «Жизнеобеспечение населения в чрезвычайных ситуациях. Общие требования».

[6] ГОСТ Р 22.3.01-94. М. – 1994. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. «Жизнеобеспечение населения в чрезвычайных ситуациях. Общие требования».

[7] Чрезвычайные ситуации мирного и военного времени (<http://www.bgsha.com/ru/education/libarary/fulltext/bgd/R3-1.htm>)

[8] Официальный сайт МЧС РК (<http://www.emer.kz/>)

[9] Третьяков П.А. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук «Управление безопасностью потенциально опасных объектов». Инжевск 2006г.181 с.

Жантасов К.Т., Жантасова Д.М., Исмаилов Б.А., Карпенко В.А., Зият А.Ж.

**Потенциалды-қауіпті нысандар және олардың өмірге қауіпсіз өндірістік аймаққа әсері**

**Түйіндеме.** Технологиялық және табиғи сипаттағы теріс факторлар мемлекеттердің тұрақты әлеуметтік-экономикалық және экологиялық дамуын қамтамасыз ету және жер шарындағы тұрғындардың өмір сүру сапасын жақсарту үшін нақты қауіп тудырады. Мақалада қауіпті өндірістік объектілерде ұлттық қауіпсіздік пен төтенше жағдайларға және жеке мысалдарға осы факторлардың жағымсыз әсері туралы ақпарат берілді. Кәсіпорындар мен мемлекеттің экономикалық және экологиялық жай-күйін жақсартуға мүмкіндік беретін, қауіпсіздік техникасы мен жүйелерін жетілдіру мен күшейтуді талап ететін салаларда қауіп-қатерлерге әкелетін ең сипаттамалық бұзушылықтар туралы ақпаратты ұсынады, сонымен қатар мақсатты өнімдерді алғаннан кейін өндірілген техногенді қалдықтардың мөлшерін азайтады.

Қауіпсіздік жүйелерін үйлестірудің және таратудың маңызды міндеті химиялық процеске өмірлік қауіпсіздіктің экологиялық компоненті болатын ықтимал қауіпті объектілерді анықтаумен басқару болып табылады. Ақпараттар мен зиянды белгілер өнеркәсіптік кәсіпорындарға зиянды объектілерге сол санаттағы зиянды заттардың жалпы шекті мөлшерін анықтау арқылы жатқызылуы мүмкін.

Жасанды және зиянды заттардың сақталуы мен қолданылуына ұтымды көзқарас өмірдің сақталуын қамтамасыз етеді және кәсіпорынның экономикалық және экологиялық көрсеткіштерін жақсартады деген қорытынды жасалды.

**Түйін сөздер:** қауіпсіздік, нысандар, ықтимал қауіпті объектілер, өндіріс жағдайлары, өнеркәсіптік қалдықтар, тыңайтқыш қоспалары, минералдық тыңайтқыштар.

УДК 005; 51-74

**M.B.Satybaldin, N.Y.Zhambyl, N.N. Omashev**

(Al-Farabi Kazakh National university, Almaty, Kazakhstan)

E-mail: medet-satybaldin@mail.ru, nargizzhambyl@gmail.com

**SYNCHRONIZATION OF RELATED CHAOTIC OSCILLATORS AND ITS APPLICATION FOR INFORMATION SECURITY**

**Abstract.** This paper deals with the study of synchronization of chaotic oscillators, generalized and nonlinear coupled, as well as the possibility of their use in the protection of information in radio and telecommunications systems. It is shown that the synchronization of interacting chaotic systems can be provided by parametric periodic action on the communication elements. This effect is demonstrated for coupled non-autonomous oscillators and for coupled self-oscillating systems. The possibility of synchronization of a chain of identical chaotic oscillators with periodic boundary conditions is investigated.

**Keywords:** synchronization, chaos oscillators, phase synchronization, phase coherence, dynamic chaos.

**М.Б.Сатыбалдин, Н.Е. Жамбыл, Н.Н. Омашев**

(Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

medet-satybaldin@mail.ru, nargizzhambyl@gmail.com)

**БАЙЛАНЫСҚАН ХАОСТЫҚ ОСЦИЛЛЯТОРЛАРДЫҢ СИНХРОНИЗАЦИЯСЫ ЖӘНЕ ОНЫҢ АҚПАРАТ ҚОРҒАУДА ПАЙДАЛАНУ**

**Аңдатпа.** Берілген жұмыста жалпыланған және бейсызық түрде байланысқан хаостық осцилляторлардың синхронизациясын зерттеу мәселелері мен оларды радиотехникалық және телекоммуникациялық жүйелерде ақпараттарды қорғауда қолдану мүмкіндіктері қарастырылған. Өзара әсерлесуші хаостық жүйелердің синхронизациясы байланыстың элементтеріне параметрлік периодты түрде әсер ету арқылы қамтамасыз етіле алатындығы көрсетілген. Аталған құбылыс байланысқан автономдық емес хаостық осцилляторлар үшін анықталды. Сонымен қатар, периодтық шектік шартқа ие бірдей хаостық осцилляторлар тізбектерінде синхронизацияның пайда болу мүмкіндігі зерттелді.

**Кілт сөздер:** синхронизация, хаос осцилляторлары, фазалық синхронизация, фазалық когеренттілік, динамикалық хаос.

Автотербелістер синхронизациясы – жаратылыстанудағы фундаменталды құбылыстардың бірі болып табылады, ол физикалық табиғаты әртүрлі жүйелерге тән. Синхронизация деп автотербелмелі жүйелер ритмдерінің бір бірінің арасындағы әлсіз байланыстардың әсерінен сәйкестену процессін айтады. Аталған құбылысты ең алғаш рет голландиялық физик Христиан Гюйгенс 1665 жылы анықтаған [1-3]. Радиофизикалық жүйелердің бейсызық тербелістерінің синхронизациясы мәселелеріне

деген қызығушылық соңғы жылдары айтарлықтай артып келеді. Бұл, ең алдымен, байланысқан бейсызық тербелмелі жүйелердің үлкен ансамбльдерінің синхронизация динамикасы тудыратын мәселелерге байланысты болып табылады [4-6].

Байланысқан бейсызық немесе хаостық осцилляторлар жүйелері әртүрлі ғылым салаларында кездеседі: физика, биология, нейрофизиология, химияда, электроника, радиотехника, ақпарат тарату және қорғау жүйелері [7].

Жалпы, өзара әсерлесетін бейсызық жүйелер үшін байланыс параметрлерінің белгілі бір мәндерінде хаостық тербелістердің синхронизация құбылысы байқалатындығы белгілі. Сонымен қатар, хаостық динамикалық жүйелер арасында әртүрлі хаосты басқару әдістерін қолдана отырып синхронизация режимін қамтамасыз етуге болады. Әдетте, бұл әдістерде пропорционал кері байланыс қолданылады, оның көмегімен ұқсас жүйелердің бірлескен фазалық кеңістігінің симметриялық бөлігінде орналасқан хаостық фазалық траекторияның стабилизациясына қол жеткізуге болады.

Динамикалық хаос теориясы мен хаостық синхронизацияның дамуымен байланысқан динамикалық жүйелердің хаостық синхрондық қозғалыстың бірнеше типтері анықталды: толық синхронизация, кешігу болатын синхронизация, жалпыланған синхронизация, жиіліктік синхронизация, фазалық синхронизация және бөлшектік синхронизация.

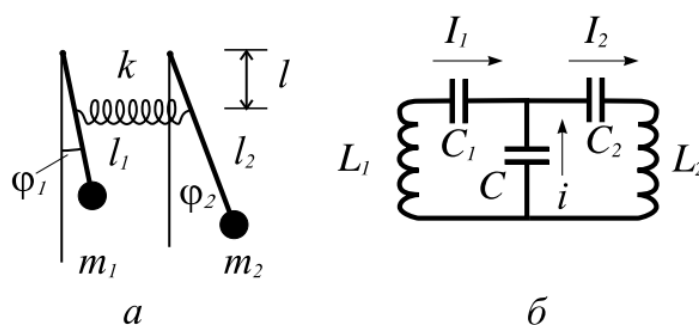
Толық синхронизация режимі өзара әсерлесуші жүйелер күйлерінің нақты беттесуін білдіреді.

Екі бірдей бағытталған байланысқан хаостық осцилляторлардың жалпыланған синхронизация режимі өтпелі процесс аяқталғаннан кейін басыңқы жүйе мен бағыныңқы жүйелердің күйлерінің арасында белгілі бір функционалдық қатынас орнайтын жағдай болып табылады.

Фазалық синхронизация хаостық сигналдардың фазаларының өзара байланысып, олардың амплитудаларының байланыспай, хаосты түрде қозғалуын білдіреді [7-8].

#### Зерттеудің теориялық және тәжірибелік негіздері

Байланысқан осциллятордың ең қарапайым мысалы ретінде бір бірімен пружина арқылы байланысатын екі математикалық маятниктен тұратын механикалық жүйені немесе төмендегі суретте көрсетілгендей индуктивтілік пен конденсаторлардан тұратын тізбекті қарастыруға болады.



**1-сурет.** Байланысқан осцилляторлардың қарапайым мысалдары

Математикалық маятниктердің тербеліс теңдеулерін төмендегідей жазуға болады:

$$\begin{aligned} m_1 l_1^2 \ddot{\varphi}_1 &= -m_1 g l_1 \varphi_1 + k l^2 (\varphi_2 - \varphi_1), \\ m_2 l_2^2 \ddot{\varphi}_2 &= -m_2 g l_2 \varphi_2 - k l^2 (\varphi_2 - \varphi_1). \end{aligned} \quad (1)$$

Конденсатор арқылы байланысқан екі LC тізбектерінің тербеліс теңдеулері мынадай болады:

$$\begin{aligned} \ddot{q}_1 + \frac{1}{C_1 L_1} q_1 &= \frac{1}{C L_1} (q_2 - q_1), \\ \ddot{q}_2 + \frac{1}{C_2 L_2} q_2 &= -\frac{1}{C L_2} (q_2 - q_1). \end{aligned} \quad (2)$$

Сонымен қатар, байланысқан ван дер Поля осцилляторлары да қазіргі кезде синхронизация теориясын дамытудағы негізгі модельдердің бірі болып табылады. Бұл типтегі осцилляторлардың өзара әсерлесуін сипаттайтын бастапқы дифференциалдық теңдеулер:

$$\begin{aligned} \ddot{x} - (\lambda_1 - x^2)\dot{x} + x + \beta x^3 + \mu(\dot{x} - \dot{y}) &= 0, \\ \ddot{y} - (\lambda_2 - y^2)\dot{y} + (1 + \delta)y + \beta y^3 + \mu(\dot{y} - \dot{x}) &= 0, \end{aligned} \quad (3)$$

мұндағы  $\lambda_1$  және  $\lambda_2$  – автономды осцилляторлардағы Андронов-Хопф бифуркациясының шегінен асып кету дәрежесін сипаттайтын параметрлер;  $\delta$  – автономды екінші осциллятордың біріншіге қатысты жиіліктік сәйкестенуі;  $\mu$  – байланыс коэффициенті.

Мынадай периодты шектік шарттарға ие:  $x_0 = x_N, y_0 = y_N, x_{N+1} = x_1, y_{N+1} = y_1$ , мұндағы  $m = 1, \dots, N$ ,  $N$  – тізбектегі осцилляторлар саны, бір біріне ұқсас бейсызық автономды емес осцилляторлар тізбегін қарастырайық:

$$\begin{aligned} \dot{x}_m &= y_m, \\ \dot{y}_m &= -ax_m - f(x_m) + \left(\frac{\gamma}{2}\right)(x_{m+1} - 2x_m + x_{m-1}) + B\sin(\omega t). \end{aligned} \quad (4)$$

Сонымен қатар, бейсызықтық  $f(x) = (b - 1)x + 0.5(b - a)(|x - 1| - |x + 1|)$  функциясымен, ал периодтық параметрлік әсерлері  $\gamma = \gamma_0 + F(t), F(t) = \varepsilon\Omega^2 \text{Sgn}(\sin(\Omega t))$  функцияларымен берілген.

Параметрлік әсердің амплитудасы мен жиілігіне тәуелді тізбектегі синхронды қозғалыстардың тұрақтылық шарттарын анықтау үшін (4)-жүйені кеңістіктік біртекті күйдің  $x_m = \bar{x}, y_m = \bar{y}$  аймағында линеаризациялаймыз. Нәтижесінде  $\bar{x}$  және  $\bar{y}$ -ке қатысты өзгерістердің теңдеулерін алынады :

$$\begin{aligned} \dot{\eta}_m^{(1)} &= \eta_m^{(2)}, \\ \dot{\eta}_m^{(2)} &= -a\eta_m^{(2)} - [A + 2\Gamma(t)]\eta_m^{(1)} + \Gamma(t) [\eta_{m+1}^{(1)} + \eta_{m-1}^{(1)}] \end{aligned} \quad (5)$$

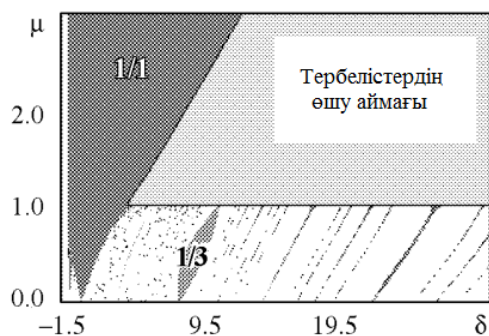
мұндағы

$$\begin{aligned} \eta_m^{(1)} &= x_m - \bar{x}, \eta_m^{(2)} = y_m - \bar{y}, \\ \Gamma(t) &= (1/2) [\gamma_0 + \varepsilon\Omega^2 \text{Sgn}(\sin(\omega t))], \end{aligned}$$

$$A = f'(x) = \begin{cases} a - 1, & \text{егер } |x| \leq 1, \\ b - 1, & \text{егер } |x| > 1. \end{cases}$$

Жүйедегі барлық мүмкін болатын синфазалық емес өзгерістер уақыт өткен сайын өшетін болса, синхронизация күйі тұрақты болады. Сонымен қатар, егер барлық  $j = 1, \dots, N - 1$  үшін  $|\mu(j)| < 1$  шарты орындалса, байланысқан хаостық осцилляторлардың синхронды қозғалыстары тұрақты болады. Бұл жерде  $\mu(j)$  – байланысқан осцилляторлардың параметрлік әсердің бір периодындағы өзгерісті сипаттайтын меншікті мәндер. Байланыс коэффициентінің периодтық модуляциясы арқылы кеңістіктік біртекті қозғалыстарды тек соңғы ұзындықтағы тізбектерде ғана тұрақтандыруды қамтамасыз етуге болады. Синхронизация байқалатын тізбек элементтерінің максималды саны параметрлік әсер ету жиілігіне байланысты. Мысалы,  $\Omega = 15, 25, 50, 100$  болғанда оның мәні, сәйкесінше, 8, 10, 15, 21-ден аспайды. Тізбектің ұзындығы үлкен болған жағдайда, параметрлік әсер тек ішінара тұрақтандырып әсер етеді.

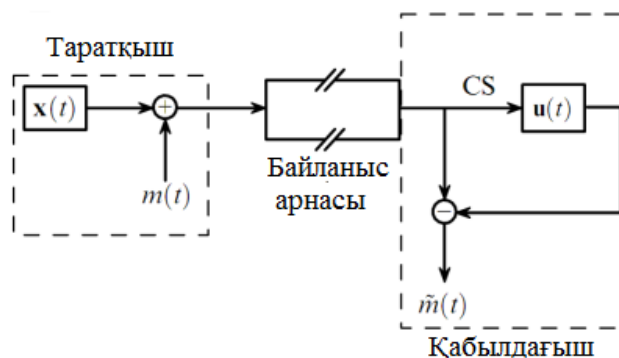
Мұндай жүйелерді сипаттауда компьютерлік әдіспен анықталған динамикалық режимдер картасын талдау аса маңызды болып табылады. Қарастырылып жатқан байланысқан хаостық осцилляторлар үшін динамикалық режимдер картасы төменде көрсетілген (2-сурет).



2-сурет. (4)-жүйенің динамикалық режимдер картасы

Жоғарыда сипатталған байланысқан хаустық синхронизация жасырын ақпарат таратуда және ақпарат қорғауда қолданылады. Хаустық синхронизация негізінде жасырын ақпарат тарату мен қорғаудың бірнеше әдістері бар: хаустық маскировка, хаустық режимдердің ауысуы, ақпараттық сигналдың хаустық сигналға бейсызық түрде араласуы, т.б. Жасырын ақпарат тарату мен қорғауда толық хаустық синхронизацияны қолданғанда, кем дегенде, екі бірдей бағытталған өзара байланысқан хаустық осцилляторлар қажет.

Хаустық маскировка – жасырын ақпарат тарату мен қорғауда қолданылған алғашқы және қарапайым әдістердің бірі. Бұл әдісті практикада реализациялаудың схемасы төменде суретте көрсетілген. Таратушы бөлікте ақпараттық сигнал сумматор арқылы хаустық осциллятор тудыратын тасушы сигналға қосылады, ары қарай байланыс арнасына беріледі. Қабылдағыш бөлікте келген сигналдың көмегімен онда орналасқан хаустық осциллятор арқылы толық хаустық синхронизация жүзеге асырылады, нәтижесінде қабылдағыш осциллятор динамикасы таратушының динамикасына ұқсас күйге келеді (3-сурет).



3-сурет. Хаустық маскировка әдісімен жасырын ақпарат тасымалдау және қорғау схемасы (CS – толық хаустық синхронизациясы)

### Қорытынды

Сонымен, берілген жұмыста жалпыланған және бейсызық түрде байланысқан хаустық осцилляторлардың синхронизациясын зерттеу мәселелері мен оларды радиотехникалық және телекоммуникациялық жүйелерде ақпараттарды қорғауда қолдану мүмкіндіктері қарастырылды. Синхронизация орындалатын байланысқан хаустық осцилляторлардың түрлері, олардың математикалық теңдеулері, сипаттамалары мен параметрлері зерттелді. Синхронизация күйінің тұрақты болу шарттары, сонымен қатар, синхронизация байқалатын тізбек элементтерінің максималды саны параметрлік әсер ету жиілігіне байланысты болатындығы анықталды. Қазіргі кезде, жасырын ақпарат тарату мен қорғауда синхронизация түрлерін қолдану мүмкіндіктері мен әдістері қарастырылды.

### ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Afraimovich V. Lectures on chaotic dynamical systems / V. Afraimovich and S.-B. Hsu // AMS/IP Studies in Advanced Mathematics, Vol. 28. American Mathematical Society, Providence RI, International Press, Somerville, MA, 2003.
- [2] Kuznetsov S.P. Autonomous coupled oscillators with hyperbolic strange attractors / S.P. Kuznetsov, A. Pikovsky // Physica. D232. 2007. 87-102.
- [3] Пиковский А., Розенблюм М., Куртс Ю. Синхронизация. Фундаментальное нелинейное явление. М.: Техносфера, 2003. 494 с.

- [4] Aronson D.G., Ermentrout G.B., Kopell N. Amplitude response of coupled oscillators // *Physica D*. 1990. Vol. 41. P. 403.
- [5] Ivanchenko M.V., Osipov G.V., Shalfeev V.D., Kurths J. Synchronization of two nonscalar-coupled limit-cycle oscillators // *Physica D*. 2004. Vol. 189, № 1–2. P. 8.
- [6] Кузнецов А. П., Кузнецов С. П., Рыскин Н. М. Нелинейные колебания. М.: Физматлит, 2002. 292 с.
- [7] Boccaletti S., Kurths J., Osipov G.V., Valladares D.L., Zhou C.S. The synchronization of chaotic systems // *Physics Reports*. 2002. Vol. 366. P. 1.
- [8] Короновский А.А., Москаленко О.И., Храмов А.Е. О применении хаотической синхронизации для скрытой передачи информации // *УФН*. 2009. Т. 179, № 12, С. 1281.

Сатыбалдин М.Б., Жамбыл Н.Е., Омашев Н.Н.

**Синхронизация связанных хаотических осцилляторов и ее применение для защиты информации**

**Резюме.** В работе рассмотрены вопросы исследования синхронизации хаотических осцилляторов, обобщенных и нелинейно связанных, а также возможности их использования в защите информации в радиотехнических и телекоммуникационных системах. Показано, что синхронизация взаимодействующих хаотических систем может быть обеспечена с помощью параметрического периодического воздействия на элементы связи. Данный эффект демонстрируется для связанных неавтономных осцилляторов и для связанных автоколебательных систем. Также, исследуется возможность синхронизации цепочки идентичных хаотических осцилляторов с периодическими граничными условиями.

**Ключевые слова:** синхронизация, хаотические осцилляторы, фазовая синхронизация, фазовая когерентность, динамический хаос.

UDK 004.9

<sup>1</sup>М. Kunelbayev, <sup>2</sup>В.У. Amirgaliyev, <sup>1</sup>А.У. Kalizhanova, <sup>1</sup>А.Н. Kozbakova, <sup>1,2</sup>Т. Merembayev

(<sup>1</sup>Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK, Kazakhstan

<sup>2</sup>International Information Technology University, Kazakhstan)

E-mail: murat7508@yandex.kz, ainur79@mail.ru

**A COMPUTER MODEL OF THE SUPERVISORS MANAGEMENT FOR THE COLLECTORS WITH A THERMOSYPHON CIRCULATION**

**Abstract.** This article discusses a simulation model of a dual-circuit solar system with thermosyphon circulation. A new model flat solar-collector with thermosyphon circulations was proposed to implement this work, where the efficiency of heat transfer increases by elimination of additional intermediate walls between the panel and thermal insulation. This is simplify the collector design, is easy to operate and heats up quickly due to thermosyphon circulation, as well as a heat pump made in the form of a spiral, which stacked on top of each other, increase the area and intensity of heat transfer.

**Keywords:** solar collector, thermosyphon, mathematical model, computer model.

<sup>1</sup>М. Кунелбаев, <sup>2</sup>Б.Е.Амиргалиев, <sup>1</sup>А.У. Калижанова, <sup>1</sup>А.Х. Козбакова, <sup>1,2</sup>Т. Мерембаев

(<sup>1</sup>Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, Казахстан, Алматы

<sup>2</sup>Международный университет информационных технологий, Казахстан)

E-mail: murat7508@yandex.kz, ainur79@mail.ru

**КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ КОНТРОЛЕРАМИ ДЛЯ КОЛЛЕКТОРОВ С ТЕРМОСИФОННОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ**

**Аннотация.** В данной статье рассматривается компьютерная модель управления контролерами для коллекторов с термосифонной циркуляцией. Для реализации данной работы, предложен новый плоский гелиоколлектор с термосифонной циркуляцией, где увеличивается КПД теплопередачи путем исключения дополнительных промежуточных стенок между панелью и теплоизоляцией, что упрощает конструкцию коллектора, удобен в эксплуатации и быстро нагревается за счет термосифонной циркуляции, а так же имеется тепловой насос сделанный в виде спирали, которые уложены друг на друга, увеличивают площадь и интенсивность теплообмена. Разработанная имитационная модель позволяет оптимизировать элементы конструкций, прогнозировать тепловой режим и выбирать альтернативное решение.

**Ключевые слова:** гелиоколлектор, термосиффон, математическая модель, компьютерная модель.

**Введение.** В статье [1] отметили, что производительность коллектора до производство что помогает предсказать прототип солнечных коллекторов. В данной работе говорится, чтобы основать проект солнечного коллектора на физическом пространстве, его нужно довести до состояния моделирования для исследования размеров коллектора, которые дают низкую температуру выхода воздуха. Исследование проектных и эксплуатационных также учитываются параметры производительности. Duffie и Бекман в работе [2] сконструировали солнечные коллектора, где находят применение на моделях. К текущему изучение есть несколько аспектов новизны в модельном подходе. Даффи и Бекмана [3] в более ранней литературе сказали о моделировании солнечных коллекторов, ограничивались использованием аналитических выражениями и приближениями. С численными моделями ограничения этого подхода могут быть смягчены. Даффи и Бекман упоминают, что для расчета общего коэффициента теплопотерь для определения пространственной средней температуры поглощающей пластины сложно решить. В пространственно- распределенной модели как представлено здесь, это совсем не проблема. Более того, солнечные коллекторы часто характеризуются теплотой который должен определяться экспериментально. Коюнсу в работе [4] о солнечном коллекторе сказал, что основное внимание уделяется усилению тепла от солнечной энергии коэффициента излучения и теплоотдачи. Kicsiny [5] смоделировал экспериментально солнечный коллектор, где выход температуры не помогает проектировать размеры солнечного коллектора, особенно солнечных коллекторов эксплуатируется в различных условиях. Kicsiny, [5] Gao et al., [6] Alvarez et al. [7] сообщили о расчетах параметров солнечного коллектора.

Бузас и др. [8] в свой работе о динамической модели пространственном распределении не рассматривают сборщика как смешанный резервуар. В работах [9,10,11] говорится о пространственном распределении системы PV / вода, туннельная сушилка, солнечный водонагреватель. Эта работа стремился использовать модельный подход к проектированию и построить солнечные коллекторы для низкого и высокого выхода температуры в системе сушки адсорбционной солнечной системы для высушивания сельскохозяйственных продуктов и для регенерации адсорбент используется для ночной сушки.

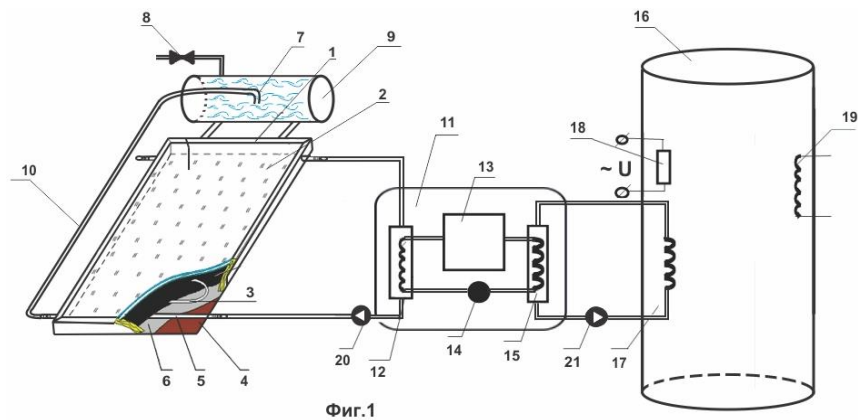
Солнечная тепловая энергия является возобновляемым источником энергии, которая широко используется во всем мире [12]. К широкому распространенному использование бытовых солнечных водонагревателей (SWH) до сложных солнечных ферм для выработки электроэнергии имеют обширную область применения. Для производства горячей воды на внутреннем и коммерческие секторы SWH оказались надежными и экономически жизнеспособными [13-19]. В работе [20] показано, что основными элементами SWH являются сборщики (плоские пластины или трубчатые трубы), соединяющие трубы, резервуар для воды и вспомогательные нагревательные элементы. Теплообменник используется между коллектором и резервуаром или внутри резервуара, чтобы избежать повреждения от замерзания или кипения, косвенное нагревание SWHs.

Бак может быть установлен либо над коллектором (термосифонной системы) или на более низком уровне (принудительная циркуляция). Prapas et al. [21] разработали и исследовали, что тепловые характеристики термосифонов SWH сопоставимы с тепловыми характеристиками систем принудительной циркуляции [22]. Площадь солнечного коллектора составляет около 120 000 м<sup>2</sup> [23]. В промышленном масштабе, доля электрической энергии, обеспечиваемой системами для производства горячей воды от 40 до 80 ° C, может весьма значительны [14]. Таким образом, для разработчиков в системах хранение воды обычно отделяют от солнечных коллекторов, и используют систему принудительной циркуляции, установленный при желаемой температуре, фиксируется на выходе коллектора, которая обеспечивает максимальную эффективность и экономичность [23]. Математическая модель включает в себя дифференциальные законы сохранения массы, импульса и энергии.

Недостатком этой модели является отсутствие влияние окружающей среды. От фактических результатов физического процесса, математическое моделирование переходного процесса тепла теплопроводности стен, в коллекторе могут привести к конкретным значениям для расчета плоского коллектора с термосифоном [24]. В работе [25] представлена многомерная математическая модель, влияния коэффициента заполнения рабочей жидкости при стационарных режимов нагреве воды в термосифоне. В работе [26] исследователи разработали математическое моделирование термосифона с гелио коллектором на основе уравнений для ламинарных потоков сжимаемого идеального газа.

**1 Обоснование конструктивно-технологической схемы**

С учётом требований повышения показателей устройства разработана принципиальная схема двухконтурной гелиоустановки с тепловым насосом (рисунок 1), где исследуемую ДГУ образуют четыре основных узла: термосифон 1, гелиоколлектор 2, тепловой насос 3, бак-аккумулятор (БА) 4.

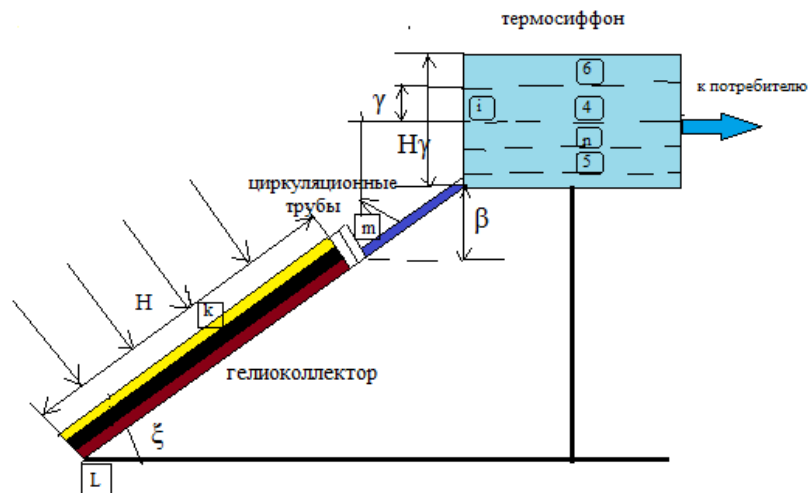


**Рис. 1.** Двухконтурной гелиоустановки с тепловым насосом

Работа предлагаемой установки осуществляется следующим образом.

Солнечная энергия  $E$ , поглощается гелиоколлектором 1, нагревая поток солнечной энергии проходит через светопрозрачный изоляционный прозрачный стеклопакет 2. Тепло, полученное от солнечного потока, нагревает жидкость в змеевиках, которая удаляется из коллектора, а на ее место поступает холодная жидкость из сифона 9 и происходит постоянная циркуляция. Испаритель 10, поглощая тепло теплоносителя, опускает его температуру ниже температуры атмосферного воздуха ( $Q_2$ ). На схеме также показаны отраженное от светопрозрачного покрытия ( $Q_0$ ) и поверхности поглощающей панели ( $Q_1$ ) солнечное излучение. В ТН осуществляется передача энергии теплоносителя ( $Q_3$ ), с относительно низкой температурой, к теплоносителю теплообменника конденсатора 13 с более высокой температурой. Для осуществления такого цикла используется компрессор 11, с электроприводом 15 ( $W_{EL}$ ). Далее, посредством теплообменника 14 тепло от ТН ( $Q_6$ ) передается в БА, где температура воды доводится до требуемого технологического уровня и отопления. Параллельно с основным потоком, происходят теплотери – с поверхности компрессора ( $Q_4$ ) и поверхности теплообменника конденсатора ( $Q_5$ ).

С учетом изложенного в тепловой модели системы можно выделить области:  $m$  – приемники солнечной энергии;  $n$  – секции бака;  $k$  – трубопроводы;  $i$  – элементы коллектора. Сформулируем закон сохранения энергии для каждой области тепловой модели (рисунок 2).



**Рис. 2.** Модель гелиоколлектора с термосиффоном



Область *m*. Поглощенный приемником от солнца тепловой поток расходуется на изменение энтальпии,  $C_n \frac{dt_c}{d\theta} + C_T \frac{dt_f}{d\tau} + G_0 C_p (t_3 - t_5)$  приемника и жидкости в нем, теплоотдачу к элементам  $\sum_m U_p (t_p - t_a)$  и окружающей среде  $U_c (t_m - t_a)$ . Область *nuk*. Тепловой поток  $G_0 C_p (t_3 - t_5)$ , полученный жидкостью, идет на изменение ее энтальпии  $C_\delta \frac{dt_f}{d\theta} + C_p \frac{dt_n}{d\theta}$  теплоотдачу к окружающей среде  $U_T (t_n - t_a)$ .

Согласно закону сохранения энергии для каждой области тепловой модели можно записать:

$$G_0 C_p (t_3 - t_5) = \eta_n [E(\tau\alpha) - U_c (t_m - t_a)] - C_n \frac{dt_c}{d\theta} - C_T \frac{dt_f}{d\theta} - U_p (t_p - t_a) \quad (1)$$

$$G_0 C_p (t_3 - t_5) = U_m (t_n - t_a) + C_\delta \frac{dt_\tau}{d\theta} + C_p \frac{dt_n}{d\theta} \quad (2)$$

Согласно принятых допущений можно предположить, что температуры гелиоприемника и бака равны температурам соответствующей воды.

Таким образом, учитывая, что  $t_c = t_m$ ,  $t_0 = t_n$ ,  $t_f = t_p$  уравнения принимают вид

$$G_0 C_p (t_3 - t_5) = \eta_n F_k [E(\tau\alpha) - \eta_c U_c (t_m - t_a)] + U_p (t_p - t_a) - C_n \frac{dt_m}{d\theta} - C_T \frac{dt_p}{d\theta} \quad (3)$$

$$G_0 C_p (t_3 - t_5) = (C_p + C_\delta) \frac{dt_n}{d\theta} + U_T (t_n - t_a) \quad (4)$$

На основании экспериментальных исследований, средняя температура воды в баке-аккумуляторе такая же как и в гелиоприемнике в течение дня, что справедливо так же и для температуры труб, если рассматривать среднюю температуру обеих труб. Таким образом, принимая, что  $t_m = t_n = t_p$  и исключив  $G_0$  из уравнений (3) и (4), получим уравнение для средней температуры ( $t_n$ ) системы:

$$W \frac{dt_n}{d\theta} + U (t_n - t_a) = \eta_n F_k E(\tau\alpha) \quad (5)$$

где

$$W = C_n + C_T + C_\delta + C_p \quad (6)$$

и

$$U = \eta_n F_k U_c + U_T + U_p \quad (7)$$

Движения посредством естественной конвекции образованного в результате нагревания воды в гелиоколлекторе вызванного термосифонным воздействием, для определения скорости потока жидкости, необходимо рассмотреть в любой момент времени, плотность в различных точках 1-6 кругооборота потока. Предполагается, что распределение плотности в гелиоприемнике и баке является линейным и потери энергии в трубе незначительны по сравнению с нагреванием в приемнике. Предполагая квадратичную зависимость плотность-температура.

$$D_w = At^2 + Bt + C \quad (8)$$

можно показать, что тепловой напор, образованный солнечным нагреванием, определяется уравнением:

$$\dot{h}_1 = \frac{(t_5 - t_3)}{2} [2At_n + B] f(s) \quad (9)$$

где  $f(s)$  - функция системы, зависящая от многих параметров: геометрии гелиоприемника, расположении труб  $(\beta, \gamma, \xi)$ , высоты воды в баке  $(H_t)$ , длины гелиоприемника и наклона его  $(l_0, \varepsilon)$ . Запишем эти зависимости

$$f(s) = l_0 \sin \varepsilon + 2\beta(H_t - \gamma) \quad (10)$$

$$t_n = \frac{t_5 + t_3}{2} \quad (11)$$

исключив  $(t_5 - t_3)$  из (8) и (11), получим

$$h_1 = \frac{[(W_{ax} + W_s)] \frac{dt_n}{d\theta} + U_T(t_n - t_a)}{2G_0 C_p} [2At_n + B] + f(s) \quad (12)$$

скорость термосифонного потока будет такой, что в любой момент напор теплового давления балансируется посредством фрикционной потери напора  $(h_f)$  в цикле циркуляционного потока. На основании уравнения Дарси значение функциональной потери напора можно представить так:  $h_f = \frac{fU^2}{2gdp}$ , где  $f$  равно 0,035 для обычных потоков в таких системах, которые возможно, являются ламинарными потоками. Применяя скорость  $(U)$  в функции скорости потока массы  $(G_0)$  получим:

$$h_f = \frac{DG_0^2}{dp^2} l$$

где  $D$ -известная постоянная:  $l$ -эффективная длина цикла циркуляционного потока с внутренним диаметром  $d_p$ , зависящим от конфигурации приемника и расположения трубы. Для приемника, имеющего параллельные трубки между водосборником (коллекторами) и с расположением трубы, как показано на рисунке

$$l = \left\{ \frac{Sl_T}{l_k} \left( \frac{dp}{dc} \right)^5 + l_k \left( \frac{dp}{dh} \right)^5 \right\} + \{l_T + H_t - \gamma + \beta\chi(1 - \cos \varepsilon)\} + l_c + L_0 \quad (13)$$

решив (12) и (13), получаем уравнение термосифонного потока:

$$G_0^3 = - \left( \frac{dp^5}{2lDC_p} \right) \{W_{ax} + C_\delta\} \frac{dt_n}{d\theta} + U_T(t_n - t_a) \{2At_n + B\} f(s) \quad (14)$$

уравнение (14) для  $G_0$  является кубическим. Находя величины  $t_n$  и  $dt_n/d\theta$  уравнение (14), путем соответствующих подстановок можно определить  $G_0$ . Зная  $G_0$  и  $t_n$  можно также определить температуры  $t_3$  и  $t_5$  на входе и выходе из бака. Исходя из этого можно определить все параметры системы, а также к.п.д. гелиоприемника и всей системы.



Рис. 3. Натурная модель плоского солнечного гелиоколлектора

## 2 Имитационная модель двухконтурной гелио установки с термосифонной циркуляцией

На основании теоретических исследований, была создана имитационная модель ГЭУ (рисунок 4), которая может быть использована для расчёта текущих и суммарных значений вырабатываемой мощности с учётом технических характеристик.

В дисплеях, показываются текущие значения вырабатываемой мощности с учётом влияния солнечной радиации и температуры воздуха данной местности, а также текущее значение КПД ГЭУ. Кроме того, в имитационной модели имеются, блоки для экспорта данных в таблицы для дальнейшей обработки.

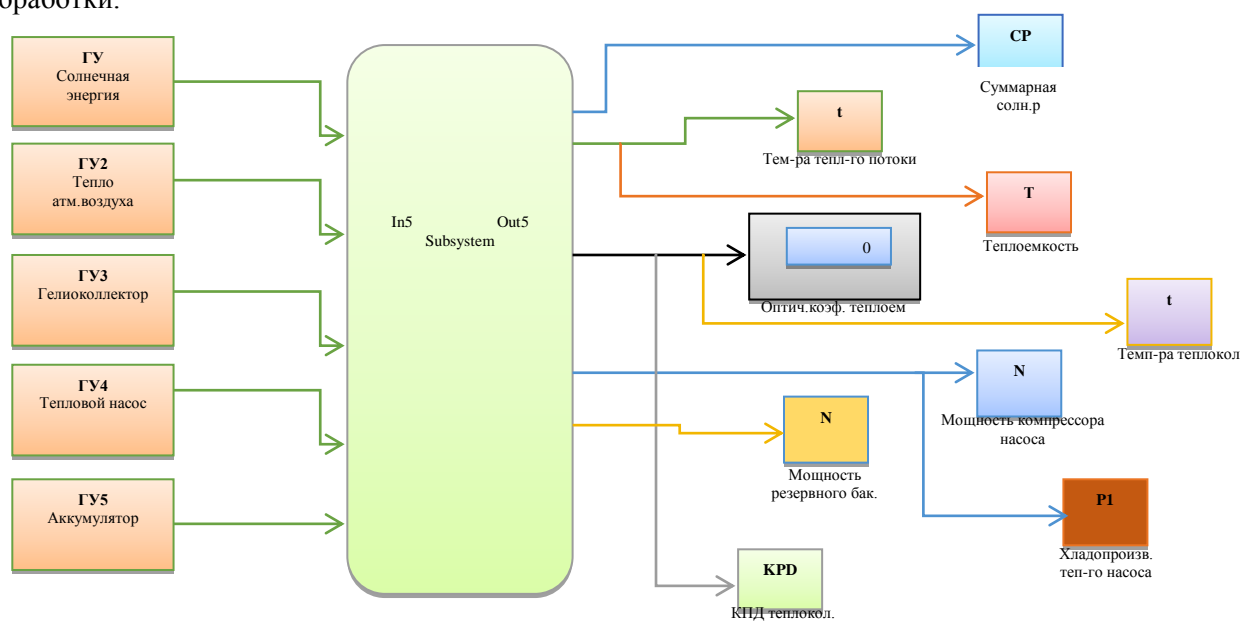


Рис. 4. Имитационная модель для определения значения вырабатываемой мощности в зависимости от параметров ГЭУ

Таблица 1. Технические характеристики ГЭУ обрабатываются следующими блоками

<b>ГУ</b> Солнечная энергия	Блок, в котором записывается приход солнечной энергии
<b>ГУ2</b> Тепло атм.воздуха	Блок, в котором записывается температура тепла атмосферного воздуха
<b>ГУ3</b> Гелиоколлектор	Блок, в котором записывается выбор гелиоколлектора
<b>ГУ4</b> Тепловой насос	Блок, в котором записывается установленное значение мощности теплового насоса
<b>ГУ5</b> Аккумулятор	Блок, в котором записывается установленное значение мощности бак-аккумулятора
<b>N</b>	Блок, показывающее суммарное значение вырабатываемой мощности резервного бака
Дисплей показывающие текущее и суммарные значения переменных ГЭУ определяются блоками	
<b>CP</b>	Блок, показывает текущее значение суммарной солнечной радиации
<b>N</b>	Блок показывает мощность компрессора теплового насоса
<b>T</b>	Блок, показывает теплоемкость
<b>t</b>	Блок, показывает текущее значение температуры теплового потока
<b>0</b>	Блок, показывает суммарное значение оптического коэффициента теплоёмкости
<b>t</b>	Блок, показывающий температуру гелиоколлектора
<b>P1</b>	Блок, показывающий хладопроизводительность теплового насоса
<b>KPD</b>	Блок, показывающий КПД гелиоколлектора

### 3 Результаты исследования

Находим  $\frac{dt_n}{d\theta}$  изменение температуры в термосифоне. Выразим  $\frac{dt_n}{d\theta}$  из уравнения (5)  
 $\frac{dt_n}{d\theta} = (\eta_n F_k E(\tau\alpha) - U(t_n - t_a))/W$ . Уравнение было симулировано в ПО MatLab Simulink. Инициализированы следующие данные:

Таблица 2. Инициализированные данные

Переменная	Значение	Описание
U	16	коэффициента теплоотвода
E	0.85	Среднемесячная радиация 90 - ной
ta	10	инициализированная температура системы
n	0.85	КПД системы
Fk	1780	Площадь апертуры
W	1000	

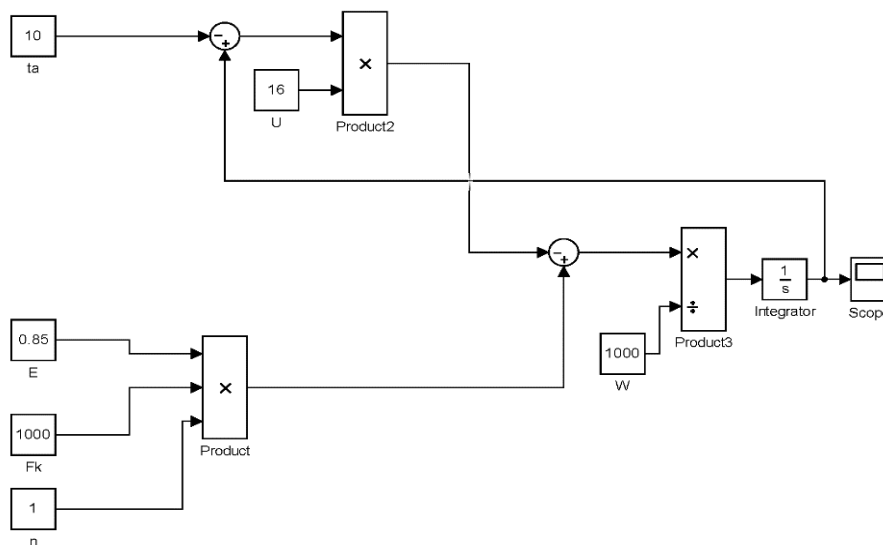


Рис. 5. Блок схема модели в Simulink

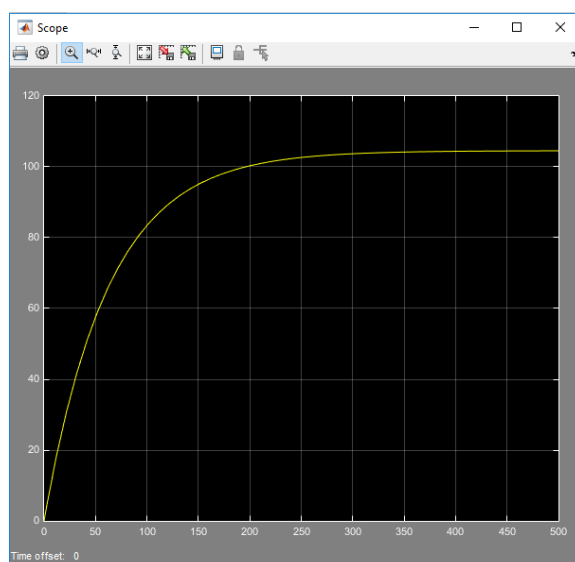


Рис. 6. Зависимость температуры окружающей среды и на выходе

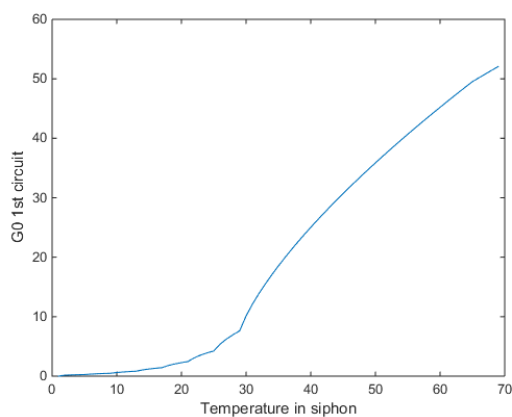


Рис. 7. Зависимость термосифонного потока от температуры

Данный график показывает одинаковые результаты с решением дифференциального уравнения, с помощью численных методов - функции ode45, который основан на формуле Рунге-Кутта (4,5). Ре-

шение дифференциального уравнения (10,13,14).  $\frac{dt_n}{d\theta}$  – значения были взяты из решения диф. уравнения (5). Эффективность системы в первом цикле вычисляется из уравнения (14).

Находим КПД  $\eta_n$  с изменением температуры в термосифоне. Выразим  $\eta_n$  из уравнения (5)  $\frac{d\eta_n}{d\theta} = \left(\frac{dt_n}{d\theta} W + U(t_n - t_a)\right)/F_k E(\tau\alpha)$ . Решение будет выполнено с помощью численных методов - функции ode45, который основан на формуле Рунге-Кутта (4,5) [27].

Результат решения график ниже, зависимость температуры окружающей среды и на выходе.

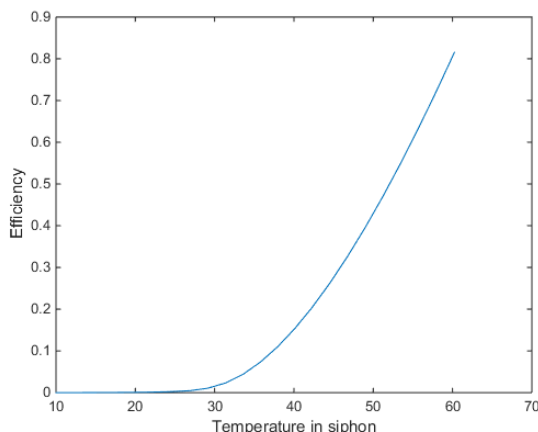


Рис. 8. Зависимость температуры окружающей среды и на выходе.

### Заключение

В данной работе была представлена компьютерная модель управления контролерами для коллекторов с термосифонной циркуляцией. В имитационной модели реализована возможность в интерактивном режиме наблюдать графики изменения суточной, месячной и годовой солнечной радиации, значения мощности резервного бака, хладопроизводительность теплового насоса и текущее значение КПД гелиоколлектора.

Приведённая имитационная модель отвечает двум основным требованиям предлагаемым имитационным моделям:

- отражает логику функционирования исследуемой системы во времени;
- обеспечивает возможность проведения экспериментов.

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] 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.; Muñoz, 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 theoretical 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.

Кунелбаев М., Амиргалиев Б.Е., Калижанова А.У., Козбакова А.Х., Мерембаев Т.

**Термосифондық айналымы бар коллекторларға арналған бақылаушыларды басқарудың компьютерлік моделі**

**Түйіндемe.** Берілген мақалада термосифонды айналымы бар коллекторларға арналған бақылаушыларды басқарудың компьютерлік моделі қарастырылады. Берілген жұмысты іске асыру үшін термосифонды айналма-лы жаңа жазық гелио коллекторы ұсынылған, мұнда коллектор жұмысын жеңілдететін, тасымалдауға ыңғайлы және термосифонды айналма арқылы тез қызатын панель мен жылу окшаулағыш арасындағы қосымша аралық қабырғасын ескермей жылу тасымалдауыш ПӘК-сы ұлғайтылады, сонымен қатар жылу алмасу қарқындылығы мен ауданын ұлғайтатын, бір-біріне жинақталып, спираль түрінде берілген жылу сорғысы бар. Жасалынған имитациялық модель конструкция элементтерін оңтайландыруға, жылу режимін болжап, баламалы шешімдер таңдауға мүмкіндік береді.

УДК 004.9

<sup>1,2</sup>**Kuanyshbay D., <sup>2</sup>Kozhakhmet K., <sup>2</sup>Shoiynbek A.**

(<sup>1</sup>Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK, Kazakhstan

<sup>2</sup>Suleyman Demirel University, Kazakhstan)

E-mail: darkhan.kuanyshbay@sdu.edu.kz

**COMPARISON OF TWO SPEECH SIGNAL FEATURES FOR DEEP NEURAL NETWORKS TO CLASSIFY EMOTIONS**

**Abstract.** The automatic speech recognition system is the most popular, discussed and quickly growing fields in the data science. The ASR has been developed and built with many methods and algorithms from a simple HMM model to traditional machine learning algorithms. However, these days, the state-of-the-art method to build the reliable ASR

model is via deep neural networks. Of course, these networks require a proper input features, especially if we are talking about an audio wave. This paper compares the basics of two feature representations of an audio input (Mel-Frequency central coefficients and Zero-Crossing Rate), and how they influence the ultimate accuracy of the neural network. The main task is to classify the given audio wave to appropriate emotions (anger, happiness, fear, disgust etc.).

**Key words:** ASR, Deep neural networks, Mel-Frequency central coefficients (MFCC), Zero-Crossing-Rate(ZCR), over-fitting, DCT, Convolutional Neural Network(CNN).

## 1 Introduction

As we know we can't just directly fit the audio wave into our DNN, because the input must be taken as an array of some numbers. But these numbers can't be feed into neural networks as well. It's because we need to take to an account only those features, that are most likely suitable to our specific task. Let's try to understand the basics of the speech signal analysis.

## 2 Voiced/Unvoiced/Silence determination

A typical speech sentence signal consist of two main important parts: one carries the speech information, and the other includes silent or noise sections that are between the utterances, without any verbal information. The verbal (informative) part of speech can be further divided into two categories: The voiced speech and unvoiced speech. Voiced speech consists mainly of vowel sounds. It is produced by forcing air through the glottis, proper adjustment of the tension of the vocal cords results in opening and closing of the cords, and a production of almost periodic pulses of air. These pulses excite the vocal tract. Psychoacoustics experiments show that this part holds most of the information of the speech and thus holds the keys for characterizing a speaker. Unvoiced speech sections are generated by forcing air through a constriction formed at a point in the vocal tract (usually toward the mouth end), thus producing turbulence.

Being able to distinguish between the three is very important for speech signal analysis.

### Feature extraction

As it was mentioned earlier we can't feed directly digitized version of the waveform, but actually it is possible. However, because of the large variability of the speech signal, it's better to perform some feature extraction that basically would reduce variability. In machine learning point of view, it means to prevent over-fitting.

These speech signals are slowly timed varying signals (quasi-stationary). When examined over a sufficiently short period of time (5-100 msec), its characteristics are fairly stationary. But, if for a period of time the signal characteristics changes, it reflects to the different speech sounds being spoken. The information in speech signal is actually represented by short term amplitude spectrum of the speech wave form. This allows us to extract features based on the short term amplitude spectrum from speech (phonemes). The fundamental difficulty of speech recognition is that the speech signal is highly variable due to different speakers,  $n_i$  speaking rates, contents and acoustic conditions. The feature analysis component of an ASR system plays a crucial role in the overall performance of the system.

There are a lot of feature representations available today, but we will only consider 2 popular features:

Zero-Crossing-Rate(ZCR)

Mel-Frequency Cepstral Coefficients(MFCC)

Zero-Crossing-Rate

Zero-crossing rate is a measure of the number of times in a given time interval that the amplitude of the speech signals passes through a value of zero. Because of its random nature, zero-crossing rate for unvoiced speech is greater than that of voiced speech. Zero-crossing rate is an important parameter for voiced/unvoiced classification and for endpoint detection. Detecting when a speech utterance begins and ends is a basic problem in speech processing. This is often referred to as endpoint detection. End point detection is difficult if the speech is uttered in a noisy environment.

Many pitch detection algorithms are based on measurement of short term energy signal and zero-crossing rate and attempt to detect as accurately as possible the changes that there quantities undergo at the beginning and end of an utterance. The basic operation of algorithm is as follows. A small sample of background noise is taken during a , silence interval just prior to commencement of the speech is signal. The short-time energy function of the entire utterance is then computed. A speech threshold is determined which takes into account silence energy and peak energy. Initially, endpoints are assumed to occur where the signal energy crosses this threshold. Correction to these initial estimate, are then made by computing zero-crossing rate in the vicinity of endpoints and by comparing it with that of silence. If detectable changes in zero-



crossing rate occur outside the initial thresholds, endpoints are re-designated to points at which the changes take place. A possible definition for the ZCR is presented in the following equation:

$$ZCR = \sum_{m=-x}^x |sign[x(m)] - sign[x(m - 1)]| \cdot \omega(n - m)$$

$$\omega(n) = \frac{1}{2N} \quad 0 \leq n \leq N - 1$$

If we plot the ZCR feature representation of any emotion in our dataset, this is what we see(Fig 1):  
Mel-Frequency cepstral coefficients(MFCC)

The use of Mel Frequency Cepstral Coefficients can be considered as one of the standard method for

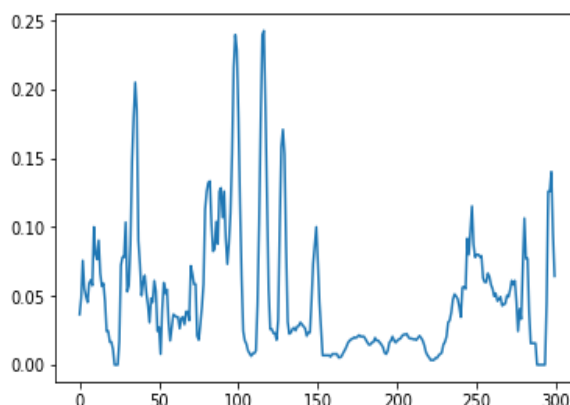


Fig 1. ZCR representation

feature extraction. The use of about 20 MFCC coefficients is common in ASR, although 10-12 coefficients are often considered to be sufficient for coding speech. The most notable downside of using MFCC is its sensitivity to noise due to its dependence on the spectral form. Methods that utilize information in the periodicity of speech signals could be used to overcome this problem, although speech also contains a periodic content.

FFT(Fast Fourier Transform)

FFT is used for doing conversion from the spatial domain to the frequency domain. Each frame having  $N_m$  samples are converted into frequency domain. Fourier transformation is a fast algorithm to apply Discrete Fourier Transform (DFT), on the given set of  $N_m$  samples shown below:

$$D_k = \sum_{m=0}^{N_m-1} D_m e^{-j2\pi km / N_m}$$

where  $k= 0, 1, 2 \dots N_m-1$

Basically the definition for FFT and DFT is same, which means that the output for the transformation will be the same; however they differ in their computational complexity. In case of DFT, each frame with  $N_m$  samples directly will be used as a sequence for Fourier transformation. On another, in case of FFT this frame will be divided into small DFT's and then computation will be done on this divided small DFT's as individual sequence thus the computation will be more fast and easy. Thus it is in digital processing or other area instead of directly using DFT, FFT is used for applying DFT.

Commonly,  $D_k$  are the combination of real and imaginary numbers thus it represents the complex numbers but, merely absolute values (frequency magnitudes) are considered to carry out further process. The obtained sequence can be interpreted as positive frequencies  $0 \leq f < F_s / 2$  correspond to values  $0 \leq m \leq N_m/2 - 1$ , while negative frequencies  $-F_s/2 < f < 0$  correspond to values  $N_m/2 + 1 \leq m \leq N_m - 1$ ,  $F_s$  is the sampling frequency. By calculating DFT we can obtain the magnitude spectrum.

Mel scale

In this step, the above calculated spectrums are mapped on Mel scale to know the approximation about the existing energy at each spot with the help of Triangular overlapping window also known as triangular

filter bank. These filter bank is a set of band pass filters having spacing along with bandwidth decided by steady Mel frequency time. Thus, Mel scale helps how to space the given filter and to calculate how much wider it should be because, as the frequency gets higher these filters are also get wider. For Mel- scaling mapping is need to done among the given real frequency scales (Hz) and the perceived frequency scale (Mels). During the mapping, when a given frequency value is up to 1000Hz the Mel-frequency scaling is linear frequency spacing, but after 1000Hz the spacing is logarithmic as shown in Fig 2. The formula to convert frequency  $f$  hertz into Mel  $m_f$  is given by the following equation:

$$m_f = 2595 \log_{10} \left( \frac{f}{700} + 1 \right)$$

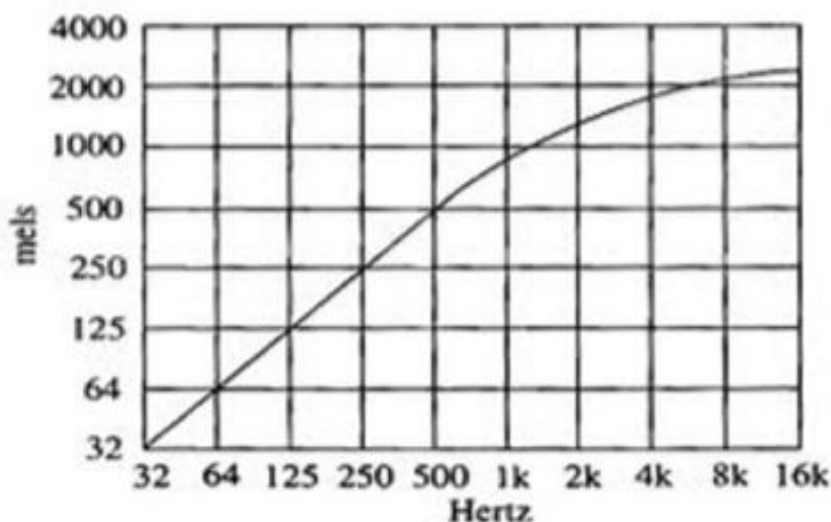


Fig 2. Mel scale

#### Discrete cosine Transform

This process of carrying out DCT is done in order to convert the log Mel spectrum back into the spatial domain. For this transformation either DFT or DCT both can be used for calculating Coefficients from the given log Mel spectrum as they divide a given sequence of finite length data into discrete vector. However, DFT is generally used for spectral analysis where as DCT used for data compression as DCT signals have more information concentrated in a small number of coefficients and hence, it is easy and requires less storage to represent Mel spectrum in a relative small number of coefficients. This instead of using DFT DCT is desirable for the coefficients calculation as DCT outputs can contain important amounts of energy. The output after applying DCT is known as MFCC (Mel Frequency Cepstrum Coefficient)

$$C_n = \sum_{k=1}^k (\log D_k) \cos \left[ m \left( k - \frac{1}{2} \right) \frac{\pi}{k} \right]$$

where  $m=0,1\dots k-1$

#### 1. Experiment and results

As we have mentioned earlier, we have created neural networks that will classify the emotions to a given audio file with sentence utterances. The labels of a neural networks will be the following: Angry, Calm, Disgust, Fearful, Happy, Neutral, Sad, Surprised

To get the system work properly we have used the following libraries on python platform:

- Librosa - for feature extraction from an audio file
- Numpy - vectorizing the features, reshaping
- Tensorflow, keras API - creating a neural network, adding layers, regularization.

First we have created 2 methods that calculate the Zero-Crossing-Rate(see Fig 3) and Mel-Frequency Cepstral Coefficients(see Fig 4) of the audio file using librosa library.

```

44 def wav2zrc(file_path, max_len=300):
45     wave, sr = librosa.load(file_path, mono=True, sr=None)
46     #wave = wave[:, :3]
47     zcr = librosa.feature.zero_crossing_rate(wave)
48     if (max_len > zcr.shape[1]):
49         pad_width = max_len - zcr.shape[1]
50         zcr = np.pad(zcr, pad_width=((0, 0), (0, pad_width)),
51                     mode='constant')
52     # Else cutoff the remaining parts
53     else:
54         zcr = zcr[:, :max_len]
55     return zcr

```

Fig 3. Zero-Crossing Rate calculation method

```

25 def wav2mfcc(file_path, max_len=11):
26     wave, sr = librosa.load(file_path, mono=True, sr=None)
27     wave = wave[:, :3]
28     mfcc = librosa.feature.mfcc(wave, sr=16000)
29     if (max_len > mfcc.shape[1]):
30         pad_width = max_len - mfcc.shape[1]
31         mfcc = np.pad(mfcc, pad_width=((0, 0), (0, pad_width)),
32                     mode='constant')
33     # Else cutoff the remaining parts
34     else:
35         mfcc = mfcc[:, :max_len]
36
37     return mfcc

```

Fig 4. Mel-Frequency Cepstral Coefficient calculation method

The method that calculates the Zero-Crossing Rate of the audio wave returns the (1x300) vector. For this case we have used the simple DNN(Deep Neural Network) with 2 hidden layers, each containing 128 and 64 neurons respectively. Each of neurons has the activation function RELU, because it's the most efficient(see Fig 5). First layer will take an input matrix with size (1x300). Output layer will return one-hot(1x8) value of each label.

Similarly, the method that calculates the MFCC of the audio will return us a vector with size (20x11). For this kind of input feature we have used CNN(Convolutional Neural Network). It has 3 convolutional layers with 40,60,150 units respectively with activation function RELU. The kernel size of each layer will be (2x2). After these layers we will provide the max pooling layer with the same size of kernel. Then it will go through 2 more simple hidden layers with 128 and 64 units respectively. Similarly, output layer returns one hot value of the label (see Fig 6).

Because of the complexity of features in CNN, which often leads to over-fitting, we have decided to apply some regularization to this network. The most popular and widely used regularization method is *dropout*, which randomly kills the layer neurons in order to simplify the complex network. We shut off 40% of neurons in last 3 layers.

To recap, we fit the ZCR features to DNN and MFCC features to CNN. Each emotions has 192 audio waves, which means in total we have 1536 examples. These examples will be divided to train and test sets by 0.6 ratio(60% training, 40% testing)(see Fig 7). As an additional tuning parameters, we will have number of *epochs*(100) and *batch size*(50).

```

62 def dnn():
63     model = Sequential()
64     model.add(Dense(128, activation='relu',
65                     input_shape=(feature_dim_1, feature_dim_2)))
66     model.add(Dense(64, activation='relu'))
67     model.add(Flatten())
68     model.add(Dense(8, activation='softmax'))
69     model.compile(loss=keras.losses.categorical_crossentropy,
70                  optimizer=keras.optimizers.Adadelta(),
71                  metrics=['accuracy'])
72     model.fit(X_train, y_train_hot, epochs=epochs,
73              batch_size=batch_size)
74     return model

```

Fig 5. Simple Deep neural network

```

41 def cnn():
42     model = Sequential()
43     model.add(Conv2D(40, kernel_size=(2, 2), activation='relu',
44                     input_shape=(feature_dim_1, feature_dim_2,
45                                   channel)))
46     model.add(Conv2D(60, kernel_size=(2, 2), activation='relu'))
47     model.add(Conv2D(150, kernel_size=(2, 2), activation='relu'))
48     model.add(MaxPooling2D(pool_size=(2, 2)))
49     model.add(Dropout(0.4))
50     model.add(Flatten())
51     model.add(Dense(128, activation='relu'))
52     model.add(Dropout(0.4))
53     model.add(Dense(64, activation='relu'))
54     model.add(Dropout(0.4))
55     model.add(Dense(num_classes, activation='softmax'))
56     model.compile(loss=keras.losses.categorical_crossentropy,
57                  optimizer=keras.optimizers.Adadelta(),
58                  metrics=['accuracy'])
59     model.fit(X_train, y_train_hot,
60              epochs=epochs,
61              batch_size=batch_size)
62     return model

```

Fig 7. Train and Test set preparation

```

130 def get_train_test(split_ratio=0.6, random_state=42):
131     # Get available labels
132     labels, indices, _ = get_labels(DATA_PATH)
133     # Getting first arrays
134     X = np.load(labels[0] + '.npy')
135     y = np.zeros(X.shape[0])
136     # Append all of the dataset into one single array, same goes for y
137     for i, label in enumerate(labels[1:]):
138         x = np.load(label + '.npy')
139         X = np.vstack((X, x))
140         y = np.append(y, np.full(x.shape[0], fill_value= (i + 1)))
141     assert X.shape[0] == len(y)
142     return train_test_split(X, y,
143                             test_size= (1 - split_ratio),
144                             random_state=random_state, shuffle=True)

```

Fig 6. Convolutional Neural Network

Finally, we fit to each NN a corresponding input features and after some time we got the following result on Table 1:

**Table 1: Comparison of DNN and CNN**

Network	Accuracy	Loss	Time	Correct predictions	Incorrect predictions
DNN	96 %	0.03301	1 minute	20	0
CNN	69 %	0.1061	7 minutes	15	5

As we see simple DNN with ZCR input features trained the model much faster and showed really high accuracy, predicting every single 20 test examples correctly, while out complex CNN showed really poor accuracy and time consuming training process.

#### Conclusion

This experiment showed that the most efficient and accurate input feature of the audio signal to classify emotions will be Zero-Crossing Rate, because the DNN showed 96% accuracy. MFCC input features are more suitable for continuous speech recognition systems, but not for any type classification task. MFCC features classification doesn't work for Convolutional Neural Networks as good as Image classification, because 20x11 matrix input features does not provide enough information to detect emotions.

Zero crossing values in audio waveform describes emotions more efficiently than DCT output values.

#### REFERENCES

- [1] Dr. Vilas Thakare, Urmila Shrawankar. «TECHNIQUES FOR FEATURE EXTRACTION IN SPEECH RECOGNITION SYSTEM: A COMPARATIVE STUDY»;
- [2] Shikha Gupta, Jafreezal Jaafar, Wan Fatimahwan Ahmad, Arpit Bansal. «FEATURE EXTRACTION USING MFCC»;
- [3] Sigurdur Sigurdsson, Kaare Brandt Petersen and Tue Lehn-Schiøler, «Mel Frequency Cepstral Coefficients: An Evaluation of Robustness of MP3 Encoded Music»;
- [4] Arif Ullah Khan, L.P.Bhaiya, «Hindi Speaking Person Identification Using Zero Crossing Rate»;
- [5] Manish P. Kesarkar, Prof. Preeti Rao, «FEATURE EXTRACTION FOR SPEECH RECOGNITION»;
- [6] Nilu Singh\* and R. A. Khan, «Digital Signal Processing for Speech Signals»;
- [7] Ayaz Keerio, Bhargav Kumar Mitra, Philip Birch, Rupert Young, and Chris Chatwin, «Preprocessing of Speech Signals»;
- [8] Namrata Dave, «Feature Extraction Methods LPC, PLP and MFCC In Speech Recognition».

Куанышбай Д., Кожамет К., Шойынбек А.

#### Эмоцияларды классификациялауда терең нейронды желілері үшін екі сөйлеу сигналдарының ерекшеліктерін салыстыру

**Түйіндеме.** Сөйлеуді танудың автоматтандырылған жүйесі деректер туралы ғылым саласында өте танымал және жылдам дамушы болып табылады. ASR қарапайым HMM моделдерінен машиналық оқытудың дәстүрлі алгоритмдеріне дейінгі көптеген әдістер мен алгоритмдердің қолданылуымен құрылып, жасалынған. Бірақ қазіргі кезде ASR-ді сенімді моделін құрудың заманауи әдісі – терең нейрондық желілері. Әрине, бұл желілер тиісті кіріс функцияларын қажет етеді, әсіресе аудиторлық туралы болса. Бұл мақалада аудиокірістің екі сипаттамалық ұсынысының негіздері салыстырылады (Mel-жиіліктердің орталық коэффициенттері және нөлдердің қиылысу жиілігі) және де олар нейрондық желінің шектік дәлдігіне қалай әсер ететіндігі қарастырылады.

Негізгі есеп – берілген дыбыстық толқынды сәйкес эмоция (бақыт, қорқыныш, жек көру, ашулану және т.б) бойынша классификациялау.

**Кілттік сөздер:** ASR, терең нейрондық желі, ұсақжиілікті, кепстральдық коэффициенттер (MFCC), Zero-Crossing-Rate (ZCR), асқын кернеу, DCT, нейрондық желі (CNN).

Кожамет К., Куанышбай Д., Шойынбек А.

#### Сравнение особенностей двух речных сигналов для глубоких нейронных сетей для классификации эмоций

**Резюме.** Система автоматического распознавания речи является самой популярной, обсуждаемой и быстро развивающейся областью в науке о данных. ASR был разработан и построен с использованием множества методов и алгоритмов от простой модели HMM до традиционных алгоритмов машинного обучения. Но в наши дни современный метод построения надежной модели ASR - через глубокие нейронные сети. Конечно, эти сети требуют надлежащих входных функций, особенно если речь идет об аудиоволне. В этой статье сравниваются основы двух характерных представлений аудиовхода (центральные коэффициенты Mel-частоты и частота пересечения нуля)

и то, как они влияют на предельную точность нейронной сети. Основная задача - классифицировать данную звуковую волну по соответствующим эмоциям (гнев, счастье, страх, отвращение и т.д.)

**Ключевые слова:** ASR, Глубокие нейронные сети, Мелкочастотные кепстральные коэффициенты (MFCC), Zero-Crossing-Rate (ZCR), перенапряжение, DCT, Сверточная нейронная сеть (CNN).

УДК 004.031.43

**A.Y. Vershinin, N.K. Mukazhanov, K. Basiri**

(International Information Technology University, Almaty, Republic of Kazakhstan)

E-mail: vershininalexy1991@gmail.com

### **MORPHOLOGICAL MODEL OF THE KAZAKH LANGUAGE, WORD STEM DETERMINING ALGORITHMS, STEMMING AND LEMMATIZATION.**

**Abstract.** The article discusses the morphological model of the Kazakh language, the word stem determining algorithms and the use of these algorithms in retrieval systems to increase relevance. The methods of word stem determining algorithms, namely, stemming and lemmatization are studied. A review of the following stemming algorithms is given: Pace / Husk stemmer, Porter stemmer and Lovin's stemmer. The possibility of applying the methods of word stem determining algorithms for the Kazakh language is considered.

**Key words:** retrieval systems, morphological model of the Kazakh language, word stem determining algorithms, stemming, lemmatization.

**А.Ю. Вершинин, Н.К. Мукажанов, К. Басири**

(Международный университет информационных технологий,  
Алматы, Республика Казахстан)

E-mail: vershininalexy1991@gmail.com

### **МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КАЗАХСКОГО ЯЗЫКА, АЛГОРИТМЫ НАХОЖДЕНИЯ ОСНОВЫ СЛОВА, СТЕММИНГ И ЛЕММАТИЗАЦИЯ.**

**Аннотация.** В статье рассматриваются морфологическая модель казахского языка, алгоритмы нахождения основы слова и использование данных алгоритмов в поисковых системах для повышения релевантности. Исследованы методы нахождения основы слова, а именно стемминг и лемматизация. Приведен обзор следующих алгоритмов стемминга: стеммер Пэйса/Хаска, стеммер Портера и стеммер Ловина. Рассмотрена возможность применения методов нахождения основы слова для казахского языка.

**Ключевые слова:** поисковые системы, морфологическая модель казахского языка, алгоритмы нахождения основы слова, стемминг, лемматизация.

#### **Введение**

Поисковые системы – набор подготовленных алгоритмов, которые на основе слов, цифр или символов составляют поисковый запрос, который в конце выдает желаемый результат пользователю. В основном, дифференциация поисковых запросов происходит благодаря языковым особенностям сделанного запроса, что увеличивает актуальность лингвистики, в особенности в изучении морфологии определенного языка [1]. Рассмотрев популярные поисковые системы, можно понять, что они практически безошибочно находят информацию на распространенных языках, к примеру, на английском, французском или испанском. Если запрос будет производиться на менее популярном или более усложненном языке, то релевантность списка результатов будет снижаться по мере усложнения и увеличения объема запроса. Это объясняется тем, что поисковики, государства, или другие частные компании вкладывают больше ресурсов в изучение именно популярных языков, так как это имеет большую коммерческую ценность. Такие языки как английский имеют огромные базы данных, которые имеют возможность интегрироваться друг с другом, практически всегда имея возможность трансформировать даже самые ошибочные запросы в правильные. На протяжении многих лет методы поиска информации были разработаны и улучшены, чтобы помочь пользователям в поиске правильной информации. Поиск информации фокусируется на получении или предоставлении пользователям легкого доступа к информации, которая им нужна. Он не только ищет нужную информацию, но и представляет в той форме, которая будет легко понятна пользователям [2].

Сегодня использование Интернета во всем мире привело к увеличению объема информации и позволяет извлекать большие объемы информации в любой момент времени [3].

Это также означает, что будет получена как релевантная, так и неподходящая информация, тем самым замедляя процесс поиска. Тем не менее, скорость и актуальность очень важны при поиске информации, и специалисты, и компании, имеющие непосредственное влияние на эту сферу, ищут способы улучшить этот аспект процесса поиска. Это в конечном итоге привело к рождению языковых моделей. Несмотря на то, что в этой области было проведено много исследований, все еще существует высокий спрос на улучшения поиска.

В языковой модели пользователи создают запрос для описания необходимой им информации, и система выбирает из запроса ключевые слова, которые считаются релевантными. Эти ключевые слова будут сопоставлены с документами в обширной базе данных текстовых материалов, которая собирается поисковой системой годами. Анализ производится на основе принципов машинного обучения – система анализирует тексты, и даже если вначале процесс выдает ошибочный результат, со временем, система выявляет логические связи, стараясь эти ошибки не повторять. Когда обнаруживается сходство между данным запросом и документом в базе данных, этот документ извлекается, а затем сопоставляется с остальными извлеченными документами для целей ранжирования. Существуют две процедуры, которые обычно помогают улучшить языковые модели за счет ускорения процесса поиска, и они называются стемминг и лемматизация. По-прежнему существует множество не относящихся к делу документов, которая вводит людей в заблуждение, выдавая нерелевантную информацию, которую можно найти даже при использовании методов стемминга или лемматизации.

### **Морфологическая модель казахского языка**

Казахский язык входит в группу тюркских языков, что и доказывается огромным количеством словоформ, которые образуются добавлением к корню слова суффиксов или окончаний. Подобная особенность также присутствует и в других языках группы, таких как татарский, туркменский или узбекский [4]. В морфологии казахского языка существует строгий порядок аффиксов. К корню, изначально, добавляют суффикс, затем окончания множественности, притяжательные окончания, падежные окончания, и, наконец, окончания спряжения [5]. Словоизменение и словообразование – сложный процесс для изучающего язык, так как он основывается на детальном анализе начальной формы слова, для нахождения морфологических признаков и считывания семантических особенностей слова из базы данных [6].

### **Стемминг**

Стемминг является одним из методов, используемых в информационно-поисковых системах, чтобы убедиться, что варианты слов не пропускаются при извлечении текста. Процесс используется в удалении словообразовательных суффиксов, а также суффиксов, которые изменяют форму слов и их грамматические функции, чтобы варианты слов можно было объединить в обширный массив, где будут храниться слова с одними и теми же корнями или основами. Механизмы стемминга использовались во многих областях исследования языка, таких как изучение арабского языка, межъязыковой поиск и многоязычные манипуляции [7]. Существуют различные алгоритмы, разработанные для того, чтобы слова сводились к их корневым формам, тем самым уменьшая размер словаря документов. Это возможно благодаря тому, что один корень может использоваться для представления многих варианты терминов, используемых на определенном языке. Хотя этот подход помогает в поиске более релевантных документов, существует возможность либо недооценки (где два слова принадлежащие к одной и той же концептуальной группе преобразуются в две разные основы или корни, например, поиск по слову «бежать», не содержащему документов, которые имеют «бежавший» или «побежал» в их содержании), или чрезмерный стемминг (где два слова, принадлежащие к другой концептуальной группе, преобразуются в одни и те же основы или корни, например, когда поиск слова «новый» включает в себя результат поиска, содержащий слово «новости»).

Существует огромное количество техник стемминга, в том числе стеммер Пэйса/Хаска, стеммер Портера [8] и стеммер Ловина. В стеммере Пэйса/Хаска, создается файл, который содержит набор правил, и эти правила воспринимаются как массив, который реализует правила, пока не будет достигнут окончательный результат. Стеммер принимает и обрабатывает правило, если слово определяет окончание, которое соответствует последним буквам слова. Стеммер Ловина был разработан, чтобы иметь дело как с поиском информации, так и с проблемой компьютерной лингвистики. Стеммер Ловина является контекстно-зависимым алгоритм, который удаляет только один суффикс из слова - используя список из 250 суффиксов, стеммер удаляет самый длинный суффикс, который он

находит прикрепленным к данному слово. Перед выдачей результата, стеммер удостоверяется, что слова состоит как минимум из трех символов. Стеммер Портера является одним из широко используемых стеммеров в поиске информации. Когда пользователь запускает главную функцию стеммера, она проверяет ключевое слово, следуя изначально заданному списку правил стемминга. Во-первых, он удалит все стоп-слова (то есть список слов, указанные системой, должны игнорироваться). Это как правило, слова, которые часто встречаются в поисковых запросах, например, ссылаясь на английский язык, это артикли «a», «an» «the» [9].

Результаты многих лингвистических исследований предполагают, что стемминг является более ценным в кластеризации документов при работе с другими языками, кроме английского. Тем не менее, это не может быть оптимальным подходом к кластеризации агглютинативных языков, к которым относится казахский язык. Во-первых, стеммеры не могут объединять составные слова всякий раз, когда первые компоненты не совпадают. Во-вторых, они не способны разделять составные слова, которые как правило, имеют определенную структуру.

### **Лемматизация**

Лемматизация, с другой стороны, использует словарь и морфологический анализ слова и пытается удалить окончания, изменяющие первоначальную форму слова, тем самым возвращая слову его словарную форму. Метод проверяет, что все сделано на основе анализов, если слова запроса используются в качестве глаголов или существительных. Лемматизация также помогает сопоставить синонимы благодаря использованию тезауруса, для того, чтобы пользователь, при поиске слова «горячий», имел в списке результатов и вебсайты, и документы со словом «теплый», которое также соответствует контексту использования слова горячий. Продолжая пример нахождения синонимов, поиск слова «автомобиль» будет выдавать результаты и по значениям «автомобили», а также «машина», что сильно упрощает нахождение информации. В целях поиска информации, метод лемматизации использовался на нескольких языках. Например, Озгуркменоглу и Альпкочак, специалисты из Турции, сравнили три разных лемматизатора чтобы получить информацию из турецкой базы данных. Результаты их исследований показали, что лемматизация действительно улучшает производительность поиска, используя только минимальное количество слов из системы [10].

Составные слова образуют особую проблемную область при лемматизации. Составное слово, это форма, образованная из двух или более морфологических элементов. Часто нет разницы между словообразованиями, в которых компоненты записаны вместе и формами, в которых компоненты прописаны отдельно. Однако при поиске информации, это различие является достаточно существенным, так как это отражается на релевантности поиска – система воспринимает обе формы как разные. Поэтому мы ссылаемся к составным словам в том случае, когда компоненты пишутся слитно. Соединения могут быть разбиты на различные компоненты при лемматизации [11]. При индексации текстовой базы данных, оба соединения и их компоненты могут быть записаны в базе данных, что позволяет поиск по всем комбинациям составных компонентов.

И стемминг, и лемматизация играют очень важную роль, когда дело доходит до повышения релевантности поисковой системы [12]. При использовании этих методов, число используемых индексов уменьшается, потому что система будет использовать один индекс, чтобы представить число похожих слов, имеющих одинаковый корень или основание. Например, лемматизируя слово «градостроение», его индекс можно использовать для слова «город, городской» и так далее [13].

### **Заключение**

Подводя итог, хотелось бы отметить, что существующие методы нахождения основы слова, то есть стемминг и лемматизация, являются прогрессивными методами в компьютерной лингвистике, и могут помочь решить проблему низкого качества выдаваемых результатов на казахском языке. Изучая оба метода, можно сделать вывод, что стемминг не является подходящим методом нахождения основы слова – морфологическая модель казахского языка относится к агглютинативным языкам, то есть, основным словообразовательным элементом являются суффиксы, которые добавляются к корню слова [14].

Как показывает практика, стемминг плохо справляется с подобными языками, поэтому лемматизация является самым эффективным методом нахождения основы слова. Для достижения результатов в лемматизации казахского языка необходимо собрать обширную базу текстовых материалов на казахском языке [15]. Лемматизация и стемминг – процессы, которые проводятся не вручную, а име-



ют высокий уровень автоматизации. Алгоритмы считывают текстовые материалы, создавая определенные закономерности, и постоянное дополнение этой базы данных приведет к тому, что алгоритмы начнут лучше понимать логику построения и нахождения основы слов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] <https://sitechecker.pro/ru/search-engines/> (Обзор лучших поисковых систем мира: цели, технологии, отличия). Октябрь 2018
- [2] <https://thatsmart.ru/2015/03/internet-search-engines/> (Немного о том, как работает поиск в интернете). Март 2015
- [3] Левшин Н.С. О РОЛИ ПОИСКОВЫХ СИСТЕМ В РАЗВИТИИ СЕТИ ИНТЕРНЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИИ ВЕБ-ИНТЕРФЕЙСОВ Информационный издательский учебно-научный центр «Стратегия будущего» 2015
- [4] Казахская грамматика. Фонетика, словообразование, морфология, синтаксис. Астана, 2002.
- [5] Бектурова А., Бектуров Ш. Казахский язык для всех – Алматы: Ата - мұра, 2004. — С. 720
- [6] Г. Чоудхури и С. Чоудхури. Введение в электронные библиотеки – 2002
- [7] Д. Ловинс. Разработка алгоритмов стемминговых процессов – 1968
- [8] Porter M. F. An algorithm for suffix stripping // Program.1980, Т.14, №3. Р. 130–137.
- [9] Willett P. The Porter stemming algorithm: then and now // Program: Electronic Library and Information Systems.2006. В. 3, Vol.40, С. 219–223.
- [10] Озтуркменоглу, Альпкочак. Сравнение различных подходов в лемматизации для поиска информации на турецком языке – 2012
- [11] Сегалович И. В., Маслов М. А., Русский морфологический анализ и синтез с генерацией моделей словоизменения для неописанных в словаре слов. М.: Диалог, 1998. Т. 2. С. 547–552.
- [12] М.В. Губин, А.Б. Морозов. Влияние морфологического анализа на качество информационного поиска, 2006
- [13] Chris D. Paice. An evaluation method for stemming algorithms (англ.) // In the Proceeding of the 17th annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval. — 1994. — P. 42—50. — ISBN 0-387-19889-X
- [14] Шарипбаев А. А., Бекманова Г. Т., Ергеш Б. Ж., Бурибаева А. К., Карабалаева М. Х. Интеллектуальный морфологический анализатор, основанный на семантических сетях // Материалы междунар. науч.-технич. конф. «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем» (OSTIS-2012). Минск: БГУИР, 2012. С. 397–400.
- [15] А. М.Федотов, Д. А. Тусупов, М. А. Самбетбаева, А. С. Еримбетова, А. М. Бакиева, А. И. Идрисова. Модель определения нормальной формы слова для казахского языка. Новосибирский государственный университет. 2015

Вершинин А.Ю., Мукажанов Н.К., Басири К.

**Қазақ тілінің морфологиялық моделі, сөз негізін табудың негіздері, стемминг және лемматизация.**

**Түйіндеме.** Мақала қазақ тілінің морфологиялық моделін, сөздің негізін табудың алгоритмдерін және іздеу механизмдеріндегі осы алгоритмдерді өзектілігін арттыру үшін талқылайды. Сөз негізін табу әдісі зерттелді, атап айтқанда, стемминг және лемматизация. Төмендегі келесі стемминг алгоритмдерге шолу жасалады: Раса / Нуск стеммер, Porter стеммер және Lovin стеммер. Қазақ тіліндегі сөз негізін табу әдістерін қолдану мүмкіндігі қарастырылады.

**Кілттік сөздер:** іздеу машиналары, қазақ тілінің морфологиялық моделі, сөздің негізін табудың алгоритмдері, стемминг, лемматизация.

УДК 004.031.43

**A.Y. Vershinin, N.K. Mukazhanov, K. Basiri**

(International Information Technology University, Almaty, Republic of Kazakhstan)

E-mail: vershininalexey1991@gmail.com

**RETRIEVAL SYSTEMS IN KAZAKHSTAN**

**Abstract.** The article discusses the retrieval systems, their impact on the Internet development. An overview of the most common retrieval systems such as Google, Yandex and DuckDuckGo is provided. The general scheme of retrieval systems operating is analyzed. The information search in Kazakh is displayed as well. Current problems are discussed when searching for the information in Kazakh language, and possible solutions to these problems are given.

**Keywords:** retrieval systems, Internet, Google, Yandex, DuckDuckGo, search for the information in Kazakh language

**А.Ю. Вершинин, Н.К. Мукажанов, К. Басири**

(Международный университет информационных технологий, Алматы, Республика Казахстан)

E-mail: vershininalexey1991@gmail.com

## **ПОИСКОВЫЕ СИСТЕМЫ В КАЗАХСТАНЕ**

**Аннотация.** В статье рассматриваются поисковые системы, их влияние на развитие интернета. Приведен обзор самых распространенных поисковых систем, таких как Google, Яндекс и DuckDuckGo. Проанализирована общая схема работы поисковиков. Также отображена информация по поиску информации на казахском языке. Обсуждаются текущие проблемы при поиске информации на казахском языке, а также приведены возможные варианты решения этих проблем.

**Ключевые слова:** поисковые системы, интернет, Google, Яндекс, DuckDuckGo, поиск информации на казахском языке

### **Введение**

Развитие Интернета привело к тому, что количество потребляемой информации выросло в несколько раз. До интернета, основными источниками данных считались телевизор и печатные издания, но технологический рост человечества позволил заменить их быстрорастущей глобальной сетью [1]. В таких условиях, появляется проблема сортировки и поиска информации, так как глобальная сеть является двухсторонней - человек может как и просматривать данные, так и загружать их в сеть, поэтому год за годом, количество данных начало превышать все ожидания, и начались разработки различных поисковых систем. Эти системы были предназначены для того, чтобы пользователь сумел ориентироваться в интернете, так как самостоятельный поиск был бы намного затратнее как в материальном плане, так и в потраченном на этом времени. На данный момент, поисковые системы представляют из себя разнообразные системы, которые развиваются, масштабируются и охватывают большую часть глобальной сети [2].

Самым главным приоритетом поисковых систем является не только выдача информации - рынок поисковых систем очень конкурентен, поэтому современные поисковые системы совершенствуют свои продукты в тех областях, которые в самом начале развития Интернета казались нереалистичными. Если раньше поисковые системы имели лишь одну функцию – поиск информации, то на данный момент, самые главные поисковики могут искать фотографии, видео, подбирать поисковые запросы по определенному местоположению или интересам человека. Это объясняется тем, что пользователи проводят большое количество времени именно в поисковиках, поэтому, компании приняли решение улучшить и увеличить количество сервисов, чтобы пользователи проводили больше времени в их сайте [3].

### **Влияние поисковых систем на развитие интернета**

Поисковые системы являются отличным индикатором развития всего Интернета. На начальном этапе, поисковые системы имели типичные алгоритмы поиска по ключевым словам - на то время, эта функция поисковых систем удивляла всех пользователей. Рассматривая нынешнее время, можно сказать, что поисковые системы являются лицом всего интернета - нынешние поисковые сети имеют современный дизайн, молниеносную подачу информации и огромное количество вспомогательных сервисов [4].

Рассматривая поисковые системы, нужно отметить, что активные пользователи интернета используют их ежедневно, так как получение информации другими способами занимает большее время. Самыми популярными причинами использования поиска в глобальной сети являются ежедневные ситуации, такие как рецепты блюд, результаты спортивных матчей и, новости разных категорий [5]. В таких условиях развития поисковых систем появилось понятие «таргетинг», которое обозначает приспособление систем к индивидуальным потребностям людей. Таргетинг начал развиваться вместе с развитием программирования и дизайна – благодаря новым решениям в этих областях, поисковые системы получили возможность выдавать индивидуальные результаты поиска. К примеру, если человек на протяжении определенного количества времени искал различные виды мебели, то алгоритмы поисковика будут выдавать результаты по теме мебели, квартир, и так далее [6].

### **Обзор самых распространенных поисковых систем**

Самым большим поисковым сервисом является Google – американская компания, которая изначально начинала свою работу только в поисковых систем, но на данный момент, компании предоставляет огромное количество сервисов, к примеру, хранение файлов, создание документации и презентаций, редактирование фотографий, и огромное количество других услуг. Поисковик начал свою

работу в 1997 году, и основывается на работе веб-краулеров, которые анализируют информацию веб-страницы, сохраняют его в обработанном виде, для того, чтобы поисковик мог считывать информацию с этих страниц. Самым главным приоритет в подаче информации – релевантность информации, то есть если человек ищет информацию, то приоритет будет отдаваться не дате публикации, автору, или ресурсу, а будет производиться общий анализ данных, и на их основе оценивается релевантность ресурса. Вдобавок к обычным текстовым запросам, Google позволяет искать изображения, видео, информацию по карте, и так далее. Поиск также облегчается огромным количеством свойств, к примеру, человек может отсортировать информацию по дате, языку, или искать сайты только по определенным ключевым словам [7].

Несмотря на монополию Google в середине нулевых, на рынке СНГ весомую долю имеют поисковых запросов имеет Яндекс, компания, основанная в России в 1997 году. Особенностью системы является специфический поиск, который основывается на морфологии русского языка. К примеру, если человек напишет «где купить автомобиль», то человеку не будут выдавать результаты с таким набором слов – ему предложат сайты автодилеров или других продавцов, благодаря алгоритмам, которые обрабатывают запрос с учетом языковых особенностей, релевантности, и целей человека, делающего запрос. Также, как и Google, работники Яндекса создали огромное количество сервисов для пользователей – Яндекс.Музыка, Яндекс.Радио, Яндекс.Диск, и так далее [8].

Наряду с Google и Яндексом, существует огромное количество других поисковых систем, среди которых выделяется DuckDuckGo, сервер которого базируется в Пенсильвании, США. Поисковик был основан в 2008 году, и самая главная особенность этой системы – обеспечение конфиденциальности пользователей и отказ от передачи их данных различным рекламным компаниям. Следствием этой политики является отказ от «пузыря фильтров», который рассчитан на таргетированных запросах, то есть, этот поисковик выдает результаты на основе собственной оценки релевантности ресурсов, производя поиск в интенсивном виде, а не в экстенсивном, рассчитанном на количество, как это принято во многих других поисковиках [9].

#### **Поисковые системы в Казахстане**

Казахстанские пользователи глобальной сети активно используют поисковые системы в ежедневных ситуациях. Особенностью казахстанского рынка является дифференциация пользователей по языку – русский и казахский языки имеют практически равное количество носителей в интернете [10]. Из-за низкого развития поисковых систем на казахском языке, пользователи имеют большое количество ограничений в поиске на этом языке, тогда как поиск по русскому языку осуществляется практически во всех главных поисковых системах. Для работы поисковых систем, алгоритмы должны учитывать языковые особенности запроса, отсюда следует вывод, что алгоритм обработки казахского языка не имеет схожего уровня развития [11].

Для решения этой проблемы, государственные органы или частные компании должны создать определенные группы, состоящие из программистов, лингвистов, филологов и математиков, так как создание алгоритмического «скелета» языка – очень сложный процесс, которые требует большое количество специализированных знаний [12]. В то время, как лингвисты и филологи будут создавать закономерности современного казахского языка, программисты и математики будут создавать определенные алгоритмы, на основе полученной информации. Специалисты не должны работать изолированно, так как это создаст огромное количество ситуаций, в которых система будет выдавать ошибочные результаты [13].

#### **Заключение**

Подводя итог, можно сказать, что поисковые системы, в их нынешнем виде – главные источник информации в глобальной сети, так как именно они упрощают процесс поиска данных. На рынке поисковых систем пользователям предложено огромное количество вариантов – Google, Яндекс, Mail.Ru, Рамблер, и так далее [14]. Многие из них приспособлены для англоговорящих стран, так как большее количество информации в интернете хранится именно на английском языке. Поисковые системы – очень сложные комплекс алгоритмов, которые интегрированы в один общий код, поэтому очень важно, чтобы существовали алгоритмы для различных случаев. Нынешние поисковики используют алгоритмы, которые основываются на особенностях языка, на его лексических, морфологических и синтаксических деталях. Google и Яндекс имеют определенные системы, которые производят поиск по всем материалам в глобальной сети, в то время как некоторые поисковики, к примеру, DuckDuckGO имеют собственную базу данных и систему оценок ресурсов, и поиск производится именно в области этих сайтов [15].

Рассматривая поиск информации на казахском языке, можно заметить, что несмотря на то, что в глобальной сети большое количество информации на этом языке, алгоритмы поиска на этом языке находятся в раннем этапе своего развития, так как изучение языковых особенностей не предпринималось в больших масштабах. Самая главная рекомендация – начать масштабную работу, нацеленную на создание единого алгоритма, основанного на особенностях казахского языка. Для решения этой задачи, требуется большое количество специалистов лингвистов, филологов, программистов, и других, так как создание алгоритма не является реальным, если лишь одна сфера будет заниматься этим вопросом. Казахстанские государственные органы и частные компании в этой сфере должны начать работать по этой проблеме, и помочь поисковикам в создании алгоритма для казахоязычных пользователей.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Нелюбин Л.Л. Компьютерная Лингвистика и машинный перевод, 1991
- [2] Гульятеев А.К. Поиск в Интернете. 22е издание. Питер, 2006
- [3] Ланкастер Ф. У. Информационно-поисковые системы, 1972.
- [4] Daconta M.C., Obrst L.J., Smith K.T. The Semantic Web: A Guide to the Future of XML, Web Services, and Knowledge Management. Wiley Publishing, 2003.
- [5] Сегалович И. Как работают поисковые системы, 2002.
- [6] <https://thatsmart.ru/2015/03/internet-search-engines/> (Немного о том, как работает поиск в интернете). Март 2015
- [7] Гусев В.С. Google – эффективный поиск. Диалектика, 2006
- [8] Холмогоров В. Поиск в Интернете и сервисы Яндекс. Питер, 2006.
- [9] <https://sitechecker.pro/ru/search-engines/> (Обзор лучших поисковых систем мира: цели, технологии, отличия). Октябрь 2018
- [10] Шокин Ю. И., Федотов А. М., Барахнин В. Б. Проблемы поиска информации. Новосибирск: Наука, 2010. 196 с
- [11] Хорошилов А.В., Селетков С.Н., Днепровская Н.В. Управление информационными ресурсами. — М.: Финансы и статистика, 2006. — 272 с.
- [12] С. Н. Селетков, Мировые информационные ресурсы и проблемы поиска информации, Системы и средства информации., 2006, сс. 406–426
- [13] Шепель В.Н., Акимов С.С. Проблемы извлечения знаний. Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, 2017
- [14] <https://avantag.kz/?p=1484> (Яндекс vs Google) Август 2017
- [15] <https://hoster.kz/company/blog/seo/1858.html> (Алгоритмы поисковых систем) Май 2014

Вершинин А.Ю., Мукажанов Н.К., Башири К.

#### Қазақстанда іздеу жүйесі

**Түйіндемe.** Мақалада іздеу жүйелерінің, олардың Интернеттің дамуына әсері талқыланады. Google, Yandex және DuckDuckGo сияқты ең көп таралған іздеу жүйелеріне шолу. Іздеу жүйелерінің жалпы схемасын талдайды. Сондай-ақ, қазақ тілінде ақпаратты іздеу туралы ақпарат көрсетіледі. Қазақ тіліндегі ақпаратты іздестіру кезінде қазіргі проблемалар талқыланады және осы мәселелерге ықтимал шешімдер беріледі.

**Кілттік сөздер:** іздеу жүйелерінде, интернет, Google, Yandex, DuckDuckGo, қазақ тілінде ақпарат іздеу

**B.A. Abduali, D.T. Amirova, D.R. Rakhimova, A.S. Karibayeva**

<sup>1</sup>KazNU named after Al-Farabi, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Institute of Computational Technologies, Almaty, Kazakhstan)

E-mail: balzhanabdualy@gmail.com

#### THE TEXT ANALYTICS AND DOCUMENTS IN THE KAZAKH LANGUAGE

**Abstract:** Today a wide range of data retrieval and different approaches are distinguished. This article reviews the semantic data retrieval i.e. vector data model. The important tasks and objectives to search data are reviewed. The study of the modern methods and models of semantic analysis of natural language processing are provided; a module development of the analytical processing of text resources and documents in the Kazakh language based on the word2vec model; the development of a method to determine the synonyms of the Kazakh language; practical results of the developed methods and algorithms.

**Keywords:** word2vec, semantics, text analytics, information retrieval, vector data model.

<sup>1</sup>Б.А. Абдуали, <sup>1</sup>Д.Т. Әмірова, <sup>2</sup>Д.Р. Рахимова, <sup>1</sup>А.С. Кәрібаева

(<sup>1</sup>КазНУ имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Институт вычислительных технологий, Алматы, Казахстан,  
balzhanabdualy@gmail.com)

## **АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ТЕКСТОВЫХ РЕСУРСОВ И ДОКУМЕНТОВ НА КАЗАХСКОМ ЯЗЫКЕ**

**Аннотация.** На сегодняшний день различают множества видов поиска данных и есть разные подходы к этому. В данной статье будет рассматриваться поиск данных по семантике, то есть по векторному представлению. Рассмотрены важные задачи и проблемы при поиске данных. В статье показано исследование современных методов и моделей семантического анализа обработки естественного языка; разработка модуля аналитической обработки текстовых ресурсов и документов на казахском языке на основе модели word2vec; разработка метода определения синонимов казахского языка; практические результаты разработанных методов и алгоритмов.

**Ключевые слова:** word2vec, семантика, обработка текстовых ресурсов, информационный поиск, векторное представление.

### **Введение или описание проблемы**

В современном мире развитие технологий приводит к тому, что количество используемой информации, представленной в электронном виде, растет быстрыми темпами. Хранить важные документы, такие как отчеты, договора и т.д. стало гораздо удобнее и проще. Все это представляет интерес для анализа.

Для работы с большими данными разрабатываются разные алгоритмы и методы для машинного решения этой задачи, так как проводить анализ вручную не позволяют объемы данных. Любой естественный язык по-своему сложен, уникален и многогранен, поэтому извлечение данных из документов и текстовых ресурсов представляет собой большую и трудоемкую работу, которая требует предварительной обработки.

Во время изучения работы модуля аналитической обработки текстовых ресурсов и документов, были исследованы разные методы и модели. Такие как fastText, GloVe, Word2vec.

fastText - это библиотека для изучения вложений слов и текстовой классификации, созданных Лабораторией исследований AI в Facebook. Модель представляет собой неконтролируемый алгоритм обучения для получения векторных представлений для слов. Facebook предоставляет предварительно подготовленные модели для 294 языков. Это программа написано на языке Python и C++ [1].

GloVe, придуманная из Global Vectors, является моделью для распределенного представления слов. Модель представляет собой неконтролируемый алгоритм обучения для получения векторных представлений для слов. Метрики подобия, используемые для оценок ближайших соседей, создают единый скаляр, который количественно определяет взаимосвязь двух слов. Эта простота может быть проблематичной, поскольку два заданных слова почти всегда демонстрируют более сложные отношения, чем могут быть зафиксированы одним числом. Например, man можно считать похожим на woman, поскольку оба слова описывают людей; с другой стороны, эти два слова часто считаются противоположностями, поскольку они выделяют первичную ось, по которой люди отличаются друг от друга [2].

### **Предыдущие работы**

В книге [3] описаны базовые идеи информационного поиска. Представлены различные варианты нахождения статистик текста, которые включают в себя подсчет количества вхождений слов в документы и частоту соседства слов.

В статье [4] представлены две новые модельные архитектуры для вычисления непрерывных векторных представлений слов из очень больших наборов данных. Было изучено качество векторных представлений слов, полученных различными моделями, по набору синтаксических и семантических языковых задач.

Векторные представления слов, обученные с помощью моделей word2vec, несут смысловые значения и полезны в различных задачах НЛП. В [5], приводятся подробные описания и объяснения параметров уравнений моделей word2vec, включая модели CBOW и skip-gram, а также усовершенствованные методы оптимизации, включая иерархическую softmax и отрицательную выборку.

Одной из разработанных моделей, применяемых для аналитической обработки текстовых ресурсов является Word2Vec.

Word2Vec включает в себя набор алгоритмов для расчета векторных представлений слов, предполагая, что слова, используемые в похожих контекстах, значат похожие вещи, т.е. семантически близки.

$$\frac{(w_v * w_c)}{\sum(w_{c1} * w_v)}$$

- В числителе - близость слов контекста и целевого слова.
- В знаменателе — близость всех других контекстов и целевого слова [8].

В [6] показано применение языковых моделей нейронной сети к задаче расчета семантической подобия для русского языка. Описаны используемые инструменты и корпуса, достигнутые результаты.

В статье [7] были представлены результаты алгоритма word2vec для синтетического агглютинативного казахского языка. Основные трудности реализации алгоритма были связаны с требованием нормализации текста.

**Алгоритм работы**

**В word2vec существуют два основных алгоритма обучения:**

1. CBOW(Continuous Bag of Words) — «непрерывный мешок со словами» модельная архитектура, которая предсказывает текущее слово, исходя из окружающего его контекста.

CBOW предсказывает слово из локального контекста:

- входы – one-hot представления слов размерности  $V$  ;
- скрытый слой – матрица представлений слов  $W$ ;
- выход скрытого слоя – среднее векторов слов контекста;
- на выходе получаем оценку  $u_j$  для каждого слова и берём softmax:

$$p(i|c_1, \dots, c_n) = \frac{\exp(u_j)}{\sum_{j'=1}^V \exp(u_{j'})}$$

2. Skip-gram действует иначе: она использует текущее слово, чтобы предугадывать окружающие его слова.

Skip-gram предсказывает слова контекста из текущего слова:

- предсказываем каждое слово контекста из центрального;
- теперь несколько мультиномиальных распределений и по softmax для каждого слова контекста:

$$p(c_k|i) = \frac{\exp(kc_k)}{\sum_{j'=1}^V \exp(u_{j'})}$$

Пользователь word2vec имеет возможность переключаться и выбирать между алгоритмами. Порядок слов контекста не оказывает влияния на результат ни в одном из этих алгоритмов. При расчете используются искусственные нейронные сети. Во время обучения алгоритм формирует оптимальный вектор для каждого слова с помощью CBOW или skip-gram.

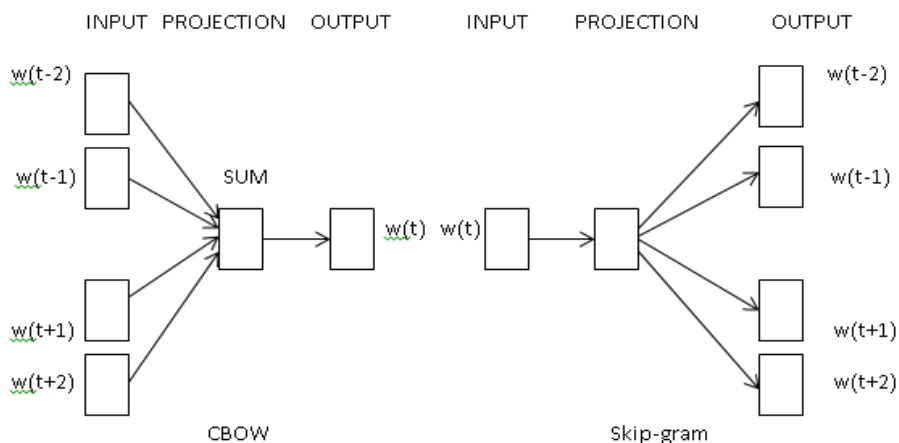


Рис. 1. Модель CBOW и skip-gram.

$w(t)$  – данное слово

$w(t-2)$ ,  $w(t-1)$  и т.д. – близлежащие слова

Метод представления слов в виде векторов используется для кластеризация слов и выявления их семантической близости, т.е. разделяет несвязанные слова и соединяет связанные, что помогает в задачах кластеризации и классификации текстов [9].

Получаемые на выходе координатные представления векторов-слов позволяют вычислять «семантическое расстояние» между словами. И, именно основываясь на контекстной близости этих слов, технология word2vec совершает свои предсказания. Так как инструмент word2vec основан на обучении нейронной сети, чтобы добиться его наиболее эффективной работы, необходимо использовать большие корпуса для его обучения. Это позволяет повысить качество предсказаний.

Для того чтобы посчитать и по векторному пространству выводить слова нужна семантическая сеть. Семантическая сеть - это множество понятий (слов и словосочетаний), связанных между собой. Семантическая сеть включает наиболее часто встречающиеся слова текста, которые несут основную смысловую нагрузку. Для каждого понятия формируется набор смысловых (ассоциативных) связей, т.е. список других понятий, в сочетании с которыми оно встречалось в предложениях текста.

В дистрибутивной семантике слова обычно представляются в виде векторов в многомерном пространстве их контекстов. Семантическое сходство вычисляется как косинусная близость между векторами двух слов и может принимать значения в промежутке  $[-1...1]$  (на практике часто используются только значения выше 0). Значение **0** приблизительно означает, что у этих слов нет похожих контекстов и их значения не связаны друг с другом. Значение **1**, напротив, свидетельствует о полной идентичности их контекстов и, следовательно, о близком значении.

В последнее время интерес к дистрибутивной семантике существенно возрос. В основном это обусловлено новыми алгоритмами обучения на больших корпусах: это так называемые word embedding models (часто для их обучения используются простые искусственные нейронные сети). В результате мы получаем сжатые вектора для слов, которые можно использовать для самых разных компьютерно-лингвистических задач [10].

Для реализации модуля аналитической обработки текстовых ресурсов и документов на казахском языке была разработана модель на основе word2vec. Алгоритм работы модели показан на рисунке 2.

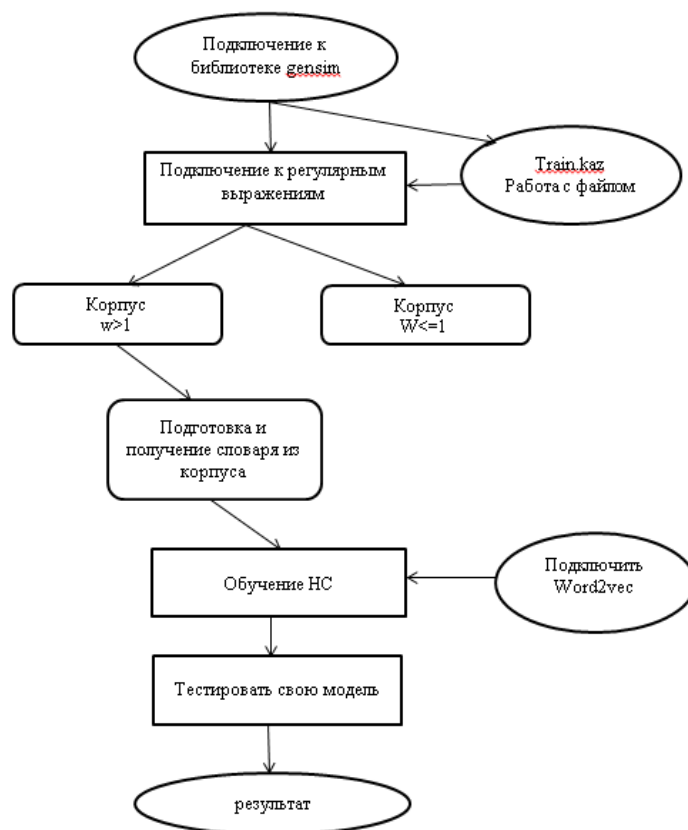


Рис. 2. Алгоритм работы модуля

## • Технические науки

---

Модуль аналитической обработки текстовых ресурсов и документов для казахского языка состоит из 3 этапов:

1. Подготовка входных данных
2. Обучение модели
3. Работа с обученной моделью

Этап подготовки данных в свою очередь состоит из следующих шагов:

1. Подготовка корпуса.

Для обучения модуля необходимо подготовить корпус. Корпус — это подобранная и обработанная по определенным правилам совокупность текстов, используемых в качестве базы для исследования языка. Они используются для статистического анализа и проверки статистических гипотез, подтверждения лингвистических правил в данном языке.

Поиск по корпусу может выдать:

- все употребления выбранного слова в непосредственном контексте, на основании чего переводчик может определиться с выбором синонима при переводе или с сочетаемостью слов;
- частотность употребления слова в определенной области знаний;
- слова, которые чаще всего стоят рядом с выбранным словом;

Был собран казахский одноязычный корпус. Корпус собирался из разных источников. Одним из источников были тексты в электронной форме из разных известных литературных романов, сказок. Другим источником получения данных были открытые интернет-ресурсы, новостные порталы, например, такие как официальный сайт президента Республики Казахстан ([www.akorda.kz](http://www.akorda.kz)), портал электронного правительства ([www.egov.kz](http://www.egov.kz)) и т.д.

Для обучения модели был подготовлен одноязычный казахский корпус, который находится в файле `train_kaz`, по объему 10000 предложений.

2. Подготовка словаря.

Для обучения модели также необходимо подготовить словарь. Словарь составляется из слов, содержащихся в корпусе. С помощью подключения регулярных выражений, приводим все слова в корпусе в нижний регистр.

Далее создаются два корпуса. Первый корпус состоит из слов, которые встречаются более одного раза, второй корпус состоит из слов, встречающихся только один раз.

После получения словарей из корпуса, разделяем в них слова так, что в каждой строке находится по одному слову. Получаем новый словарь.

- 2 этап. Обучение модели

Следующим этапом в реализации модели является обучение.

Для обучения модели задаем следующие параметры:

- Размерность векторов признаков составляет 100;
- Максимальное расстояние между текущим и предсказанным словом в предложении составляет 5;
- Минимальный уровень обучения 1;
- Пороговая частота среза 4 слов;

- 3 Этап. Работа с обученной моделью.

Обучается с помощью нейронной сети (НС) и для работы с обученной моделью подключение к ней `Word2vec`:

```
model_kaz = Word2Vec.load("model_kaz.model")
```

### Результаты

В результате полученной обученной модели можно искать по смыслу похожие слова. Для более эффективной работы модели и получении хороших результатов, требуются большие одноязычные корпуса на казахском языке, так как `Word2vec` основан на обучении нейронной сети.

Можно задавать для ввода как одно слово, так и несколько. На рисунках 3 и 4 показан пример работы модели.

Результат обучения для одного слова:

```
model_kaz["жылдың"]
```



```
array([ 0.9991543 , 0.21965139, 0.29315677, 0.10888853, 0.47598684,
       -0.28379786, 1.1473682 , -0.6190352 , 1.0921485 , -0.3379822 ,
       -0.9026812 , -0.9696143 , -0.21033779, -1.0946484 , -0.14725323,
       -0.5968371 , -0.94785064, -0.0186517 , 0.9273225 , 0.02986972,
       -0.5971313 , 1.6572342 , -0.5005268 , -0.72290874, 1.3720803 ,
       0.3576381 , -0.25446084, -0.6820295 , -0.05884275, 0.04245997,
       -1.2486485 , 0.5666453 , -0.82413435, -0.516167 , -0.2035349 ,
       -0.65919286, 1.1125271 , 0.79175997, -0.39865917, 0.13109162,
       -1.3794425 , -0.09773538, 1.5038078 , -0.22719735, -0.6705901 ,
       -0.01339606, 0.4934905 , 0.36428472, 0.12966971, -0.0571641 ,
       -0.6472839 , 0.6247625 , -0.47967348, -0.17849082, 0.06311992,
       -0.4211008 , 0.21196847, -1.3122642 , -0.23150532, 0.47074622,
       0.63370025, -0.96714115, -0.33243644, 1.2825935 , -0.38998842,
       -0.5900854 , 0.17189564, -0.19655013, -1.119008 , -1.2662848 ,
       -0.7881708 , -0.06033329, 0.6032156 , -0.3427293 , 0.83609366,
       -0.6120512 , -0.12485034, 0.9940732 , 0.58395654, 0.34109122,
       -0.35265407, -0.7005883 , -0.6270238 , 0.5748394 , 0.1292389 ,
       0.59908956, 0.7373656 , 0.3227748 , -1.2803192 , 0.6388992 ,
       -0.3058275 , -0.64198923, -0.43613726, -0.6778025 , -0.62231904,
       -1.255485 , -0.07670641, 0.7747939 , 0.5336992 , -1.0332865 ],
      dtype=float32)
```

**Рис. 3.** Пример работы модели для одного слова.

Результат обучение для двух слов:

model\_kaz.most\_similar(positive=["жылдың", "бас"], topn=10)

```
[ ('1993', 0.9606807231903076),
  ('маусымда', 0.955879271030426),
  ('ассамблеясының', 0.955683708190918),
  ('наурызда', 0.9535720944404602),
  ('сөзіне', 0.9529553651809692),
  ('қазан', 0.9526992440223694),
  ('1994', 0.9519071578979492),
  ('шырсының', 0.9517829418182373),
  ('мамырында', 0.9508242607116699),
  ('мамырда', 0.9497315287590027)] |
```

**Рис. 4.** Пример работы модели для двух слов.

### **Заключение и будущие работы**

Полученные результаты по разработке методов и моделей работы модуля аналитической обработки текстовых ресурсов и документов на казахском языке:

- исследованы разные виды методов и моделей, применяемые для работы модуля аналитической обработки текстовых ресурсов и документов;
- выполнен сбор одноязычного корпуса казахского языка для обучения модели word2vec;
- выполнена предобработка текстовых данных, для использования их в качестве входных данных;
- подбор слов, близких по векторному представлению;
- реализован модуль аналитической обработки текстовых ресурсов и документов на казахском языке реализован с помощью модели word2vec.

В дальнейшем для более эффективной работы модели на основе word2vec, основанной на обучении нейронной сети, планируется увеличить объем корпуса. Так как большие объемы корпусов позволяют повысить качество поиска.

Данная работа была выполнена и финансирована в рамках проекта AP05132950 «Разработка информационно-аналитической поисковой системы данных на казахском языке» Института информационных и вычислительных технологий, Казахстан, г. Алматы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] fasttext. Дата обращения [10.09.2018], URL: <https://fasttext.cc/>  
[2] GloVe. Дата обращения [12.09.2018], URL: <https://nlp.stanford.edu/projects/glove/>  
[3] Introduction to Information Retrieval. Christopher D. Manning, Prabhakar Raghavan, Hinrich Schütze. Cambridge University Press New York, NY, USA ©2008. ISBN:0521865719 9780521865715  
[4] Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space. Tomas Mikolov, Kai Chen, Greg Corrado, Jeffrey Dean. URL: <https://arxiv.org/pdf/1301.3781.pdf>  
[5] word2vec Parameter Learning Explained. Xin Rong. URL: <https://arxiv.org/pdf/1411.2738.pdf>  
[6] Texts in, Meaning out: neural language Models in semantic similarity tasks for russian. Kutuzov A., Andreev I. URL: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1504/1504.08183.pdf>  
[7] The application of the connectionist method of semantic similarity for kazakh language. Maksat N. Kalimoldayev, Kairat Ch. Koibagarov, Alexandr A. Pak, Arman S. Zharmagambetov. In Electronics Computer and Computation (ICECCO), 2015 Twelve International Conference on (pp. 1-3). IEEE. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7416906>  
[8] Word2Vec. Дата обращения [05.09.2018], URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Word2vec>  
[9] <https://ru.megaindex.com/support/faq/word2vec> Дата обращения [05.09.2018]  
[10] Webvectors. Дата обращения [15.09.2018], URL: <https://rusvectors.org/ru/about/>  
[11] Gensim. Дата обращения [15.09.2018], URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Gensim>

Абдуали Б.А., Әмірова Д.Т., Рахимова Д.Р., Кәрібаева А.С.

**Қазақ тіліндегі мәтіндік ресурстар мен құжаттарды аналитикалық өңдеу**

**Резюме.** Бүгінгі таңда мәліметтерді іздеудің көптеген түрлері бар және осыған әр түрлі әдістер де бар. Бұл мақалада мәліметтерді семантикасы бойынша іздеу, яғни векторлық көрсеткіш бойынша іздеу қарастырылған. Мәліметтерді іздеу уақытысындағы маңызды есептер мен мәселелер қарастырылған. Мақалада табиғи тілді өңдеудегі семантикалық анализдерің заманауи әдістері мен тәсілдерінің зерттелуі; word2vec моделінің негізіндегі қазақ тіліндегі мәтіндік ресурстар мен құжаттарды аналитикалық өңдеудің жасалуы; қазақ тілінің синоним сөздерін анықтаудың әдістерінің жасалуы; жасалынған әдістер мен алгоритмдердің практикалық нәтижелері көрсетілген.

**Кілттік сөздер:** word2vec, семантика, мәтіндік ресурстарды өңдеу, ақпараттық іздеу, векторлық көрсетілім.

УДК 637.1

**E.Zh. Zhaksybayeva<sup>1</sup>, F.T. Dikhanbayeva<sup>1</sup>, J. Smailova<sup>2</sup>, G Zhunusova<sup>3</sup>**

(Almaty Technological university<sup>1</sup>, Almaty, Kazakhstan,

Korkyt Ata Kyzylorda State University<sup>2</sup>, Kyzylorda, Kazakhstan

Kazakh University of Technology and Business<sup>3</sup>, Astana, Kazakhstan)

E-mail: [zhelya90@gmail.com](mailto:zhelya90@gmail.com)

**STUDY OF MICROBIOLOGICAL FACTORS OF YOGHURT DRINK FOR GERODIETETIC NUTRITION**

**Abstract.** The article provides information about several studies and their results in the development of technology and yoghurt formulation from camel milk suitable for old and aged people.

**Key words:** gerodietic, camel milk, dairy products, starters, technology

**Э. Ж. Жаксыбаева<sup>1</sup>, Ф.Т. Диханбаева<sup>1</sup>, Ж.Смаилова<sup>2</sup>, Г. Жунусова<sup>3</sup>**

(Алматынський технологический университет<sup>1</sup>, Алматы, Қазақстан,

Қызылординский Государственный университет имени Көркыт-Ата<sup>2</sup>, Қызылорда, Қазақстан,

Қазақский университет технологии и бизнеса<sup>3</sup>, Астана, Қазақстан)

E-mail: [zhelya90@gmail.com](mailto:zhelya90@gmail.com)

**ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПИТЬЕВОГО ЙОГУРТА ДЛЯ ГЕРОДИЕТИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ**

**Аннотация.** В статье приведены сведения о нескольких исследованиях и их результатах при разработки технологии и рецептуры йогурта из верблюжьего молока предназначенного для людей пожилого и старческого возраста.

**Ключевые слова:** геродиетика, верблюжье молоко, молочные продукты, закваски, технология

Производство молочных продуктов, как классического ряда, так и нового поколения базируется на знании биотехнологии, микробиологии, закономерностях научных знаний.

Учитывая опыт отечественной и зарубежной науки можно выделить группу продуктов, которые займут достойное место в будущем, в том числе и традиционного профиля.

В последние годы наблюдается все возрастающий интерес к кисломолочным продуктам, содержащим микроорганизмы – пробиотики (бифидобактерии, ацидофильные молочнокислые палочки и др.), а так же пребиотики, пищевые волокна и добавки, которые являются представителями нормальной кишечной микрофлоры человека. Эксперты Международной молочной федерации называют их «продуктами здоровья» и считают, что в XXI веке эти продукты будут занимать наибольший объем в производстве кисломолочных продуктов. Необходимость увеличения этой группы продуктов диктуется ухудшением экологической обстановки и др. факторов. Поэтому, увеличение производства таких продуктов является весьма актуальным для нашей страны.

На сегодня, разработаны технологические процессы производства гаммы кисломолочных продуктов с бифидобактериями. Эти продукты уже выпускаются промышленностью в нарастающих объемах. К ним можно отнести следующие виды: «Биоюгурт», «Биокефир», «Бифидин», «Бифитон», «Тонус», которые выпускаются многими предприятиями отрасли[1].

Особенности технологии кисломолочных продуктов биоюгурт, биокефир разнообразны, за счет введения в них разных видов заквасок.

**Йогурт** (от *тур. yoğurt*) — кисломолочный продукт с повышенным содержанием сухих веществ, изготавливаемый путём сквашивания проты симбиотической смесью чистых культур *Streptococcus thermophilus* (термофильный стрептококк), содержание которых в готовом продукте на конец срока годности составляет не менее  $10^7$  КОЕ (колониеобразующие единицы) в 1 г продукта (допускается добавление пищевых добавок, фруктов, овощей и продуктов их переработки)[2].

В промышленных масштабах наибольшее количество йогурта в мире производится в Финляндии (37 %), за ней следуют Эстония (19 %), Франция и Германия (по 13 %)[3].

Йогурт как конечный кисломолочный продукт по своей консистенции разделяется на два вида: ложковый и питьевой. Ассортимент питьевого йогурта с разными наполнителями и добавками в мире очень много. Однако, следует отметить, что выше перечисленные продукты предназначены для населения раннего и среднего возраста в качестве дополнителя к пище или же имеющие профилактические действия. Для населения пожилого и старческого возраста ассортимент кисломолочных продуктов уменьшается за счет того, что большинство производителей предпочитают производство йогуртов для другого слоя населения.

На кафедре «Технология продовольственных продуктов» Алматинского технологического университета проводятся исследования по разработке технологии питьевого йогурта для геродиетического питания. В качестве сырья для питьевого йогурта выбрано верблюжье молоко. Для расширения знаний и доработки рецептуры и технологии данного вида продукта были сделаны исследовательские работы в лабораториях Центра исследования и разработок «LB Vulgaricum», который расположен в Болгарии.

До настоящего времени в республике кисломолочных продуктов из верблюжьего молока предназначенных для питания лиц пожилого и старческого возраста не было произведено.

Для создания нового вида питьевого йогурта были использованы лиофилизированные симбиотические бактериальные культуры *Lactobacillus bulgaricus* и *Streptococcus thermophilus*, произведенные Центром исследований и разработок «LB Vulgaricum».

При создании данного продукта фокусировались в следующей задаче, это наличие в кисломолочном продукте стабильного состава кисломолочных бактерий, а так же высокие сочетания органолептических свойств и содержание полезных для организма людей пожилого и старческого возраста ингредиентов.

В качестве основного молочного сырья выбрано верблюжье молоко, который обладает высокой энергетической ценностью. Верблюжье молоко имеет 3,8% жирности, он так же является источником жирорастворимых витаминов А, Д, Е, и  $\beta$ -каротина, вкусовых и ароматических веществ, жирных кислот. Данное сырье позволило получить кисломолочный продукт с отличными органолептическими показателями.

Для исследования были сделаны более 25 проб, с разными видами пищевыми добавками, пребиотиками, наполнителями, а так же с разными видами заквасок, в ходе которого так же были проведены

микробиологические исследования. При исследованиях бактериологической обсеменённости проб были использованы питательные среды для культивирования лактобацилл Агар MRS, так же M17.

Состав агара MRS разработали де Ман, Рогосса и Шарпе (deMan, Rogossa and Sharpe) для получения среды, способной поддерживать хороший рост лактобацилл вообще и, в частности, таких штаммов, которые плохо растут на обычных средах, например *L. brevis* и *L. fermenti*. Среда подходит для выращивания молочнокислых бактерий, в том числе *Lactobacillus*spp., *Pediococcus*spp. и *Leuconostoc*spp[4].

Среды M17 используют для культивирования молочных стрептококков и изучения «молочных» бактериофагов методом бляшкообразования. Эти среды предложены Terzaghi и Sandine[5] для культивирования и подсчета молочных стрептококков, а также их бактериофагов. На них можно изучать лизогению и морфологические особенности фагов. Бульон M17 является модификацией бульона M16 [6]. Shankar и Davies [7] сообщили о выделении *Streptococcus thermophilus* из йогурта. Динатрий-β-глицерофосфат подавляет рост *Lactobacillus bulgaricus*. Агар M17 рекомендован международными организациями [8,9] для селективного подсчета *Streptococcus thermophilus* в йогурте. Он также подходит для культивирования и поддержания «стартовых культур» (заквасок) на производстве сыра и йогурта. На среде можно определять не ферментирующие лактозу мутанты стрептококков.

При использовании Агара MRS были получены следующие результаты после инкубации в атмосфере, богатой CO<sub>2</sub>, в течение 2-х дней при температуре 37°C, который показан на рисунке 1.

При использовании Бульона M17 ростовые характеристики референс-штаммов были взяты после 24-48 ч при 35°C, который показан на рисунке 2.

А так же, на ряду с бактериологической обсеменённостью были взяты микроскопические фотографии с разных проб, для исследования живых бактерий. На рисунке 3,4 показаны фотографии проб, получившие высокий балл при сенсорном и органолептическом анализе.

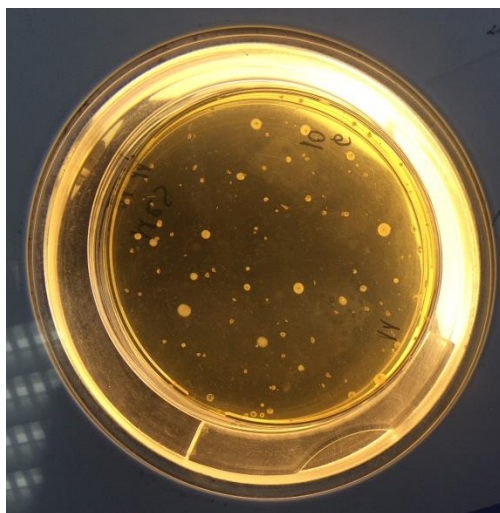


Рис. 1. Бактериологическая обсемененность в питательной среде Агар MRS

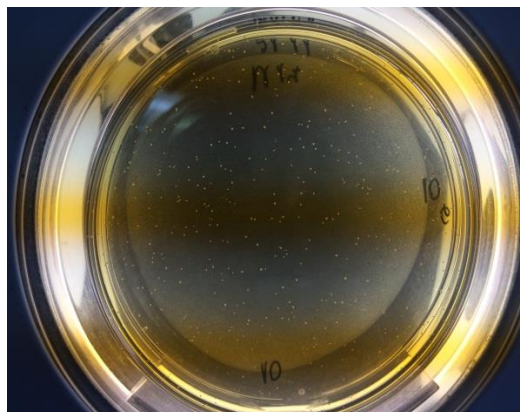


Рис. 2. Бактериологическая обсемененность в питательной среде бульон M17

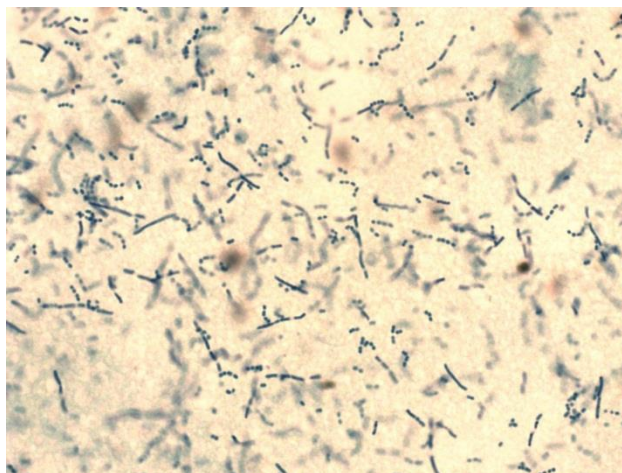


Рис. 3. Исследования живых бактерии в пробах

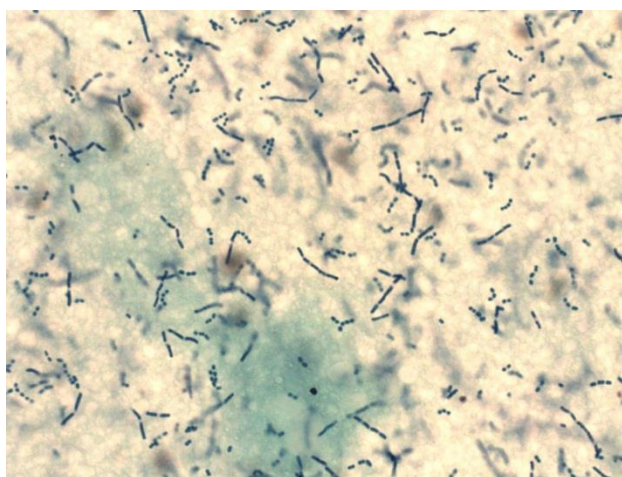


Рис. 4. Исследования живых бактерии в пробах

В процессе исследования проводилось определение жизнеспособности изучаемых культур. Из рисунков видно, что использованные бактериальные культуры *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus* в сочетании с фруктоолигосахаридами, пектином и трансглутаминазой имеют активную жизнедеятельность. По микроскопическим анализам видно, что в молочной смеси встречаются кокки разных фигур, это молочнокислые стрептококки, а именно *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus* (термофильный стрептококк – *S. thermophilus*). Клетки имеют овальную или шаровидную форму, диаметр 0,7–1,0 мкм, часто соединены в длинные цепочки (см. рис. 3,4). Активные штаммы свертывают молоко за 3,5–4 ч при оптимальной температуре 40–42 С.

#### Результаты исследования:

Таким образом, результаты исследования позволяют определить что при внесении в верблюжье молоко пищевых добавок, пребиотика и фермента /пектин, фруктоолигосахарид, трансглутаминаза/ повышает активную свертываемость термофильных бактерий при определенной температуре. В ходе исследования были сравнены бактериологические обсемененность контрольного образца и с другими образцами, где наибольшая активность свертывания были у образцов, где были добавлены выше указанные вещества. Из этих данных следует отметить, что активность штаммов увеличивается, что означает при поступлении в организм человека активность будет продолжительной.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Догарева Н.Г. Молочные функциональные продукты. Лекционные материалы, 2011 г.;
- [2] Федеральный закон от 12.06.2008 № 88-ФЗ «Технический регламент на молоко и молочные продукты»;
- [3] Голубева О. Про молочные реки, йогуртовые берега;

- [4] Кат. № 1043. Agar MRS/MRS Agar. Среда для культивирования лактобацилл. Инструкция;  
[5] Terzaghi B.E. and Sandine W.E., 1975, Appl. Microbiol., 29:807;  
[6] Lawrie and Pearee, 1971, J. Dairy Sci. Technol., 6:166. ;  
[7] Shankar P.A. and Davies F.L., 1977, Soc. Dairy Technol., 30:28. ;  
[8] International Dairy Federation, 1981, Joint IDF/ISO/AOAC Group E44.  
[9] International Organization for Standardization, 1985, ISO/DIS:7889

Жаксыбаева Э.Ж., Диханбаева Ф.Т., Смаилова Ж., Жунусова Г.

**Геродиеталық тамақтануға арналған сұйық йогурттың микробиологиялық көрсеткіштерін зерттеу**

**Түйіндемe.** Мақалада түйе сүтінен қарт және егде жастағы адамдардың тамақтануына арналған йогурт рецептурасын құрастыру және оны жасау технологиясы кезіндегі жүргізілген бірнеше зерттеулер мен оның нәтижесі туралы ақпарат берілген.

**Кілт сөздер:** геродиетика, түйе сүті, сүт өнімдері, ашытқылар, технология

УДК 621.438

<sup>1</sup> D.R.Umyshev, <sup>2</sup> A.M.Dostiyarov., <sup>3</sup> B.K.Nauryz, M.Y.Tumanov <sup>3</sup>

(<sup>1</sup> Kazakh National Technical University named after K.I. Satpayev

<sup>2</sup> S.Seifullin Kazakh Agrotechnical University

<sup>3</sup> Almaty University of Energy and Communications)

E-mail: umishev\_d@mail.ru, dost51@mail.ru, nauryzb@list.ru

## NUMERICAL SIMULATION OF THE COMBUSTION PROCESS BEHIND THE BURNER WITH A COUNTER-TWISTED STABILIZATION METHOD

**Abstract.** The article presents the results of the analysis of numerical modeling of combustion processes behind profiles of blades with plates with angles of 45°. The contours of temperatures and graphs of concentrations of nitrogen oxides are given. The basic mechanisms of the formation of nitrogen oxides in this particular case are analyzed. Theoretical positions for calculating blade profiles are presented.

It has been shown that blade profiles have good stabilization indicators at various fuel surpluses, as well as low concentrations of nitrogen oxides at the exit from the simulated area.

**Key words.** Combustion chambers, counter-swirling jets, nitrogen oxides, excess fuel, stabilization, temperature.

<sup>1</sup>Д.Р. Умышев, <sup>2</sup>А.М. Достияров, <sup>3</sup>Б.К. Наурыз, <sup>3</sup>М.Е. Туманов

(<sup>1</sup> КазНТУ им К.И.Сатпаева

<sup>2</sup> Казахский агротехнический университет им С.Сейфуллина

<sup>3</sup> Алматинский университет энергетики и связи)

E-mail: umishev\_d@mail.ru, dost51@mail.ru, nauryzb@list.ru

## ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ ЗА ГОРЕЛКОЙ СО ВСТРЕЧНО-ЗАКРУЧЕННЫМ СПОСОБОМ СТАБИЛИЗАЦИИ

**Аннотация.** В статье представлены результаты анализа численного моделирования процессов горения за профилями лопаток с накладками с углами 45°. Приводятся контуры температур и графики концентраций оксидов азота. Проанализированы основные механизмы образования оксидов азота в данном частном случае. Представлены теоретические положения для расчетов профилей лопаток.

Показано, что лопаточные профили имеют хорошие показатели стабилизации при различных избытках топлива, а также низкие концентрации оксидов азота на выходе из моделируемой области.

**Ключевые слова.** Камеры сгорания, встречно-закрученные струи, оксиды азота, избыток топлива, стабилизация, температура.

**Введение.** Стабильное горение движущейся топливновоздушной смеси возможно при равенстве скоростей потока и распространения пламени. Для этого применяют специальные технические решения. Прежде всего стремятся турбулизовать потока в зоне горения, что интенсифицирует процесс тепло- и массообмена, улучшает смесеобразование и увеличивает скорость распространения пламени. Для турбулизации потока используют лопаточные завихрители или плохо обтекаемые тела,

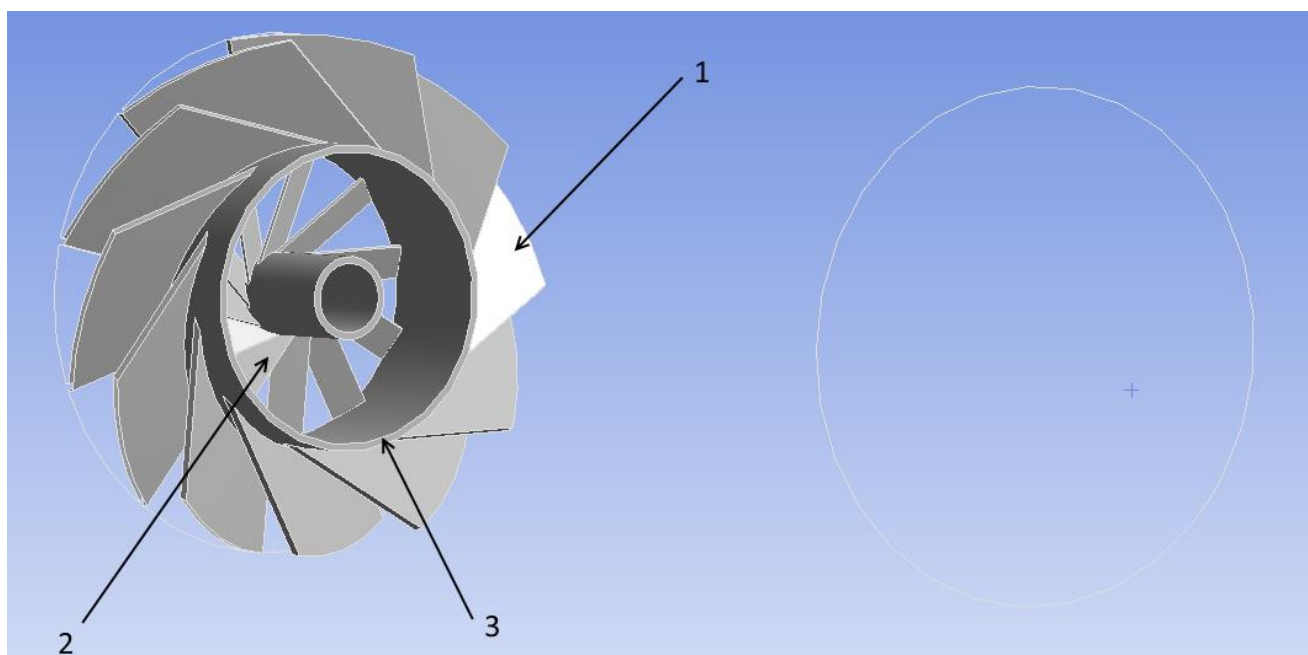
располагаемые во фронтальном устройстве пламенной трубы. За этими элементами возникает зона обратных токов с пониженным статическим давлением, создает эжекция газа кольцевой струей, вытекающей из лопаточного завихрителя. При такой аэродинамической рециркуляции происходит перенос горящего топлива навстречу поступающим свежим порциям топлива. За счет теплоты подсосываемых к корню факела продуктов сгорания происходят подогрева, испарение (в случае жидких топлива) и зажигание свежих порций топлива [1].

В предыдущих работах авторов [2-12], изучались варианты стабилизации при помощи плохообтекаемых [3-12] и хорошообтекаемых тел [2]. Все рассмотренные варианты относятся к микрофакельному горению, которое представляет из себя разделение или размазывания факела продольно или поперечно по зоне горения. Обеспечить микрофакельность возможно различными подходами. Выше были отмечены хорошо и плохообтекаемые тела. К другим способам обеспечения микрофакельности можно отнести применение встречно-закрученных струй [13-14]. Одним из преимуществ данного способа является возможность выполнять конструкцию камеры сгорания без разделения воздуха на первичный и вторичный, аналогично струйно-стабилизаторному методу, уменьшить габариты камеры, снизить среднюю температуру в зоне горения, уменьшить образование локальных зон высоких температур.

В данной статье рассматривается новая горелка, процесс стабилизации в которой обеспечивается за счет использования кинетической энергии струй, имеющих разно направленное течение. Такое использование струй позволяет экономить на материалах, за счет отсутствия большого количества элементов, снизить гидравлические потери за счет отсутствия препятствий.

Сложностью использования данного метода заключается в необходимости «тонкой» настройки соотношения топливо-воздух, в виду того, что стабилизация заключается во встрече двух потоков ТВС. При большой подаче воздуха, образуется рециркуляционная зона с большой концентрацией воздуха, т.е. «бедная» смесь. При недостаточном количестве воздуха существует возможность плохой стабилизации за счет слабой рециркуляционной зоны или же значительного «обогащения» зоны горения.

**1. Общие данные о процессе моделирования.** На рисунке 1 представлена 3-Д модель горелки. Горелка состоит из двух уровней. На первом «внешнем» уровне установлены лопатки (регистр) 1 с углом  $60^\circ$  (большие), на втором уровне установлены лопатки (регистр) с углом  $-60^\circ$  по отношению к углу регистра 1. Топливо подается радиально через отверстия 3. Для упрощения моделирования, подача топлива осуществлялась через цельную зону 3, т.е. не моделировались газовые сопла. На рисунке не обозначена зона горения и выходная область.



1 – регистр с углом  $60^\circ$ , 2 – регистр с углом  $-60^\circ$ , 3 – зона подачи топлива

**Рис. 1** – 3-Д рисунок горелки со встречно-закрученным способом стабилизации

Таблица 1. Начальные параметры

Расход топлива, кг/ч	Скорость воздуха, м/с (бралась согласно экспериментальной установке)	$\phi$ , коэффициент избытка топлива по [1]	Начальная температура окислителя (воздуха)/топлива, К	Количество тетраэдрических элементов в моделируемой области
10.8-36	5	1-6	400	200000

При моделировании использовалась модель турбулентности k- $\epsilon$  realizable, которая согласно [14] является наиболее оптимальным решением.

При моделировании скорость была постоянной, а значение расхода топлива изменялось в диапазоне 10.8-36 кг/ч, что обеспечивало изменение коэффициента избытка топлива в диапазоне  $\phi=1-6$  ( $\alpha=1-0,16$ ). Избыток топлива (воздуха) рассчитывался согласно [1]. Рабочее давление 505000 Па, что является средним значением давления для газотурбинных установок.

## 2. Результаты

**Температура.** Контуры температур в зависимости от избытка топлива  $\phi$  представлены на рисунке 2. Температура в зоне горения в значительной степени зависит от избытка топлива  $\phi$  (воздуха). При  $\phi=0,6$  видно, что пламя имеет наименьшую температуру, в виду того, что концентрация топлива в зоне горения «бедная». Максимальная температура равна 800-900 К. Это объясняет низкие выбросы оксидов азота, в виду «размывания» концентрации на выходе из зоны горения. Отчетлива видна зона стабилизации пламени.

Максимальные температуры видны при  $\phi=6$ , которые достигают 2200 К. Из рисунка виден минус такого вида стабилизации – высокотемпературная зона находится у стенок горелочного устройства. Данное обстоятельство может привести к высокой теплонапряженности жаровой трубы.

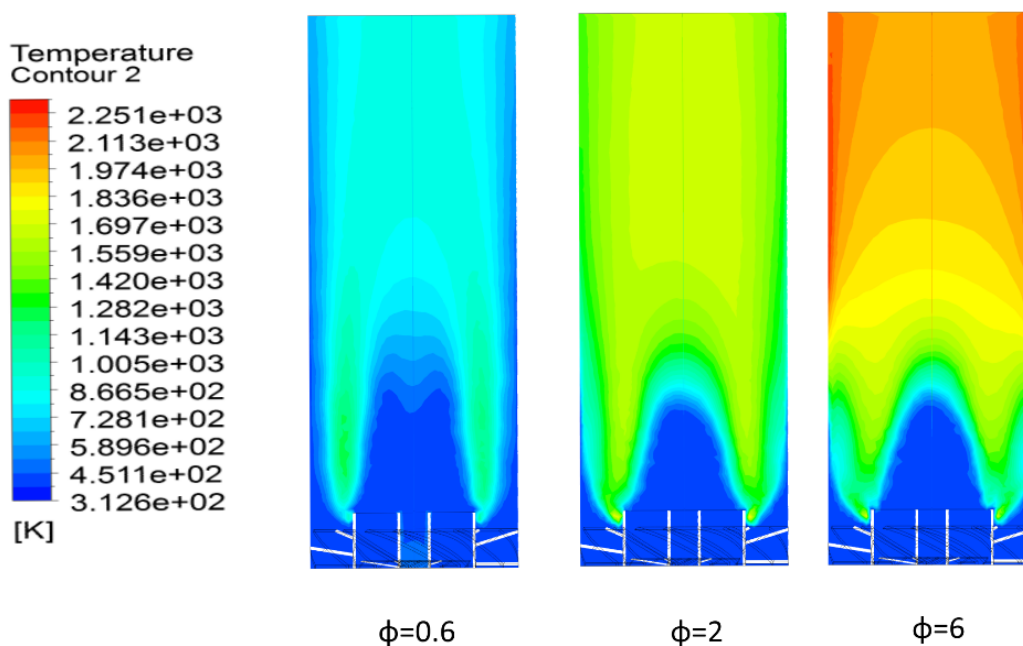
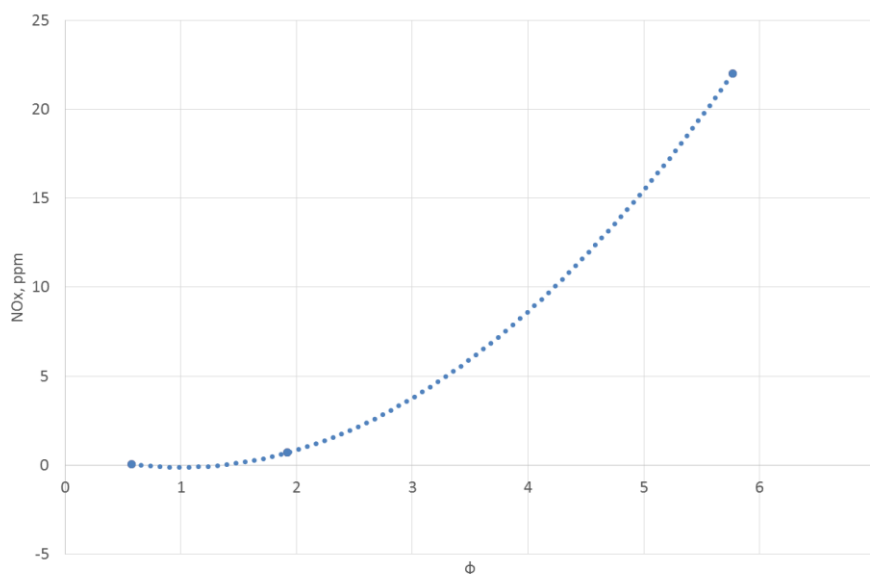


Рис. 2. Температурные контуры в зависимости от избытка топлива  $\phi$

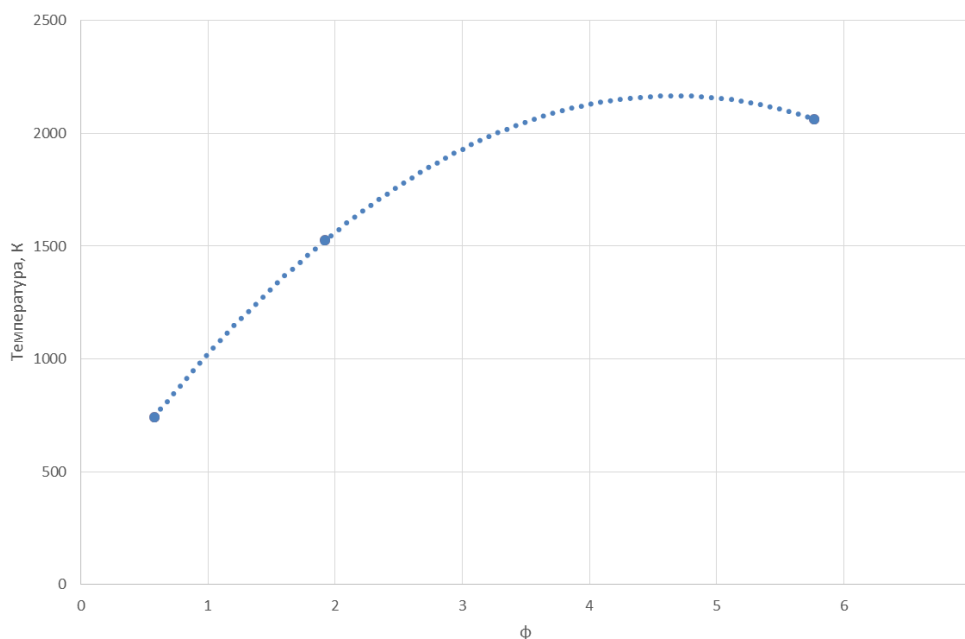
**Оксиды азота.** На рисунке 3 представлены зависимости концентрации оксидов азота (ppm) от избытка топлива в зоне горения. Максимальные концентрации оксидов азота наблюдаются при  $\phi=6$ , что очевидно. Минимальные концентрации получены при  $\phi=0,6$ . Оксиды образуются при высокой температуре в зоне горения, продолжительном нахождении газов в зоне горения и недостаточной перемешанности топливновоздушной смеси. Заметно, что значительное повышение концентрации топлива приводит к повышению концентрации оксидов азота на выходе из зоны моделирования. Области образования оксидов азота приходится на стенки горелки, это можно увидеть на температурных контурах.





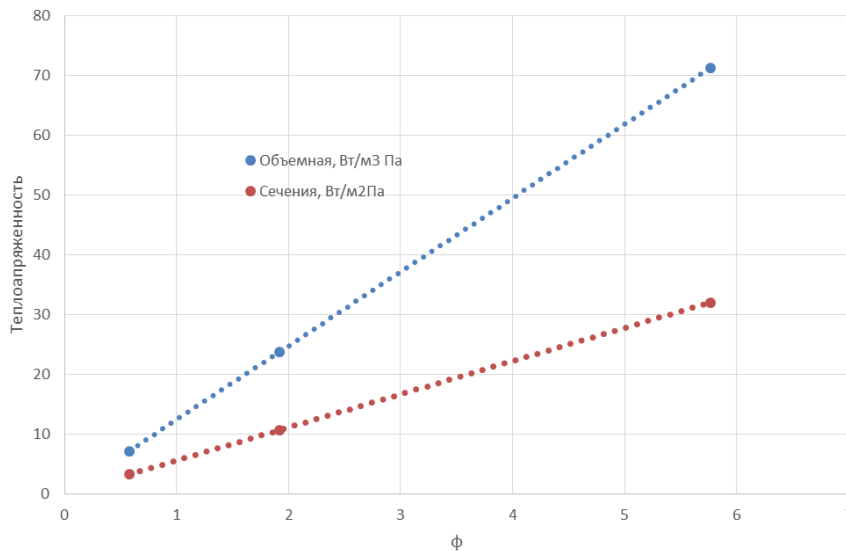
**Рис. 3.** Зависимость эмиссии оксидов азота от коэффициента избытка топлива

**Температура на выходе.** На рисунке 4 представлены температуры на выходе из зоны моделирования. Увеличение концентрации топлива очевидно приводит к повышению температуры газов на выходе из зоны горения. Причем в отличие от концентрации оксидов азота, температура не имеет экспоненциальной зависимости от избытка топлива. Максимальные температуры наблюдаются при  $\phi=6$ , а минимальные при  $\phi=0,6$ . Разница в температурах 1300 К.



**Рис. 4.** Температуры продуктов сгорания на выходе из зоны моделирования

**Теплонапряженность.** На рисунке 5 представлены теплонапряженности, объемная и по сечению. Согласно [1], объемная теплонапряженность современных камер сгорания должна быть в пределах 80-100 Вт/м<sup>3</sup> Па, а по сечению 50-300 Вт/м<sup>3</sup> Па. Из расчетов горелки, максимальные теплонапряженности равны 72 Вт/м<sup>3</sup> Па, и 30 Вт/м<sup>3</sup> Па (объемная и по сечению соответственно). Однако расчет объемных теплонапряженностей не учитывает процесс горения.



**Рис. 5.** Теплонапряженность горелки при различных φ

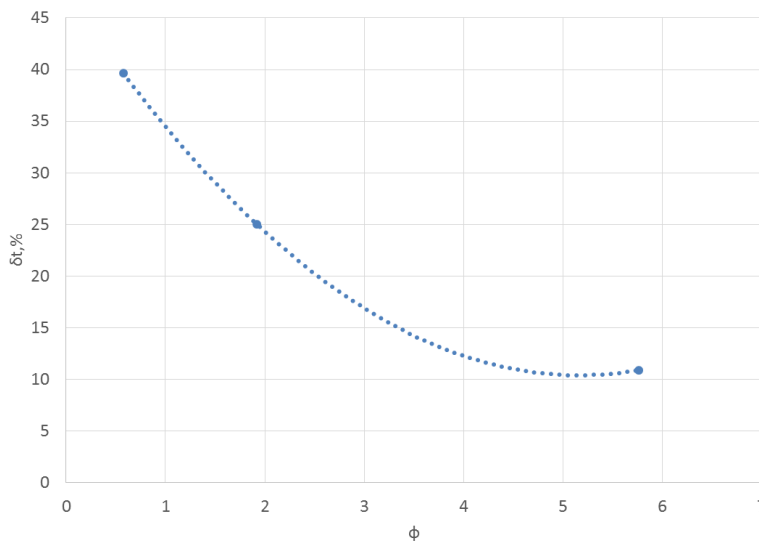
**Температурная неравномерность.** Одним из важных параметров камер сгорания является неравномерность температур на выходе. Надежность работы КС ГТУ обеспечивается запасом значений параметров по отношению к критическим значениям тепловых или механических нагрузок материалов жаровых труб. Обычно задаются неравномерностью поля температуры газа на выходе из камеры сгорания. Она определяется по формуле:

$$\delta t = \frac{T_{max} - T_{min}}{T_{cp}} * 100\% \quad (1)$$

здесь,  $T_{max}$  – максимальная температура газов на выходе из КС,  $T_{min}$  - минимальная температура газов на выходе из КС,  $T_{cp}$  – средняя температура газов на выходе из КС.

На рисунке 6 представлена зависимость температурной неравномерности от коэффициента избытка топлива φ. Как видно из рисунка, горелка имеет достаточно низкое значение неравномерности при увеличении φ. Увеличение расхода топлива приводит к увеличению участия воздуха в зоне горения. Соответственно само горение занимает больше места по сечению горелки. Данное обстоятельство приводит к снижению разности температур, при увеличении средней температуры в горелке.

Снижение концентрации топлива приводит к тому, что топливо горит лишь в узком участке поперечного сечения горелки, что приводит к значительному перепаду температур на выходе, при достаточно низких значениях средних температур.



**Рис. 6.** Температурная неравномерность δt горелки при различных φ

**Заклучение.** Стабилизация пламени при помощи встречно-закрученных струй имеют одно преимущество – низкие потери давления за счет отсутствия сопротивления в объеме зоны горения. Однако существуют сложности в виде большей необходимости «балансировки» расходов воздуха и топлива. Как показали исследования, при большом расходе топлива  $\varphi=6$  процесс горения осуществляется в пристеночной области, что недостаточно выгодно с точки зрения надежности как горелочного устройства, так и рабочих лопаток газотурбинной установки.

Температурные контуры показывают достаточно высокую эффективность сжигания топлива.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Цанев С.В. Буров В.Д. Ремезов А. Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электрических станций. - М.: Изд-во МЭИ, 2002. - 584 с.
- [2] Достияров А.М., Умышев Д.Р., Катранова Г.С. Численное моделирование процессов горения за профилями лопаток. В сб. материалов// Матер. 8-ой междунард. науч. – прак. конф. «Академическая наука - проблемы и достижения». - North Charleston; USA, 2017. - С.82-87.
- [3] Умышев Д.Р., Достияров А.М., Туманов М.Е., Тютябаева Г.М., Результаты исследования угловых стабилизаторов для камер сгорания// Сбор. матер. 8-ой междунард. научн. - прак. конф. «Advances in Science and Technology». – М.: Актуальность.РФ, 2017. – С. 159-160.
- [4] Dias R. Umyshev, Abay M. Dostiyarov, Musagul Y. Tumanov, Quiwang Wang. Experimental investigation of v-gutter flameholders// Thermal Science. – 2017. Vol.21, № 2. - P. 1011-1019.
- [5] Umyshev et.al. Application of semi perforated v-gutter flameholders in heat-generating systems for autonomous building heating// International journal of mechanics and mechanotronics. – 2016. - Vol.16, №6. - P. 63-69.
- [6] Dias R. Umyshev, Abay M. Dostiyarov, Musagul Y. Tumanov, Galia M. Tuytebayeva. Experimental investigation of recirculation zones behind v-gutter type flameholders// International Journal of Pharmacy and Technology. – 2016. - Vol. 8, №4. - P. 27369-27380.
- [7] Umyshev D.R., Dostiyarov A.M., Tuytebayeva G.M. Experimental investigation of the management of NOx emissions and their dependence on different types of fuel supply// Espacios. – 2017. - Vol.38, №24. – P.17.
- [8] Достияров А.М., Туманов М.Е., Умышев Д.Р. Численное моделирование процессов горения в газовой микрофакельной горелке// Матер. форума с международным участием «Неделя науки СПбПУ». – Санкт-Петербург: СПбПУ, 2015. - С. 174-176.
- [9] Достияров А.М., Туманов М.Е., Умышев Д.Р. Экспериментальное исследование горелок с микрофакельными насадками// Вестник КазНТУ. – 2016. - №1. - С. 174-182.
- [10] Достияров А.М., Тютябаева Г.М., Умышев Д.Р. Результаты исследования угловых стабилизаторов для камер сгорания ГТД// Вестник ПГУ. – 2016. - №1. - С. 68-80.
- [11] Достияров А.М. Разработка топливосжигающих устройств с микрофакельным горением и методики их расчета: дис. ... док. техн. наук: 05.14.04. - Алматы: КазНИИ Энергетики им. Чокина, 2000. – 237 с.
- [12] Достияров А.М., Умышев Д.Р., Мусабеков Р.А., Яманбекова А.К. Изучение влияния выходного регистра на процессы горения в воздушной форсунке стабилизаторе. Ежемесячный международный научный журнал «European multi science journal». - Szabadság út 27, Budaörs, Венгрия, 2017. – С. 73-77.
- [13] Сударев А.В. Разработка, исследование оптимальных способов интенсификации рабочего процесса и их внедрения в конструкции камер сгорания стационарных газовых турбин: дис. ... док. техн. наук. – Л., 1980. - 393 с.
- [14] Бревдо М.М., Захаров Ю.И., Маев В.А., Понкратов А.М., Сударев А.В., Результаты эксплуатации микрофакельных кольцевых камер сгорания газотурбинных установок мощность 25 МВт на компрессорных станциях газопроводов// Газотурбинные и комбинированные установки. Тезисы докладов всесоюзной научной конференции. – М., 1987. - С. 124-125.
- [15] ANSYS FLUENT 12.0 Theory Guide: «ANSYS» <http://ansys.com> 2009.
- [16] Лефевр А. Процессы в камерах сгорания ГТД. - М.: Изд-во Мир, 1986. – 566 с.

Умышев Д.Р., Достияров А.М., Наурыз Б.К., Туманов М.Е.

#### **Численное моделирование процесса горения за горелкой со встречно-закрученным способом стабилизации**

**Резюме.** В статье представлены результаты анализа численного моделирования процессов горения за профилями лопаток с накладками с углами  $45^{\circ}$ . Приводятся контуры температур и графики концентраций оксидов азота. Проанализированы основные механизмы образования оксидов азота в данном частном случае. Представлены теоретические положения для расчетов профилей лопаток.

Показано, что лопаточные профили имеют хорошие показатели стабилизации при различных избытках топлива, а также низкие концентрации оксидов азота на выходе из моделируемой области.

**Ключевые слова.** Камеры сгорания, встречно-закрученные струи, оксиды азота, избыток топлива, стабилизация, температура.

УДК 53.088

**A.U. Aldiyarov<sup>1</sup>, A.K. Akylbayeva<sup>1</sup>, D.U. Sokolov<sup>1</sup>, U.M. Strzhmechniy<sup>2</sup>**

(<sup>1</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Scientific-Research Institute of Experimental and Theoretical Physics, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Texas Christian University, Department of Physics and Astronomy, Fort Worth, TX 76129, USA)

E-mail: aigerimakylbayeva@gmail.com

### **METHODS FOR IMPROVING MEASUREMENTS IN THE FIELD OF IR SPECTROPHOTOMETRY**

**Abstract.** Infrared spectrometry in recent decades has been the most widely used in physical and chemical studies. Understanding the infrared absorption, reflection or scattering spectra carry extremely rich information on the main measurement methods, which makes it possible to obtain information on the composition of the substance and its properties. An important element in these studies is the accuracy and quality of measurements. Using data from scientific studies, conclusions are made about the accuracy characteristics of the spectrometer. If we have an accuracy of measurements with a confidence level of up to 95%, when studying structural-phase transformations in cryovacuum condensates and gases, we could talk about confirming the measurement capabilities of the laboratory.

**Keywords:** spectrometry, method, standard sample, uncertainty estimation, absorption spectrum

**А.У.Алдияров<sup>1</sup>, А.К.Акылбаева<sup>1</sup>, Д.Ю.Соколов<sup>1</sup>, Ю.М.Стржмечный<sup>2</sup>**

(<sup>1</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби,

НИИ экспериментальной и теоретической физики, Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Texas Christian University, Department of Physics and Astronomy, Fort Worth, TX 76129, USA)

E-mail: aigerimakylbayeva@gmail.com

### **МЕТОДЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ В ОБЛАСТИ ИК-СПЕКТРОФОТОМЕТРИИ**

**Аннотация.** Инфракрасная спектрометрия в последние десятилетия получила наиболее широкое применение в физико-химических исследованиях. Понимание инфракрасных спектров поглощения, отражения или рассеяния несут чрезвычайно богатую информацию основных методов измерений, что позволяет получить информацию о составе вещества и ее свойствах. Важным звеном при данных исследованиях является точность и качество измерений. Используя данные научных исследований, делаются выводы о характеристиках точности спектрометра. Имея точность измерений с уровнем доверительной вероятности до 95 %, при изучении структурно-фазовых превращений в криовакуумных конденсатах и газах, можно говорить о подтверждении измерительных возможностей лаборатории.

**Ключевые слова:** спектрометрия, методика, стандартный образец, оценка неопределенности, спектр поглощения

Измерения методом ИК-спектрометрии с получением термограмм на фиксированной частоте наблюдения получили широкое применение в области криовакуумных измерений и регистрации структурно-фазовых превращений веществ, производимых на измерительном приборе – Спектрофотометр ИКС-29. Метод основывается на конденсации заданного образца при установленной температуре. Исходя из полученных данных спектральных измерений по температуре определяется значение частоты, наиболее чувствительной к изменениям характера и положения полосы поглощения. Далее спектрометр устанавливают на одной из частот наблюдения, непрерывно нагревая образец до его испарения, регистрируя сигналы спектрометра на фиксированной частоте. В итоге получив термограммы, определяют температурные интервалы, в которых осуществляются трансформации спектров поглощения [1,2,3].

При проведении такого рода измерений, основными являются результаты, полученные при проведении исследований, по которым в дальнейшем делаются выводы. О точности результатов можно говорить при соблюдении условий, таких как:

- благоприятные условия окружающей среды, в которых проводятся измерения;
- опыт и навыки оператора;
- используемое оборудование;

- калибровка оборудования.

Каждая из этих составляющих вносит свой вклад в неопределенность результата измерений (measurement uncertainty) [4,5].

Необходимость рассмотрения неопределенности измерений возникает из-за того, что измерения, выполняемые на предположительно идентичных материалах при предположительно идентичных обстоятельствах, не дают, как правило, идентичных результатов. Это объясняется неизбежными случайными погрешностями, присущими каждой измерительной процедуре, а факторы, оказывающие влияние на результат измерения, не поддаются полному контролю. При практической интерпретации результатов измерений эта изменчивость должна учитываться [6,7].

### **Расчет неопределенности измерений спектрофотометра ИКС-29**

Спектрофотометр инфракрасный ИКС-29 предназначен для регистрации спектров поглощения и отражения различных веществ и измерения коэффициентов пропускания в спектральном диапазоне от 4200 до 1200 см<sup>-1</sup>. Принцип действия спектрофотометра при работе по двухлучевой схеме основан на методе сравнения с образцовой мерой (нулевой метод). В однолучевом режиме спектрофотометр работает при электрическом разбалансе мостовой схемы [8].

Для проведения калибровки спектрофотометра была составлена методика калибровки, определение основных точностных характеристик будут описаны в текущей статье.

Во-первых, для работы на спектрофотометре допускаются эксперты, ознакомленные с основными техническими документами на прибор и владеющие принципом работы на спектрофотометре. Во-вторых, определяется работоспособность спектрофотометра и считываемость информации со шкал [9].

Следующим этапом следует определение разрешающей способности  $R$  спектрофотометра с помощью аммиака, наблюдая на спектрограмме ширину линии поглощения, максимальная ордината которой соответствует волновому числу  $\nu=1122.1$  см<sup>-1</sup>. Устанавливается наибольший коэффициент усиления и наименьшие щели, при которых можно обеспечить нормальную работу регистрирующей системы, а уровень шумов не превышает 1 %.

Кювету, заполненную аммиаком, устанавливают в измерительный канал спектрофотометра и записывают линию поглощения аммиака, на спектрограмме измеряют ширину  $S$  линии поглощения и вычисляют разрешающую способность  $R$ , по формуле 1:

$$R = \frac{1122}{S} \quad (1)$$

Неопределенность градуировки шкалы волновых чисел определяют методом прямых измерений, как разность между значением волнового числа, соответствующим максимальной ординате линии поглощения стандартного образца (пленка полистирола, инден, аммиак, пары воды и двуокиси углерода в атмосфере) определяемым при помощи калибруемого спектрофотометра и действительным значением волнового числа, соответствующим максимальной ординате той же линии, взятым из приложения №1 источника [10]. Выбирая линии или полосы поглощения для каждого диспергирующего элемента в начале, середине и конце спектрального диапазона определяют по шкале волновых чисел в момент записи на бланке максимальных ординат линии поглощения.

Расчет характеристик неопределенности измерений производится в соответствии с математической моделью:

$$\Delta\nu = \nu_i - \nu_{эт} + \delta_{эт} + \delta_{ш.} + \delta_{н.у.} \quad (2)$$

где,  $\nu_i$  – значение волнового числа, соответствующей средней ординате линии поглощения при записи на калибруемом спектрофотометре, см<sup>-1</sup>;

$\nu_{эт}$  – действительное значение волнового числа, соответствующее той же линии, указанное в приложения №1, источника [10], см<sup>-1</sup>;

$\delta_{эт}$  – поправка на составляющую неопределенности стандартного образца;

$\delta_{ш.}$  – поправка на ошибку считывания оператора со шкалы линий поглощения.

$\delta_{н.у.}$  – поправки на ошибки от дополнительных, неучтенных параметров.

Далее производится анализ неопределенностей входных величин и корреляций. В результате анализа формулы (2) установлены составляющие неопределенности. Входные величины рассматриваются как некоррелированные. Коэффициенты влияния (чувствительности) всех переменных равны 1.

Для расчета стандартной неопределенности измеряемых величин  $v_i$ , зависящее от ошибки при считывании показаний необходимо рассчитать  $\bar{v}_i$  - среднее значение из произведенных трех измерений [11,12]. Тогда оценка стандартной неопределенности будет производиться по типу А, вычисляя среднеарифметическое значение  $v_i$ , по формуле 3:

$$u(v_i) = \sqrt{\frac{\sum(v_i - \bar{v}_i)^2}{n(n-1)}} \quad (3)$$

где,  $n$  - число измерений.

Стандартная неопределенность поправки  $\delta_{эп}$  на ошибку от основной погрешности стандартного образца рассчитывается по формуле 4:

$$u(\delta_{эп}) = \frac{U}{2} \quad (4)$$

где,  $U$  – расширенная неопределенность стандартного образца, приведенная в паспорте на стандартный образец, или основная погрешность.

Стандартную неопределенность на ошибку от цены деления шкалы  $\delta_{ш}$  ( $\delta$ - доля цены наименьшего деления шкалы волновых чисел, до которой снимают отсчет) определяют по прямоугольному закону распределения по формуле 5:

$$u(\delta_{ш}) = \frac{0,5 \times \delta}{\sqrt{3}} \quad (5)$$

Стандартную неопределенность поправки  $\delta_{н.в.}$  на ошибку от неучтенных параметров таких как: размах показаний по шкале волновых чисел; уровень мешающего излучения; погрешность градуировки шкалы волновых чисел и т.д., определяют по формуле 6:

$$u(\delta_{н.в.}) = \frac{0,5 \times \Delta_{н.в.}}{\sqrt{3}} \quad (6)$$

где,  $\Delta_{н.в.}$  – поправки на ошибку неучтенных параметров, значения которых указываются в паспорте на прибор.

Исходя из постулата о некоррелированности оценок, суммарную стандартную неопределенность вычисляют по формуле (7):

$$u_c(\Delta v) = \sqrt{u^2(v_i) + u^2(\delta_{эп}) + u^2(\delta_{ш}) + u^2(\delta_{н.в.})} \quad (7)$$

По результатам расчетов составляют бюджет неопределенности с указанием входных величин, их стандартных неопределенностей, законов распределения, коэффициентов чувствительности и вкладов в суммарную стандартную неопределенность выходной величины [11,13].

Исходя из предположения о нормальности закона распределения возможных значений измеряемой величины для доверительной вероятности  $p=0,95$  с учетом рекомендаций [4] коэффициент охвата  $k$  принимают равным 2.

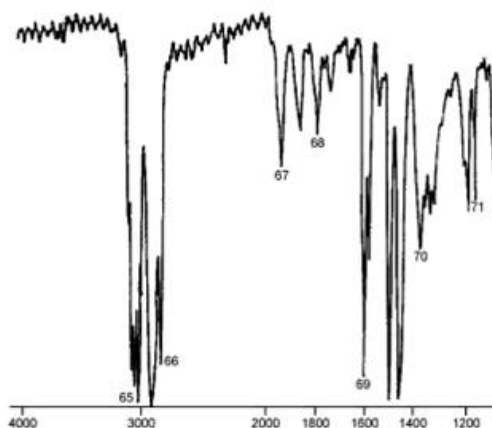
Расширенная неопределенность  $U$  вычисляется по формуле 8:

$$U_{0,95} = k \times u_c \quad (8)$$

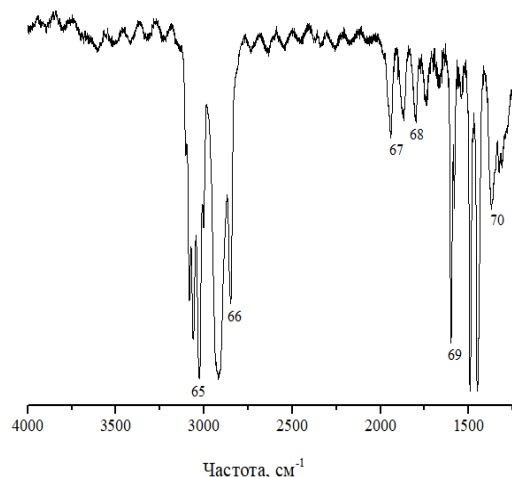
Если расширенная неопределенность измерений при калибровке (с коэффициентом охвата 2 не превышает 1/3 пределов допускаемого отклонения размаха показаний по шкале волновых чисел, то неопределенностью можно пренебречь [4,10].

### Результаты и их интерпретация

Таким образом, для градуировки шкалы волновых чисел был использован метод прямых измерений. Ниже графически представлены спектры поглощения полистирола на спектрофотометре ИКС-29, находящегося в лаборатории криофизики и криотехнологий.



**Рис. 1.** Спектр поглощения полистирола полученный эталонным средством измерений  
\*Примечание: Рисунок 1 взят из источника приложение № 2 [10].



**Рис. 2.** Спектр поглощения калибруемого спектрофотометра ИКС-29  
\*Примечание: Рисунок 2 получен авторами при калибровке.

Исходя из графически полученных данных, в таблице 1 представлены значения волнового числа, соответствующей максимальной ординате линии поглощения полистирола, которые определяются с помощью калибруемого спектрофотометра и действительным значением волнового числа, соответствующим ординате той же линии. На основании составленной методики калибровки была проведена калибровка спектрометра, на каждой полосе поглощения. Определена разрешающая способность спектрофотометра  $R=856,5 \text{ см}^{-1}$ , что соответствует данным установленным в приложении №7 источника [10].

Таблица 1. Значения, полученные при градуировке шкалы волновых чисел

Номер полосы поглощения	Значения, волнового числа стандартного образца полистирола на калибруемом спектрофотометре, $\nu_i, \text{ см}^{-1}$	Значение эталонного, действительного волнового числа, $\nu_{\text{ЭТ}}, \text{ см}^{-1}$
65	3026,4	3027,1
66	2850,9	2850,7
67	1943,3	1944,0
68	1800,7	1801,6
69	1600,7	1601,4
70	1372,0	1371,0

\*Примечание: Таблица 1 составлена с помощью данных взятых из приложения 7, источника [10] и авторами, проводившими калибровку спектрофотометра.

Следующий шаг – определение неопределенности измерений для каждого волнового числа, приведенного в таблице 1. Произведя расчет по вышеуказанной методике, расширенная неопределенность результата измерений составила  $U \approx 1,0 \text{ см}^{-1}$ , при доверительной вероятности  $k=95 \%$  [6].

### Выводы

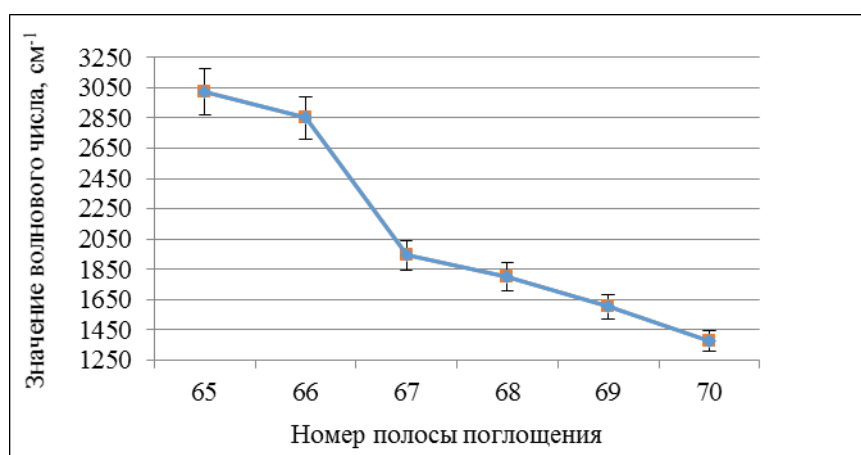
Согласно Закону Республики Казахстан «Об обеспечении единства измерений», средства измерений не подлежащие государственному контролю, должны калиброваться [14]. Следовательно для осуществления работ по калибровке в первую очередь было необходимо создать методику калибровки для спектрофотометра, именно для того диапазона, в котором непосредственно проходит эксплуатация спек-

трофотометра. Были установлены факторы, вносящие систематическую ошибку в результат измерений, тем самым стал вопрос о необходимости регулирования температуры окружающей среды.

Таким образом, при расчете неопределенности измерений можно сделать поправку на систематическую погрешность вносимую спектрофотометром в результаты испытаний получения термограмм на фиксированной частоте основанных на методе ИК-спектрометрии. Тем самым наиболее точно определяя значения частоты, чувствительной к изменениям характера и положения полосы поглощения [15].

На рисунке 1 и 2 представлены два спектра поглощения в интервале частот от  $4000 \text{ см}^{-1}$  до  $1200 \text{ см}^{-1}$ . Выбрав полосы поглощения для полистирола в начале, середине и конце спектрального диапазона, были определены волновые числа по шкале в момент записи на бланке максимальных ординат линии поглощения. После произведенных расчетов, описанных ранее, расширенная неопределенность составила  $1 \text{ см}^{-1}$  с учетом всех входных величин.

На рисунке 3 наглядно представлены результаты отклонения от действительного значения калибруемого спектрофотометра.



**Рис. 3.** График отклонения результатов измерений от действительного значения

\*Примечание: Диаграмма составлена авторами на основании данных полученных при калибровке.

Анализируя результаты видно что отклонения не значительны, две линии поглощения перекрывают друг друга, что говорит о том, что спектрофотометр на всем диапазоне градуировки шкалы поглощения исправен, и дает результаты близкие к действительным значениям.

Исследования проведены при финансовой поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан, грант AP05130123.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Aldiyarov A.; Aryutkina M.; and Drobyshev A.//Low Temp. Phys. – 2011. – Vol.37 (6). – P.524.
- [2] Drobyshev, A.; Abdykalykov, K.; and Aldiyarov, A.//Low Temp. Phys. – 2007. – Vol.33 (8). – P.699.
- [3] Drobyshev, A. Aldiyarov, E. Korshikov, V. Kurnosov, and D. Sokolov//Phys. Sol. Stat – 2012. – 54 (7). – P.1475.
- [4] ISO/IEC Guide 98-1:2009. International Organization for standardization, Technical Management Board. - Vol.21 (1) – P.4.
- [5] ISO 5725-1:1998/Cor 1:2005 Accuracy (Trueness and precision) Part 1: General principles and definitions. International Organization for standardization – Vol.17 (1). – P.3.
- [6] ГОСТ 34100.3-2017/ISO/IEC Guide 98-3:2008. Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения. – Введ. 2018-05-04. - Межгосударственный стандарт; М.: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2017. – 111 с.
- [7] ISO 5725-2:1998/Cor 1:2005 Accuracy (Trueness and precision) Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurements method. International Organization for standardization – Vol. 42 (1). – P.2-15.
- [8] Спектрофотометр инфракрасный ИКС-29 Техническое описание и инструкция по эксплуатации. - Л.: ЛОМО, 1978. - 52 с.
- [9] ISO 5725-3:1998/Cor 1:2005 Accuracy (Trueness and precision) Part 3: Intermediate measures of the precision of a standard measurements method. International Organization for standardization – Vol.25 (5). – P. 2-14.



- [10] ГОСТ 2.229-2013. Спектрофотометры инфракрасные. Методика поверки. – Введ. 2015-04-01. - Межгосударственный стандарт; М.: Стандартинформ, 2014. – 20 с.
- [11] СТ РК 2.184-2010. Оценка неопределенности при калибровке/поверке средств измерений. – Введ. 2010-08-06 – нац. стандарт. - А.: Мемстандарт, 2010. – 64 с. - ЕА-04/02-1999, NEQ.
- [12] Ординарцева Н. П., Фурман О. В. Формирование результата измерения в условиях неопределенности // Известия ВУЗов. Поволжский регион. Технические науки. 2012. №3 (23). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-rezultata-izmereniya-v-usloviyah-neopredelennosti>. - 6 с.
- [13] Шушкевич Т. В. Оценка возможности моделирования процесса измерения при программном расчете неопределенности // Доклады ТУСУР. 2017. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-vozmozhnosti-modelirovaniya-protsesta-izmereniya-pri-programmnom-raschete-neopredelennosti>. - 4 с.
- [14] Республика Казахстан. Закон. Об обеспечении единства измерений: нац. закон: URL: [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=1018417#pos=5;-160](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=1018417#pos=5;-160). - [принят правительством РК от 7 июня 2000 г.]. – [с изм. и доп. От 29.10.2015 г.] – гл.4 ст.20. – (Актуальный закон).
- [15] Drobyshev A, Aldiyarov A., Nurmukan A., Sokolov D. and Shinbayeva A. ИК-исследования термостимулированных структурно-фазовых трансформаций в криовакуумных конденсатах фреона 134a // ФНТ. – 2018. –43 с.

Алдияров А.У., Ақылбаева А.К., Соколов Д.Ю., Стржмечный Ю.М.

#### **ИҚ-спектрофотометрия саласындағы өлшеудің әдістерін жетілдіру**

**Түйіндемe.** Инфрақызыл спектрометрия соңғы он жыл ішінде физико-химиялық зерттеулерде кеңінен қолданыс табауда. Инфрақызыл жұту, шағылысу, тарату спектрі ұғымы негізгі өлшеу әдістеріне қымбат ақпарат алып келеді, оның көмегімен кез-келген заттың құрамы мен қасиеті туралы мағлұмат алуға болады. Ең бастысы құрамдас бөлшегі өлшеудің сапасы мен дәлдігі болып табылады. Ғылыми зерттеулердің деректерін қолдана отырып, спектрометрдің дәлдігінің сипаттамасы жөнінде қорытындылар жасалады. Сенімділік ықтималдығы 95%-ға дейін зерттеулердің дәлдігі, криовакуумдық конденсат пен газдың құрылымдық-фазалық өзгерістерін зерттеу кезінде ғана зертхананың өлшеу қабілетінің мүмкіндіктерін растау жөнінде айтуға болады.

**Кілттік сөздер:** спектрометрия, әдіс, стандартты үлгі, белгісіздікті бағалау, жұту спектрі

УДК 627.8.03

**D.Y. Uskenbaev<sup>1</sup>, A.S. Nogay<sup>1</sup>, E.B. Aynakulov<sup>1</sup>, B.B. Issabekova<sup>2</sup>**  
 (<sup>1</sup>Saken Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Astana, of Kazakhstan  
<sup>2</sup>Pavlodar State Pedagogical University, Pavlodar, Kazakhstan)  
 E-mail: usdan@mail.ru, asbizh@mail.ru

#### **WATER TREATMENT EQUIPMENTS BY ELECTROPHYSICAL METHOD**

**Abstract.** The paper presents the results of a study on the effect of a pulsed electromagnetic field on the degree of water sanitation. The treatment was carried out in a continuous mode with flowing water. The source of the electromagnetic field was a solenoid. For the treatment of water, devices were developed by the transverse direction of the electromagnetic lines to the flow of water being treated and the longitudinal direction of the electromagnetic field to the flow of water. As a result of water treatment, it is established that disinfection occurs in both methods. However, the degree of decontamination depended on the induction of the electromagnetic field. It is established that in the processing method with a transverse direction of the electromagnetic field, above 99% of the decontamination was achieved with an induction of 6 T, then, when processing with the longitudinal direction of the electromagnetic field, the corresponding degree of decontamination was achieved by induction a hundred times less than the value.

**Key words:** disinfection, water purification, induction, current, electromagnetic field, solenoid

**Д.Е.Ускенбаев<sup>1</sup>, А.С.Ногай<sup>1</sup>, Э.Б.Айнакулов<sup>1</sup>, Б.Б.Исабекова<sup>2</sup>**

(<sup>1</sup>Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина, Астана, Казахстан;  
<sup>2</sup>Павлодарский государственный педагогический университет, Павлодар, Казахстан)  
 E-mail: usdan@mail.ru, asbizh@mail.ru

#### **УСТРОЙСТВА ОБРАБОТКИ ВОДЫ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИМ СПОСОБОМ**

**Аннотация:** В работе приведены результаты исследования по влиянию импульсного электромагнитного поля на степень обеззараживания воды. Обработка осуществлялись в непрерывном режиме с проточным течением воды. Источником электромагнитного поля являлся соленоид. Для обработки воды были разработаны устройства попеременным направлением электромагнитной линии к течению обрабатываемой воде и продольным направлением элект-

ромагнитного поля к течению воды. В результате обработки воды установлены, что в обоих способах происходит обеззараживания. Но степень обеззараживания зависело от индукции электромагнитного поля. Установлены, что при способе обработки с поперечным направлением электромагнитного поля выше 99 % обеззараживания достигалась при индукции 6 Тл, то при обработке с продольным направлением электромагнитного поля соответствующая степень обеззараживания достигалась при индукции сотни раз меньшей величине.

**Ключевые слова:** обеззараживание, очистка воды, индукция, ток, электромагнитное поле, соленоид.

### **Введение**

В настоящее время, с ухудшением экологии и эпидемиологического состояния водных ресурсов, проблема питьевой воды становится одним из глобальных мире.

Анализ современного состояния технологии подготовки питьевой воды показывает, что основным и широко распространенным методом обеззараживания остается метод хлорирования с использованием газообразного хлора, а так же его соединений [1 - 3]. Основными причинами столь широко распространения метода хлорирования являются высокая надежность бактерицидного действия хлор продуктов, простота технологического процесса обеззараживания и его контроль. Однако, несмотря на вышеуказанные достоинства, главным недостатком метода хлорирования является образование опасных для здоровья человека хлорорганических соединений, которые обладают высокой токсичностью, мутагенностью и канцерогенностью, а также способны аккумулироваться в организмах, в донных отложениях, в почве и т.д. [4].

Что касается других химических методов (озонирования, обработка перекисью водорода и др.), то они являются более дорогостоящими, поэтому широкого применения не находят, хотя метод озонирования часто стали применяться в странах Западной Европы.

Многими авторами отмечается перспективность применения физических методов обеззараживания, что считается безопасными, такие как: обработка ультра-фиолетовыми лучами, высоковольтным электрическим разрядом, ультразвуком, электрическими и электромагнитными полями и др.[5 - 10]. В работе [9] обеззараживания воды осуществляли электромагнитным полем в диапазоне (3-30 Гц) с величиной магнитной индукции электромагнитного поля 0,5-50 мТл, с длительностью воздействия 5-120 мин. После обработки коли-индекс воды составлял менее 3.А авторы [10] обработку воды проводили сверхвысокочастотным электромагнитным полем на частоте 2375 МГц и при интенсивности более 1 Вт/см<sup>2</sup> и длительности обработки 10 мин. В [11]необходимое качество воды достигались при обработкесимметричным импульсным электрическим током. В [12] отмечается100% - ное обеззараживание при обработке сточной воды электромагнитным полем и эффекта кавитации.

Решение задач по разработке безвредных, высокоэффективных и экономичных методов обработки воды с высокими эксплуатационными параметрами является актуальным.

### **Основная часть**

Цель настоящей работы является разработка технологии обеззараживание воды импульсным электромагнитным полем.

Обеззараживание и обессоливание проточной воды с постоянным расходом осуществляли на экспериментально разработанных устройствах. Анализ химико-бактериологического состава исходной и обработанной импульсным электромагнитным полем воды осуществлялись по стандартной методике в специализированной лаборатории.

Эксперименты по исследованию влияния электромагнитного поля на обрабатываемую воду (на степень обеззараживания и обессоливания) были проведены в устройствах, в которых импульсные электромагнитные поля создавались как поперечно, так и продольно относительно потока воды в реакторе обработки.

В устройстве первого типа поперечное направление импульсного электромагнитного поля к течению воды создается за счет двух катушек индуктивности (соленоидов) с идентичными параметрами, расположенных перпендикулярно к реактору обработки и находящиеся в противоположных сторонах реактора (рис. 1).

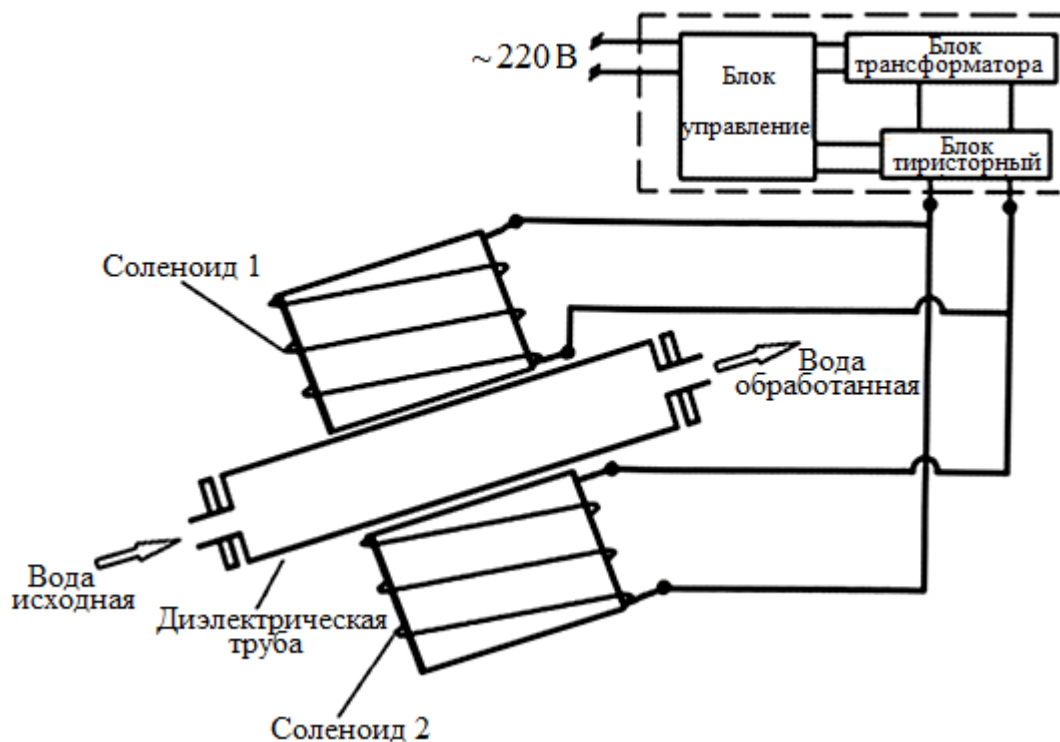


Рис. 1. Структурная схема устройства обеззараживания воды импульсным электромагнитным полем с поперечным направлением к течению воды

Силовые линии магнитного поля направлены перпендикулярно к направлению течения воды, а вихревое электрическое поле создаваемое стержнем, находясь внутри и посередине диэлектрической трубы. Механизм обработки воды заключается в следующем: обрабатываемая вода поступает в сильное поперечное электромагнитное поле с индукцией  $B = 6$  Тл, созданное катушками индуктивности. Согласно уравнениям Лапласа и Пуассона движение жидкости во внешнем поле с индукцией  $B_x$ , должны индуцировать токи плотностью  $\delta_\sigma$ . В свою очередь индуцированные токи создают объемные силы, которые уравниваются поперечным к потоку градиентом давления  $(-\frac{dP}{dZ})$ . В силу стационарности течения воды вытекает условие постоянства градиента давления  $\frac{dP}{dZ} = const$ .

С другой стороны, из уравнения движения жидкостей следует:

$$\nabla D = [\delta \bar{B}] + \eta \nabla^2 \bar{V},$$

тогда:

$$\frac{dP}{dZ} = -\delta_y B_x + \eta \frac{d^2 V_z}{dx^2},$$

где  $P$  – давление, создаваемое за счет электромагнитного поля;  $\eta$  - вязкость воды;  $V$  - объём воды.

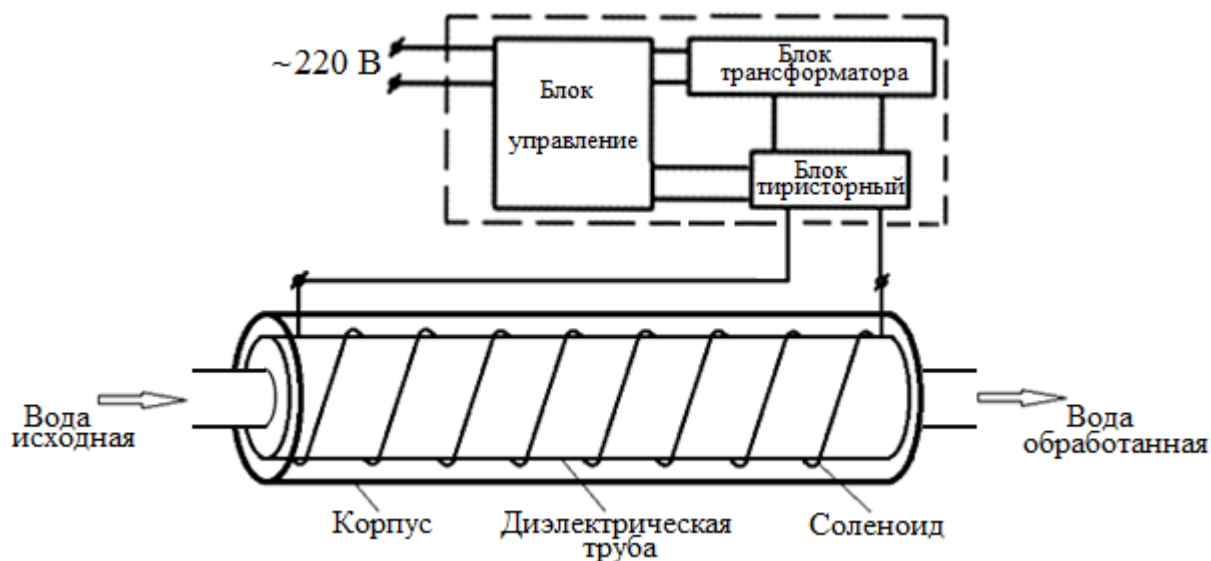
Вода поступает в электрическое поле, созданное металлическим (медным) стержнем, на который подаётся импульс тока. Отрицательно заряженные частицы воды (ионы кислорода) закручиваются вокруг стержня, захлопывая полости, созданные импульсным электромагнитным полем. Все микробы, находящиеся в такой полости погибают. Крупные частицы и останки микроорганизмов оседают на дно за счет укрупнения частиц, что возможно связано с поляризационными процессами под воздействием электромагнитного поля. Процесс обеззараживания воды не зависит от скорости течения воды и её объёма, т.к. электромагнитное поле охватывает весь объём воды из-за большой

скорости его распространения. Обеззараживание воды происходит практически мгновенно в течении 50 мсек.

С целью исследования эффективности влияния параметров электромагнитного поля на степень очистки и обеззараживания сточной воды, катушки индуктивности были подключены друг другу различным способом: последовательно и параллельно соединенными катушками друг другу по типу согласно и встречно. Причем, приложенные на катушки напряжения составляли 40 В, 55 В и 84 В. Независимо от типа подключения катушек, после обработки при приложенных напряжениях 40 В и 50 В величина коли индекса воды составляла 23000000, а после обработки под напряжением 84 В значение коли индекса был уменьшен до значения 90000, что в процентом отношении соответствует степени обеззараживания 99,5 %. Данный результат показывает о высокой эффективности воздействия импульсного электромагнитного поля на степень обеззараживания воды. Однако, для создания в устройстве первого типа электромагнитного поля с индукцией 6 Тл требуется большой расход электрической энергии, а также происходит ощутимый износ материалов.

Для устранения подобных недостатков и повышения эффективности воздействия электромагнитного поля на обрабатываемую воду было разработано устройство, в которой силовые линии электромагнитного поля направлены вдоль течения воды, т.е. направлены продольно к течению воды (рис. 2).

Устройство с продольным импульсным электромагнитным полем представляет собой соленоид, намотанный поверх диэлектрической трубы (для изоляции от воды) и помещенный вовнутрь металлической трубы для предотвращения от внешних повреждений. В таком устройстве, вода является естественным теплопроводителем для соленоида. Таким образом, проходя через соленоид, вода обрабатывается в течение времени  $T$ , т.е. равным  $T_{обр} = l_c / V$ .



**Рис. 2.** Структурная схема устройства обеззараживания воды импульсным электромагнитным полем с продольным направлением к течению воды

Для создания необходимого значения электромагнитного поля на соленоид устройства подавали различные значения импульсных напряжений (в диапазоне от 20 до 50 В). Экспериментально установлено, что наиболее оптимальными величинами явились импульсы с напряжением 36 В для обработки воды. При этом частота следования таких импульсов могла варьироваться в пределах  $10 \div 15$  Гц, а их длительность  $10 \div 15$  мс. Для достижения необходимой коли индекса воды потребовалась поля с индукцией в пределах  $\sim 10$  мТл.

На основе полученных результатов можно утверждать, что при обработке воды в устройстве с продольным электромагнитным полем (второй вариант устройства рис. 2), эффективность очистки и обеззараживания повышается. Если в первом устройстве (см. рис. 1) необходимый коли индекс был достигнут при обработке воды напряжением 84 В и индукцией 6 Тл, то во втором устройстве (см. рис. 2) аналогичные результаты были достигнуты при 36 В и  $\sim 10$  мТл. Размещение соленоида внутри реактора позволяет снизить магнитную индукцию примерно в 400-500 раз, что влечет за собой

соответствующее уменьшение износа медного стержня, на который подаётся импульс тока, а также приводит к уменьшению себестоимости устройства для обеззараживания воды. С другой стороны, размещение соленоида внутри реактора позволяет отводить тепло, выделяемое в соленоиде за счет обмывания обмотки водой, т.е. производит естественное охлаждение устройства в процессе работы.

#### **Выводы**

Проведены исследования по влиянию импульсного электромагнитного поля низкой частоты на степень очистки и обеззараживания воды. Химико-бактериологический анализ показывает, что степень обеззараживания составляет выше 99 %, что соответствует высокой степени обработки. Разработанная технология обработки воды импульсным электромагнитным полем отличается простотой исполнения, безопасностью и экономичностью.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

- [1] Ягуд Б.Ю. Хлор как дезинфектант – безопасность при применении и проблемы замены на альтернативные продукты // Тез. докл. V Международного конгресса ЭКВАТЭК-2002. Вода: экология и технология (Москва, 2002). - М., 2002. – С. 78 - 82.
- [2] Кожевников А.Б., Петросян О.П. Хлорирование и микробиологическая безопасность воды.// ЖКХ.- 2008.- 10. - с 43-53.
- [3] Данилович Д. А., Козлов М.Н. Сравнительная оценка методов обеззараживания сточных вод // Вода и экология. – 2000. – 4. – С. 158 - 164.
- [4] Lutsevich I.N. Hygienic evaluation of transformation of complex organic substances formed as a result of drinking water disinfection with chlorine // Kazan Medical Journal. - 2003. - 84, № 2. – P. 142 – 145.
- [5] Дуган А.М., Барыляк И.Р., Прокопов В.А. Альтернативное обеззараживание и мутагенность питьевой воды // Вода и здоровье – 98. Материалы международной научно-практической конференции. - Одесса: Астропринт, 1998. С. 105 - 109.
- [6] Ташполотов Ы., Абдалиев У.К., Акматов. Б., Садыков Э. Обеззараживание сточных вод с использованием электрического поля и эффекта кавитации // Наука в эпоху дисбалансов. Киев 2014. -Ч. 3 - С. 13-19.
- [7] Koda S., Miyamoto M., Toma M. et al., Inactivation of Escherichia coli and Streptococcus mutants by ultrasound at 500 kHz // Ultrasonics sonochemistry. - 2009. - 16. - P. 655 - 659.
- [8] Olvera M., Eguia A., Rodriguez O. et al., Inactivation of Cryptosporidium parvum oocysts in water using ultrasonic treatment // Bioresource Technology - 2008. - 99. - P. 2046 - 2049.
- [9] Барышев М.Г.; Дмитриев В.И. Способ обеззараживания жидких сред. Патент С02F1/48,С02F103:04. 2188798. Оpub. 10.09.2002.
- [10] Потапченко Н.Г., Савлук О.С. Антимикробное действие электромагнитных излучений и обеззараживание воды. Химия и технология воды - 1990. -10- С.939-951.
- [11] Силкин Е.М. Способ обеззараживания воды. Патент С02F1/467. 2091322. 27.09.1997.
- [12] Абдалиев У.К. Исследование и разработка технологии получения водоземulsionного топлива с применением эффекта кавитации. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Институт природных ресурсов Южного отделения НАН КР. Ош. 04.03.2016. – 124 с.

Ускенбаев Д.Е., Ногай А.С., Айнакулов Э.Б., Исабекова Б.Б.

#### **Суды электрфизикациялық әдіспен өңдеу құрылғылары**

**Түйіндемe.** Жұмыста импульстік электромагниттік өрістің судың дезинфекция дәрежесіне әсерін зерттеу нәтижелері келтірілген. Өңдеу ағынды сумен үздіксіз режимде жүргізілді. Электромагниттік өріс көзі соленоид болды. Суды тазарту үшін электромагниттік сызықтардың көлденең бағыты өңделетін су ағынына және электромагниттік өрістің бойлық бағыты су ағынына дейін әзірленді. Суды тазарту нәтижесінде дезинфекция екі әдіспен де жүреді. Бірақ зарарсыздандыру дәрежесі электромагниттік өрістің индукциясына байланысты болды. Электромагниттік өрістің көлденең бағытымен өңдеу әдісінде, 99% -дан астам зарарсыздандыруға индукция 6 Тл қол жеткізілді, содан кейін электромагниттік өрістің бойлық бағытымен өңдеу кезінде индукция арқылы тиісті деңгейден жүз есе аз зарарсыздандыру дәрежесіне қол жеткізілді.

**Тірек сөздер:** дезинфекция, суды тазарту, индукция, ток, электромагниттік өріс, соленоид

УДК 681.586.5

<sup>1,2</sup>W. Wójcik, <sup>1,3</sup>A.U. Kalizhanova, <sup>1,2</sup>P. Kisala, <sup>1,4</sup>G.B. Kashaganova, <sup>2</sup>S.Cięszczyk,  
<sup>1,3</sup>A.H. Kozbakova, <sup>1,5</sup>Zh.Orazbekov

(<sup>1</sup>Institute of Information and Computational Technologies CS MES RK, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Lublin Technical University, Poland

<sup>3</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

<sup>4</sup>Kazakh-American University, Almaty, Kazakhstan

<sup>5</sup>Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan)

E-mail: kalizhanova\_aliya@mail.ru, gulzhan\_k70@mail.ru, ainur79@mail.ru

### SELECTION OF OPTIMAL PARAMETERS FOR MEASURING AND INTERROGATED ELEMENTS OF THE SIGNAL INTERROGATION SYSTEM

**Abstract.** The paper deals with the creation of a measuring system using fiber-optic technologies. A system of signal interrogation based on an inclined Bragg fiber grating (IBFG) for various physical and chemical measurements has been developed, the optimal parameters for the measuring and interrogated elements of the interrogation system have been selected. The polarization characteristics of IBFG are experimentally researched.

**Keywords:** Bragg fiber gratings, inclined Bragg fiber grating, fiber optic sensors, interrogator, refractometer

Вуйцик В.<sup>1,2</sup>, Калижанова А.У.<sup>1,3</sup>, Кисала П.<sup>1,2</sup>, Кашаганова Г.Б.<sup>1,4</sup>,  
Щецик С.<sup>2</sup>, Козбакова А.Х.<sup>1,2</sup>, Оразбеков Ж.<sup>1,5</sup>

(<sup>1,3</sup>Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, Алматы, Казахстан

<sup>2</sup> Люблинский технический университет, Люблин, Польша

<sup>3</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

<sup>4</sup>Казахско-Американский университет, Алматы, Казахстан

<sup>5</sup>Казахский национальный педагогический университет имени Абая  
Алматы, Казахстан)

E-mail: kalizhanova\_aliya@mail.ru, gulzhan\_k70@mail.ru, [ainur79@mail.ru](mailto:ainur79@mail.ru)

### ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ И ОПРАШИВАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ ИНТЕРРОГАЦИИ СИГНАЛОВ

**Аннотация.** В работе рассмотрены вопросы создания измерительной системы с применением волоконно-оптических технологий. Разработана система интеррогации сигналов на основе наклонной волоконной решетки Брэгга (НВРБ) для различных физических и химических измерений, произведен выбор оптимальных параметров для измерительных и опрашиваемых элементов системы интеррогации. Экспериментально исследованы поляризационные характеристики НВРБ.

**Ключевые слова:** волоконные решетки Брэгга, наклонная волоконная решетка Брэгга, волоконно-оптические датчики, интеррогатор, рефрактометр

**Введение.** Волоконно-оптические измерительные системы на основе оптических рефрактометров, где в качестве измерительного преобразователя используется наклонная решетка Брэгга, открывают широкие возможности для их применения.

Волоконно-оптическая измерительная система характеризуется использованием волоконно-оптических датчиков в качестве первичных преобразователей информации и оптических волокон в качестве физической среды передачи сигналов.

Важнейшими требованиями к таким измерительным системам являются повышенная надежность и точность измерений. При этом чаще встречаются требования абсолютной искробезопасности, взрывобезопасности, пожаробезопасности, работоспособности в условиях воздействия сильных электромагнитных помех.

Волоконно-оптическая измерительная система является совокупностью волоконно-оптических чувствительных элементов, оптических линий связи и оптоэлектронных приборов.

Чувствительный элемент – один из ключевых узлов измерителя, который определяет его эффективность, частотную характеристику, разрешающую способность.

В последние годы получили большое распространение средства измерений, в качестве чувствительных элементов которых используются так называемые волоконные решетки Брэгга (ВРБ) – наноразмерные волоконно-оптические периодические структуры с периодом около 500 нм, сформированные непосредственно в сердцевине оптического световода. Они представляют собой небольшую зону световода с периодической модуляцией показателя преломления вдоль оси волокна.

Повышенное внимание к таким средствам измерений связано с их высокой помехозащищенностью и устойчивостью к воздействию неинформативных влияющих факторов. Дело в том, что принцип действия таких датчиков состоит в преобразовании измеряемой физической величины в изменения спектральных или фазовых характеристик тестового оптического излучения, распространяющегося по световоду. Вследствие этого какие-либо изменения интенсивности такого излучения не оказывают влияния на работу датчиков на основе решеток Брэгга. Учитывая сказанное, средства измерений с волоконно-оптическими датчиками на решетках Брэгга все чаще стали применяться в таких условиях, когда доступ к чувствительным элементам в течение всего срока их службы либо вообще невозможен, либо нецелесообразен или нежелателен. Среди таких применений можно упомянуть, в частности, измерения давления и температуры в нефтегазовых скважинах в процессе извлечения углеводородного сырья; измерения температуры и механических вибраций на больших пролетах высоковольтных линий электропередачи; измерения температуры обмоток силовых высоковольтных трансформаторов; измерения механических напряжений в объеме строительных конструкций и т.д.

**Измерительная система на основе волоконно-оптических датчиков.** Измерительная система на основе волоконно-оптических датчиков (ВОД) позволяет реализовать на одном волокне до нескольких десятков датчиков. Используя ВРБ, можно построить измерительную систему, способную измерять многие физические величины: давление, температуру, расстояние, скорость вращения, скорость линейного перемещения, ускорение, массу, уровень жидкости, деформацию в реальном масштабе времени.

При создании измерительной системы каждая ВРБ записывается на определенной длине волны. Длина волны является уникальным параметром, соответствующим только одной решетке [1]. Это позволяет измерять несколько величин одновременно на одном волокне, связывая каждый участок спектра с конкретной пространственно расположенной ВРБ. Верхний предел числа решеток, которые могут быть размещены по длине волокна, в этом случае является функцией ширины входного спектра зондирующего сигнала и рабочей длины волны полосы пропускания, необходимой для каждого элемента (решетки).

Таким образом, решетки можно мультиплексировать до нескольких десятков и более датчиков вдоль одного волокна, если наложение спектра сигналов каждой решетки не превышает 0,1 %.

Существует большое разнообразие методов опроса (интеррогации) решеток Брэгга, но наиболее распространенным является частотное и временное распределение сигнала. Частотное распределение обеспечивается применением нескольких фотодетекторов, охватывающих весь спектр сигнала, отраженного от массива датчиков, а временное сканирование реализуется с помощью перестраиваемого фильтра, обеспечивающего последовательный опрос решеток Брэгга.

ВОД основаны на измерении разности фаз двух (и более) интерферирующих оптических волн.

Интенсивность оптического сигнала на выходе двухлучевого интерферометра можно описать выражением [2]:

$$I = I_1 + I_2 + 2 \cdot \gamma \cdot \sqrt{I_1 \cdot I_2} \cdot \cos\varphi \quad (1)$$

где  $I_1$  и  $I_2$  – интенсивности двух интерферирующих волн,  $\varphi$  – разность фаз между двумя волнами,  $\gamma$  – степень когерентности источника оптического излучения. Выражение (1) верно при условии одинаковой поляризации интерферирующих волн. Выходной сигнал интерферометра является нелинейным.

Воздействие на оптическое волокно приводит к изменению показателя преломления и длины оптического волокна, и изменению оптического пути, что влияет на разность фаз интерферирующих световых волн и выходной сигнал интерферометра. Разность фаз между двумя световыми волнами можно представить [2]:

$$\varphi = \varphi_s + \varphi_d \quad (2)$$

где:  $\varphi_s$  – разность фаз, вызванная измеряемым воздействием,  $\varphi_d$  – разность фаз, определяемая положением рабочей точки интерферометра. Наибольшая чувствительность интерферометра к измеряемому воздействию находится в точке квадратуры, где разность фаз  $\varphi$  составляет  $\pm n \cdot \pi/2$  ( $n$  – натуральное число).

Интеррогатор служит ключевым прибором систем измерения на основе волоконно-оптических датчиков, осуществляя одновременно регистрацию показаний каждого из подключенных датчиков и передачу измеренных показаний устройствам верхнего уровня.

Интеррогаторы – приборы, с помощью которых опрашиваются ВРБ, строятся, как правило, на основе сложных дорогостоящих устройств: оптических анализаторов спектра (ОАС), сканирующих или пространственных оптических фильтров с ПЗС, оптического узкополосного фильтра с зависящей от длины волны спектральной характеристикой склона.

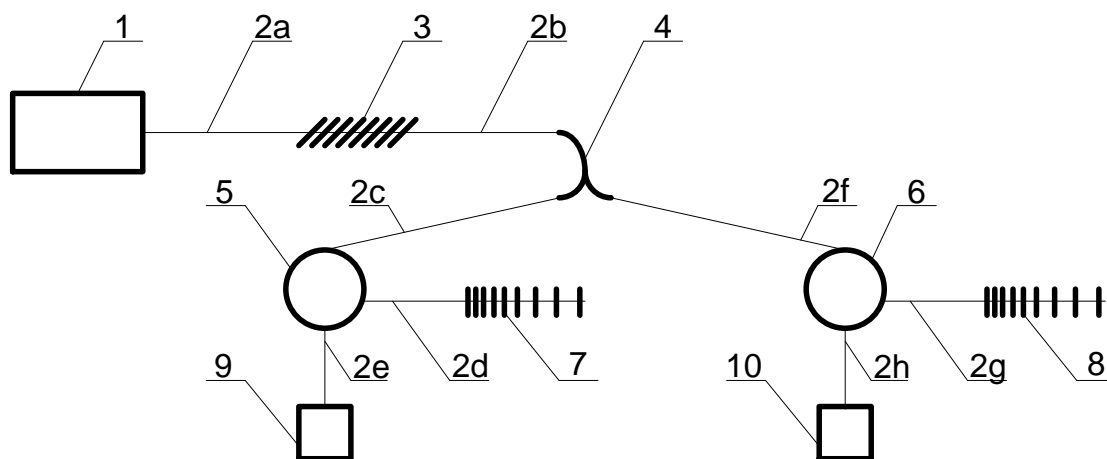
**Принцип работы измерительной системы.**

Методы определения изменений параметров спектра наклонной решетки в зависимости от изменений показателя преломления среды, в которую решетка погружена, требуют спектрометрических измерений или использования других, относительно сложных и дорогих методов измерения.

Это связано с необходимостью измерения спектра пропускания наклонной решетки Брэгга, а не спектра отражения, как в случае классических (например, однородных, прямых) решеток Брэгга. Не существует методов преобразования искаженных изменений спектра 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 интенсивности используемого источника излучения. Поэтому для опроса классических (например, однородных, простых) брэгговских решеток используются дифференциальные методы, основанные на обнаружении двух каналов.

К сожалению, этот тип систем не может использоваться непосредственно в системах, которые опрашивают сигналы от наклонных решеток, потому что они имеют в них спектр передачи, а не отражения, как в обычных (простых и однородных) ячейках. Устройство регистрации, опрашивающее волоконно-оптические датчики (интеррогатор) [3], в упрощенном виде состоит из широкополосного источника света, направленного ответвителя и фотодетектора, фиксирующего длину волны отраженного решеткой света, как показано на рисунке 1.



**Рис. 1.** Схема интеррогатора на основе волоконно-оптических датчиков

1- широкополосный источник света; 2 - одномодовое волокно; 3 - наклонная решетка Брэгга; 4- оптический соединитель; 5 - первый оптический циркулятор; 6- второй оптический циркулятор; 7 - первая решетка Брэгга с линейно изменяющимся периодом 8 - вторая решетка Брэгга с линейно изменяющимся периодом; 9 - первый фотодетектор; 10 - второй фотодетектор; 2a, 2b, 2c, 2d, 2e, 2f, 2g, 2h – связи.

Система интеррогации с оптоволоконным рефрактометром, имеющая наклонную решетку Брэгга, решетку Брэгга с линейно переменным периодом, одномодовое оптическое волокно, оптический ответвитель, оптический циркулятор и фотоприемник, отличается тем, что она состоит из ши-



рокопалосного источника света (1), соединенного через одномодовое оптическое волокно (2a) с наклонной решеткой Брэгга (3), которая соединена посредством одномодового оптического волокна (2b) с оптическим соединителем (4). Выход первого оптического ответвителя (4) соединен посредством одномодового оптического волокна (2c) с первым оптическим циркулятором (5), с которым первая решетка Брэгга с линейно переменным периодом (7) соединена посредством одномодового оптического волокна (2d), в свою очередь дополнительно соединен через первый оптический циркулятор (5) посредством одномодового оптического волокна (2e) с первым фотоприемником (9).

В то время как второй выход оптического ответвителя (4) подключен через одномодовое оптическое волокно (2f) со вторым оптическим циркулятором (6), который с помощью одномодового оптического волокна (2g) соединен со второй решеткой Брэгга с линейно переменным периодом (8), в свою очередь дополнительно подключенный через второй оптический циркулятор (6) со вторым фотоприемником [4].

Ширина полосы отраженного сигнала в большинстве датчиков зависит от шага решетки, обычно это от 0,05 до 0,3нм. Воздействие на решетку деформации, температуры, ускорения приводит к смещению длины волны Брэгга, которое может быть обнаружено в отраженном спектре сигнала. Например, для регистрации изменения температуры в 0,1<sup>0</sup>С необходимо фиксировать изменение длины волны Брэгга в 0,001нм. ВРБ в системе работают как фильтры. Основное преимущество этой системы простая конфигурация, эксплуатация и низкая стоимость установки [5]. Интеррогация выполняется в режимах пропускания и отражения. Режим пропускания характеризуется меньшими потерями.

Методы интеррогации с использованием двух параллельных согласованных решеток Брэгга обеспечивают возможность создания систем, которые улучшают (двойную) чувствительность к измерению [6]. Они также позволяют получить линейные эксплуатационные характеристики, улучшение динамики диапазон измерения [7] и температурную компенсацию [8].

Несмотря на различные конструкции систем интеррогации принцип работы большинства их один и тот же: световой поток от источника излучения, в качестве которого, как правило, используется светодиод с длиной волны  $\lambda = 633$  или 589нм, направляется на входную грань рабочей оптической призмы и после преломления, попадает на внутреннюю поверхность, которая контактирует с контролируемой средой.

Световые лучи, падающие в рабочую грань под углом больше критического, имеют почти полное отражение и дают светлую область изображения на фотодетекторе. Для углов падения меньших критического, эти лучи после преломления попадают в раствор и частично отражаются, при этом на фотодетекторе образуется область тени. В современных системах интеррогации чаще всего используют две конфигурации оптических призм полного внутреннего отражения.

**Эксперимент.** На базе лаборатории «Оптоэлектроники» Люблинского технического университета проводилось ряд экспериментов по определению характеристик и возможностей применения ВОД на основе ВРБ. Одним из экспериментов является разработка системы интеррогации (опроса) сигналов из оптических рефрактометров (рисунок 1), в которых в качестве измерительного преобразователя используется наклонная решетка Брэгга.

Целью разработанной системы интеррогации сигналов от волоконно-оптических рефрактометров является мониторинг показателя преломления среды таким образом, чтобы не было влияния изменений мощности источника света, влияния температуры и электромагнитного поля.

Показатель преломления (ПП) является одной из важнейших характеристик вещества, находящегося в любом из трех состояний – твердом, жидком или газообразном. ПП является безразмерной величиной, и равен отношению скорости света в вакууме к скорости света в исследуемом веществе. ПП является одной из основных характеристик вещества, который необходим для определения его физико-химических параметров, проведения количественного и структурного анализа, а также для идентификации химических соединений. Приборы для измерения ПП называются рефрактометрами [9-13].

Современный рефрактометр должен обеспечить:

- компенсацию влияния систематических погрешностей на результаты измерений;
- увеличение информативности получаемых результатов измерений;
- повышение достоверности идентификации веществ;
- уменьшение временных затрат на обработку данных измерений;
- улучшение точностных характеристик приборов без увеличения финансовых затрат.

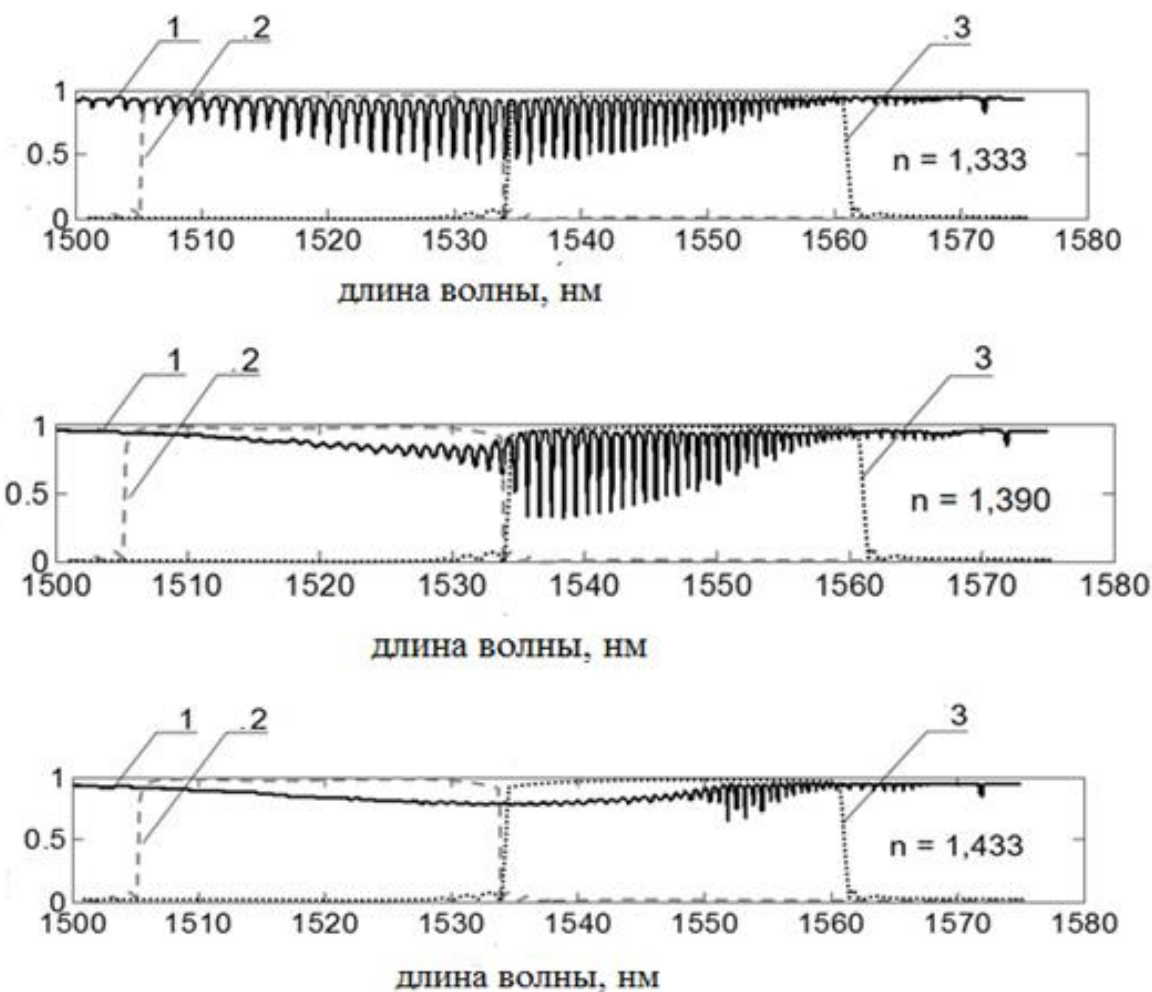
В настоящее время рефрактометрические измерения необходимы:

- в оптической промышленности для повышения качества и надежности оптических приборов;
- в химической промышленности для контроля состава веществ;
- в топливно-энергетическом комплексе для оперативного контроля чистоты топлива и анализа сложных углеводородных смесей в жидком и газообразном состоянии;
- в пищевой промышленности при производстве сахара, соков, вина, спиртных напитков, пиво, жиров, масел;
- в фармацевтической промышленности для исследования водных растворов различных лекарственных препаратов;
- в медицинских учреждениях для проведения различных исследований анализов;
- для проведения метрологического контроля [14].

В предлагаемой системе интеррогации на рисунке 1 волоконные решетки Брэгга вписаны в волокно с использованием метода фазовой маски и эксимерного лазера. Наклон НВРБ был установлен как  $6^\circ$ , что обеспечивает широкий спектр режимов.

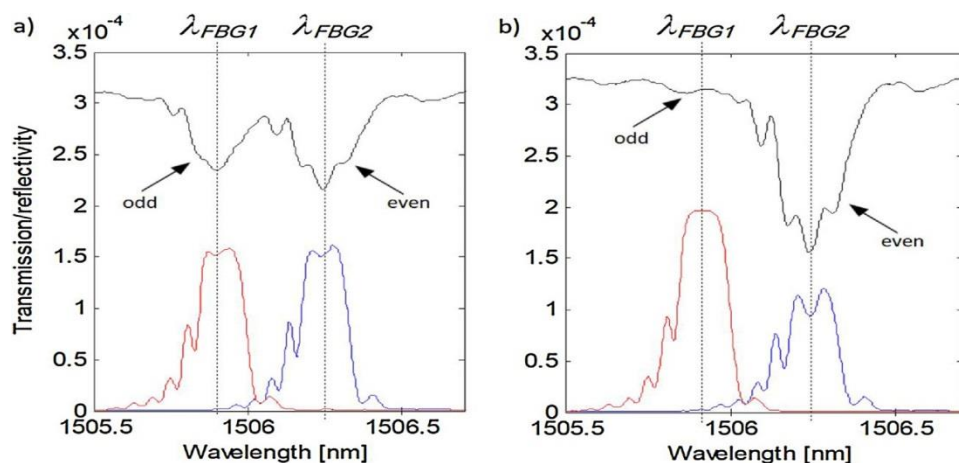
Входной свет разбивался на параллельные пучки плоскими линзами и направлялся на пластину поляризатора. Фильтрационные ВРБ были соединены через оптические циркуляторы ОЦ1 и ОЦ2, чтобы направлять свет, отраженный от каждой решетки, на назначенный фотодетектор. Вписанная характеристика ВРБ была более 99%, что важно для обеспечения высокого отношения сигнал/шум. Интенсивность оптического сигнала, отраженного от каждого фильтра, измеряется двухканальным оптическим измерителем мощности с двумя связанными фотоприемниками.

На рисунке 2 показаны спектры отражения волоконных решеток Брэгга.



**Рис. 2.** Спектры отражения волоконных решеток Брэгга  
1- спектр отражения наклонной решетки Брэгга; 2 – спектр отражения ВРБ1;  
3 - спектр отражения ВРБ2.

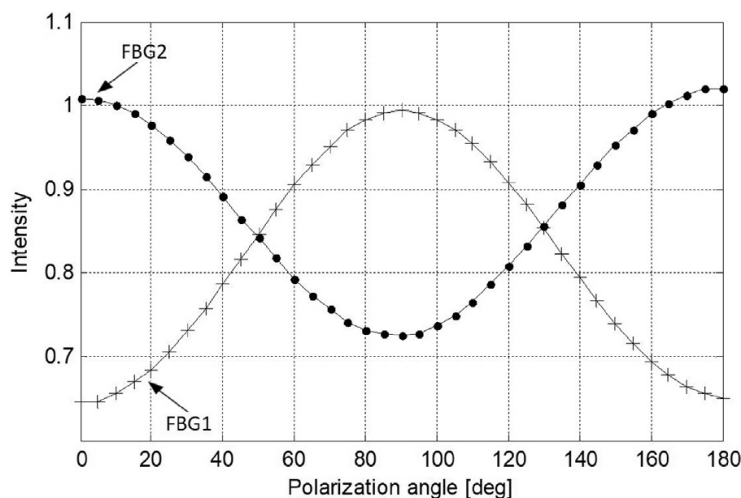
На рисунке 3 показано, как свет, проходящий через волокно, отражается от каждой решетки и на графике отличаются красными и синими цветами. ВРБ должны иметь высокий показатель отражения, чтобы отражать достаточное количество света для обеспечения хорошего отношения сигнала и шума. Для измерения спектра отражения и пропускания используют оптический анализатор спектра (ОАС). ОАС делает систему интеррогации более дешевой и уменьшает необходимость обработки сложных спектральных данных для получения «легкого» сигнала напряжения от фотодетекторов.



**Рис. 3.** Графики основной концепции предлагаемого метода интеррогации. Спектр пропускания НВРБ (сплошные линии, спектры отражения согласованных ВРБ1 и ВРБ2 для углов поляризации (а)  $45^{\circ}$  и (б)  $90^{\circ}$ )

Естественное свойство режимов оболочки для разделения на нечетные и четные резонансы позволяет использовать два традиционных ВРБ в качестве согласованных фильтров. Из графика видно, что длина волны пика ВРБ1 соответствует нечетному резонансу режима НВРБ, а ВРБ2 соответствует четному резонансу выбранного режима оболочки. Состояние поляризации входного света сильно влияет на потери передачи НВРБ выбранного режима оболочки, что, как следствие, изменяет амплитуды сигналов, отраженных от фильтрующих решеток ВРБ1 и ВРБ2.

Фактически, измерители мощности, подключенные к портам «отражения», измерили площадь под спектральной кривой (отраженная мощность света). Характеристики измеренной зависимости мощности ВРБ1 и ВРБ2 от состояния поля входного света показаны на рисунке 4. Из графиков на рисунке 4 мы могли бы различать два диапазона возможных измеренных углов поворота:  $0-90^{\circ}$  и  $90-180^{\circ}$ . Очевидно, что характеристики показывают некоторые сечения измеренных углов, в которых оба измеренных отражения показывают линейный отклик на поворот плоскости поля ввода входного света.



**Рис. 4.** Характеристики отраженных интенсивностей от ВРБ1 и ВРБ2, освещенных трансмиссией НВРБ с различными углами поляризации входного света

На рисунке 4 показано, что в случае метода опроса одиночных фильтров отраженное изменение мощности между 0 и 90 градусами равно 28%. Однако изменение отношения интенсивности в том же диапазоне углов составляет более 52%. Характеристика производительности измеренного отношения мощности в зависимости от поворота поляризации входного света имеет участки с линейным характером. Индекс корреляции  $R^2$ , рассчитанный для углов поворота 15-60 градусов, равен 0,9967, что доказывает, что в этом диапазоне характеристику относительной обработки можно рассматривать как линейную.

В результате обрабатываемая характеристика коэффициента отраженной мощности, рассчитанная как коэффициент ВРБ2-ВРБ1, также имеет линейные сечения. Основной график на рисунке 5 показывает почти линейную часть характеристики обработки отношения отраженных мощностей в зависимости от угла поворота.

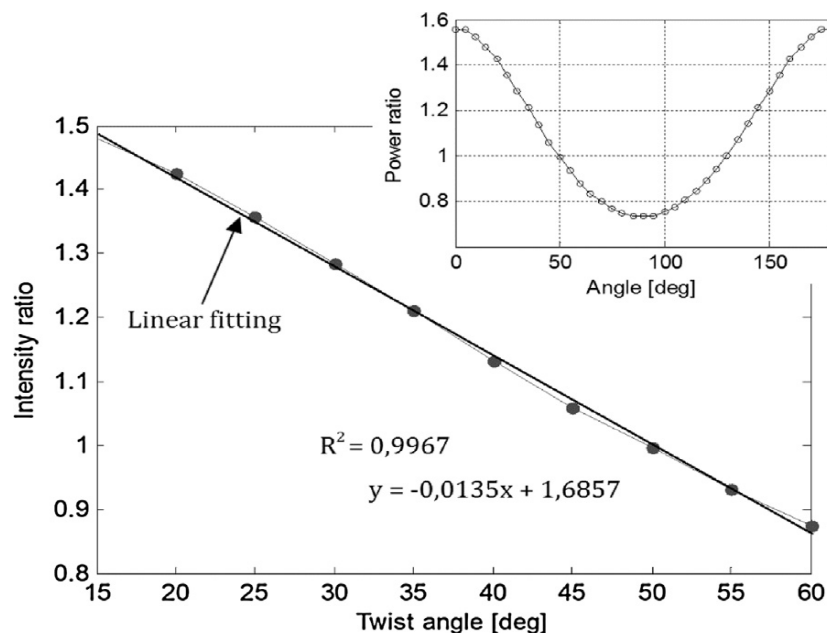


Рис. 5. Обработка характеристики коэффициента отраженной мощности относительно угла поворота

### Заключение

В работе рассмотрены вопросы создания измерительной системы с применением волоконно-оптических технологий. Представлена разработанная система интеррогации сигналов, в которой в качестве измерительного преобразователя используется наклонная решетка Брэгга, произведен выбор оптимальных параметров для измерительных и опрашиваемых элементов системы интеррогации. Экспериментально исследованы поляризационные характеристики НВРБ.

Фильтрация ВРБ1 соответствует длине волны, сопоставимой с нечетным сопротивлением оболочки, а ВРБ2 соответствует четному резонансу оболочки. Для расчета их коэффициента используются измеренные интенсивности мощности, измеренные от каждого фильтра. Мы доказали, что использование амплитуд интенсивности как нечетного, так и четного резонансов позволяет получить значения угла поворота с большей динамикой, чем в случае одноканального анализа.

Экспериментальные исследования проводились в лабораториях Оптоэлектроники факультета электротехники и компьютерных наук Люблинского технического университета в рамках проекта ГФ №АР05132778 «Исследование и разработка системы интеррогации сигналов с оптоволоконным рефлектометром с использованием телекоммуникационных сетей» ИИВТ КН МОН РК.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Применение оптического волокна в качестве датчиков деформации в полимерных композиционных материалах / Е.К. Каблов, Д.В. Сиваков, И.Н. Гуляев, К.В. Сорокин, М.Ю. Федотов, Е.М. Дианов, С.А. Васильев, О.И. Медведков // Все материалы. Энциклопедический справочник. – 2010. – № 3. – С. 10–15.
- [2] Udd E. Fiber optic sensors : an introduction for engineers and scientists / E. Udd, W. B. Spillman – John Wiley & Sons, 2011.– 498с.

- [3] Cieszczyk S, Harasim D, Kisała P. Novel twist measurement method based on TFBG and fully optical ratiometric interrogation. *Journal Sensors and Actuators A: Physical* 2018, pp. 18-22
- [4] Cieszczyk Sławomir, Kisała Piotr. Układ interogacji sygnałów z refraktometru światłowodowego [Patent nr (11) 230198 (21) 420259] // *Wiadomości Urzędu Patentowego* - 2018, 10, s. 3702-3702 [MNiSW: 30].
- [5] S.A. Wade, D.P. Attard, P.R. Stoddart, Analysis of transmission mode of a matched fiber grating interrogation scheme, *Appl. Opt.* 49 (24) (2010) 4498–4505.
- [6] Z. Zhang, L. Yan, W. Pan, B. Luo, P. Wang, L. Guo, W. Zhou, Sensitivity enhancement of strain sensing utilizing a differential pair of fiber Bragg gratings, *Sensors* 12 (4) (2012) 3891–3900.
- [7] Y. Zhan, M. Yu, J. Pei, X. Yang, S. Xiang, A linearity interrogation technique with enlarged dynamic range for fiber Bragg grating sensing, *Opt. Commun.* 283 (18) (2010) 3428–3433.
- [8] J. Pei, X. Yang, Y. Zhan, R. Zhu, S. Xiang, On a fiber sensor system with the capacity of cross-sensitivity discrimination, *Optik* 119 (12) (2008) 565–570.
- [9] C.-F. Chan, C. Chen, A. Jafari, A. Laronche, D. J. Thomson, and J. Albert, “Optical fiber refractometer using narrowband cladding-mode resonance shifts,” *Appl. Opt.*, vol. 46, no. 7, pp. 1142–1149, Feb. 2007.
- [10] F. Liu et al., “High-sensitive and temperature-self-calibrated tilted fiber grating biological sensing probe,” *Chin. Sci. Bull.*, vol. 58, no. 21, pp. 2611–2615, 2013.
- [11] G. Laffont and P. Ferdinand, “Tilted short-period fibre-Bragg-grating-induced coupling to cladding modes for accurate refractometry,” *Meas. Sci. Technol.*, vol. 12, no. 7, p. 765, 2001.
- [12] Y. C. Lu et al., “Polarization effects in tilted fiber Bragg grating refractometers,” *J. Lightw. Technol.*, vol. 28, no. 11, pp. 1677–1684, Jun. 1, 2010.
- [13] 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
- [14] Евтихиева О.А., Расковская И.Д., Ринкевичюс Б.С. Лазерная рефрактография. -М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008 176с.

Вуйчик В., Калижанова А.У., Кисала П., Кашаганова Г.Б., Цещик С., Козбакова А.Х., Оразбеков Ж.

**Сигналдарды интеррогациялау жүйесінің өлшеуіш және сұрау салу элементтері үшін тиімді параметрлерін таңдау**

**Түйіндемесі.** Бұл жұмыста оптикалық-талшықты технологияны қолданумен өлшеуіш жүйені құру мәселелері қарастырылған. Өртүрлі физикалық және химиялық параметрлерді өлшеуге арналған көлбеу талшықты Брэггтің торы (КТБТ) негізіндегі интеррогация өлшеуіш жүйесі ұсынылған, интеррогация жүйесінің өлшеуіш және сұрау салушы элементтері үшін тиімді параметрлерін таңдаудың негіздемесі келтірілген. Сонымен қатар КТБТ поляризациялық сипаттамалары эксперименталды зерттелген.

**Кілттік сөздер:** талшықты Брэгг торлары, көлбеу талшықты Брэгг торы, талшықты-оптикалық сенсорлар, интеррогатор, рефрактометр.

УДК 621.867.65.011.8

**O.M. Zharkevich, Y.S. Dandybayev, S.S. Mikheev**  
(Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan)  
E-mail: sergey\_miheev\_95@mail.ru

## **THE DEPENDENCE STUDY OF THE STRESS STRAIN STATE PARAMETERS BY CHANGING THE DIAMETER OF A SHAFT SWIVEL BUCKET – HANDLE**

**Abstract.** The operating equipment of the excavator experiences the greatest loads at fixing of the operating body - a bucket in the ground, through hinged connections, that is during these periods of the working cycle the probability of failure of the equipment increases. Since the process of interaction of the operating body with the soil significantly affects not only the physical and mechanical properties of the soil, but also the design, geometric parameters of the operating equipment, which contributes to an increase in the safety margin of the operating equipment joints, is the introduction of changes in their design. Therefore, this article is devoted to the study of the dependence of the parameters of the stress – strain state of the shaft of the bucket – handle connection on the increase in the size of its diameter. The stress-strain state in the SOLIDWORKS 2017 software package is simulated using the finite element method in a three-dimensional environment. As a result, the tension, deformation, shift, yield factor for different shaft diameters are calculated. The percentage changes of parameters from increasing the diameter are determined. A possible percentage increase in the cutting force is established.

**Key words:** excavator, shaft, tension, deformation, shift, yield factor

**О.М. Жаркевич, Е. С. Дандыбаев, С. С. Михеев**

(Карагандинский государственный технический университет, Караганда, Казахстан)

E-mail: sergey\_miheev\_95@mail.ru

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПАРАМЕТРОВ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ОТ ИЗМЕНЕНИЯ ДИАМЕТРА ПАЛЬЦА ШАРНИРНОГО СОЕДИНЕНИЯ КОВШ – РУКОЯТЬ**

**Аннотация:** Рабочее оборудование экскаватора испытывает наибольшие нагрузки при стопорении рабочего органа - ковша в грунте, через шарнирные соединения, т.е. в эти периоды рабочего цикла возрастает вероятность поломки оборудования. Поскольку на процесс взаимодействия рабочего органа с грунтом существенное влияние оказывают не только физико-механические свойства грунта, но и конструкция, геометрические параметры рабочего оборудования, то мероприятием, способствующим повышению запаса прочности соединений рабочего оборудования, является внесение изменений в их конструкцию. Поэтому данная статья посвящена исследованию зависимости параметров напряженно – деформированного состояния пальца соединения ковш – рукоять от увеличения размеров его диаметра. С использованием метода конечных элементов в трехмерной среде смоделировано напряженно-деформированное состояние в программном комплексе SOLIDWORKS 2017. В результате рассчитаны значения напряжения, деформации, перемещения, коэффициента запаса прочности для разных диаметров пальцев. Определены процентные соотношения изменения параметров от увеличения диаметра. Установлен возможный процент увеличения усилия резания.

**Ключевые слова:** экскаватор, палец, напряжение, деформация, перемещение коэффициент запаса прочности

Современные экскаваторы имеют высокий уровень надёжности, а при условии обеспечения грамотной эксплуатации, данный вид техники не только успешно проработает в период гарантийного срока, но и сохранит свою дальнейшую работоспособность после него. Однако поломки возникают во время эксплуатации любой техники, даже самой надёжной [1-2].

Главным исполнительным органом экскаватора, с помощью которого грунт отделяется от массива является ковш [3]. Несмотря на тот факт, что разные виды экскаваторов имеют существенные конструкционные отличия, можно выделить целый ряд наиболее типичных неисправностей для всех типов данного оборудования, одной из которых является поломка пальцев в соединении ковша с рукоятью экскаватора [4, 5].

Ковш, оснащенный зубьями, воздействует на грунт с силой, преодолевая сопротивление грунта. Удельным сопротивлением грунта копанию определяется трудность его разработки, т.е. чем выше значение сопротивления, тем большая величина усилия требуется для его преодоления [1-4]. В то же время сопротивление грунта посредством рабочего органа передается шарнирному соединению, соединяющего ковш и рукоять [6]. В результате циклического действия нагрузки, необходимой для преодоления сопротивления грунта, происходит износ соединения палец - втулка, появляются люфты, в результате этого в процессе работы возникает перекос в месте сочленения ковша с рукоятью и как следствие происходит поломка пальца [7].

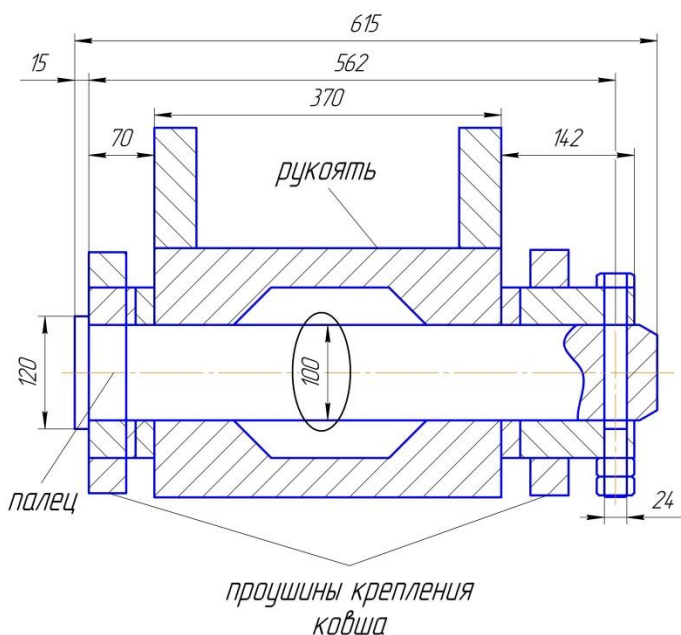
Как известно надёжность экскаваторов обеспечивается тремя составляющими – гидравликой, двигателем и металлоконструкциями. Поэтому, для повышения прочности шарнирного соединения, увеличения усилия резания, предлагается изменить конструкцию пальца путем увеличения его диаметра.

Для исследования был выбран экскаватор 7 размерной группы марки Komatsu PC400LC, относящийся к тяжелому классу, характеризующийся высокими показателями мощности (рисунок 1) [1, 8].

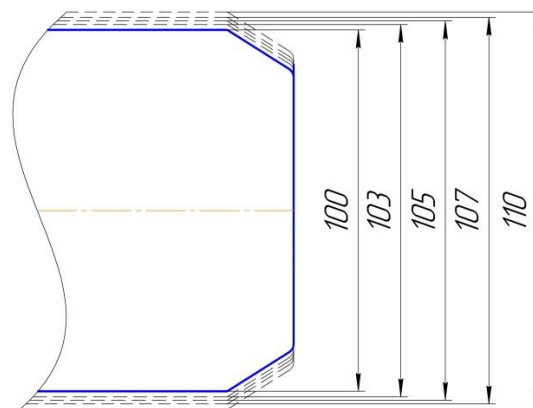


**Рис. 1.** Гидравлический экскаватор Komatsu PC400LC

Геометрические размеры пальца шарнирного соединения ковш – рукоять представлены на рисунке 2.



**Рис. 2.** Соединение ковш – рукоять экскаватора Komatsu PC400LC



**Рис. 3.** Размеры дополнительно построенных эскизов пальца

Было принято решение увеличить диаметр пальца до 10 мм проследить, как изменятся параметры напряженно деформированного состояния в результате постепенного увеличения усилия резания до максимальной величины, ограниченной конструкцией экскаватора.

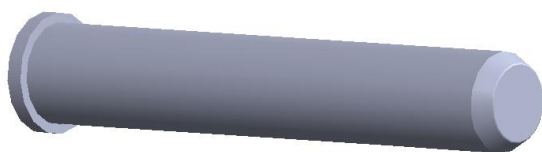
С помощью программного обеспечения Компас 3D были построены эскизы пальцев следующих диаметров (рисунок 3): 100, 103, 105, 107, 110 мм.

Построение пальцев данных диаметров позволит отследить динамику изменения параметров напряженно – деформированного состояния.

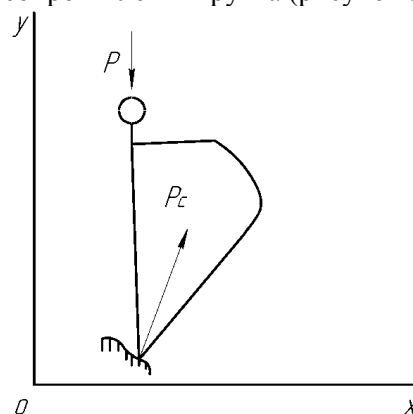
Наиболее перспективным для выявления распределения напряжений, деформаций, перемещений в пальце шарнирного соединения является моделирование методом конечных элементов (МКЭ) [9]. МКЭ позволяет при небольших материальных затратах прогнозировать потенциальные места разрушения при различных условиях и нагрузках [10].

Для моделирования напряженно-деформированного состояния был выбран программный комплекс SolidWorks 2017 [11]. Предварительно, перед расчетом параметров напряженно деформированного состояния пальца шарнирного соединения необходимо определить все геометрические параметры исследуемого объекта в целях создания трехмерной геометрии и на ее основе – конечно-элементной модели (рисунок 4) [10].

Для корректного обоснования модели построим схему создаваемых усилий, действующего на шарнирное соединение, где:  $P$  – усилие резания,  $P_c$  – усилие сопротивления грунта (рисунок 5).

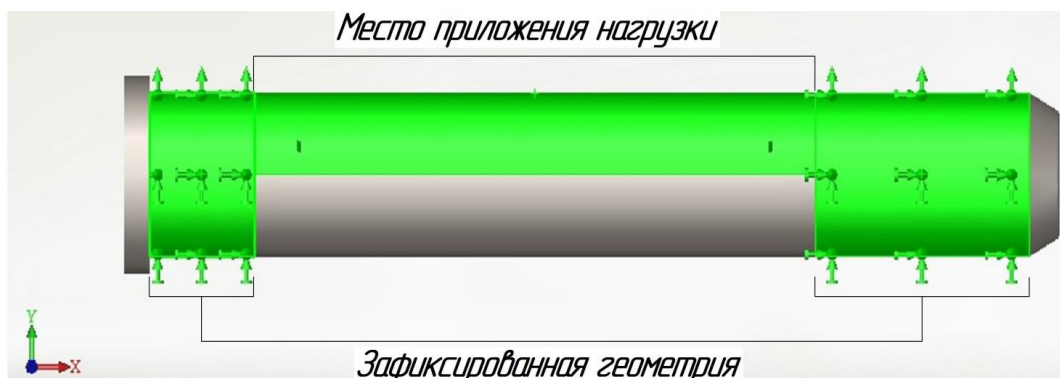


**Рис. 4.** Геометрическая модель пальца шарнирного соединения ковш рукоять



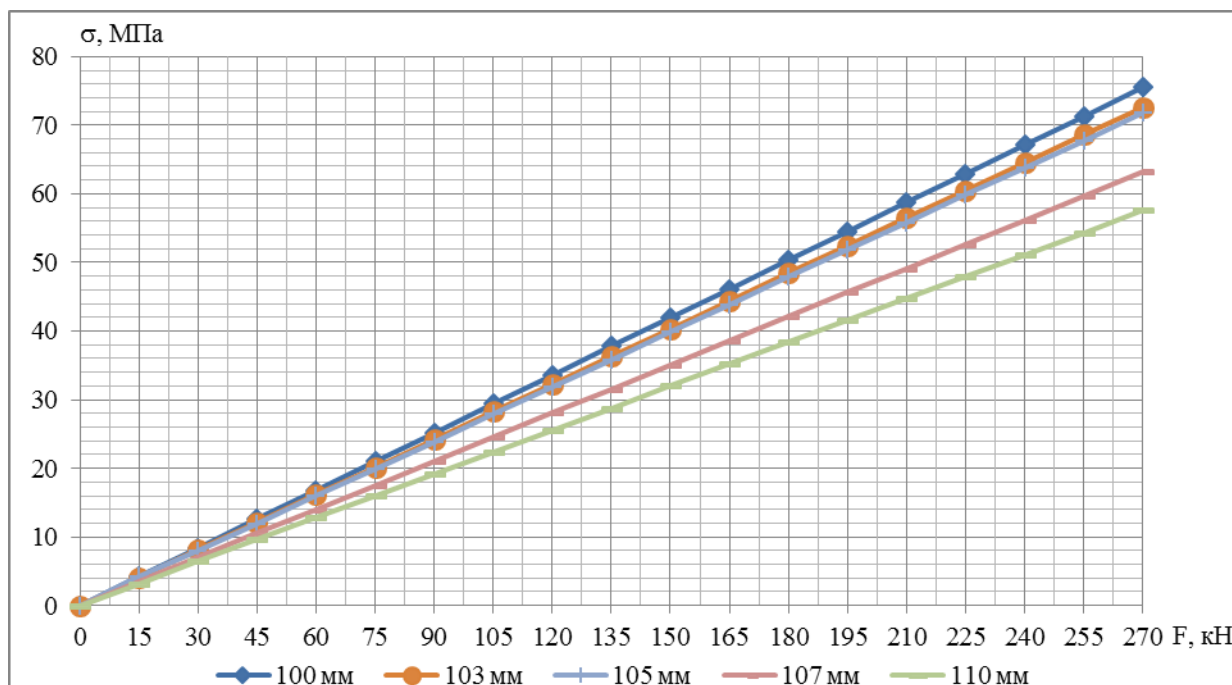
**Рис. 5.** Схема действия сил

В качестве нагрузки, оказывающей действие на палец соединения ковш – рукоять, была принята нагрузка по оси Y, возникающая в период внедрения ковша в грунт, действующая на ковш со стороны рукояти. Минимальное усилие принимаем 15 кН. Максимальное усилие резания, согласно технической документации составляет 275 кН [8]. Поэтому величину максимального усилия принимаем – 270 кН. Шаг увеличения усилия 15 кН. Материал пальца - сталь 45 [12]. Зафиксированная геометрия соответствует фиксации пальца в проушинах ковша в соответствии с рисунком 2 (рисунок 5).



**Рис. 5.** Схема фиксации пальца в проушинах ковша

По полученным результатам проведенного расчета можно отметить следующее. Действие нагрузки на палец приводит к возникновению в его конструкции напряжений соответствующего значения. При одинаковом значении нагрузки величина напряжений в пальце разного диаметра будет отличаться. Чем больше диаметр пальца, соответственно, тем меньше значение возникающего в нем напряжения. Величина напряжения при максимальном усилии 270 кН составила (рисунок 6): 100 мм – 75,524 МПа; 103 мм – 72,619 МПа; 105 мм – 71,774 МПа; 107 мм – 63,168 МПа; 110 мм – 57,572 МПа.



**Рис. 6.** Зависимость величины напряжений от приложенной нагрузки

Если величину напряжений рассматривать в процентном соотношении, то последовательное увеличение диаметра пальца от 100 до 110 мм приводит к уменьшению значений напряжения от 3,8 – 23,7% (рисунок 7).



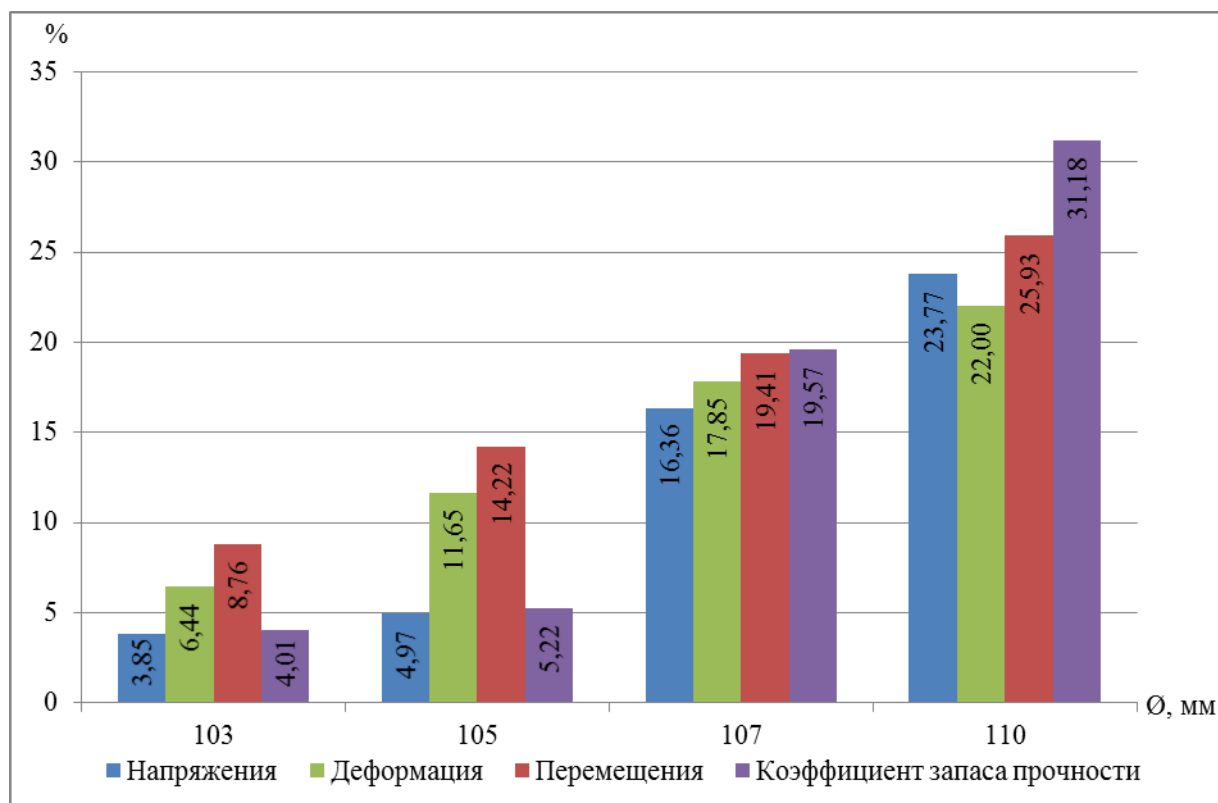


Рис. 7. Процентное изменение параметров напряженно деформированного состояния от увеличения диаметра

Под действием нагрузки, возникновение напряжений внутри пальца сопровождается явлением деформации, которая возрастает вместе с ростом напряжений и вместе с ними исчезает [13]. Величина напряжения пропорционально величине деформации, т.е. соотношение между значениями напряжение — деформация остается постоянным. Величина деформации при максимальном усилии 270 кН составила (рисунок 8): 100 мм – 0,00027; 103 мм – 0,00025; 105 мм – 0,00024; 107 мм – 0,00022; 110 мм – 0,00021.

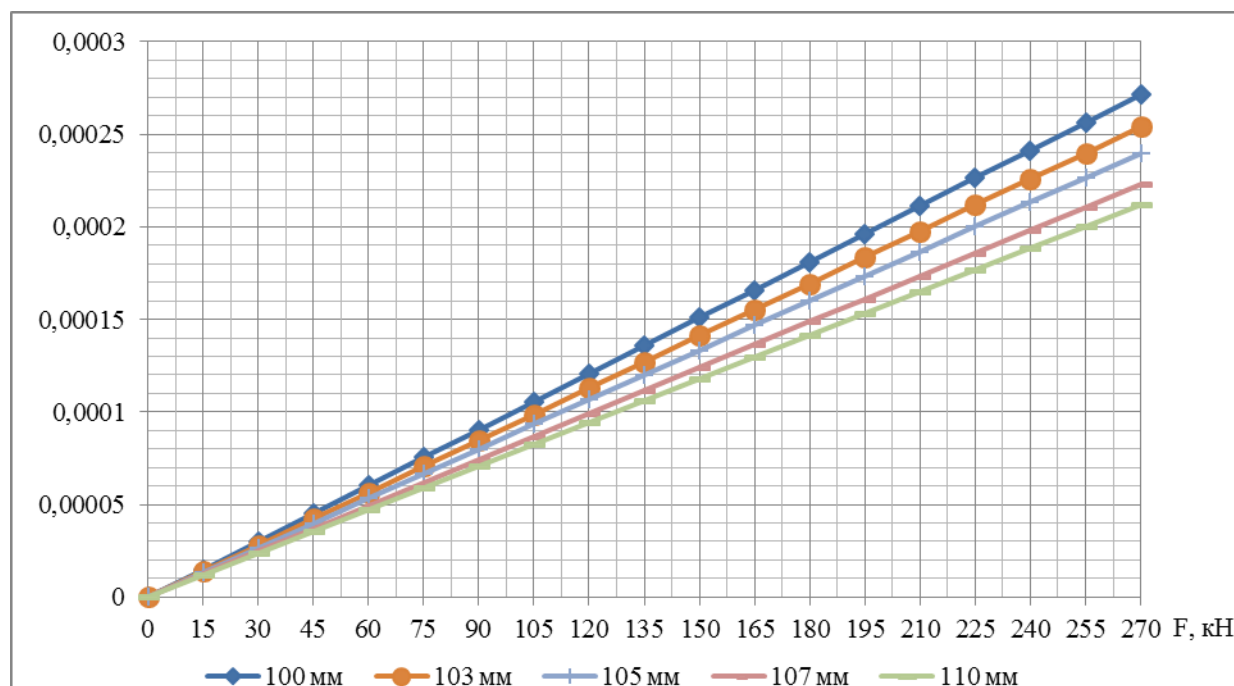


Рис. 8. Зависимость величины деформаций от приложенной нагрузки

Величина напряжения пропорционально величине деформации, т.е. соотношение между значениями напряжение — деформация остается постоянным. Это означает, что материал деформируется линейно и упруго. В процентном соотношении величина деформаций при увеличении диаметра уменьшается от 6,4 – 22% (рисунок 7).

Под действием нагрузки в металле возникают напряжения, сопровождающиеся появлением деформации, т.е. изменением его формы и размеров. В результате этого происходит изменение положения точки тела в пространстве – перемещение. Однако поскольку деформация является упругой, а величина перемещений незначительной, то после снятия нагрузки, они исчезают, а тело восстанавливает свою первоначальную форму. Величина перемещения при максимальном усилии 270 кН составила (рисунок 9): 100 мм – 0,040 мм; 103 мм – 0,037 мм; 105 мм – 0,035 мм; 107 мм – 0,033 мм; 110 мм – 0,030 мм. В соответствии с графиком деформации при увеличении диаметра от 100 до 110 мм показатели перемещений уменьшаются от 8,8 – 25,9% (рисунок 7).

В процессе выполнения приближенных расчетов всегда присутствует вероятность погрешности. Нужно отметить, что неточности расчетов на прочность компенсируют в основном за счет запаса прочности. При этом выбор коэффициентов запасов прочности становится весьма ответственным этапом расчета.

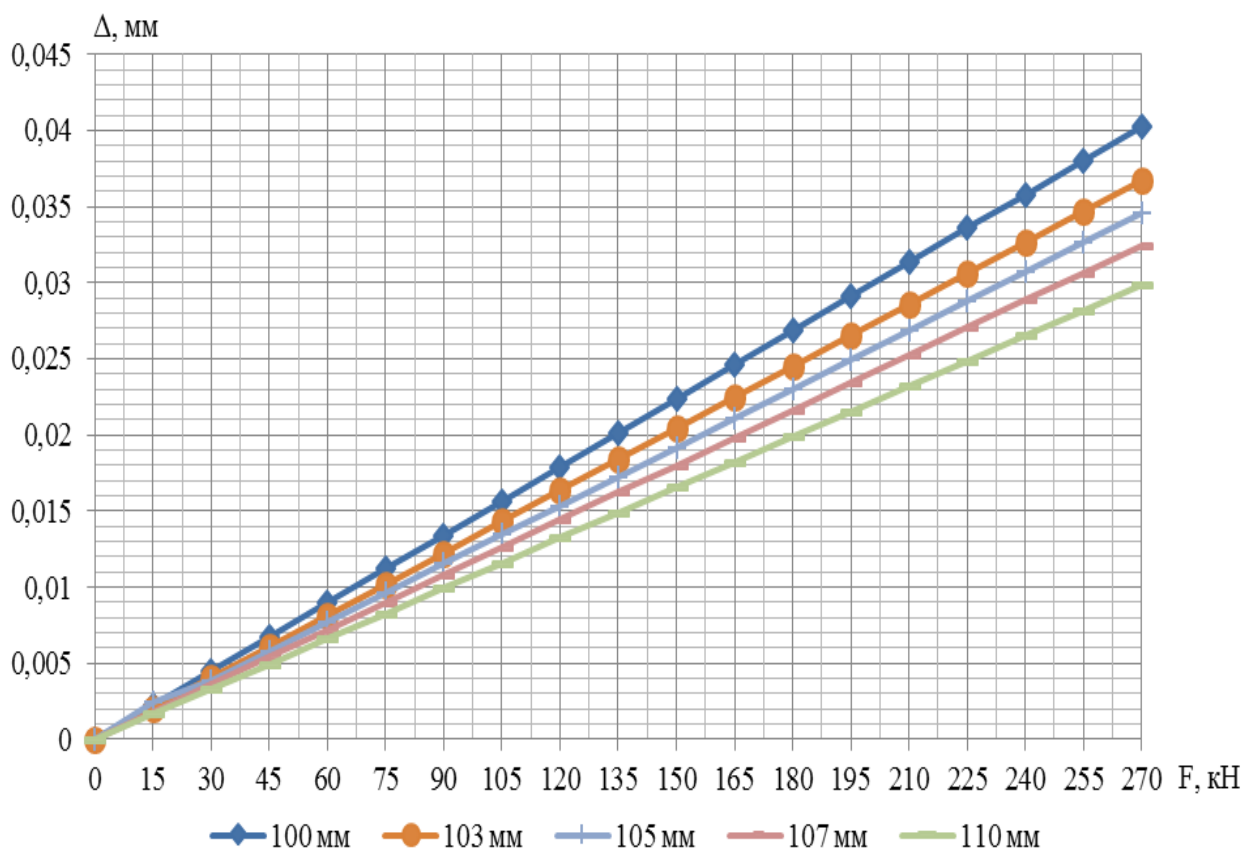


Рис. 9. Зависимость величины перемещений от приложенной нагрузки

Заниженное значение запаса прочности приводит к разрушению детали, а завышенное - к неоправданному увеличению массы изделия и перерасходу материала [14]. График коэффициента запаса прочности представляет собой гиперболу (рисунок 10).

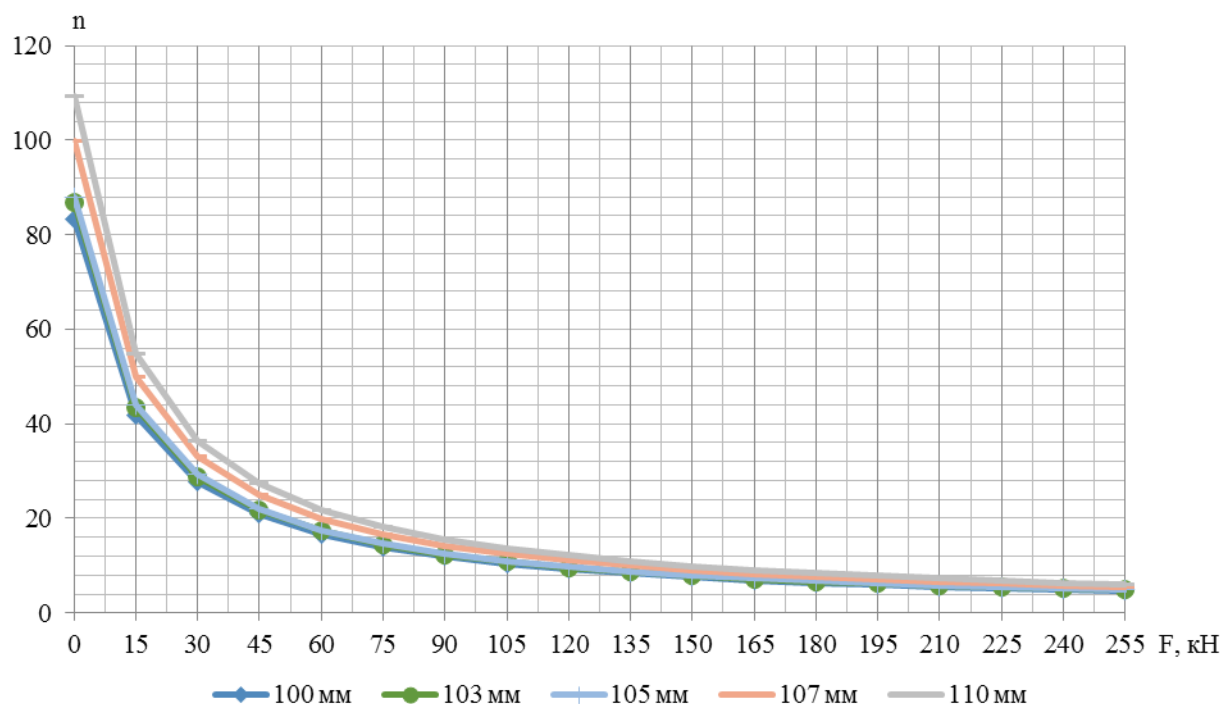


Рис. 10. Зависимость величины коэффициента запаса прочности от приложенной нагрузки

Чем больше величина прикладываемой нагрузки, тем бесконечно близко коэффициент запаса прочности будет приближаться по оси  $x$  к нулю.

Минимальное значение коэффициента запаса прочности при максимальном усилии 270 кН составило (рисунок 10): 100 мм – 4,63; 103 мм – 4,82; 105 мм – 4,88; 107 мм – 5,54; 110 мм – 6,08.

Согласно [15] нормативный коэффициент запаса прочности по отношению к пределу прочности в изделиях общего машиностроения принимают равным  $n=3 - 5$ . Сравнивая данный показатель с полученными данными можно сделать вывод, что все полученные значения коэффициента запаса прочности при максимальном усилии удовлетворяют диапазону допускаемых значений.

В результате расчета коэффициента запаса прочности увеличение диаметра от 100 до 110 мм, способствует возрастанию коэффициента запаса прочности от 4 до 31,2%.

Таким образом, кривая напряжений, деформации, перемещений от прикладываемой нагрузки является линейной зависимостью. В процессе действия максимально допустимых значений нагрузки наблюдается участок кривой, где зависимость между напряжением и деформацией является областью линейной упругости. В этой области наблюдается упругая деформация, где при снятии напряжения материал возвращается к своей первоначальной форме. Внесение изменений в конструкцию пальца путем увеличения его диаметра на 10% до 110 мм способствует уменьшению, возникающих в результате действия нагрузок, значений напряжения, деформации и перемещения в среднем до 23,9%, а также увеличению коэффициента запаса прочности до 31,8%. Увеличение коэффициента запаса прочности дает возможность дополнительно повысить прочность шарнирного соединения, увеличить величину усилия резания, а как результат повысить производительность оборудования.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Олькин А.Я. Строительные машины и механизмы : учеб. пособие / А. Я. Олькин; Владим. гос. ун-т – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2008 – 162 с.
- [2] Бочкарева Т.М. Технология планировочных и землеройных работ: учеб.-метод. пособие / Т.М. Бочкарева. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2015. – 132 с.
- [3] Srdan M. Bošnjaka, Miodrag A. Arsićb, Nebojša B. Gnjatovića, Ivan L.J. Milenovića, Dušan M. Arsićc. Failure of the bucket wheel excavator buckets // Engineering Failure Analysis, Volume 84, 2018. – P. 247 - 261
- [4] Tosun. Determination of excavator type according to rock and excavator characteristics in soft formations that can be excavated directly // Journal of Mining Science. - Vol. 50, Issue 2, May 2014. - P. 349–361.
- [5] Серебрянский А. И., Богатырева Ж. И. Анализ видов изнашивания и возможные пути повышения износостойкости шарниров манипуляторов // Воронежский научно-технический вестник. – 2017. – Т. 19. – № 1. – С. 63 –77.

- [6] Сайтов В.И., Андреева Л.И., Красникова Т.И. Влияние грансостава забоя на количество отказов механизма напора экскаватора циклического действия // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 2. [Электронный ресурс] URL: <http://science-education.ru/102-5859> (дата обращения 10.02.2019).
- [7] «Понедельник» [Электронный ресурс] / Электрон. дан.: Деловая газета Тольятти, 2019. – Режим доступа: <http://ponedelnik.info/from-partners/tipichnye-neispravnosti-sovremennykh-eksikatorov/>, свободный. – Загл. с экрана. Яз. Рус.
- [8] KOMATSU [Электронный ресурс] / Электрон. дан. – М.: ООО «КОМАЦУ СНГ», 2018. – Режим доступа: <https://www.komatsu.ru/catalog/stroitel'naya-i-gornaya-tehnika/eksikatory/pc400lc/>, свободный. – Загл. с экрана. Яз. Рус.
- [9] G.R. Liu, S.S. Quek. The Finite Element Method. A Practical Course. Book, 2nd Edition, Elsevier Ltd, 2014. – 464 p.
- [10] Авдеев А.Н., Сосновский Л.И. Оценка работоспособности оборудования карьерных экскаваторов в экстремальных условиях эксплуатации. // Вестник ИргТУ. – 2014. – Т. 93. – № 10. – С. 23 – 26.
- [11] Зиновьев Д. В. Основы моделирования в SolidWorks. – ДМК – Пресс, 2017. – 240 с.
- [12] Сорокин В.Г. Марочник сталей и сплавов / В. Г. Сорокин, А. В. Волосникова, С. А. Вяткин и др; Под общ. ред. В. Г. Сорокина. — М.: Машиностроение, 1989. - 640 с.
- [13] Кикоин А.К., Кикоин И.К. Общий курс физики. Молекулярная физика. Издание второе, переработанное – М.: 1976. - 480 с.
- [14] Матвеев А.Д. Анализ прочности упругих конструкций со случайными параметрами с применением эквивалентных условий Вестник КрасГАУ, № 11, 2012. – С. 34 – 41.
- [15] Сопромат «dx/dy» [Электронный ресурс] / Решение задач по любым предметам; адм. Михаил Бессонов. – Электрон, дан. – М.: dx-dy, 2015. – Режим доступа: <http://dx-dy.ru/sopromat/raschet-na-prochnost-pri-rastyazhenii.html>, свободный.

Жаркевич О.М., Дандыбаев Е. С., Михеев С.С.

#### **Шөміш-саптың топсалы қосылысы саусағының диаметрін өзгеруінен параметрлердің кернеулі-деформацияланған күйінің тәуелділігін зерттеу**

**Түйіндеме.** Топсалы қосылыстар арқылы топыраққа ожаудың жұмыс органы тоқтаған кезде ең көп жүктеме экскаватордың жұмыс жабдығына келеді, яғни жұмыс циклының бұл кезеңінде жабдықтың сыну ықтималдығы жоғарлайды. Жұмыс органының топырақпен өзара іс-қимыл процесіне топырақтың физикалық-механикалық қасиеттері ғана емес, жұмыс жабдығының конструкциясы, геометриялық параметрлері де айтарлықтай әсер ететіндіктен, жұмыс жабдығының қосылыстарының беріктілік қорын арттыруға ықпал ететін іс-шара олардың конструкциясына өзгерістер енгізу болып табылады. Сондықтан бұл мақала шөміш-саптың қосылысы саусағының кернеулі-деформацияланған күй параметрлерінің оның диаметрінің ұлғаюынан тәуелділігін зерттеуге арналған. Үшөлшемді ортада соңғы элементтер әдісін пайдалана отырып SOLIDWORKS 2017 бағдарламалық кешенінде кернеулі-деформацияланған жағдай модельденді. Нәтижесінде кернеудің, деформацияның, орын ауыстырудың, саусақтардың әртүрлі диаметрлері үшін беріктік қорының коэффициентінің мәндері есептелді. Диаметрдің ұлғаюынан параметрлердің өзгеруінің пайыздық арақатынасы анықталды. Кесу күшін арттырудың ықтимал пайызы белгіленді.

**Түйінді сөздер:** экскаватор, саусақ, кернеу, деформация, жылжыту, беріктілік қоры коэффициенті

УДК 66.02.071.7

**A. Yeshzhanov, A. Volnenko, A. Torsky, D. Zhumadullayev, A. Abzhapbarov**  
(M. Auyezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan)  
E-mail: nii\_mm@mail.ru

#### **OPERATING MODES OF A COMPOSITE REGULAR-BALANCED CAP MACHINE**

**Abstract.** The analysis of the research results of hydrodynamic modes of operation of a movable cap machines (balanced and gushing) and a regular cap of various types.

The studies of the hydraulic resistance and shooting of the gas-liquid layer in the composite regular-balanced cap machine have been carried out. The analysis of the obtained graphic dependences of the hydraulic resistance indicates of four operating modes availability for the composite regular-balanced cap machines, out of that the developed turbulence mode can be selected as the most appropriate. The intense cap movement, a significant expansion of the layer and a noticeable uniform distribution of the phases characterizes this mode.

**Key words:** hydraulic resistance, gas velocity, operating modes, tubular cap, weighted cap, gushing cap.

**А. Ешжанов, А. Волненко, А. Торский, Д. Жумадуллаев, А. Абжапбаров**  
(Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауэзова, Шымкент, Казахстан)  
E-mail: nii\_mm@mail.ru

## **РЕЖИМЫ РАБОТЫ АППАРАТОВ С КОМБИНИРОВАННОЙ РЕГУЛЯРНО-ВЗВЕШЕННОЙ НАСАДКОЙ**

**Аннотация.** Выполнен анализ результатов исследований гидродинамических режимов работы аппаратов с подвижной насадкой (взвешенной и фонтанирующей) и регулярной насадкой различного типа.

Проведены исследования гидравлического сопротивления и фотографирование газожидкостного слоя в аппаратах с комбинированной регулярно-взвешенной насадкой. Анализ полученных графических зависимостей гидравлического сопротивления свидетельствует о наличии четырех режимов работы для аппаратов с регулярно-взвешенной насадкой, из которых режим развитой турбулентности может быть выделен как наиболее оптимальный. Этот режим характеризуется интенсивным движением насадки, значительным расширением слоя и заметной равномерностью распределения фаз.

**Ключевые слова:** гидравлическое сопротивление, скорость газа, режимы работы, трубчатая насадка, взвешенная насадка, фонтанирующая насадка.

**Введение.** В настоящее время для осуществления процессов тепломассообмена и пылеулавливания создано большое количество тарельчатых и насадочных аппаратов (со стационарной насадкой) [1-4]. Многие конструкции достаточно широко изучены и успешно работают в процессах химической технологии и нефтепереработки.

Известны также конструкции аппаратов с регулярно размещенными насадочными элементами и аппараты со взвешенной насадкой, получившие распространение в различных отраслях промышленности благодаря низкому гидравлическому сопротивлению и высоким показателям эффективности [5,6]. В литературе имеются сведения по исследованию в них гидродинамики, процессов тепломассообмена и пылеулавливания [7-9]. Так, при исследовании аппаратов с подвижной насадкой (взвешенной, фонтанирующей) установлены 4 режима работы в зависимости от скорости движения газового потока: стационарного состояния насадки, переходной, режим развитой турбулентности и брызгоуноса [7,10].

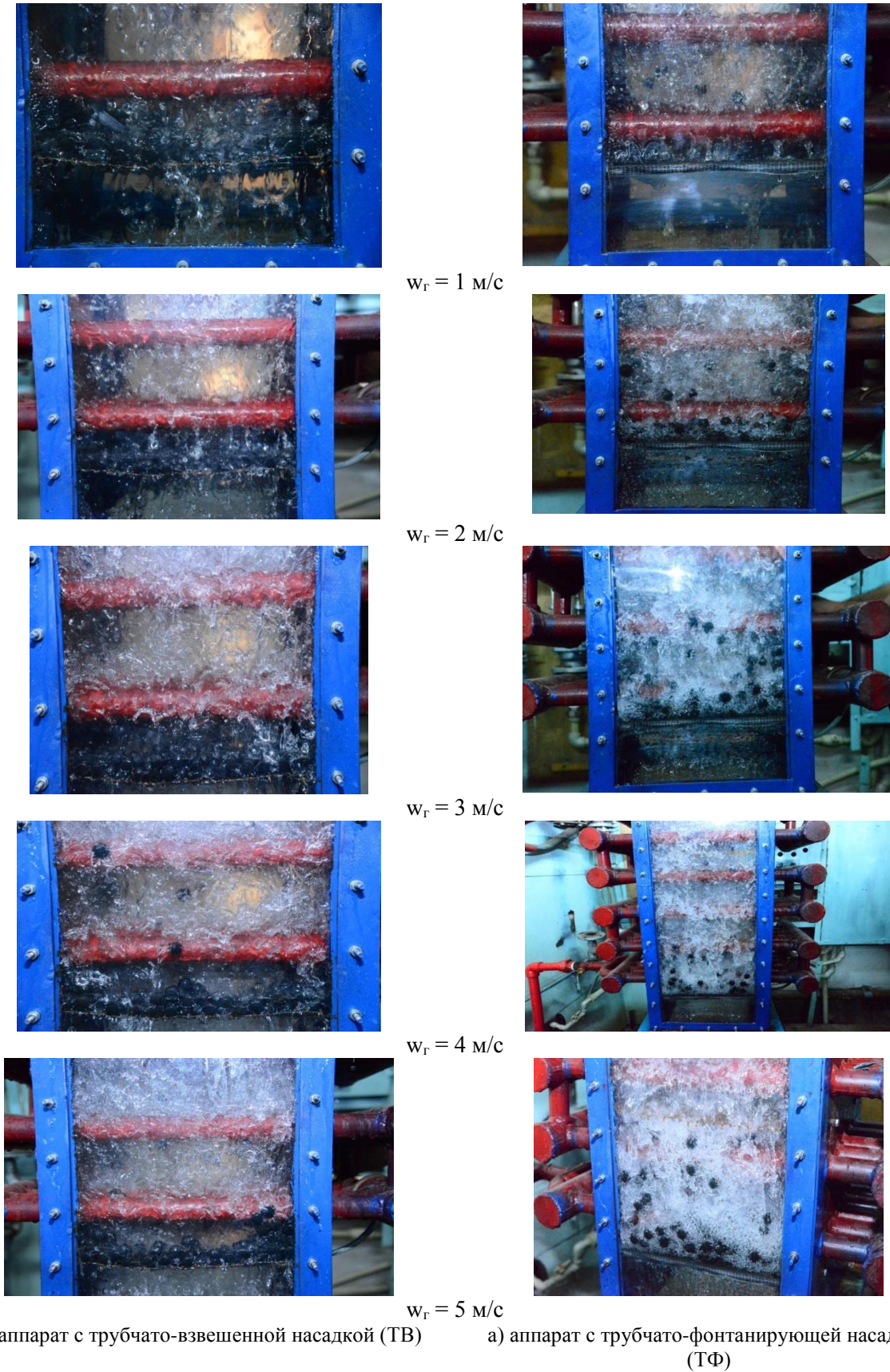
Для аппаратов с регулярно размещенной насадкой различных типов (шары, цилиндры, пластины, вращающаяся и вибрирующая пластинчатая насадка) в результате проведенных исследований гидравлического сопротивления от скорости газового потока установлены три гидродинамических режима: пленочно-капельный, капельный и брызгоуноса [9-11,12].

Целью проводимых нами исследований является установление режимов работы аппаратов с комбинированной регулярно-взвешенной насадкой, сочетающих положительные свойства аппаратов с регулярной и взвешенной насадкой [13,14].

**Методы.** Для проведения исследований использовались известные методы измерения гидравлического сопротивления с помощью чашечного манометра и микроманометра. Для визуализации газожидкостного слоя проводилось фотографирование рабочей зоны аппарата.

**Результаты.** Фотографирование рабочей зоны аппарата позволяет отслеживать поведение слоя дискретных шаровых элементов в зависимости от изменения скорости газа и плотности орошения. Кроме того, статистическая обработка фотографий позволяет получить данные о качественном состоянии жидкостного слоя (пленочное и капельное течение, барботаж) и размерах структурных элементов (диаметров капель, диаметров и длины струй, диаметров пузырьков).

На рисунке 1 представлены фотографии рабочей зоны трубчатой насадки со слоем дискретных шаровых элементов, расположенных на плоской опорно-распределительной и пирамидальной решетках.



а) аппарат с трубчато-взвешенной насадкой (ТВ)

а) аппарат с трубчато-фонтанирующей насадкой (ТФ)

Условия опытов: одна опорно-распределительная решетка;  $H_{ст}=0,03$  м

**Рис. 1.** Фотографии рабочей зоны трубчатой насадки со слоем дискретных шаровых элементов, расположенных на плоской опорно-распределительной (а) и пирамидальной (б) решетках при скорости газового потока от 1 до 5 м/с и плотности орошения  $L=15$  м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>ч

Из рисунка 1а видно, что при наличии орошения даже при скорости газа 1 м/с отмечается задержка жидкости в слое дискретных шаровых элементов и вплоть до 3 м/с происходит перемешивание слоя шаров и находящейся в нем жидкости. Снизу опорно-распределительной решетки жидкость стекает крупными струями и их скоплением. Над дискретным слоем наблюдается вынос жидкости.

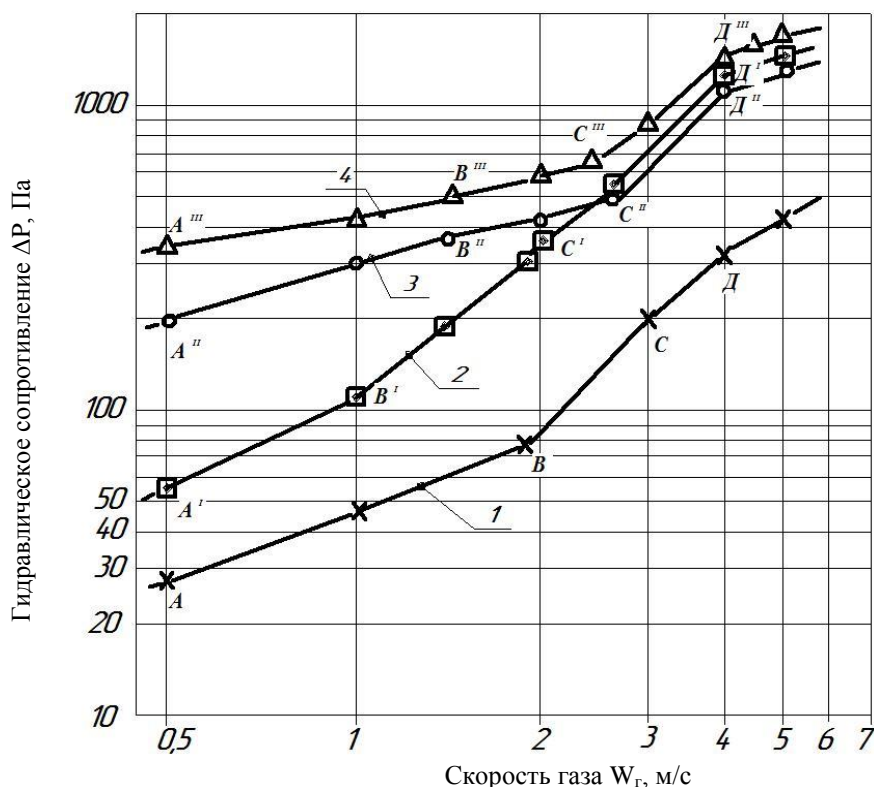
При скорости газового потока 4 м/с образуется высоко турбулизованный газожидкостный слой, размеры которого выходят за первый слой труб тубчатой насадки. Наблюдается вынос шаровых элементов за первый и второй слои труб.

При скорости газового потока 5 м/с размеры турбулизованного газожидкостного слоя растут и этот слой виден после каждого ряда труб. Шаровые элементы достигают пространства между третьим и четвертым рядами труб трубчатого пучка.

Для аппарата с трубчато-фонтанирующей насадкой, как видно из рисунка 1б увеличение скорости газового потока от 1 до 2 м/с приводит к формированию газожидкостного слоя, в котором жидкая фаза представлена каплями и их конгломератами. Дальнейшее увеличение скорости газа до 4 м/с приводит к изменению структуры слоя, в котором преобладают пузыри газа. Шаровые элементы расщеплены по всему объему газожидкостного слоя.

Увеличение скорости газа до 5 м/с приводит к нестабильности работы аппарата и уносу большого количества жидкости.

На рисунке 2 представлен график зависимости гидравлического сопротивления от скорости газового потока в логарифмической сетке координат для аппаратов с комбинированной регулярно-взвешенной насадкой (ТВ и ТФ), а также аппаратов со взвешенной (ВН) и фонтанирующей насадкой (ФН) [15]. Известно, что построение графиков в логарифмической сетке координат позволяет получить ломанные кривые. Это удобно, например, для выявления границ существования режимов работы аппаратов.



Условия опытов: аппараты ТВ и ТФ (одна опорно-распределительная решетка;  $\rho_H = 600 \text{ кг/м}^3$ ;  $d_H = 0,015 \text{ м}$ ;  $H_{ст} = 0,03 \text{ м}$ ;  $S_k/S_{ан} = 0,28 \text{ м}^2/\text{м}^2$ ;  $L = 15 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$ ); аппараты ВН и ФН ( $S_o = 0,4 \text{ м}^2/\text{м}^2$ ;  $H_{ст} = 0,2 \text{ м}$ ;  $\rho_H = 650 \text{ кг/м}^3$ ;  $d_H = 0,04 \text{ м}$ ;  $\alpha = 60^\circ$ ;  $L_o = 20 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$ ) [15]

1 -  $\Delta P_{ТВ}$  – трубчато-взвешенная насадка; 2 -  $\Delta P_{ТФ}$  – трубчато-фонтанирующая насадка; 3 -  $\Delta P_{ВН}$  – аппарат ВН; 4 -  $\Delta P_{ФН}$  – аппарат ФН

Рис. 2. Зависимость гидравлического сопротивления аппаратов с комбинированной регулярно-взвешенной насадкой, ВН и ФН от скорости газа

Как видно из рисунка 2 участки АВ, А<sup>I</sup>В<sup>I</sup>, А<sup>II</sup>В<sup>II</sup> и А<sup>III</sup>В<sup>III</sup> соответствуют неподвижному состоянию слоя насадки в аппаратах ТВ, ТФ, ФН и ВН. Такой режим называется режимом стационарного состояния насадки. Существование этого режима для аппаратов ТФ и ФН в более узком диапазоне  $w_r$  связано с наличием в нем пирамидальной (конусной) тарелки, которая способствует увеличенной скорости вводимого газового потока в центральной части слоя, где насадка начинает приобретать подвижность.

Для аппарата ТВ режимом стационарного состояния насадки имеет наибольший диапазон скоростей газа вплоть до 2 м/с. Это связано с небольшой высотой стационарного слоя подвижной шаровой насадки, приводящей к тому, что имеющейся объем насадочных элементов не успевает перекрывать участки факельного прорыва газа и величина подпора газового потока недостаточна для взвешивания дискретных элементов.

В аппарате ФН при повышении скорости газа, вводимого в слой орошаемой насадки, свободно всплывающие пузырьки сливаются в струи, одновременно происходит накопление жидкости в слое насадки, приводящее к запираанию каналов, и отвод поступающего газа становится возможным только при деформации слоя насадки. Это состояние соответствует началу взвешивания слоя  $w_{H,B}$ . [15].

При  $w_r \geq w_{H,B}$  подъемная сила в аппарате ВН и ТВ становится достаточной для отрыва элементов насадки от решетки. С ростом  $w_r$  увеличивается число взвешенных элементов по всему сечению, причем взвешивание в аппаратах ВН и ТВ носит неравномерный пульсационный характер. Этот неустойчивый режим называется переходным. На рисунке 2 ему соответствуют участки ВС, В<sup>I</sup>С<sup>I</sup>, В<sup>II</sup>С<sup>II</sup> и В<sup>III</sup>С<sup>III</sup>.

Особенности переходного режима (участок В<sup>III</sup>С<sup>III</sup>) в аппарате ФН заключаются в следующем. Над центральной частью решетки образуется полость, состоящая из газожидкостной смеси и отдельных взвешенных элементов насадки. С увеличением  $w_r$  полость поднимается вверх и при достижении верхнего уровня разрушается. При этом, как и в двухфазном фонтанирующем слое образуется «шапка» фонтанирующего слоя, состоящая из взвешенных элементов насадки и брызг. Эта стадия носит название начального фонтанирования, она наблюдается до  $w_r=2$  м/с и характеризуется тем, что концентрация насадки в ядре меньше, чем в периферийной зоне. Вследствие захватывания насадки газовым потоком разрушается периферийная зона, т. е. насадка и жидкость, находящиеся в нижней части, вовлекаются в фонтанирование, на их место сползают другие. Этот процесс сопровождается большими пульсациями давления.

Начало фонтанирования, или взвешивания (переходные точки В, В<sup>I</sup>, В<sup>II</sup> и В<sup>III</sup>), существенно зависят от плотности орошения  $L$ . Увеличение  $L$  приводит к изменению  $w_{н.ф.}$ , или  $w_{н.в.}$  в сторону меньших значений  $w_r$ . В переходном режиме рост  $\Delta P$  в зависимости от  $w_r$  несколько замедляется, т. е.  $\Delta P \sim w_r^{0,3-0,5}$ . Это объясняется пульсационным характером поведения слоя, жидкость проваливается через решетку большими порциями и как следствие, уменьшается ее задержка [15].

В пределах участков CD, C<sup>I</sup>D<sup>I</sup>, C<sup>II</sup>D<sup>II</sup>, и C<sup>III</sup>D<sup>III</sup> в каждом из аппаратов ПН наблюдается интенсивное турбулентное взаимодействие фаз. Поэтому режим называется режимом развитой турбулентности и характеризуется интенсивным движением насадки, значительным расширением слоя и заметной равномерностью распределения фаз.

При достижении скорости газа  $\sim 2,0$  м/с в аппаратах ТФ и ФН наступает развитое фонтанирование насадки, причем в аппарате ТФ эта стадия начинается несколько раньше  $\sim 1,8$  м/с, тогда как в аппарате ФН  $\sim 2,2$  м/с. Эта стадия продолжается до  $w_r \sim 4,0$  м/с. С увеличением  $w_r$  от 3,0 до 5,0 м/с достигается равномерное распределение насадки по высоте ядра фонтанирующего слоя.

Предельная скорость газа в противоточных аппаратах ПН ограничена величиной допустимого брызгоуноса (при отсутствии каплеуловителя) или прижатием части насадки к верхней решетке с образованием висячего плотного слоя, что приводит к резкому скачку гидравлического сопротивления аппарата. Этот режим назван режимом брызгоуноса (точки Д, Д<sup>I</sup>, Д<sup>II</sup> и Д<sup>III</sup>).

**Обсуждение.** Таким образом, проведены исследования гидравлического сопротивления и фотографирование газожидкостного слоя в аппаратах с комбинированной регулярно-взвешенной насадкой. Анализ полученных графических зависимостей гидравлического сопротивления свидетельствует о наличии четырех режимов работы для аппаратов с регулярно-взвешенной насадкой, из которых режим развитой турбулентности может быть выделен как наиболее оптимальный. Этот режим характеризуется интенсивным движением насадки, значительным расширением слоя и заметной равномерностью распределения фаз.



ЛИТЕРАТУРА

- [1] Рамм В.М. Абсорбция газов. 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Химия, 1976. – 656с.
- [2] Кафаров В.В. Основы массопередачи (системы газ-жидкость, пар-жидкость, жидкость-жидкость). 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1979. – 439с.
- [3] Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: Учебник: В 2кн./В.Г. Айнштейн, М.К. Захаров, Г.А. Носов и др.; Под ред. В.Г. Айнштейна. М.: Логос; Высшая школа, 2003. Кн.1. 9999 с.
- [4] Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: Учебник: В 2кн./В.Г. Айнштейн, М.К. Захаров, Г.А. Носов и др.; Под ред. В.Г. Айнштейна. М.: Логос; Высшая школа, 2003. Кн.2. 872 с.
- [5] Балабеков О. С., Волненко А.А. Расчет и конструирование тепломассообменных и пылеулавливающих аппаратов с подвижной и регулярной насадкой /Монография – Шымкент, 2015. – 184с.
- [6] Волненко А.А., Балабеков О. С. Расчет тепломассообменных и пылеулавливающих аппаратов со взвешенной и регулярной насадкой. Примеры и задачи. - Шымкент, 2016. – 223 с.
- [7] Балабеков О.С, Гидродинамика, массообмен и пылеулавливание при противоточных и прямоточных двухфазных капельных и пленочных течениях в слое подвижной насадки: Дис. ... д-ра техн. наук. – М., 1985. – 430с.
- [8] Шарыгин М.П. Разработка и расчет устройств для разрушения отложений и пылеулавливания с управляемым вихревым потоком: Дис. ... докт. техн. наук. – М.: 1992. – 480с.
- [9] Волненко А.А. Научные основы разработки и расчета вихревых массообменных и пылеулавливающих аппаратов: дис. ... докт. техн. наук. – Шымкент, 1999. -300 с.
- [10] Ешжанов А.А., Волненко А.А., Жумадуллаев Д.К., Сарсенбекулы Д. Результаты исследований режимов работы аппаратов с регулярной и взвешенной насадкой // Междунар. науч.-практ. конф. «АУЭЗОВСКИЕ ЧТЕНИЯ - 16: «Четвертая промышленная революция: Новые возможности модернизации Казахстана в области науки, образования и культуры» Шымкент: ЮКГУ им.М.Ауэзова, 2018, т.9. – С.23-28.
- [11] Серикулы Ж. Разработка и расчет тепломассообменных аппаратов с подвижной насадкой с учетом масштабного перехода: дис. ... доктора PhD. – Шымкент. 2015. -141 с.
- [12] Сарсенбекулы Д. Методология расчета и проектирования аппаратов с трубчатой насадкой регулярной структуры: дис. ... доктора PhD. – Шымкент. 2016. -143 с.
- [13] Патент на полезную модель №2092 по заявке №2016/0474.2 от 25.08.2016г. МПК В01D 53/20, 47/14. Приоритет от 9.02.2016. Аппарат с насадкой для тепломассообмена и пылеулавливания / Бишимбаев В.К., Волненко А.А., Ескендилов М.З., Протопопов А.В., Жантасов К.Т., Анарбаев А.А. Опубл. 30.03.17, бюл. №6
- [14] Заключение о выдаче патента на полезную модель по заявке №2018/0037.2 от 16.01.2018г. МПК В01D 53/20 (2006/01); В01D 47/14 (2006/1) / Волненко А.А., Ешжанов А.А., Абжапбаров А.А., Ескендилов М.З., Жумадуллаев Д.К.
- [15] Абсорбция и пылеулавливание в производстве минеральных удобрений /О.С.Ковалев, И.П.Мухленов, А.Ф.Туболкин, О.С.Балабеков и др.; под ред. И.П.Мухленова, О.С.Ковалева. – М.: Химия, 1987. – 208 с.

Ешжанов А., Волненко А., Торский А., Жумадуллаев Д., Абжапбаров А.

**Камбинирленген тұрақты-қалықтамалы саптамасы бар аппараттардың жұмыс режимдері**

**Түйіндеме.** Камбинирленген тұрақты-қалықтамалы саптамасы бар аппараттардағы гидравликалық кедергілерді зерттеу және газды-сұйықты қабатты суретке түсіру жұмыстары жүргізілді. Алынған гидравликалық кедергілердің графикалық тәуелділігі камбинирленген тұрақты-қалықтамалы саптамасы бар аппараттарда төрт жұмыс режимі бар екендігін көрсететі және солардың ішінде дамыған турбуленттілік режимін оңтайлы деп қабылдауға болады. Бұл режим саптаманың қарқынды қозғалысымен, қабаттың айтарлықтай кеңейуімен және фазаның бөлінуінің біркелкілігімен сипатталады.

**Түйін сөздер:** гидравликалық кедергі, газдың жылдамдығы, жұмыс режимдері, құбырлы саптама, қалықтамалы саптама, шашыратпалы саптама.

**DIGITAL X-RAY UNIT: MODERN CONDITION AND PERSPECTIVES OF MODERNIZATION, PRINCIPLES OF DECLARATION**

**Abstract.** This paper deals with digital and analog X-ray equipment and their types, general advantages and disadvantages used in diagnostic and preventive measures studies of the chest organs. Also, issues about various methods and features of their application in the fields of medicine are considered more deeply. At the end of the article, the rules of compulsory and voluntary certification of various medical units, confirmation of compliance with their quality in accordance with the provisions of the unified technical regulation adopted by the decision of the Customs Union are given. A comparative analysis of modern digital scanning and analog X-ray equipment has been carried out.

**Key words:** chest, x-ray equipment, Digital X-Ray Unit, Analog X-Ray Units.

**Қ.Ш. Қабылбекова, А.З. Нурмуханова**

(Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан)

**САНДЫҚ ФЛЮОРОГРАФИЯ ҚҰРЫЛҒЫЛАРЫ: ҚАЗІРГІ АХУАЛЫ МЕН КЕЛЕШЕК  
МОДЕРНИЗАЦИЯСЫ, ДЕКЛАРАЦИЯЛАУ ҚАҒИДАЛАРЫ**

**Түйін.** Берілген жұмыста кеуде қуысы органдарын диагностикалық және профилактикалық зерттеулерде қолданылатын сандық және аналогты рентген аппаратуралары мен олардың түрлері, жалпы артықшылықтары мен кемшіліктері туралы айтылады. Қазіргі уақыттағы оларды медицина саласында қолданудың ерекшеліктері мен әр түрлі әдіс-тәсілдеріне тереңірек тоқталады. Мақала соңында Кедендік Одақтың қаулысымен қабылданған ортақ техникалық реттеу туралы регламенттің ережелеріне сәйкес әр түрлі медициналық құрылғыларды міндетті және ерікті сертификаттау, олардың сапасының сәйкестігін растау ережелері келтіріледі. Заманауи сандық сканерлеуші және аналогты рентген аппаратуралары өзара салыстырылып, диагностикалық талдау жүргізілген.

**Түйінді сөздер:** кеуде қуысы, рентген аппаратура, сандық флюорография, аналогты рентген құрылғылары.

Елімізде ғана емес, сонымен қатар барша әлем бойынша қазіргі уақыттағы өкпе ауруларының айтарлықтай кең етек алуы денсаулық сақтау саласының алдына тұрғындарды профилактикалық тексеру тиімділігін арттыруға қатысты бірқатар міндеттер қойып отыр. Жалпы әлемде бұрынғы жылдары фтизиатрияда скринингтің негізгі құралы ретінде қабыршақты аппараттарды қолдана отырып, флюорографиялық зерттеулер жүргізіліп отыратын.

Қазіргі уақытта медициналық интроскопия әдістерінің ішінде рентген әдістері басым бағыттарға ие болып отыр. Олардың көмегімен барлық визуализациялаушы диагностикалық бейнелердің 50%-ына қол жеткізіледі. Соңғы жылдары рентген диагностикасының өзі бірқатар өзгерістерге ұшырады: диагностикалық ақпаратты тасымалдаушы ретінде экспонирленген және өңделген рентген қабыршағы болатын дәстүрлі рентгенологияның орнына рентген бейнелерін сандық қалыптастыру, тіркеу және өңдеу әдістері келді. Рентген диагностикасына сандық технологияларды бейімдеу арқылы бірқатар артықшылықтарға қол жеткізілді: рентген қабыршақтарын өңдеу және сақтау процесі жеңілдетілді, тіркелген бейнелерді математикалық өңдеу арқылы диагностикалық ақпараттылық деңгейі артты, оларды электронды түрде мұрағаттауды ұйымдастыру мүмкіндігі туды және заманауи байланыс құралдарының көмегімен оларды кез келген қашықтыққа тасымалдау мүмкіндігі қалыптасты. Сонымен қатар медициналық диагностикалық зерттеулердің осы түріне тән зиянды фактор – науқастар мен емдік-профилактикалық қызметкерлерге түсетін дозалық жүктемелердің мөлшері анағұрлым кеміді.

«Халықтың радиациялық қауіпсіздігі туралы» Заңға сәйкес тұрғындарды сәулелендірудің шекті рұқсат етілген деңгейі регламенттеледі. Иондаушы сәулелену көздерімен жұмыс істеу, медициналық рентген-радиологиялық рәсімдер жүргізу кезінде, сондай-ақ техногендік радиациялық аяға байланысты азаматтар алған сәуле алудың жеке мөлшерін бақылау мен есепке алу халықтың санитариялық-эпидемиологиялық саламаттылығы саласындағы мемлекеттік орган айқындайтын тәртіппен сәуле алудың жеке мөлшерін бақылау мен есепке алудың бірыңғай мемлекеттік жүйесі шеңберінде жүзеге асырылады.

Медициналық диагностикалық процедураларды жүзеге асыру кезінде радиациялық қауіпсіздікті қамту бойынша талаптар бірқатар құжаттармен анықталады. Рентген диагностикалық

зерттеулерді жүргізу кезінде сандық технологияларды бейімдеу нақты науқастарға болатын қауіп-қатерді жойып қана қоймай, еліміздегі антропогенді фон үсті сәулеленудің құраушыларын да азайтатын болады. Кейбір батыс ғалымдарының зерттеулеріне жүгінетін болсақ, көрші Ресей мемлекетімен қоса алғанда еліміздегі сәулелену бұлты 90-жылдардағы Батыс Еуропа мен АҚШ сияқты дамыған мемлекеттердің осындай деңгейінен бірнеше есе асып түседі екен.

Алайда, кеуде қуысы мүшелерінің патологиялық өзгеріске ұшырауын анықтаудың көрсеткіштері жеткілікті жоғары болғанда қабыршақты флюорографияның айтарлықтай кемшілігі бар – зерттелініп жатқан тұлғаға түсетін жоғары дозалы жүктеме. Осы себепке қатысты дамыған мемлекеттерде профилактикалық әдістердің бірі ретінде қабыршақты флюорографиядан бас тартқан.

Адам зерттеу кезінде иондалған сәулеленуге ұшырайды, бірақ бұл құбылыс аздаған секунд ішінде және мөлшері күнге қыздырылғанда алатын 2-8 күндік әсермен тең келеді. Соңғы жылдары заманауи сандық технологиялар енгізілді, ал бұл классикалық қабыршақты (пленкалы) тәсілмен салыстырғанда үлкен қадам болып келеді. Сандық аппараттың детекторы өте сезімталды келеді, ал бұл емделушінің 10 есеге дейін сәулелік мөлшерді төмен қабылдауына, сапалы түсірілім алуына мүмкіндік береді.

1990 жылдардың ортасынан бастап медициналық техниканың жетекші фирмаларының әлемдік нарығында кеуде қуысының мүшелерін зерттеуге арналған сандық рентгендік жүйелер ұсынылды. Олар бір-бірінен бейнелерді түрлендірудің физикалық принциптерімен және инженерлік шешімдерімен ерекшеленеді. Алайда, олардың құны отандық денсаулық сақтау саласы үшін аса жоғары болды [1-3].

Соңғы жылдары көрші Ресейде денсаулық сақтау саласын заманауи дозасы аз рентген аппаратурасымен қамтамасыз ету мәселесін шешудің нақты алғышарттары қалыптасып үлгерді [4-6].

Дәстүрлі қабыршақты флюорографияны сандыққа алмастыру рентген диагностикасының сапасын айтарлықтай арттыратын болады, оның ішінде:

- флюорографиялық кабинеттің өткізгіштік қабілетін арттырады;
- практикалық тұрғыдан бақылау жүргізудің қате таңдап алынуымен байланысты болатын ақауларды толығымен жояды;
- бақылаушыға түсетін сәулелік жүктемені 10 және одан көп есе азайтады;
- сандық тіркеу әдістері мен медициналық бейнелерді өңдеу есебінен диагностика деңгейін арттырады.

Бейненің қатты көшірмесін жедел беру және электронды мұрағатты, мысалы, магнитті, оптикалық немесе магнитті-оптикалық дискіге көшірудің немесе сақтаудың мүмкіндігі туады. Мұнан өзге мұндай алмастыру тұтыну материалдарына кететін шығынды, яғни тұтынушылық шығындарды азайтады [7].

Сандық флюорография дегеніміз – кеуде қуысының бейнесі ұсақ форматты фотоқабыршаққа емес, сандық матрицаға қондырылатын кеуде қуысы органдарын рентгенологиялық зерттеу әдісі. Мұндағы матрица соңынан сапасы жоғары бейнені қалыптастырады, оның жарықтылығын, контрастын өзгертуге болады. Сандық флюорографияның кең тараған екі түрлі әдісі бар. Біріншісі – әдеттегі флюорография сияқты флюоресцентті экранға бейнені суретке түсіреді, мұнда рентген-қабыршақтың орнына ПЗС-матрица қолданылады. Екінші әдісте шыққан сәулені сызықты детектормен детектрлеу арқылы рентген сәулесінің веер тәрізді шоғырымен кеуде қуысын сканерлейді. Екінші әдісте сәулелену дозасы азырақ болады.

Қазіргі уақытта қолданылып жүрген сандық рентген сәулелерін қабылдағыштарының алуан түрлерінің ішінен анағұрлым келешегі мол екеуін қарастырайық:

- жазық сандық тақталар (solid state silicon panels) – рұқсат етілген қабілетімен салыстырғанда жоғары кванттық тиімділігі мен динамикалық диапазонға ие;
- зарядты матрицаға ие приборларға (ПЗС) негізделген үлкен жұмысшы өрістері мен жоғары рұқсат ету қабілеті бар телевизиялық жүйелерден тұратын рентген зерттеулері құрылғылары (РЗК). Көбінесе мұны электронды оптикалық сандық рентгенография деп атайды.

Жазық тақталар рентгендік электрондық оптикалық түрлендіргіштер (РЭОТ) РЗК алдында бірқатар артықшылықтарға ие. Оларға геометриялық бұрмалауларды тудыратын магнит өрістері әсер етпейді. Жазық тақталардың үлкен динамикалық диапазоны алынған бейнелерде экспонирлеуді тудырмайды, яғни бейне спектрдің «ақ» және «қара» жақтарындағы ақпараттардан тұратын болады. Құны жоғары оптика мен жоғары вольтті қорек блогына қажеттілік болмайды, осының есебінен аппараттың

габариттері мен массасы азаяды, оның қызмет ету мерзімі арта түседі. Мұнан өзге РЭОТ алдыңғы қалың терезесі кванттық тиімділігін кемітіп, бейненің контрасты сипаттамаларын азайтады [8].

Жазық тақталардағы сигналдарды түрлендірудің физикалық принциптері көзқарасы тұрғысынан осы класқа жататын аппаратуралардың ең жақын аналогы ретінде Ресейде шығарылатын қатты денелі немесе газды детекторлар желісі негізінде рентген сәулелерін қабылдағыштарды қолданатын сканерлеуші сандық кешендерді қарастыруға болады.

Газды жүйелерге негізделген сканерлеуші дозасы аз сандық аппараттарға пропорционал камерасы бар ФМЦ Хе 125 флюорографы жатады. Аталған аппаратура ксенон газынан тұрады. Пропорционал камера рентген сәулесін тіркеуге және электр сигналына түрлендіру үшін қолданылады. Ол көлденең бағыттағы сәуленің таралуын өлшейді, ал тік бағыттағы сәуле механикалық сканерлеумен қамтылады. Осы мақсатта рентген түтікшесі, саңылаулы коллиматор мен рентген сәулесінің детекторы бірізгі және біртекті түрде тік бағытта қозғалып отырады. Саңылауы 0,5-1 мм тең коллиматор рентген сәулесінің жұқа веер тәрізді шоғын қалыптастырады. Аурудың денесі арқылы осы шок детектордың кіріс терезесіне түседі, ал шашыраған сәуленің бөлігін қиып түседі.

Бақылау аяқталған соң компьютердің жадында сандық бейне – 640x640 элементтен құралатын матрица қалыптасады. Дене жазықтығындағы бейне элементінің өлшемі 0,6x0,6 мм құралады. 40 мм/с сканерлеу жылдамдығында тік бағыттағы 380 мм өлшемге ие кадрды алу уақыты шамамен 9-10 с құрайды.

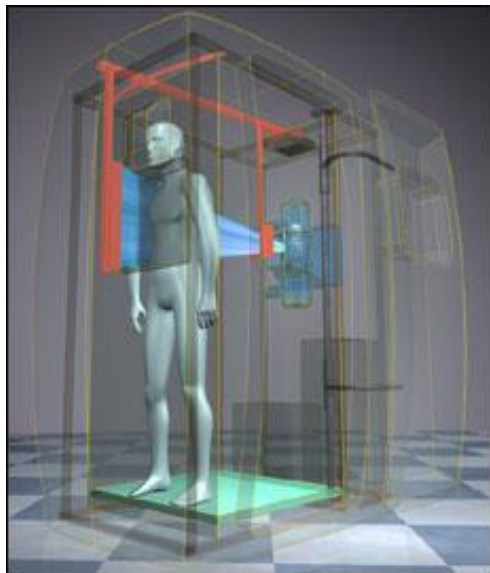
Сканерлеу аяқталғаннан кейін 8-10 с өткен соң бейне монитордың экранына шығады. ФМЦ Хе 125 флюорографының рұқсат етілген қабілеті 0,7-1,0 сызық қосағы/мм, контрасты сезімталдылығы – 1%-дан кем емес, динамикалық диапазоны – 120-150, геометриялық бұрмалануы – 3%-дан жоғары емес. Кеуде қуысының бейнесін алу кезіндегі адамның сәуле қабылдауының беттік дозасы 2-7 мР аспайды, бұл 1,5-5 мкЭВ тиімді доза мәніне сәйкес келеді [9].

Сканерлеуші дозасы аз қатты денелі сызықты детекторлары бар флюорографтарға ФМПЦ Si 125 флюорографы жатады (1 сурет). Мұндағы сезімтал элемент ретінде фотодиодтар желісі қолданылады. Олар өз кезегінде жақын тұрған люминофор қабатынан келетін жарықты тіркейді [10].

Кеуде қуысын рентгенологиялық зерттеу кезінде дозалық жүктемелерді кешенді талдау барысында зерттеулер екі топқа жіктеледі: ақпаратты сандық (сандық) өңдеу және ақпаратты қабыршақты өңдеу (аналогты) рентген аппараттарының көмегімен профилактикалық зерттеулер мен диагностикалық зерттеулер жүргізу (2 сурет) [11].

Қазақстан Республикасының «Медициналық техника мен медициналық мақсаттағы бұйымдардың қауіпсіздігіне қойылатын талаптар» техникалық регламентінде бекітілгеніндей, сәуле шығаратын немесе сәулеленуді генерациялайтын медициналық техника науқастардың, пайдаланушылардың және басқа да тұлғалардың сәулеленуі неғұрлым төмен дәрежеге дейін жеткізілуі әр медициналық техниканың нақты түрінің тағайындалуын ескеріп, бірақ бұл ретте оны тиісті белгіленген деңгейде терапиялық және диагностикалық мақсатқа қолдану шектелмей әзірленуі және жасалуы тиіс.

Терапиялық радиологияға (рентгенология) арналған иондайтын сәулеленуді генерациялайтын медициналық техника сенімді бақылау және сәулелену дозасымен, түрімен, энергиясымен және сәулені қайта бөлумен меңгеру қамтамасыз етуімен жобалануы және дайындалуы тиіс.



Сәулеленуді генерациялайтын медициналық техниканы пайдалану құжаты сәулелену сипаты, пациентті немесе пайдаланушыны қорғау құралдары туралы, дұрыс пайдалану және дұрыс монтаждальмауына (орнатылуына) байланысты қауіпті болдырмау тәсілі туралы толық ақпаратты қамтуы тиіс [12].

**1-сурет.** Дене арқылы өткен рентген сәулесін кремнийлік сызықты детектормен тіркеу

Медициналық техника мен медициналық мақсаттағы бұйымдардың өмірлік циклі үдерісінде туындайтын қауіпті факторларға (қауіптерге) мыналар жатады:

- сериялы және жаппай өндірістің конструкциясының, технологиялық үдерістердің немесе өнімінің бақылау жүйелерінің жетілмеуі;
- өндірісте рұқсат берілмеген материалдарды қолдану;
- қолдану үдерісінде сапалық сипаттамаларын жоғалту;
- нақты ақпараттың болмауы.

Медициналық техника мен медициналық мақсаттағы бұйымдар айналысының нарықтағы негізгі шарттары Техникалық регламентте белгіленген талаптарға сәйкес келуі болып табылады:

- Қазақстан Республикасында мемлекеттік тіркеуден өтпеген;
- қолдану немесе пайдалану мерзімі өткен;
- Техникалық регламенттің талаптарына сәйкес емес;
- медициналық техника мен медициналық мақсаттағы бұйымдарды уақытша сақтау қоймалары арқылы;
- тұтынушыға арналған анық және толық ақпаратсыз (таңбалау, медициналық техниканың пайдалану құжаттары, медициналық мақсаттағы бұйымдарды медициналық қолдану жөніндегі нұсқаулық) медициналық техника мен медициналық мақсаттағы бұйымдарды өткізуге рұқсат берілмейді.



2-сурет. Кеуде қуысын рентгенологиялық зерттеуді топтарға жіктеу

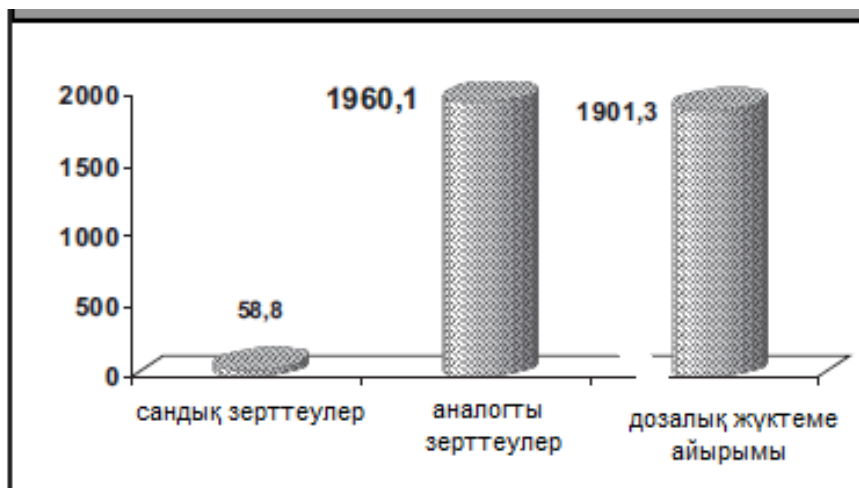
Жоғарыда аталғанға сәйкес әр түрлі рентген аппараттарын салыстырмалы талдау кезінде кеуде қуысының мүшелерін сандық флюороаппараттарда профилактикалық рентгенологиялық зерттеулер жүргізу барысында тиімді дозаның қосынды мәні аналогты аппараттармен салыстырғанда 12 есе кіші болатындығы анықталған. Аталған айырмашылықтың сенімділігі  $p < 0,001$  құрайды (3 сурет) [13].

Сонымен қатар салыстырмалы талдау барысында диагностикалық рентгенологиялық зерттеулер кезінде сандық рентген аппараттарында жүргізілген зерттеулер аналогты аппараттармен салыстырғанда тиімді дозаның қосынды мәні 30 есе аз болды (4 сурет) [13].

Осылайша барлық медициналық құрылғылар міндетті түрде бағалануы және оның сапасы мен қауіпсіздігіне сәйкестікке тексерілуі тиіс. Сондықтан сапа туралы дәлелі мен сәйкестігі жазылған құжаты жоқ құрылғылар (декларация немесе сертификат) Қазақстан нарығында айналымға түспеуі тиіс. Құрылғыларды міндетті сертификаттауда ең алдымен өнімді шығарушы, оны Қазақстан аумағына жеткізетін және оны жүзеге асырумен айналысатын ұйымдар мүдделі.

Нормативтік тұрғыдан құрылғыларды сәйкестікке растаудың нақты ережелері мен түрлері регламенттеледі [14]:

- Кедендік Одақтың Бірыңғай реестріне енгізілген аккредитацияланған сертификаттау органымен міндетті немесе ерікті сертификацияны жүзеге асыру;
- сертификаттау органдарымен қол жеткізілген дәлелдеуші материалдардың негізінде сәйкестікті декларациялау.



**3-сурет.** Сандық және аналогты флюороаппараттарда кеуде қуысы органдарын профилактикалық рентгенологиялық зерттеу кезіндегі дозалық жүктемелер



**4-сурет.** Сандық және аналогты флюороаппараттарда кеуде қуысы органдарын диагностикалық рентгенологиялық зерттеу кезіндегі дозалық жүктемелер

ҚР техникалық реттеу туралы заңына сәйкес міндетті сертификаттау мен құрылғыларды декларациялау мемлекетпен аккредиттелген мүдделі емес сертификаттау ұйымымен жүзеге асырылады. Мұнан өзге декларациялау немесе сертификаттау процесіне сертификаттау орталықтары мен сынақ зертханалары сияқты үшінші жақтар жұмылдырылуы мүмкін.

Сертификаттау тәртібі стандартты процедураға жатады және оның нәтижесінде келесідей процедуралар жүзеге асырылады:

- сертификаттау жүргізу және құрылғыға сертификат немесе декларация рәсімдеу туралы өтінім ұсыну, онда кәсіпорынның атауы, сертификаттаушы немесе декларациялаушы органның атауы көрсетіледі;

- өндіріс тәртібі, оның қуаты мен қолданылатын шикізаты көрсетілген сауда және өндірістік қызметінің заңдылығын дәлелдейтін құжаттарды ұсыну;

- құрылғыларды зерттеу немесе сынау, олардың нәтижелері хаттамаларда көрсетіледі;

- алынған нәтижелерді талдау және құрылғылардың нормативтік құжаттарда көрсетілген талаптарға сәйкестігі туралы шешім шығару;

- құрылғыға сертификат немесе декларация әзірлеу;

- сәйкестік құжатын оған бірегей нөмірді меншіктеу арқылы тіркеу;

- сәйкестік белгісімен құрылғыны таңбалау.

Кейбір жағдайларда таңдап алынған сертификаттау сызбасында көрсетілген болса, құрылғыны өндіріске талдау және сапа менеджменті жүйелеріне зерттеу жүргізіледі.

Құрылғыға берілетін декларация немесе сертификат 5 жыл уақыт қызмет ете алады. Осы уақыт ішінде жыл сайын өндіріс процесіне инспекциялық бақылау жүргізіліп, оның бұзылғандығы анықталса, ертеректе берілген құжат жарамсыз деп танылады. Жарамдылық мерзімі аяқталған соң сертификаттау немесе декларациялау процедурасы қайта жасалынады.

Құрылғыларды сертификаттау Қазақстандағы өнімдерді сертификаттау ағынында басты рөл атқарады. Кәсіпорындар мен ағымдағы қолданылып жүрген ұйымдардың көпшілігі шетелден келетін құрылғылармен жабдықталған (Германия, АҚШ, Қытай, т.б.). Отандық өндірушілер ағымдағы мәселелерді шешудің жаңа жолдарын ұсынады, құрылымдардың көпфункционалдылығын арттырады, қуаттарын ұлғайтады. Жаңа жобаларды бейімдеу немесе оларға өзгерістер енгізу өнімді сертификаттауды талап етеді. Шекарадан қолданылып жүрген машиналар мен құрылғыларды жөндеу және алмастыру үшін бір-екі бұйымдар өткізіледі. Сертификаттау сызбасын таңдау барысында сертификаттау бюджетін жетілдіру мақсатында олардың саны мен шекарадан өту жиілігі ескеріледі [15].

Кедендік Одақ аумағында (Ресей, Қазақстан, Белоруссия) мынадай Техникалық Регламенттер жұмыс атқарады:

- 10/2011 «Машиналар мен құрылғылардың қауіпсіздігі туралы»;
- 016/2011 «Газ тәрізді отынмен жұмыс жасайтын аппараттардың қауіпсіздігі туралы»;
- 004/2011 «Төменгі вольтті құрылғылардың қауіпсіздігі туралы».

#### ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Подколзина В. А. Медицинская физика. - М., 2007. - 234 с.
- [2] Беликова Т.П. Системы архивирования и передачи медицинских изображений // Компьютерные технологии в медицине. - 1997. - № 3.- С. 27-32.
- [3] Белова И.Б., Китаев В.М. Малодозовая цифровая рентгенография в профилактических обследованиях населения // Радиология-практика. - 2001. -№2. - С. 22-26.
- [4] ГОСТ Р 50267.0.3-99 (МЭК 60601-1-3-94). Изделия медицинские электрические. Часть 1. Общие требования безопасности. 3.Общие требования к защите от излучения в диагностических рентгеновских аппаратах. - М.: Издательство стандартов, 2000. - 42 с.
- [5] ГОСТ Р МЭК 60613-99 (МЭК 60613-89). Характеристики электрические, тепловые и нагрузочные рентгеновских трубок с вращающимся анодом для медицинской диагностики. - М.: Издательство стандартов, 2000. - 16 с.
- [6] ГОСТ Р 51531-99 (МЭК 61262-4-94). Изделия медицинские электрические. Характеристики электронно-оптических усилителей рентгеновского изображения. Часть 4. Определение дисторсии изображения. М.: Издательство стандартов, 2000. - 11 с.
- [7] Aach T., Schiebel U., Spekowius G. Digital Image Acquisition and Processing in Medical X-Ray Imaging // Journal of Electronic Imaging. - 1999. - V. 08(01). -P. 7-22.
- [8] Bernardt T.M., Rapp-Bernardt U., Hausmann T. et al. Digital selenium radiography: anti-scatter grid for chest radiography in a clinical study // British Journal of Radiology. - 2000. - V.73. - P. 963 - 968.
- [9] Dalla Palma L. Cost analysis of digital vs analogue radiography // European Radiology: Supplement 3 to V.10. - 2000. - P. S386 - S389.
- [10] Granfors P.R., Aufrechtig R. DQE (f) of an Amorphous Silicon Flat Panel X-ray Detector: Detector Parameter Influences and Measurement Methodology // Proceedings of SPIE. - 2000. - V. 3977. - P. 2-13.
- [11] Hillen W., Rupp S., Schiebel U., Zaengel T. Imaging performance of a selenium-based detector for high-resolution radiography // Proceedings of SPIE. -1989. V. 1090. - P. 296-305.
- [12] Martinez-Davalos A., Speller R.D., Miller D.J. et al. Evaluation of low-dose digital X-ray system with improved spatial resolution // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. 1994. - A 348. - P. 241-244.
- [13] Лещук Т.Ю. Цифровая флюорография как достижение в области радиационной безопасности // Медицинские новости. – 2011.- №3. – С. 45-48.
- [14] Lee D. L., Cheung L. K., Jeromin L. S. et al. Radiographic imaging characteristics of a direct conversion detector using selenium and thin film transistor array // Proceedings of SPIE. 1997. - V. 3032. - P. 88-96.
- [15] Strotzer M., Volk M., Feuerbach S. Experimental Examinations and Initial Clinical Experience with a Flat-Panel Detector in Radiography // Electromedica. 1998. - V. 66. - № 2. - P. 52-57.

Қабылбекова Қ.Ш., Нурмуханова А.З.

#### **Оборудования цифровой флюорографии: современное состояние и перспективы модернизации, принципы декларирования**

**Резюме.** В данной работе речь идет о цифровой и аналоговой рентгеновской аппаратуре и их видах, общих преимуществах и недостатках, применяемых в диагностических и профилактических исследованиях органов грудной клетки. Также глубже рассматриваются вопросы о различных методах и особенностях их применения в областях медицины. В конце статьи приводятся правила обязательной и добровольной сертификации

различных медицинских устройств, подтверждения соответствия их качества в соответствии с положениями регламента об едином техническом регулировании, принятого постановлением Таможенного союза. Проведен сравнительный анализ современной цифровой сканирующей и аналоговой рентгеновской аппаратуры.

**Ключевые слова:** грудная клетка, рентгеновская аппаратура, цифровая флюорография, аналоговые рентгеновские устройства.

УДК 371.261  
ГРНТИ 29.01.45

**A.Zh. Zhamalov, B.K. Alimkhan**  
(Kazakh State Women's Teacher Training University, Almaty, Kazakhstan)  
E-mail: balim\_alimhan95@mail.ru

### THE METHODS OF DETERMINING BIOGAS ENERGY RESOURCES

**Abstract.** This article provides an analytical dependence on the theoretical and technical potential of regional biogas energy. Figures for the basic theoretical foundations and resources of biogas energy are given. Due to different parameters, 6 mathematical models have been identified for determining biogas emissions. The energy potential of technical biogas is calculated by the required formula. A formula for determining the theoretical potential of biogas produced from hardwood, solid wastes and sewage sludge is presented.

**Key words:** MSW, methane tank, methane, emission, component, model

**А.Ж. Жамалов, Б.Қ. Әлімхан**  
(Қазақ Мемлекеттік Қыздар педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан,)  
E-mail: balim\_alimhan95@mail.ru

### БИОГАЗ ЭНЕРГИЯ РЕСУРСТАРЫН АНЫҚТАУ ӘДИСТЕМЕСІ

**Аңдатпа.** Бұл мақалада аймақтық биогаз энергиясының теориялық және техникалық потенциалын анықтаудың талдамалы тәуелділігі келтірілген. Биогаз энергиясының бастапқы теориялық негіздері мен ресурстарын анықтайтын формулалар көрсетілген. Әртүрлі параметрлерге байланысты биогаздың эмиссиясын анықтауда 6 математикалық модель аталған. Биогаз энергиясының техникалық потенциалы қажетті формуламен есептелінген. Әр түрлі жануарлар мен құстардың қиынан, тұрмыстық қатты қалдықтар және ағын сулар шөгінділерінен алынған биогаздың теориялық потенциалын анықтау формулалары ұсынылған.

**Түйінді сөздер:** ТҚК, метантенк, метан, эмиссия, компонент, модель.

Биогаз энергиясын анықтаудың бастапқы теориялық және тәжірибелік негізі үй жануарларының қиы, құстардың көңі, тұрмыстық қатты қалдықтар (ТҚК), ауыл шаруашылығы қалдықтары мен ағын сулардың шөгінділері (қалдықтар) болып табылады.

Биогаздың физикалық және химиялық қасиеттері компоненттердің құрамына және сипаттама-сына байланысты. Биогаздың негізгі компоненттері құрамында 50-ден 80% - ға дейін құрауы мүмкін метан және құрамы 20-дан 50% - ға дейін жететін көміртегі диоксиді болып табылады. Биогаздың жану жылуы метанның құрамына пропорционалды және 18-ден 24 МДж/м<sup>3</sup>-ге дейін құрайды.

Метантенктерде қолданылатын температураға байланысты жұмыстың 3 температуралық режими ажыратылады: психрофильді ( $t=20^{\circ}\text{C}$ ), мезофильді ( $t=35^{\circ}\text{C}$ ) және термофильді ( $t=55^{\circ}\text{C}$ ). Бөлінген биогаздың 40-тан 60% - ға дейін өз қажеттіліктеріне, яғни анаэробты метаногенез процесі үшін қажетті температураны метантенкте ұстап тұруға жұмсалатынын атап өткен жөн [1,2].

Қиды метанды ашыту кезінде биогаздың шығуы көңнің ылғалдылығы мен күлділігіне, сондай-ақ күлсіз заттың химиялық құрамына тікелей тәуелді болады. Ал бұл көрсеткіштер, өз кезегінде, жануардың түріне, жасына, тамақтануына, ұстау жағдайларына, қиды сақтау ұзақтығына т.б. байланысты.

Нақты және сенімді мәліметтер алу үшін табиғи биогаз қондырғыларында әр түрлі жануарлардың қиын пайдалану арқылы ашыту режиміне байланысты зерттеулер кешенін орындау қажет.

Биогаздың теориялық ресурстары мынадай формула бойынша анықталады:

$$E_{EG} = \sum_{i=1}^{i=n} E_{yi} \cdot \Pi \cdot K_i \text{ МДж} \quad (1)$$



П – мал басы, мың бас/жыл

$E_{yi}$  – қидан (көңнен) биогаздың жылдық салыстырмалы шығуы, МДж / мың бас.жыл

$K_i$  – малдарды жайылымға шығару кезінде қи шығынын есепке алатын коэффициент.

ТҚҚ және ағынды сулар қалдықтарынан биогаздың теориялық потенциалы. Әлем қалаларында ТҚҚ жыл сайынғы пайда болу көлемі бойынша бар деректер әртүрлі – 2-3 млрд.т дейін (немесе  $4 \cdot 10^{18}$  Дж энергия) [3]. Қалдықтардың шамамен үштен бірі сол немесе басқа шамада кәдеге жаратылады, ал қалғаны көміледі немесе жағылады.

Қоқысты аса көп өндіру қоршаған ортаны тұрмыстық қалдықтармен ластанудан қорғау мәселесін күрт шиеленістірді және оны қазіргі қоғамның аса маңызды мәселелерімен бір қатарға қойды. Ауру тудыратын микроорганизмдердің, улы, жаман иіс шығаратын және жанғыш газдардың көзі болып табылатын ТҚҚ қысқа мерзімде залалсыздандыруды талап етеді.

ТҚҚ климаттық аймақтарға, жыл уақытына және т. б. байланысты өзгертін әртүрлі морфологиялық құрамы бар. Тұрмыстық қалдықтардың негізгі компоненттері (массасы бойынша пайызбен): қағаз (22-35%), тамақ қалдықтары (32-42%), ағаш (1-5%), тері және резеңке (0,5-3%), тоқыма (3-6%), сүйек (1-2%), полимерлік материалдар (3-6%), металл сынығы (2,5-4,5%), шыны (2-6%) және т.б. болып табылады [4]. Қалдықтардың құрғақ массасына органикалық заттардың орташа үлесі 68-80% құрайды. Уақыт өте келе қалдықтардың морфологиялық құрамы кенттелген аумақтардың қоршаған ортасының ластану проблемасына байланысты өзгеруі мүмкін.

ТҚҚ жану жылуы бойынша төмен калориялы көмірге жақындап келеді және халық шаруашылығында қолдану табылуы тиіс өндіру шығындарын талап етпейтін, өте кең таралған, қолжетімді, төмен калориялы, үнемі қалпына келтірілетін жергілікті отын ретінде қарастырылуы мүмкін.

ТҚҚ жануының төмен жылуы, жыл және өңір уақытына байланысты, 4180-10450 кДж/кг шегінде өзгереді. Шетелде, мысалы, АҚШ-та ТҚҚ жану жылуы 12540-14630 кДж/кг, Италияда 6700 кДж/кг құрайды. Тұрмыстық қалдықтардың энергетикалық әлеуетін алдын ала бағалау үшін олардың төменгі жану жылуы 5000-8000 кДж/кг мөлшерінде қабылдануы мүмкін [5].

Алайда, ТҚҚ отын ретінде пайдалану төмен энергетикалық сипаттамаларға, жоғары улылығы және ұшпалылығы бар потенциалы қауіпті элементтердің болуына байланысты белгілі бір қиындықтарға байланысты. Сондықтан ТҚҚ энергетикалық пайдаланудың тиімді және қауіпсіз технологияларын әзірлеу өзекті міндет болып табылады.

ТҚҚ-дан жылу және электр энергиясын алу, негізінен, оларды жағу және полигондарда көму кезінде жүзеге асырылады.

Қазіргі уақытта әртүрлі бастапқы параметрлерге байланысты биогаз (метан) эмиссиясын анықтау мақсаты болып табылатын математикалық модельдердің едәуір саны әзірленді. Оларды шынайылық, заттай деректерге сәйкестігі тұрғысынан талдауға әрекет жасау, неғұрлым келешекті модельдер анықталды.

Соңғылардың арасында атап өту керек:

I моделі (Табасаран және Ротенбергер, 1987), қалдықтардың бір тоннасына биогаздың үлес мөлшерін және оның белгілі бір уақыт кезеңіне қалыптасқан жалпы санын анықтауға мүмкіндік береді [6].

$$G_0 = 1,868 \cdot C_T \cdot (0,014T + 0,28), \quad (2)$$

мұнда  $G_0$ - биогаздың үлестік эмиссиясы (қалдақтардың  $m^3/t$ );  $C_T$  - жалпы органикалық көміртегі (қалдықтардың кг/т); T- қалдықтардың температурасы ( $^{\circ}C$ ).

$$G_t = G_0 \cdot (1 - 10^{-kt}), \quad (3)$$

мұнда  $G_t$ -t уақыт сәтіндегі биогаз эмиссиясы; k- қалдықтардың ыдырау коэффициенті; t- қалдықтарды көму сәтінен бастап уақыт (жыл).

Бұл модель еуропалық елдерде қоқыстың біртекті құрамымен сипатталатын ТҚҚ полигондарынан биогаз эмиссиясын алдын ала бағалау үшін кеңінен қолданылады.

II моделі (Вебер, 1990) белгілі бір уақыт сәтіне пайда болған қалдықтардың бір тоннасына биогаздың үлес мөлшерін анықтауға мүмкіндік береді.

$$G_t = 1,868 \cdot C_T \cdot f_{ao} \cdot f_o \cdot f_a \cdot (1 - 10^{-kt}), \quad (4)$$

мұнда  $C_T$  - жалпы органикалық көміртегі (қалдықтардың кг/т);  $f_{ao}$ - оңтайлы қоқыс тастау жағдайларына көміртегін нақты жағдайда салғаннан кейін алғашқы жарты жылда биогаз өнімділігін ескеретін коэффициент;  $f_a$ - ыдырау коэффициенті - жалпы көміртекке оңтайлы жағдайларда газға ай-

налған көміртегінің қатынасы;  $k$  - қалдықтардың ыдырау коэффициенті;  $t$  - қалдықтарды көму сәтінен бастап уақыт (жылдар).

Модель биогаз эмиссиясын алдын ала бағалау үшін пайдаланылады, қоқысты жинау технологиясын ескереді.

Газ эмиссиясын есептеуге арналған Модель III ("SchollCanvon")

Модель келесі теңдеумен сипатталады:

$$Q = 2L_0R(e^{-ke} - e^{-kt}) \quad (5)$$

мұнда  $Q$ - жыл сайынғы қоқыс газының пайда болуы ( $m^3$ ),  $L_0$  - қалдықтардан түзілетін метанның потенциалды мөлшері ( $m^3/t$ ),  $R$ - полигонда көмілетін қалдықтардың орташа жыл сайынғы саны ( $t/жыл$ ),  $k$  - метанның пайда болу коэффициенті ( $m^3/жыл$ ),  $0$ - полигонды жабу сәтінен бастап уақыт (жылдар),  $t$ - полигонды ашу сәтінен бастап уақыт (жылдар).

IV Модель ("EMCON") газ өнімділігін есептеу үшін [7].

Модель қалдықтардың шикі массасын ыдырату кезінде метанның максималды көлемін бағалауға мүмкіндік береді және теңдеумен сипатталады:

$$C_i = k \cdot k' \cdot W_i \cdot P_i(1 - M_i) \cdot V_i \cdot E_i, \quad (6)$$

мұнда  $k$ - органикалық көміртектің ыдырауы кезінде метан эмиссиясын ескеретін тұрақты коэффициент ( $л/кг$ );  $k'$ - заттың құрамын ескеретін коэффициент;  $W_i$ - ылғалды қалдықтардың жалпы салмағы;  $P_i$  - қалдықтардың жалпы массасынан  $i$  компонент фракциясы, шикі салмағы бойынша;  $M_i$  – компонентінің ылғалдылығының фракциялық құрамы  $i$ , салмағы бойынша;  $V_i$  - компонентінің қалдықтар құрамының фракциялық өзгергіштігі,  $i$  құрғақ салмағы бойынша;  $E_i$ -  $i$  компонентінің құрғақ өзгермелі затының үлесі, олар биологиялық ыдырайтын болып табылады;  $C_i$ - компонентінің қалдықтарынан метандық газдың көлемі.

Модель қалдықтарды ыдырату кезінде биогаз эмиссиясын алдын ала бағалау үшін пайдаланылады және есептерді жүргізу кезінде үлкен қателікпен сипатталады.

V Модель (Памфилов атындағы АКХ).

Биогаз эмиссиясы тәуелділікпен бағаланады:

$$Q_t = \frac{1,85 \cdot G_0(1 - 10^{-kt})}{\left[ \frac{59 - W}{13} \right]^4}, \quad (7)$$

мұнда  $Q_t$ -  $t$  уақыты сәтіндегі биогаздың үлес шығуы  $m^3/t$  қалдықтар;  $G_0$  – биогаздың үлестік эмиссиясы,  $m^3/t$  қалдықтар;  $t$ - полигон ашылған сәттен бастап уақыт (жылдар);  $W$  - қалдықтардың табиғи ылғалдылығы, %.

Модельдің кемшілігі - бұл орташа ылғалдылығы бар қалдықтар үшін пайдаланылуы мүмкін емес, бұл тәжірибеде жиі кездеседі

VI Модель (LandSEM), ТҚҚ көму полигондарында метан шығарындыларын түгелдеу үшін ұсынылатын тәуелділік түрінде ұсынылған:

$$E = L \cdot V \cdot (1 - OX), \quad (8)$$

мұнда  $E$  - атмосфераға метанның жылдық шығарылуы ( $t/жыл$ );  $L$  -  $1t$  қалдықтарда органикалық көміртектің микробиологиялық ыдырауы кезінде метанның түзілу әлеуеті ( $t, (CH_4/t)ТҚҚ$ );  $V$  - қалдықтардың ыдырау жылдамдығы ( $t/жыл$ );  $OX$  – полигон бетіне таралуы кезінде метанның тотығу коэффициенті.

Метан эмиссиясын анықтау үшін ұсынылған жетілдірілген АКХ моделі.

Қолданыстағы полигон үшін метанның пайда болу жылдамдығы ( $nm^3/жыл$ ) тәуелділікті пайдалана отырып анықталады:

$$V = (1 - W) \cdot L_0 \cdot M \cdot \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot \tau}{k_2 - k_1} \cdot (e^{-k_1 \tau} - e^{-k_2 \tau}),$$

Сәйкесінше түзілетін метанның көлемі құрайды:

$$Q = (1 - W) \cdot M \cdot \left( 1 + \frac{k_1}{k_2 - k_1} \cdot e^{-k_1 \tau} - \frac{k_2}{k_2 - k_1} \cdot e^{-k_2 \tau} \right), \quad (9)$$

мұнда  $W$  - бірлік үлесі полигонға түсетін қалдықтардың ылғалдылығы;  $L_0$  – тек органикалық ыдырайтын фракцияларды ескеретін метан генерациясының потенциалы ( $\text{нм}^3/\text{т}$  құрғақ қалдақтар);  $M$  – полигонды пайдаланудың ағымдағы жылдағы қалдықтардың массасы;  $k_1$  - ацетоногенез фазасындағы қалдықтардың ыдырау константасы;  $k_2$  - метаногенез фазасындағы қалдықтардың ыдырау константасы;  $\tau$  - ТҚҚ ыдырау уақыты.

ТҚҚ-дан және Қазақстанның ағынды суларының тұнбаларынан алынуы мүмкін биогаздағы энергияның теориялық әлеуетін есептеу мынадай формула бойынша орындалуы мүмкін

$$E_{\text{БГ}} = E_3 M_{\text{КК}} C_M \eta_i \frac{Q_M}{Q_{\text{ШТ}}}, \text{ т.ш.о./жыл} \quad (10)$$

мұнда  $E_3$  - биогаздың салыстымалы шығуы,  $\text{м}^3/\text{т}$ ;

$M_{\text{КК}}$  - қатты қалдықтардың (ТҚҚ немесе тұнба) жылдық массасы т/жыл;

$C_M$  - биогаздағы метанның мөлшері, %;

$Q_M$  и  $Q_{\text{ШО}}$  - метан мен шартты отынның жану жылуы ГДж/куб.м, мұнда  $Q_M=0,03584$  ГДж/м<sup>3</sup> және  $Q_{\text{ШО}}=29,309$  ГДж/т.ш.о алуға болады.

### Биогаз энергиясының техникалық потенциалын есептеу

Әртүрлі жануарлардың қиынан алынатын техникалық сатылатын биогаз ресурстары МДж-ға қайта есептегенде мынадай формула бойынша анықталады:

$$E_{\text{БГ}} = \sum_{i=1}^{i=4} E_{Y_i} \Pi_i \eta_i K_i, \quad (11)$$

мұнда  $E_{Y_i}$  - қидан биогаздың жылдық салыстырмалы шығуы, МДж / мың бас;

$\Pi_i$  - мал басы, мың бас/ жылы;

$\eta_i$  - меншікті қажеттіліктерге биогаз шығындарын ескеретін коэффициент;

$K_i$  - малдарды жайылымға шығару кезінде қи шығынын есепке алатын коэффициент.

ТҚҚ органикалық бөлігі және қалалық ағынды сулардың шөгінділері бактериялардың әсерінен биогазға айналады, оның шығуы 200-250 м<sup>3</sup>/т ҚТҚ және 65% биогазда метанның құрамы кезінде 340 м<sup>3</sup>/т қатты массаны құрайды. Биогаздың өзіндік мұқтаждықтарына кететін шығындары (шөгінді 35-40<sup>0</sup>С температураға дейін қыздыру) шамамен 60% құрайды.

ТҚҚ және ағынды сулардың шөгінділерінен алынуы мүмкін биогаздағы энергияны есептеу мынадай формула бойынша орындалуы мүмкін

$$E_{\text{БГ}} = 0,01 E_{\text{Ш}} M_{\text{КК}} C_M \eta_i \frac{Q_M}{Q_{\text{ШО}}}, \quad (12)$$

мұнда  $E_{\text{Ш}}$  - биогаздың салыстымалы шығуы,  $\text{м}^3/\text{т}$ ;

$M_{\text{КК}}$  - қатты қалдықтардың (ТҚҚ немесе тұнба) жылдық массасы т/жыл;

$C_M$  - биогаздағы метанның мөлшері,%;

$Q_M$  және  $Q_{\text{ШО}}$  - метан мен шартты отынның жану жылуы, ГДж/куб.м,  $Q_M=0,03584$  ГДж/м<sup>3</sup> және  $Q_{\text{ШО}}=29,309$  ГДж/т. мұнда алуға болады.

$\eta$  -шығын материалдарын есептейтін коэффициент.

### Қорытынды:

Аймақтың биогаз энергиясының теориялық және техникалық потенциалын анықтаудың талдамалы тәуелділігі қорытылды. Бұл ретте:

- әр түрлі жануарлар мен құстардың қиынан (көңінен), тұрмыстық қатты қалдықтар және ағын сулар шөгінділерінен алынған биогаздың теориялық потенциалын анықтау формулалары ұсынылды;

- қи (көң) техникалық әлеуеті жануарларды жайылымға шығару кезінде қидың жоғалуын есепке ала отырып, биогаздың жылдық шығу жиынтығына, ал ТҚҚ және биогаздың жылдық шығуын және биогаздағы метанның мөлшерін есепке ала отырып, ағынды сулардың шөгінділеріне тең.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] I.Твайделл Дж. Возобновляемые источники энергии.-М.: Энерго-атомиздат, 1990.- 128 бет
- [2] Автономов А.Б. Мировая энергетика: состояние, масштабы, перспективы, устойчивость развития, проблемы экологии, ценовая динамика топливно-энергетических ресурсов.-Электрические станции, 2003,№5.- 204 бет
- [3] Баймиров М.Е. Сравнительная оценка гелиоветробιοгазовых ресурсов в западном Казахстане. Сборник научных трудов Международного семинара-совещания.Атырау,2005.- 186-188 бет
- [4] Панцхава Е.С. и др. Биомасса-реальный источник коммерческих топлив и энергии.Ч1.Мировой опыт теплоэнергетики. 2001.№2.- 21-25 бет
- [5] Рекомендации по расчету образования биогаза и выбору систем дегазации из полигонных твердых бытовых отходов. М., Госстрой РФ. 2003г.-27 бет
- [6] Жамалов А.Альтернативные источники энергии и методы их использования.-Алматы.: «Полиграфия сервис и К», 2017.- 132-144 бет
- [7] Жамалов А. ЖораеваӘ. Состояние и перспективы развития глобальной энергии гелиоветробιοгаза.- Алматы.: «Полиграфия сервис и К»,2013.- 140-155 бет

Жамалов А.Ж., Әлімхан Б.Қ.

**Методика определения ресурсов энергии биогаза**

**Резюме.** В статье дана аналитическая зависимость от теоретического и технического потенциала региональной биогазовой энергетики. Приведены формулы для основных теоретических основ и ресурсов биогазовой энергии. Из-за различных параметров, 6 математических моделей были определены для определения выбросов биогаза. Энергетический потенциал технического биогаза рассчитывается по необходимой формуле. Представлена формула для определения теоретического потенциала биогаза, получаемого из твердых пород древесины, твердых отходов и осадков сточных вод.

**Ключевые слова:** ТБО, метантенк, метан, эмиссия, компонент, модель.

УДК 536. 46: 532. 517. 4

**A.S. Askarova, S.A. Bolegenova, D. Maulenov, Kh.B. Duissenbaeva, N.S. Zhakin**  
(Kazakh National University, Al-Farabi, Kazakhstan, Almaty)

**SIMULATION EXPERIMENTS TO STUDY THE LAWS ON THE CONCENTRATION FIELDS  
FORMATION OF CARBON DIOXIDE CO<sub>2</sub> IN THE COMBUSTION CHAMBER OF THE  
PK-39BOILER**

**Abstract.** No analytical solutions of this complex system of equations have been found, and they can be solved only numerically. In the recent years, the main methods used to study such processes, particularly in the areas of real geometry, were the methods of numerical modeling and numerical experiments that adequately describe actual physical processes in the combustion chambers.

**Key words.** Fire chamber, boiler, burners, pulverized state, ash content, humidity.

**A.C. Аскарова, С.А. Болегенова, Д. Мауленов, Х.Б. Дуйсенбаева, Н.С.Жакин**  
(Казахский национальный университет им. Аль-Фараби, Казахстан, Алматы)

**ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ  
ПО ФОРМИРОВАНИЮ КОНЦЕНТРАЦИОННЫХ ПОЛЕЙ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА CO<sub>2</sub>  
В ТОПОЧНОЙ КАМЕРЕ КОТЛА ПК-39**

**Аннотация.** Аналитического решения этой сложной системы уравнений пока не найдено и решены они могут быть только численно. В последнее время основными методами исследования таких процессов, особенно протекающих в областях реальной геометрии, являются методы численного моделирования и проведение на их основе вычислительных экспериментов, адекватно отражающих реальные физические процессы, происходящие в камерах сгорания. Прогресс в развитии вычислительных моделей, в создании эффективных вычислительных алгоритмов и проблемно-ориентированных пакетов программ позволят решать множество задач, имеющих огромное практическое приложение для различных отраслей промышленности.

**Ключевые слова.** Топочная камера, котел, горелки, пылевидное состояние, зольность, влажность.

Проблема взаимодействия теплоэнергетики и окружающей среды является весьма многосторонней, находится на острие научно технической мысли и требует особого внимания. Значительный интерес для энергетики в области снижения антропогенного воздействия на среду представляют исследования и разработки новых и совершенствования существующих технологических процессов по улучшению низкосортных твердых топлив, обеспечивающих снижение выбросов в атмосферу загрязняющих веществ и одновременно улучшающие основные показатели энергетических комплексов.

Таким образом, исследования в области прогрессивных технологических процессов по совершенствованию установок сжигания пылеугольного топлива и использованию альтернативных методов сжигания различных видов топлива являются в настоящее время наиболее актуальными для всего энергетического комплекса Республики Казахстан.

В последние годы за рубежом при проектировании и модернизации промышленных печей и камер сгорания широкое распространение получили компьютерные технологии, основанные на математическом моделировании термогазодинамики внутритопочного пространства (горение, тепло- и массообмен) с помощью быстродействующей компьютерной техники. Для этой цели разработаны и применяются коммерческие пакеты универсальных программ, использующие последние достижения вычислительной техники, математики, гидродинамики, горения, тепло- и массообмена.

Применение компьютерных технологий особенно эффективно на начальном этапе конструирования, когда одновременно прорабатываются несколько конструкторских решений и определяется стратегия модернизации котла или камеры сгорания. Сочетание компьютерной технологии и экспериментальных исследований позволяет создавать обоснованную стратегию малозатратной модернизации отдельных типов камер сгорания и «сдвигать» дорогостоящие экспериментальные исследования на заключительный этап для окончательной проверки решений.

Применение компьютерных технологий связано с определенными трудностями. Стоимость лицензионных пакетов составляет несколько тыс. долл., а работа с программами требует высокой квалификации инженерного персонала как в области вычислительной техники, так и в области фундаментальных наук (физика, математика, теория горения, термогазодинамика, теплофизика). Необходим опыт разработки исходных данных для проведения моделирования, а также постоянные консультации со специалистами, ведущими модернизацию. К недостаткам компьютерных технологий следует отнести использование в ряде случаев упрощенных математических моделей, что объясняется необходимостью сокращения расчетной процедуры. Однако этот недостаток компенсируется существенным снижением затрат на дорогостоящие экспериментальные исследования.

Развитие методов математического моделирования в области исследований процессов теплопереноса в течениях с горением привело к появлению различных программно-ориентированных пакетов, с помощью которых более или менее успешно решаются как фундаментальные задачи, так и прикладные, с которыми в повседневной практике приходится сталкиваться различным предприятиям топливно-энергетического комплекса [1-6].

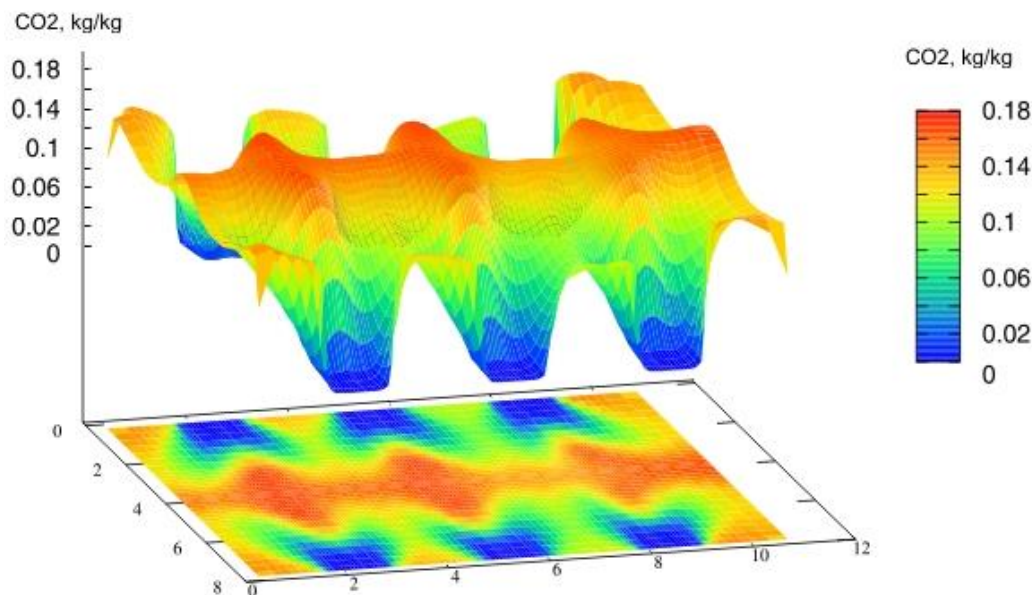
Компьютерное моделирование становится все более важным элементом исследования процессов горения и проектирования различных устройств, использующих процесс сжигания энергетического топлива. Можно ожидать, что его роль будет возрастать и в дальнейшем. Вместе с тем речь идет не о полной замене экспериментальных исследований численными расчетами, а о комплексном исследовании процессов, происходящих в топочных камерах котлов и о совместных подходах к проектированию реальных энергетических установок и объектов, которые должны взаимно дополнять друг друга [7-10].

Результаты компьютерного моделирования, полученные при выполнении настоящего проекта на основе рассмотренной выше модели, позволяют оценить основные закономерности формирования диоксида углерода в вихревых камерах сгорания на примере котла ПК-39 Ермаковской ГРЭС [11-15].

На рисунках 1-2 представлено трехмерное распределение концентрации диоксида углерода в области расположения горелочных устройств в реальной камере сгорания, полученное с помощью реализуемой в работе численной модели. Видно, что наиболее интенсивное образование диоксида углерода  $\text{CO}_2$  происходит по мере удаления от входных отверстий, т.е. в области столкновения струй топлива и окислителя из противогорелок. Цветная шкала позволяет определить значения концентраций  $\text{CO}_2$  в любой точке топочного пространства и на выходе из него.

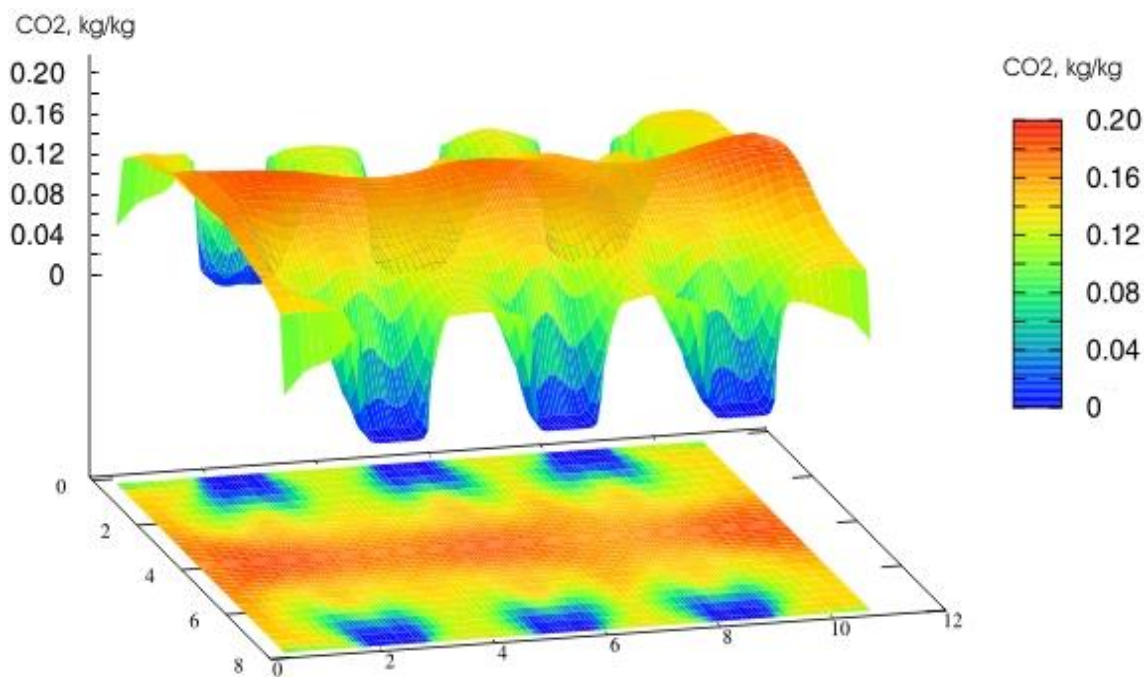
Тот факт, что углерод может реагировать с кислородом разными способами, чрезвычайно важен при проектировании топочных камер. Любые технологии сжигания должны обеспечивать полное смешивание топлива с кислородом до полного сгорания с образованием  $\text{CO}_2$ , а не  $\text{CO}$ . В противном

случае тепловыделение резко снизится, поскольку при образовании СО выделяется лишь 28% той энергии, которая выделяется при образовании  $\text{CO}_2$ .



**Рис. 1.** 3D Распределение концентрации  $\text{CO}_2$  в камере сгорания ПК-39 в области горелок нижнего уровня

Для поддержания нормального горения необходимо подводить воздух в топочное пространство в таком объеме, который требуется для полного сгорания топлива, что достигается постоянным контролем за содержанием оксида углерода в дымовых газах. В случае неполного сгорания при недостатке воздуха в составе уходящих из топки газов будет наблюдаться завышенное содержание окиси углерода  $\text{CO}$ , а также углеводородов, а иногда и чистый водород. А при чрезмерном избытке воздуха создаются условия для удаления из топки несгоревших летучих горючих веществ и уноса частичек твердого топлива. Поэтому при организации процесса горения в топочной камере следует сводить неполноту сгорания к возможному минимуму.



**Рис. 2.** Распределение концентрации  $\text{CO}_2$  в камере сгорания ПК-39 в области горелок верхнего уровня

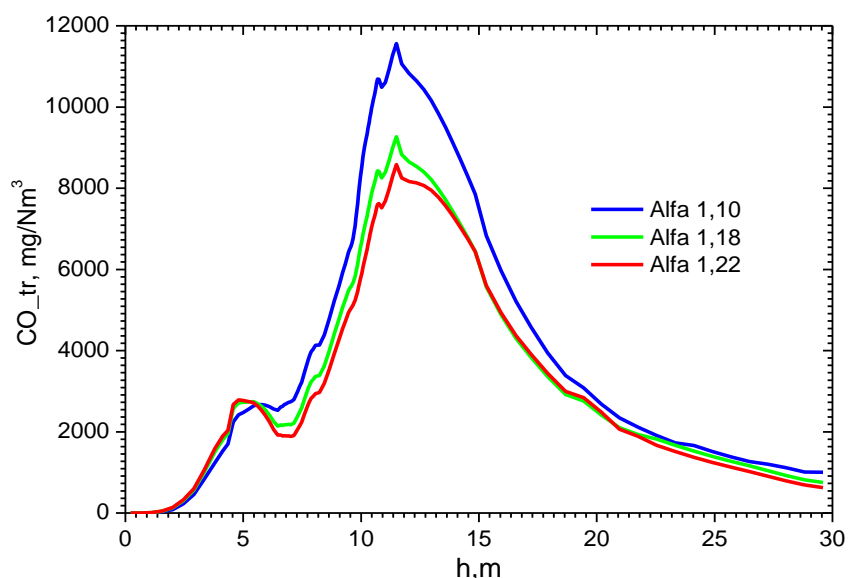


Рис. 3. Распределение концентрации CO вдоль камеры сгорания при различных коэффициентах избытка воздуха Alfa  $\alpha$

На рисунках 3-4 представлены изменения концентраций оксидов углерода (CO и CO<sub>2</sub>) по высоте топочной камеры котла ПК-39 и их зависимость от коэффициента избытка воздуха. Сравнительный анализ картины распределения концентраций CO (рисунок 3) и CO<sub>2</sub> (рисунок 4) по высоте топочной камеры сгорания являются полностью противоположными, что позволяет сделать вывод о различных механизмах формирования CO<sub>2</sub> и CO.

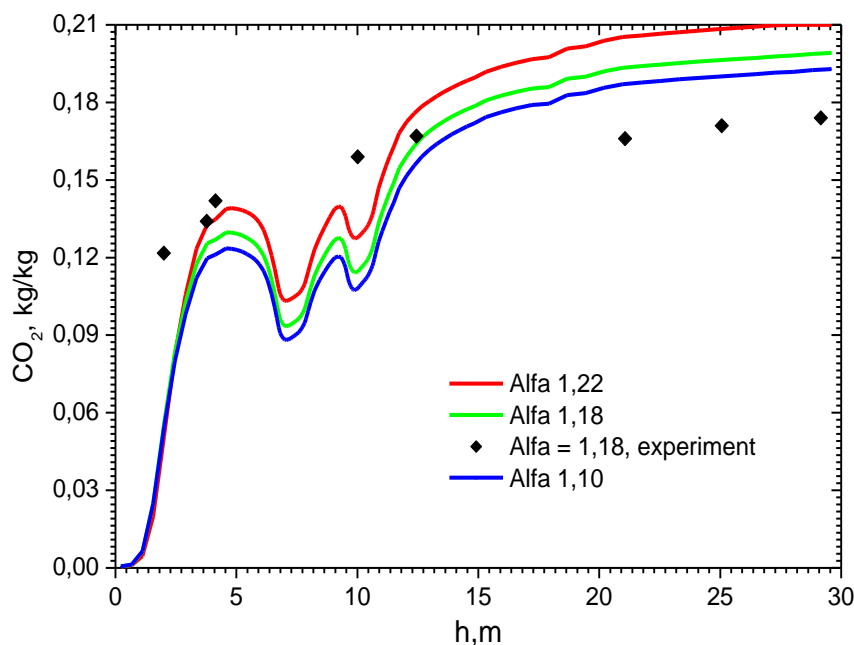


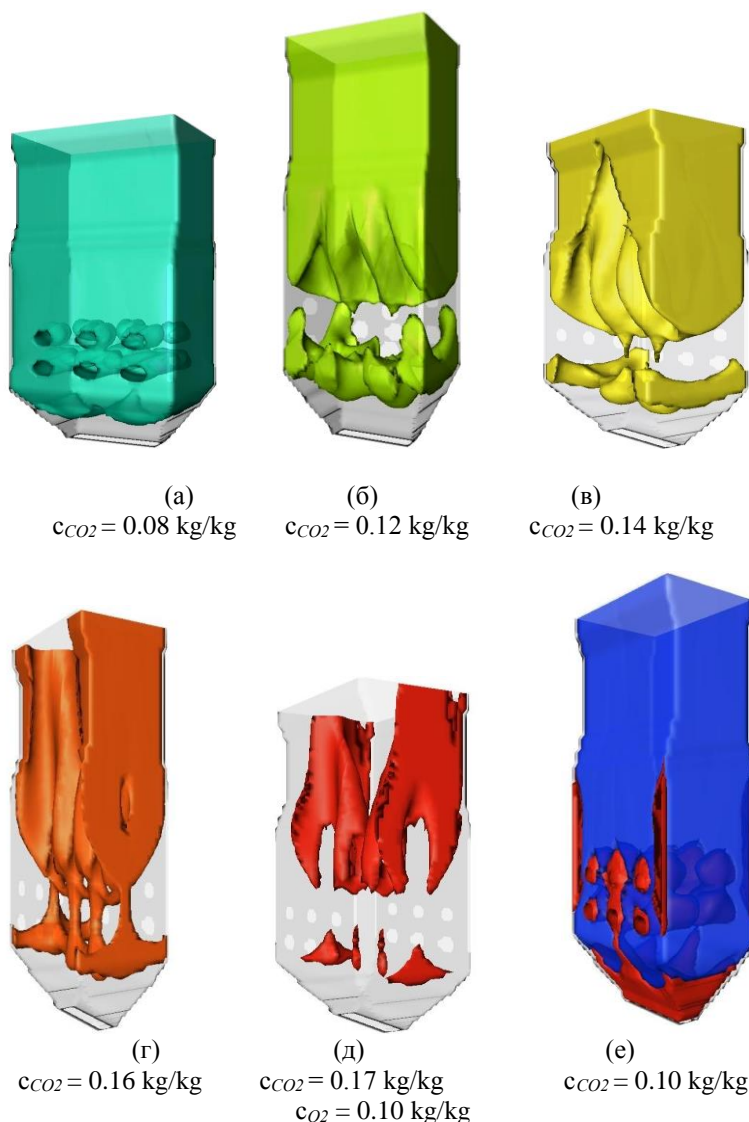
Рис. 4. Распределение концентрации CO<sub>2</sub> вдоль топочной камеры котла ПК-39 при различных коэффициентах избытка воздуха Alfa

Как видно из сравнительного анализа (рисунки 3 и 4) концентрация CO<sub>2</sub> растет по высоте топочной камеры и увеличивается при росте коэффициента избытка воздуха. Увеличение концентрации CO<sub>2</sub> на выходе (рисунок 4) можно объяснить прежде всего тем фактом, что при наличии большего числа атомов кислорода, по мере продвижения по высоте топочного пространства вследствие реагирования с кислородом происходит догорание CO до CO<sub>2</sub>.

Объем кислорода, поступающего в топочное пространство также как и в случае формирования оксида углерода CO, оказывает существенное влияние на распределение концентрации диоксида углерода CO<sub>2</sub>. Изменение коэффициента избытка воздуха заметно влияет на процесс горения в объеме топки. Уровень оксидов углерода на выходе из камеры сгорания в основном зависит от коэффициента избытка воздуха в топочной камере в целом (рисунок 3-4).

На рисунке 5 представлены трехмерные концентрационные изоповерхности (поверхности, объединяющие одинаковые значения концентраций) углекислого газа в топочной камере котла ПК-39 для определенных значений концентрации CO<sub>2</sub>. Мы видим, что поле концентраций CO<sub>2</sub> в топочном пространстве в корне отличается от концентрационного поля кислорода O<sub>2</sub> (рисунок 5е, синий – концентрация CO<sub>2</sub>, красный – O<sub>2</sub>). Так области с максимальной концентрацией O<sub>2</sub> соответствуют области с минимальной концентрацией CO<sub>2</sub>.

Анализ результатов представленных на рисунках 1-5 показывает, что выбранная нами математическая модель позволяет удовлетворительно рассчитывать значения концентраций CO<sub>2</sub> в пространстве топочной камеры энергетического котла. Сравнение с экспериментальными данными говорит о том, что моделирование образования вредных веществ, таких как, например диоксид углерода, с помощью используемой в работе численной модели и вычислительного комплекса вполне возможно.



**Рис. 5.** Концентрационные изоповерхности CO<sub>2</sub> и O<sub>2</sub> в топочной камере котла ПК-39



ЛИТЕРАТУРА

- [1] Аскарова А.С., Болегенова С.А. Моделирование турбулентного тепло-массо-переноса в высокотемпературных и химически реагирующих потоках: Монография. – Алматы: Қазақ университеті, 2018. – 353 с.
- [2] Leithner R. Numerical Simulation. Computational Fluid Dynamics CFD: Course of Lecture. – Braunschweig, 2006. – 52 p.
- [3] Askarova A.S., Bolegenova S., Bekmukhamet A., Beketayeva M., etc. Investigation of turbulence characteristics of burning process of the solid fuel in BKZ 420 combustion chamber // WSEAS Transactions on Heat and Mass Transfer. – 2014. – Vol. 9. – P. 39-50.
- [4] Bolegenova S.A., Beketayeva M.T., Maximov V.Yu., etc. Numerical modeling of turbulence characteristics of burning process of the solid fuel in BKZ-420-140-7c combustion chamber // International Journal of Mechanics. – 2014. – Vol. 8. – P. 112-122.
- [5] Maksimov, V. Yu. Messerle, V. E., Ustimenko, A. B., et al. Numerical simulation of the coal combustion process initiated by a plasma source // Thermophysics and aeromechanics. – 2014. – Vol 21, issue 6. – P. 747-754.
- [6] Askarova A., Karpenko E.I., Messerle V.E., et al. Plasma enhancement of combustion of solid fuels // Journal of High Energy Chemistry. – Vol. 40, Issue: 2, 2006. – P.111-118.
- [7] Messerle, V. E., Ustimenko, A.B., Gabitova, Z. Kh., et al. Numerical simulation of pulverized coal combustion in a power boiler furnace // High temperature. – 2015. – Vol. 53, issue 3. – P. 445-452.
- [8] Askarova A., Maximov, V.Y., Bekmukhamet, A., Beketayeva, M.T., et al. Computational method for investigation of solid fuel combustion in combustion chambers of a heat power plant // High temperature. – 2015. – Vol. 5, issue 5. – P. 751-757.
- [9] Bekmukhamet, A., Maximov, V.Y., Ospanova, S.S., et al. Numerical research of aerodynamic characteristics of combustion chamber BKZ-75 mining thermal power station // Procedia Engineering. – Vol.42, 2012. – P. 1250-12-59.
- [10] Askarova A., Ospanova Sh., Bolegenova Symbat, Ergalieva A., et al. 3D modeling of heat and mass transfer during combustion of solid fuel in BKZ-420-140-7c combustion chamber of Kazakhstan // Journal of Applied Fluid Mechanics, 2016. - P. 699-709.
- [11] Ergalieva A., Ustimenko A.B., Messerle V.E., et al. Reduction of noxious substance emissions at the pulverized fuel combustion in the combustor of the BKZ-160 boiler of the Almaty heat electropower station using the “Overfire Air” technology // Thermophysics and aeromechanics. – 2016. – Vol 23, issue 1. – P. 125-134.
- [12] Askarova A., Gabitova Z., Bekmukhamet, A., Beketayeva M., et al. Control of Harmful Emissions Concentration into the Atmosphere of Megacities of Kazakhstan Republic // International Conference on Future Information Engineering (FIE2014), IERI Procedia. - Beijing, PEOPLES R CHINA. – 2014. – pp. 252-258.
- [13] Leithner. R, Vockrodt S., Schiller A., et al. Firing technique measures for increased efficiency and minimization of toxic emissions in Kazakh coal firing // VDI, 19th German Conference on Flames, Germany, VDI Gesell Energietechn; Verein Deutsch Ing., Combustion And Incineration, VDI Berichte, vol. 1492, pp. 93, 1999.
- [14] Müller H. Numerische Berechnung dreidimensionaler turbulenter Strömungen in Dampferzeugern mit Wärmeübergang und chemischen Reaktionen am Beispiel des SNCR-Verfahrens und der Kohleverbrennung // Fortschritt-Berichte VDI-Verlag. 1992. Vol. 6, No. 268. 158 p.
- [15] Leithner R. Energy Conversion Processes with CO<sub>2</sub>-Separation Not Reducing Efficiency. Handbook of Combustion. –, Wiley VCH Verlag GmbH & Co. – 2010.

Аскарова А.С., Болегенова С.А., Мауленов Д., Дуйсенбаева Х.Б., Жакин Н.С.

**ПК-39 қазандықтың жану камерасында көміртегі диоксиді CO<sub>2</sub> концентрациясы өрістерін қалыптастыру туралы заңдарды зертеу бойынша есептік эксперименттер**

**Түйіннеме.** Осы күрделі теңдеулер жүйесінің аналитикалық шешімі әлі күнге табылған жоқ және оларды тек сандық тұрғыдан ғана шешуге болады. Соңғы уақытта осындай, әсіресе нақты геометриялы облыстарда өтетін процестерді зерттеудің негізгі әдістері ретінде сандық модельдеу әдістері мен олардың негізінде жану камераларында өтетін нақты физикалық процестерді бейнелі түрде сипаттайтын есептеуіш тәжірибелер жүргізуді атайды. Есептеуіш модельдердің дамуындағы, тиімді есептеу алгоритмдерін жасау және проблемалық бағытталған бағдарламалар пакетін жасаудағы алға жылжу өнеркәсіптің алуан түрлі салалары үшін орасан зор практикалық мәні бар көптеген есептерді шешуге мүмкіндік береді.

**Кілт сөздер.** Жану камерасы, қазандық, жанарғылар, тозаңды күй, күлділік, ылғалдылық.

**A.D. Khomonenko<sup>1,2</sup>, D.T. Kassymova, D.R. Kuandykova, A.T. Akhmediyarova**

(<sup>1</sup>Institute of Information and Computational Technologies CS MES RK, Almaty, Kazakhstan.

<sup>2</sup>Petersburg State University of Communications of the Emperor Alexander I, Saint-Petersburg, Russia)

E-mail: khomon@mail.ru, dika.cat@mail.ru, aat.78@mail.ru

### PROBLEMS OF CONTRADICTIONS ELIMINATING IN THE BIG DATA

**Abstract.** This article is devoted to the actual problem of eliminating inconsistencies in the Big Data. A review of some specific approaches and methods. Methods of machine learning and network theory in the framework of big data are discussed. An overview of Bayesian networks with specific applications for analyzing, evaluating and extracting data is presented. The focus is on identifying inconsistencies in data and general approaches to solving this problem.

**Key words.** Big Data, contradictions, eliminating contradictions, machine-learning methods, data analysis.

**А.Д. Хомоненко<sup>1,2</sup>, Д.Т. Касымова, Д.Р. Куандыкова, А.Т.Ахмедиярова**

(<sup>1</sup>Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, Алматы, Казахстан.

<sup>2</sup>Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I, Санкт – Петербург, Россия)

E-mail: khomon@mail.ru, dika.cat@mail.ru, aat.78@mail.ru

### ПРОБЛЕМЫ УСТРАНЕНИЯ ПРОТИВОРЕЧИЙ В БОЛЬШИХ ДАННЫХ

**Аннотация.** Статья посвящена актуальной проблеме устранения противоречий в больших данных. Проведен обзор некоторых конкретных подходов и методов. Обсуждены методы машинного обучения и сетевая теория в рамках больших данных. Представлен обзор байесовских сетей с конкретным применением для анализа, оценки и извлечения данных. Основное внимание уделяется выявлению несогласованности данных и общих подходов к решению этой проблемы.

**Ключевые слова:** Большие данные, противоречия, устранения противоречий, методы машинного обучения, анализ данных.

#### Введение

Подходы, основанные на данных, стали важной частью в большинстве научных областей, а также в бизнесе, социальных науках, гуманитарных и финансовых секторах. Учитывая, что данные постоянно создаются с помощью человеческой деятельности, финансовые операции, информация о датчиках, способность выявлять действенные идеи и полезные тенденции стали приоритетом для многих организаций [1].

Исследование больших данных в основном фокусируется на четырех основных свойствах, хотя в другом контексте рассматривается большее число таких свойств [2]:

- 1) Объем;
- 2) Скорость;
- 3) Разнообразие;
- 4) Верность.

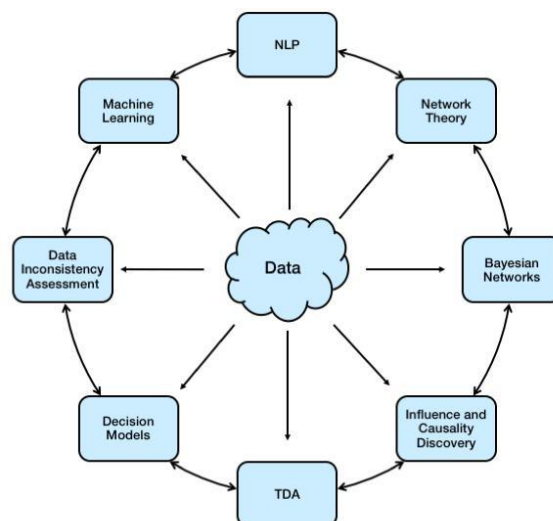


Рис. 1. Обзор конкретных подходов и методов

Модели принятия решений были разработаны на основе различных методов, которые имеют множество взаимозависимостей. В данной статье проведен обзор некоторых конкретных подходов и методов, как показано на рисунке 1, с особым акцентом на автоматизированную поддержку принятия решений и моделирование. В частности, обсуждаются методы машинного обучения и сетевая теория в рамках больших данных. Далее представлен обзор байесовских сетей с конкретным применением для анализа, оценки и извлечения данных. Основное внимание уделяется выявлению несогласованности данных и общих подходов к решению этой проблемы.

### **Машинное обучение для моделирования решений в больших данных**

Движущей силой Machine Learning в Big Data является его способность выполнять интеллектуальную автоматизацию. Кроме того, это облегчает обнаружение скрытых шаблонов, тенденций рынка и предпочтений клиентов за долю времени и с повышенной точностью по сравнению с человеческим партнером или традиционной моделью аналитики данных. Чтобы применить методы машинного обучения к обработке больших данных, важно понять сильные и слабые стороны различных методов, чтобы обеспечить наиболее подходящий подход для решения конкретной проблемы. В широком смысле, существуют три основных подходов: обучение под руководством, неконтролируемое обучение и усиление обучения. Каждая группа имеет свои уникальные сильные и слабые стороны, не создавая идеального единого решения. Методы машинного обучения могут использоваться в сочетании с традиционными методами для усиления анализа больших данных.

Методика контролируемого обучения является наиболее распространенной формой машинного обучения, целью которой является решение целевой переменной [3]. Этот результат достигается из заданного количества входов (независимых переменных). Используя этот набор переменных, генерируется функция, которая отображает входы на желаемые выходы. Для этого требуется качественный набор данных обучения, который позволяет провести корреляцию между входами и желаемым выходом. Процесс обучения продолжается до тех пор, пока модель не достигнет желаемого уровня точности данных обучения, а затем можно определить невидимые данные по модели, а точность может быть измерена встроенной системой. Методы популярного надзора в области обучения включают в себя вспомогательные векторные машины, линейную и логистическую регрессию, наивные байесы, дерево принятия решений, K-ближайший сосед (KNN) [3].

Методология неконтролируемого обучения обычно используется, когда необходимо анализировать серию немаркированных данных. Наиболее распространенная цель для Unsupervised Learning - это возможность группировать немаркированных данных и обнаружение скрытых структур набора данных. Примеры Unsupervised Learning включают K для кластеризации и априори для обнаружения правил или ассоциаций [3].

Методология полунатурного обучения - это сочетание как контролируемого, так и неконтролируемого обучения, в котором рассматриваются проблемы, которые содержат как помеченные, так и немаркированные данные. В эту область попадают многие проблемы реального мира, так как дорого использовать экспертов в определенной области. Unsupervised Learning обнаруживает структуру данных, а контролируемое обучение создает наилучшие предсказания для немаркированных данных [4]. Примером реализации Semi-Supervised Learning является инструмент анализа настроений Python VADER, который оценивает полярность настроения каждого слова с платформ социальных сетей [5].

Методология обучения арфингам также широко используется, и она использует сложные алгоритмы для принятия действий на основе ее текущего состояния. Затем он переоценивает результат, чтобы снова принять решение. Машина подготовлена для оценки различных сценариев, включая принятие конкретных решений в учебной среде. Это позволяет использовать метод проб и ошибок, пока не будут определены наиболее подходящие параметры. Методы обучения включают в себя: процесс принятия решений Маркова и NEAT (развивающиеся нейронные сети с использованием дополняющих топологий) [6].

Способность производить интеллектуальную аналитику делает Machine Learning хорошо подходящим для решения различных задач в Big Data. На самом деле, машинное обучение не ограничивается одним типом данных, и его весьма универсальный аналитический процесс может привести к быстрым оценкам и процессам принятия решений.

Важной областью исследований машинного обучения является обработка естественного языка (NLP). НЛП проявляет все большую заинтересованность в сообществе крупных данных, особенно при разработке систем для содействия процессу принятия решений [7]. На самом деле, модераторы решений часто используют текстовые источники для идентификации соответствующей информации

при построении подходящих моделей. Однако это очень трудоемко, так как только ограниченное количество информации может обрабатываться вручную. Следовательно, были введены различные подходы к НЛП для повышения эффективности и большой обработки данных [8].

#### **Лексический и семантический анализ**

Самый базовый уровень в системе НЛП основан на лексическом анализе, который касается слов, рассматриваемых как атомная структура текстовых документов. В частности, это процесс, который происходит, когда основные компоненты текста анализируются и группируются в токены, которые представляют собой последовательности символов с коллективным значением. Другими словами, лексический анализ облегчает интерпретацию отдельных слов, которые могут относиться к более чем одной концепции, основанной на контексте, в котором они происходят. В результате использование упрощенных лексических представлений объединяет смысл между словами для генерации сложных интерпретаций на более высоком метауровне [9]. Лексический анализ может потребовать лексикона, которая обычно состоит из конкретного подхода, используемого в соответствующей системе НЛП, а также характера и объема информации, присущей лексике. В основном, лексиконы могут варьироваться в зависимости от их сложности, поскольку они могут содержать семантическую информацию, относящейся к слову. Более того, точные лексиконы с категоризацией чрезвычайно важны для синтаксического анализа. В настоящее время проводятся дополнительные исследования, чтобы обеспечить более эффективные инструменты анализа слов в семантических контекстах [9].

Семантический анализ имеет дело с более высоким метауровнем относительно объектов, связанных с лексикой. Фактически, семантическая обработка определяет возможные значения, исследуя взаимодействия между значениями уровня слова в предложении. Этот подход может также включать в себя семантическую неоднозначность слов, что определяет значение двусмысленных слов, чтобы их включили в соответствующее семантическое представление предложения. Это особенно актуально в любой системе поиска и обработки информации, основанной на двусмысленных и частично известных знаниях.

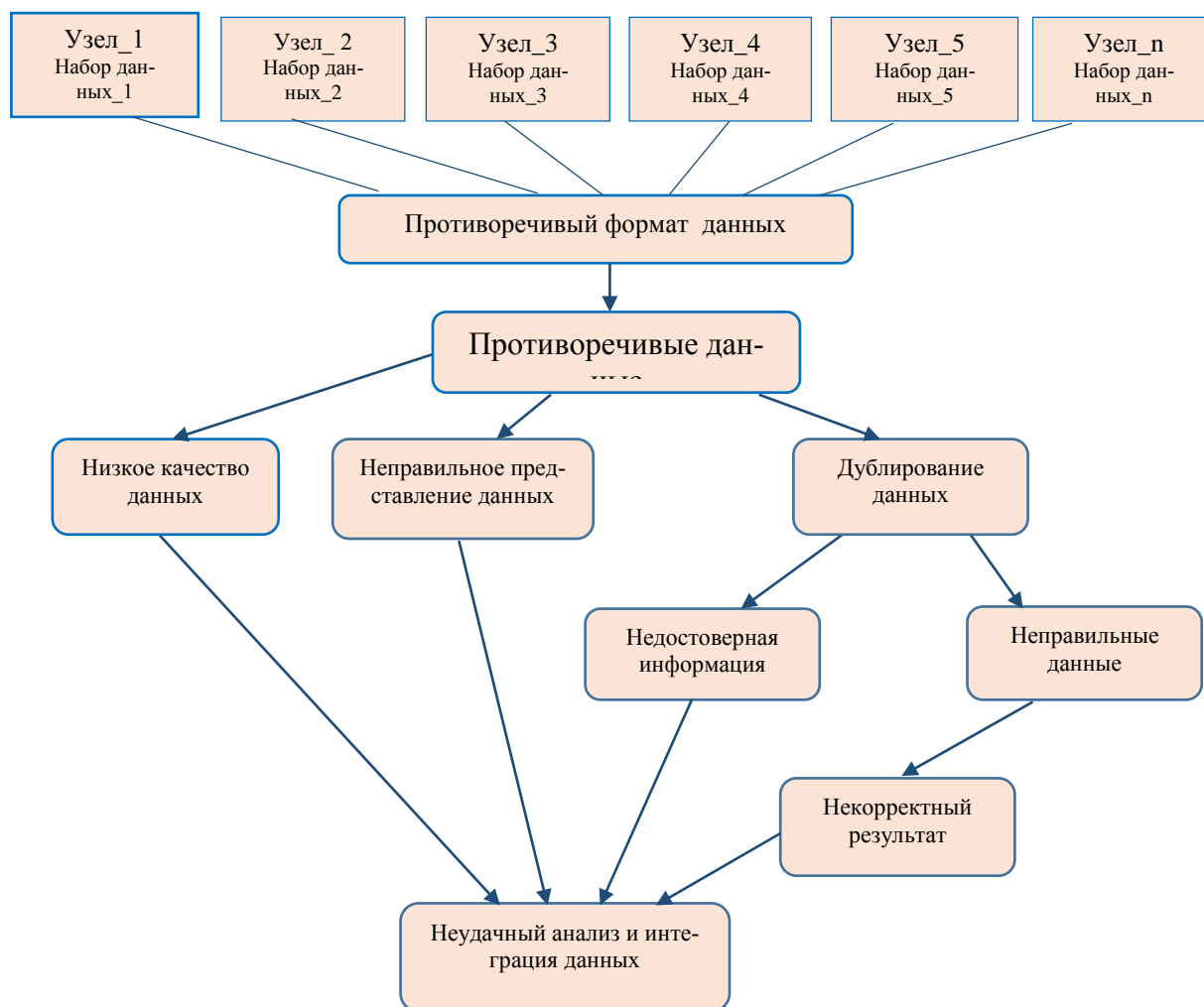
Для классификации текста в НЛП доступны различные методы анализа на основе машинного обучения, которые включают анализ линейного дискриминанта (LDA) и квадратичный дискриминантный анализ (QDA). Это два основных классификатора, которые обычно используются как метод сокращения размерности, который был адаптирован для использования в Machine Learning [4]. Эти два метода оценивают класс priors, класс и ковариационные матрицы. Однако в QDA не делается никаких предположений о ковариации, что приводит к квадратичной границе решения.

#### **Противоречие в анализе данных**

Достоверность данных - еще один важный аспект моделей принятия решений. К этому относится поиск способа организации данных, чтобы понятия, имеющие сходный смысл, были связаны через ссылки, в то время как понятия, отличные друг от друга, также четко представлены [10]. Как обсуждалось выше, одним из важных преимуществ при представлении данных через их отношения является то, что он позволит классифицировать и анализировать сети реального мира, и это приведет к лучшему пониманию и прогнозированию свойств систем. Кроме того, такие ссылки позволят более интеллектуальную и эффективную обработку с помощью механизмов запросов и аналитических инструментов. Как описано ранее, это относится к различным формам структурированных и неструктурированных наборов данных. Данные содержат ошибочную и противоречивую информацию, что потенциально подрывает весь процесс приобретения, оценки и управления информацией.

Во время анализа и интеграции данных из разных источников могут возникать несоответствия данных, где каждый из них может представлять одну и ту же информацию по-разному и потенциально может существовать как на уровне значения данных, так и на уровнях формата данных. Исследователи [11] обнаружили, что существуют несоответствия на уровне схемы, уровне представления данных и уровне данных, который рассматривается как проблема анализа данных и интеграции. Для предоставления эффективных информационных приложений организациям обычно требуются данные из нескольких источников. Однако анализ и интеграция таких данных представляют свои собственные проблемы в отношении общего бизнес-контекста. Например, неверное истолкование данных, полученных в результате несоответствий, может потенциально повлиять на общую стоимость. Чтобы извлечь значимые ссылки или получить точную и релевантную информацию из структурированных и неструктурированных данных, ожидается, что общая концептуальная модель для интегрированных данных должна существовать [12].

Модель карты риска, изображенная на рисунке 2, описывает события, которые характеризуют риск несогласованности больших данных.



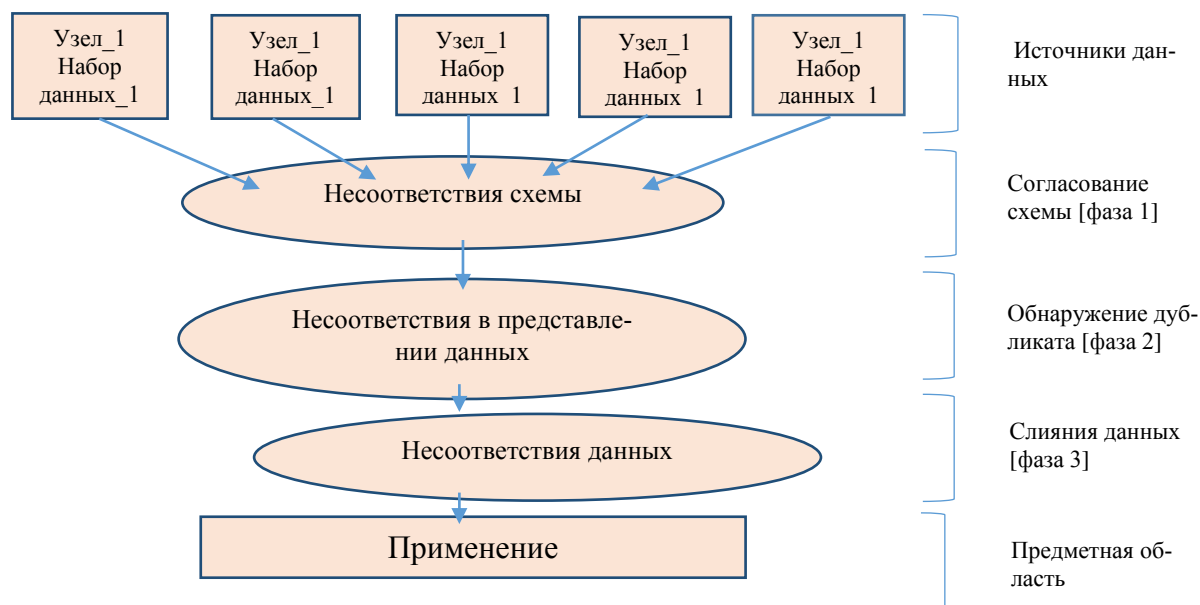
**Рис. 2.** Карта рисков – противоречий в данных

### **Несоответствие набора данных**

Многие наборы данных реального мира содержат примеры конфликтов, неточностей и нечетких дубликатов на разных уровнях. В некоторых случаях наборы данных содержат перекрывающуюся информацию, тогда как в других случаях они содержат недостающую информацию об объектах. Более того, некоторые из них содержат различное представление одного и того же объекта реального мира в тех же наборах данных. Как обсуждалось выше, несоответствия существуют на уровне схемы, уровне представления данных и уровне данных [4]. На уровне схемы наличие разных схем в одной и той же модели данных приводит к несогласованности. Такая несогласованность данных во многом обусловлена гетерогенностью источников данных. Несоответствие схемы также называют структурными конфликтами [7]. Например, в сценарии интеграции, где нет взаимно однозначного соответствия между кортежами отношений, которые описывают один и тот же объект реального мира, они могут иметь различное количество атрибутов, что обычно называют выбросами. На уровне представления данных несоответствия возникают в результате выражения данных, которое приходит в разных естественных языках и типах данных, а также в измерительных системах. Например, в валюте один источник может содержать валюту, выраженную в долларах США, тогда как еще один британский фунт. Более конкретно, несоответствие значений данных существует, когда два объекта, полученные из разных источников данных, идентифицируются как представляющие один и тот же объект реального мира, а некоторые из значений их соответствующих атрибутов различаются. То есть, один и тот же объект реального мира может быть представлен несколькими способами. В [8] авторы выделили два типа конфликтов данных: неопределенность и противоречия. Неопределенность - это конфликт

между ненулевым значением и одним или несколькими нулевыми значениями, которые используются для описания одного и того же свойства объекта реального мира. Противоречие - это конфликт между двумя или более разными ненулевыми значениями, которые используются для описания одного и того же свойства одного и того же объекта. Интуитивно противоречие подчеркивает расхождение в описании одного и того же события. Например, «Джейн продала машину Джону» и «Джон продал машину Джейн» несовместимы и вряд ли произойдут одновременно и, следовательно, противоречат друг другу. Кроме того, неопределенность вызвана отсутствующей информацией, такой как нулевые значения или отсутствующие атрибуты, противоречие вызвано разными источниками, предоставляющими разные значения для одного и того же атрибута реального объекта [8].

Все это порождает противоречивые обстоятельства, которые представляют собой проблему несогласованности данных в анализе и интеграции больших данных. На рисунке 3 показана архитектура основных фаз интеграции и слияния гетерогенных наборов данных и уровней несогласованности.



**Рис. 3.** Архитектура уровней слияния и несогласованности наборов данных

Первая фаза - это сопоставление схемы, где выполняется схематическое сопоставление между содержимым соответствующих источников данных. Это в основном этап извлечения в типичной структуре Extract-Transform-Load (ETL), где выявляются и устраняются противоречия. Вторая фаза - это обнаружение дубликатов, когда объекты, относящиеся к тем же объектам реального мира, идентифицируются и разрешаются на уровне кортежа, который является фазой преобразования в процессе ETL. Заключительная фаза - это слияние данных в виде процесса объединения нескольких записей, которые представляют один и тот же объект реального мира в единое согласованное состояние. На данном этапе процесс выполняет попытки разрешения конфликтов, связанных с наборами данных. Идентификация несогласованности данных является конечным состоянием. Поэтому такая идентификация возможна только тогда, когда устранены несогласованности схемы и несоответствия представления данных. Эти несоответствия не универсальны; скорее они скрыты и контекстуальны.

В неструктурированном наборе данных отсутствуют определенные характеристики и, следовательно, отсутствуют отношения, которые могут передавать точную информацию о контенте. Несогласованность текста возникает, когда конфликтующие экземпляры понятий в одном наборе данных или разные наборы данных из текстовых источников; то есть, относятся ли два оператора в наборе данных к одному событию или сущности. Это называется со-ссылкой, что является необходимым условием несогласованности текста [11]. Другое условие состоит в том, что они должны включать одно и то же событие, и в этом определении должны учитываться встроенные тексты. Этот тип несоответствия влияет на целостность набора данных и может в конечном итоге повлиять на анализ данных. Такая несогласованность порождает конфликтующие обстоятельства, которые представляют собой проблему противоречия данных в анализе и интеграции больших данных.

**Временные и пространственные противоречия**

Временные несоответствия возникают при наличии противоречивой информации между двумя данными временного ряда. В данной ситуации некоторые элементы данных со ссылкой на время могут перекрываться или временно совпадать в разных наборах данных или в одном наборе данных. В частности, этот тип несогласованности имеет решающее значение, когда конкретные выводы исходят из элементов набора данных, таких как причинность. Такие несоответствия могут быть частичными или полными [9]. Частичные несоответствия возникают, когда временные интервалы двух несогласованных событий частично перекрываются, в то время как полная несогласованность возникает, когда временные интервалы двух несогласованных событий совпадают или удовлетворяют сдерживанию.

Пространственные несоответствия возникают, когда есть нарушения пространственных ограничений в наборе данных с геометрическими свойствами и различными пространственными отношениями. Например, когда пространственный объект в наборе данных имеет несколько конфликтующих геометрических местоположений, такие несоответствия могут возникать. Более того, это может произойти в проекте интеграции данных, когда несколько источников со специальной размерностью представлены в той мере, в которой агрегирование объекта нарушает какие-то уникальные ограничения [5].

Дальнейшие несоответствия могут также возникать из-за агрегирования информации из текстовых источников данных. Более того, неструктурированные текстовые данные могут демонстрировать формы свойств, которые принимают семантический и синтаксический размер, относящиеся к асимметричным, антониму, несоответствующим значениям и противоречиям. Противоречия могут возникать в терминах значений данных, в терминах семантики и в терминах их структурного представления [7]. Поэтому семантика языка важна при обсуждении проблемы текстовых противоречий в данных. Способность создавать семантические правила, основанные на онтологиях, может стать важным шагом в выявлении конфликтов, и они позволяют оценивать и проверять рассматриваемые концепции. Одним из наиболее важных вопросов при решении этой проблемы является то, как взвешивать имеющуюся информацию и находить наилучшее значение данных между конфликтующими значениями. Еще одна важная проблема при работе с текстовыми данными - представление контента для применения соответствующих статистических методов.

Было разработано много подходов к устранению несоответствий. В [7] авторы классифицировали методы разрешения конфликтов в стратегии принятия решений и стратегии. Первый определяет вариант из существующих конфликтов в наборах данных и присваивает его в качестве окончательного значения, которое зависит от значения данных или метаданных. Последний разрешает конфликты путем агрегирования значений в наборах данных. Этот тип стратегий выбирает результаты, которые не обязательно относятся к существующим конфликтующим значениям. Одно из основных предположений между ними заключается в том, что в случае стратегии принятия решения существует прослеживаемость к линии.

**Выводы**

При непрерывном создании данных исследование Big Data становится все более важным в большинстве областей данных. Следовательно, оно привлекло значительное внимание в рамках многодисциплинарных исследовательских областей. Однако данные демонстрируют очень динамические свойства, которые необходимо использовать для облегчения открытия знаний и процессов моделирования решений. Кроме того, имеются убедительные доказательства того, что необходимо постоянно внедрять передовые алгоритмы и методы для решения многочисленных задач, связанных с разнообразным и большим количеством данных. Более того, новые границы были открыты из-за взаимосвязей с дисциплинами и тем, которые ранее считались не связанными с анализом данных. Поэтому необходимы дальнейшие исследования и исследования для улучшения современного состояния данных.

**ЛИТЕРАТУРА**

- [1] Molnar E., Kryvinska N., Gregus M. Customer Driven Big-Data Analytics for the Companies' Servitization. In Proceedings of the Spring Servitization Conference 2014 (SSC 2014), Birmingham, UK, 12–14 May 2014;
- [2] Baines T., Clegg B., Harrison D., Eds.; Aston Business School, Aston University: Birmingham, UK, 2014; pp. 133–140.
- [3] Gupta R., Gupta H., Mohania M. Cloud Computing and Big Data Analytics: What Is New from Databases Perspective? In Big Data Analytics; Lecture Notes in Computer Science; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2012; pp. 42–61.
- [4] Wang X., Huang L., Xu, X., Zhang Y., Chen J.Q. A Solution for Data Inconsistency in Data Integration. J. Inf. Sci. Eng. 2011, 27, 681–695.

- [5] Bansal S.K., Kagemann S. Integrating Big Data: A Semantic Extract-Transform-Load Framework. IEEE Comput. Soc. 2015, 3, 42–50. [CrossRef]
- [6] Azzini A., Ceravolo P. Consistent Process Mining over Big Data Triple Stores. In Proceedings of the 2013 IEEE International Congress on Big Data, Santa Clara, CA, USA, 27 June–2 July 2013; pp. 54–61.
- [7] Carol I., Kumar S.B.R. Conflict Identification and Resolution in Heterogeneous Datasets: A Comprehensive Survey. Int. J. Comput. Appl. 2015, 12, 113. [CrossRef]
- [8] Dong X.L., Naumann F. Data fusion: resolving data conflicts for integration. Proc. VLDB Endow. 2009, 2, 1654–1655, [CrossRef]
- [9] Zhang D. On Temporal Properties of Knowledge Base Inconsistency. In Transactions on Computational Science V; Lecture Notes in Computer Science Series; Springer: Berlin, Germany, 2009; Volume 5540, pp. 20–37.
- [10] Zhang D. Granularities and inconsistencies in Big Data analysis. Int. J. Softw. Eng. Knowl. Eng. 2013, 23, 887–893. [CrossRef]
- [11] Chomicki J., Marcinkowski J., Staworko S. Computing consistent query answers using conflict hypergraphs. In Proceedings of the 2004 Thirteenth ACM International Conference on Information and Knowledge Management, Washington, DC, USA, 8–13 November 2004; ACM: New York, NY, USA, 2004; pp. 417–426.
- [12] DeMichiel L.G. Resolving database incompatibility: An approach to performing relational operations over mismatched domains. IEEE Trans. Knowl. Data Eng. 1989, 1, 485–493. [CrossRef]
- [13] Trovati M., Castiglione A., Bessis N., Hill R. Kuramoto Model Based Approach to Extract and Assess Influence Relations. In Proceedings of the 2015 7th International Symposium on Computational Intelligence and Intelligent Systems, Guangzhou, China, 21–22 November 2015.

Хомоненко А.Д., Қасымова Д.Т., Қуандықова Д.Р., Ахмедиярова А.Т.

**Үлкен деректердегі қайшылықтарды жою мәселелері**

**Түйіндеме.** Бұл мақалада үлкен деректердегі қайшылықтарды жоюдың өзекті мәселелері қарастырылған. Кейбір нақты тәсілдер мен әдістерге шолу жасалынған. Үлкен деректер базасында машина оқыту әдістері және желілік теория талқыланады. Деректерді талдауға, бағалауға және шығаруға арналған нақты қосымшалары бар Байестік желілеріне шолу жасалды. Бұл мәселе деректердегі қайшылықтарды және осы мәселені шешудің жалпы тәсілдерін анықтауға бағытталған.

**Түйін сөздер:** Үлкен деректер, қайшылықтар, қайшылықтарды жою, машиналық оқыту әдістері, деректерді талдау.

УДК 004.522

**Ye.N. Amirgaliyev, T.R. Musabaev, D. Kuanyshbai, Sh. Kenshimov**

(<sup>1</sup>Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK, Kazakhstan  
e-mail: amir\_ed@mail.ru)

**DEVELOPING VOICE IDENTIFICATION OF A SPEAKER USING THE BASIC TONE  
CONTOUR STATISTICS FOR APPLICATION IN ROBOT-VERBAL SYSTEMS**

**Abstract.** The basic speaker identification system is given. Discusses the use and use of voice interfaces, in particular the voice recognition of speakers in the interaction of the robot and humans. A description of the information system for the automatic identification of the speaker by voice for use in robotic verbal systems is given. A review of machine learning algorithms and libraries was carried out and the most suitable for the necessary criteria was selected - ALGLIB. A study was conducted to assess the effectiveness of the identification model with a different set of statistics of the fundamental tone of voice. As a criterion of accuracy, the percentage of misclassified cases of speaker identification was used.

**Keywords:** voice recognition of a speaker, voice interface, human-robot interaction (HRI), speech recognition, pitch statistics, machine learning, neural network.

**Е.Н.Амиргалиев, Т.Р. Мусабаев, Д. Куанышбай, Ш.Кеншимов**

(Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК  
e-mail: amir\_ed@mail.ru)

**РАЗРАБОТКА ГОЛОСОВОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДИКТОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
СТАТИСТИК КОНТУРА ОСНОВНОГО ТОНА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В РОБОТО-  
ВЕРБАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ**

**Аннотация.** Приводится базовая система идентификации дикторов. Обсуждается применение и использование голосовых интерфейсов, в частности голосовой идентификации дикторов при взаимодействии робота и человека. Приведено описание информационной системы для автоматической идентификации диктора по голо-

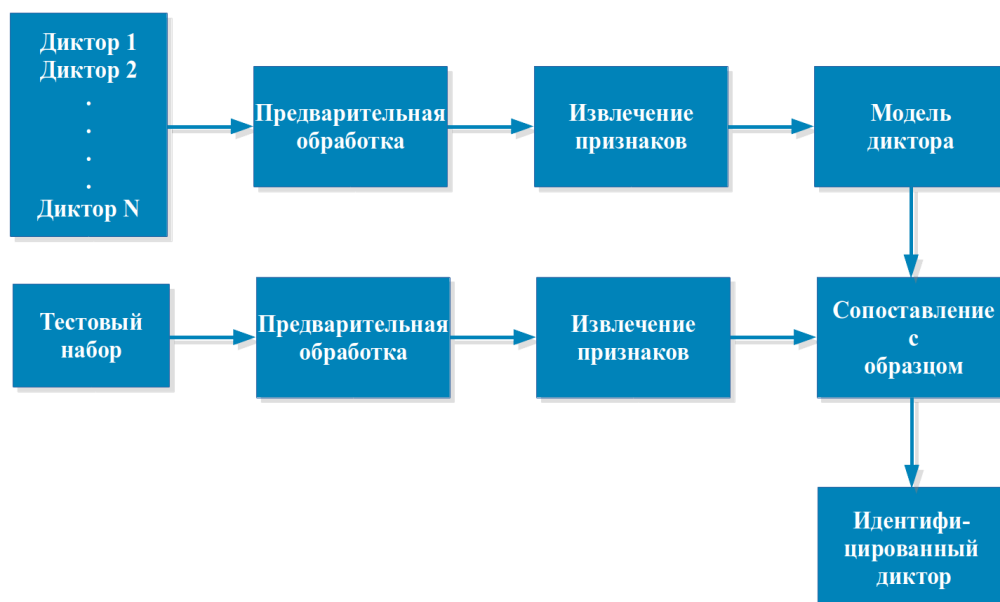


су для применения в робото-вербальных системах. Проведен обзор алгоритмов и библиотек машинного обучения и выбрана наиболее подходящая по необходимым критериям – ALGLIB. Проведено исследование оценки эффективности работы модели идентификации при разном наборе статистик основного тона голоса. В качестве критерия точности использовался процент неверно классифицированных случаев идентификации диктора.

**Ключевые слова:** голосовая идентификация диктора, голосовой интерфейс, взаимодействие человека и робота (HRI), распознавание речи, статистики основного тона голоса, машинное обучение, нейронная сеть.

**Введение.** Идентификация диктора является важной областью исследования в течении последних лет. Система идентификации диктора идентифицирует человека по его/ее образцу речи. Есть два темы исследования в этой области. Это извлечение признаков из речевого сигнала и их сопоставление. Базовая система идентификации дикторов показана на рисунке 1.

Система состоит из двух разных этапов. Регистрация или обучение это первый этап, а второй этап - тестирование. На этапе обучения каждому диктору, желающему зарегистрироваться в системе, необходимо предоставить образцы своей речи для подготовки эталонной модели всех зарегистрированных дикторов. На этапе тестирования, входной речевой сигнал диктора, претендующего на идентичность, используется для извлечения из него уникальных признаков и сопоставляется с сохраненными признаками, чтобы получить результат идентификации.



**Рис. 1.** Базовая система идентификации дикторов

Когда входной речевой сигнал точно принадлежит одному из дикторов в эталонной речевой модели всех зарегистрированных дикторов, то это идентификация диктора на закрытом множестве [1]. Если есть вероятность того что речевой сигнал диктора не принадлежит ни одному из дикторов в эталонной речевой модели системы то это идентификация на открытом множестве.

Также системы идентификации диктора подразделяются на два типа: текстозависимые и текстонезависимые. Система является текстозависимой [2], если идентификация диктора зависит от содержания текста в произносимой фразе и является текстонезависимой [3] если не зависит от текста.

Различные методы извлечения признаков, используемые многими авторами, включают в себя базовые методы, основанные на спектральных средних значениях [4], высоте тона, кодирование с линейным предсказанием (LPC) [5], кепстральные коэффициенты на основе линейного предсказания (LPCC) [6], Мел-кепстральные коэффициенты (MFCC) [6] и т.д. [7]

Технология распознавания речи находит широкое распространение в различных сферах бизнеса:

- решения "Умный дом": голосовой интерфейс управления системами «Умный дом»;
- бытовая техника и роботы: голосовой интерфейс электронных роботов; голосовое управление бытовой техникой и т.д.;
- десктопы и ноутбуки: голосовой ввод в компьютерных играх и приложениях;
- автомобили: голосовое управление в салоне автомобиля — например, навигационной системой.[8]

Чтобы добиться естественного и персонализированного взаимодействия между роботом и его пользователями-людьми (HRI), важно, чтобы первый правильно идентифицировал своих людей-коллег. Уникальные голосовые признаки часто используются для достижения этой цели [11].

Ожидается, что будет реализовано распознавание речи интерактивными роботами, такими как человекоподобные роботы или роботы-питомцы [12]. Например система, используемая роботом Мэгни и описанная в одной из научных работ [9], требовала, чтобы пользователь зарегистрировался в системе. Эта фаза состояла из вопросов, задаваемых роботом пользователю. Вместе с ее именем, возрастом, языком, пользователь выбирает ключевую фразу, чтобы обучить ее своему голосу. Это может быть цифровой пароль или что-то еще. Для этого использовали сторонний пакет Loquendo ASR-Speaker Verification [10]. Основным недостатком было то, что для правильной идентификации пользователю необходимо произнести то же предложение, которое он использовал на этапе регистрации [11]. При этом люди обычно не сообщают роботу такую идентификационную информацию во время взаимодействия. Робот может получить ограниченную информацию обратной связи о том, был ли идентификатор говорящего верным или нет, наблюдая или слыша эмоциональные или поведенческие реакции говорящего, когда робота зовет по имени идентифицированный пользователь. Этот простой цикл обратной связи может быть осуществлен через простое взаимодействие между людьми и роботами. Например, эта структура может быть применена к роботам-питомцам, которые могут различать голоса членов их семей. Каждый раз, когда они разговаривают с роботом, робот может усиливать свои способности идентификации [12].

Поэтому было принято решение разработать систему голосовой идентификации диктора с применением технологий машинного обучения на базе нейронной сети. На данный момент существует большой интерес к разработке и применению алгоритмов машинного обучения в различных областях науки и техники, в том числе и в речевых технологиях. Одним из примеров может являться создание голосового интеллектуального помощника Алисы, разработанной в компании Яндекс и реализованной с помощью технологий машинного обучения, в том числе нейронных сетей [13].

В качестве метода получения вектора признаков для обучения нейронной сети для решения задачи голосовой идентификации диктора был выбран метод на основе математического статистического анализа данных основного тона голоса. Такой подход позволяет качественно уменьшить размерность вектора для обучения в нейронной сети, не требует большого количества времени для выделения уникальных признаков диктора и описан в некоторых научных публикациях в области речевых технологий и в частности для голосовой идентификации диктора [14-16].

В состав системы голосовой идентификации были включены следующие информативные признаки на основе статистик основного тона голоса: верхний квартиль; нижний квартиль; интерквартильный диапазон; медиана; среднее арифметическое; минимальное значение; максимальное значение; энтропия; эксцесс; скошенность (мера асимметрии); дисперсия; стандартное отклонение; геометрическое среднее; гармоническое среднее.

В процессе данного исследования решается задача выбора из всего множества доступных признаков такого набора признаков, который обеспечил бы наилучшую точность идентификации диктора по голосу.

Подобные математические статические методы анализа входят в состав многих программных математических библиотек для различных сред разработки. Одной из таких библиотек, которая содержит в себе все вышеперечисленные методы является «Math.Net Numerics». Она направлена на предоставление методов и алгоритмов для численных вычислений в науке, технике и при повседневном использовании. Включает в себя некоторые специальные функции, линейную алгебру, вероятностные модели, случайные числа, интерполяцию, интеграцию, регрессию, проблемы оптимизации и многое другое. Надо отметить, что данная библиотека является кроссплатформенной и работает в различных ОС и средах разработки, таких как Microsoft Visual Studio и Mono Develop [17, 18].

Далее рассмотрим библиотеки машинного обучения с возможностью создания нейронной сети для решения задачи голосовой идентификации диктора.

**Выбор алгоритмов машинного обучения и соответствующих программных библиотек.** Исторически задача идентификации возникла из задачи классификации, обусловленной необходимостью отделить некоторые объекты, которые обладают похожими свойствами, от остальных объектов. Главный процесс каждого метода машинного обучения является обучающаяся выборка. Чем больше выборка, тем более надежные результаты можно получить, а также использовать более сложные модели алгоритмов [19].

Для решения задачи идентификации диктора с помощью машинного обучения используются статистики основного тона голоса. Количество статистик относительно небольшое и имеет конечную последовательность, следовательно, вектор обучения будет иметь малую размерность. При усложнении структуры персептрона происходит увеличение длительности обучения в связи с количеством необходимых элементов скрытых слоев и коррекцией весов связей между элементами. В таких условиях целесообразно использовать архитектуру нейронной сети в виде трехслойного персептрона с одним скрытым слоем. Такая концепция персептрона была предложена в 1957 году американским ученым Ф. Розенблатом и это была одна из самых ранних моделей нейронных сетей [20]. Логическая схема трехслойного изображена на рисунке 2.

Для решения задачи идентификации диктора с использованием ЦГПЛ был использован трехслойный персептрон с одним скрытым слоем. Обозначим количество слоев и нейронов в слое:  $N_1$  - нейронов в входном слое,  $N_2$  - нейронов в скрытом слое,  $N_3$  - выходных нейронов,  $N$  - полное количество слоев в сети, считая входной,  $X$  - вектор входных сигналов сети,  $Y$  - вектор выходных сигналов.

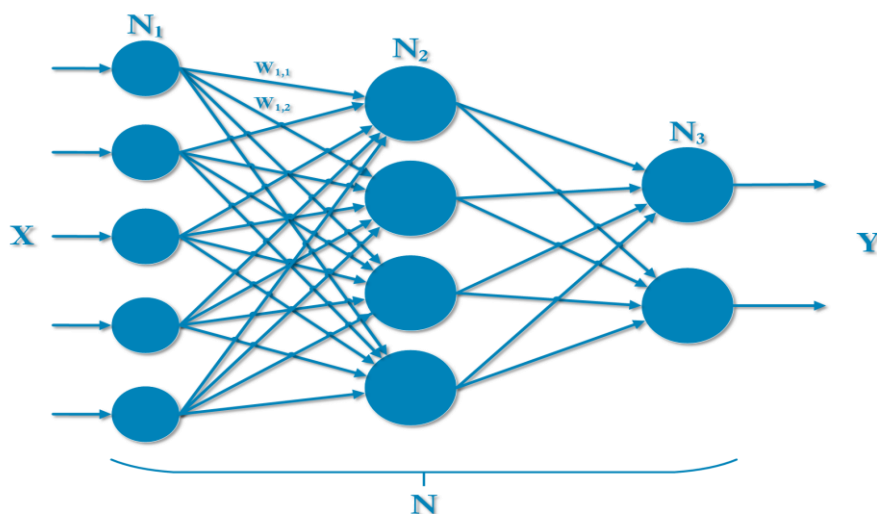


Рис. 2. Логическая схема персептрона

Алгоритм прямого прохода (feedforward) описывается формулами:

$$S_{jl} = \sum_{i=1}^{N_{l-1}} w_{ijl} x_{ijl} \quad S_l = \begin{bmatrix} S_{1l} \\ \vdots \\ S_{N_l l} \end{bmatrix}$$

$$Q_{jl} = F_j(S_{jl}) = \frac{e^{S_{jl}}}{\sum_{i=1}^{N_l} e^{S_{il}}}$$

$$x_{ij(l+1)} = Q_{il}$$

где индексом  $i$  всегда будем обозначать номер входа,  $j$  — номер нейрона в слое,  $l$  — номер слоя.

$x_{ijl}$  -  $i$ -й входной сигнал  $j$ -го нейрона в слое  $l$ ;

$w_{ijl}$  - весовой коэффициент  $i$ -го входа нейрона номер  $j$  в слое  $l$ ;

$S_{jl}$  - промежуточное значение  $j$ -го нейрона в слое  $l$  после взвешенной суммы входных сигналов данного нейрона;

$S_l$  - вектор, состоящий из сигналов всех нейронов в слое  $l$ ;

$Q_{jl}$  - выходной сигнал  $j$ -го нейрона в слое  $l$ ;

$N_l$  - количество нейронов в слое  $l$ ;

$F_j$  –  $j$ -ое значение SOFTMAX функции активации.

Для тренировки персептрона использовался оптимизационный метод L-BFGS со случайным первым приближением весов. Для вычисления градиента функции ошибки персептрона использовался метод обратного распространения (backpropagation).

Далее проведем обзор на программные библиотеки машинного обучения. Дадим краткое описание преимуществ и недостатков перечисленных в обзоре программных библиотек. Основными критериями будут служить информация о том сколько и какие платформы (ОС) поддерживает библиотека, а также поддержка языков программирования, выпущена ли библиотека под открытой лицензией программного обеспечения (GPL, LGPL и другие) или под закрытой лицензией (проприетарной), наличием или отсутствием документации, поддерживаемый функционал и типы нейронных сетей могут быть использованы посредством библиотеки.

**Обзор библиотек машинного обучения.** Исходя из проведенного обзора библиотек машинного обучения была составлена сравнительная Таблица 1, описывающая характеристики приведенных в обзоре библиотек. Исходя из постановки задачи разработки системы голосовой идентификации диктора было решено использовать вектора признаков для обучения нейронной сети на основе методов математического статистического анализа данных основного тона голоса. То есть получать фиксированную размерность вектора обучения, ограниченную количеством использованных статистических методов. Поэтому в обзоре были рассмотрены библиотеки машинного обучения, которые используют архитектуру нейронной сети на основе многослойного персептрона с прямыми связями. Наиболее подходящей библиотекой для решения данной задачи отвечающую одновременным требованиям по количеству поддерживаемых программных языков и платформ, дополнительных математических функций, встроенной поддержкой многопоточности, возможностью построения ансамблей нейронных сетей, наличием документации и примеров использования была выбрана открытая библиотека ALGLIB.

Приведем сравнительный анализ библиотек машинного обучения:

**1. Библиотека ALGLIB:**

Разработчик - ALGLIB Project;

Лицензия - PL и собственная лицензия;

Платформа - Windows, \*nix подобные;

Языки программирования - C++, C#, Delphi, VB.NET, Python;

Функциональность - поддержка дополнительных математических функций помимо нейронных сетей ( возможность построения ансамблей нейронных сетей;

поддержка многопоточности в платной версии; есть бесплатная версия по лицензии GPL; большая и подробная документация с примерами использования);

Мультипроцессорная обработка или поддержка многопоточности - Поддержка многопоточности в коммерческой версии библиотеки.

**2.Библиотека FANN:**

Разработчик- Steffen Nissen – создатель библиотеки FANN;

Лицензия – LGPL;

Платформа - Windows, Linux;

Языки программирования - Поддержка около 15 языков программирования; Функциональность - гибкая библиотека с большим набором параметров обучения нейронной сети; присутствует графический режим работы программы; сосредоточена только на работе и настройке нейронных сетей поэтому отсутствуют дополнительные математические инструменты; отсутствует встроенная поддержка многопоточности;

Мультипроцессорная обработка или поддержка многопоточности – нет.

**3. Библиотека OpenNN:**

Разработчик - Artificial Intelligence Techniques, Ltd;

Лицензия – LGPL;

Платформа - Windows, Linux и MacOS;

Языки программирования - C++. Функциональность - присутствует параллелизация процессора с помощью ускорения OpenMP и GPU с CUDA ограничен одним языком программирования;

Мультипроцессорная обработка или поддержка многопоточности - Да (OpenMP и CUDA).

**Информационная система голосовой идентификации диктора.** Процедурой идентификации в различных информационных системах называют процедуру в результате выполнения которой является уникальный идентификатор пользователя в информационной системе, однозначно его идентифицирующий [96]. Не следует путать процедуру идентификации с процедурой аутентификации. Результатом процедуры аутентификации диктора является присвоение идентификатора пользователя в системе для того чтобы пользователь системы смог пройти процедуру идентификации. В качестве идентификатора в разработанной системе выступает уникальный номер (ключ) хранящийся в таблице персональных данных дикторов. В качестве атрибутов таблицы использован следующий набор персональных данных диктора: ID; Фамилия диктора; Имя диктора; Дата рождения диктора; Возраст диктора; Фотография диктора.

В разработанной системе голосовой идентификации диктора ЦГПЛ используется в качестве набора данных основного тона голоса в виде файлов формата системы ЦГПЛ (Цифрового Голосового Портрета Личности) [21]. Для этого система голосовой идентификации диктора обращается к системе формирования ЦГПЛ с помощью терминального режима работы программы и передает путь к записанному голосовому файлу диктора, получая в ответ файлы формата ЦГПЛ содержащие фильтрованные КИХ-фильтром вокализованные участки основного тона голоса. В разработанной системе голосовой идентификации диктора присутствуют три основных интерфейса: интерфейс аутентификации диктора, интерфейс голосовой идентификации диктора, а также интерфейс исследования эффективности модели идентификации при разном составе статистик основного тона голоса на наборе голосовых паттернов дикторов.

**Интерфейс оценки эффективности модели идентификации при разном составе статистик основного тона голоса.** После того, как модель построена, требуется оценить величину её ошибки на тестовом (или обучающем) множестве. Если речь идет о задаче классификации, то здесь можно использовать две меры ошибки. Первая и наиболее широко известная - ошибка классификации (количество или процент неверно классифицированных случаев). Вторая, не менее известная мера ошибки - кросс-энтропия. В пакете ALGLIB используется средняя кросс-энтропия на элемент тестового множества, рассчитанная в битах (логарифм по основанию 2). Использование средней кросс-энтропии (вместо суммарной кросс-энтропии) позволяет получать сопоставимые оценки для различных тестовых множеств. Эти меры ошибки широко известны и не нуждаются в обсуждении [22].

Для процента неверно классифицированных случаев был разработан специальный интерфейс оценки эффективности нейронной модели идентификации при разном составе статистик основного тона голоса различных дикторов (рисунок 3).

В области «List of speakers» находится список дикторов, записанные голоса которых были использованы для исследования (Префикс F означает, что это диктор женского пола, а M – мужского). В области «List of identified speaker patterns» находятся идентифицированные звуковые паттерны дикторов. Здесь мы можем подсчитать процент неверно классифицированных случаев, если неправильно был идентифицирован звуковой паттерн диктора.

В области «Settings for testing model» задаются параметры обучения нейронной сети из библиотеки ALGLIB, такие как количество скрытых слоев в поле «The size of hidden layer», в поле «Number of restarts from random positions» количество рандомизированных перезапусков с разных случайных позиций для одного процесса обучения нейронной сети. Число независимых процессов обучения нейронной сети задаются в поле «Count of new training processes». Также, в данной области можно осуществить выбор необходимых для проведения исследования статистик основного тона голоса. Текущий номер процесса проверки модели выводится в поле «Current state», процент верно классифицированных случаев для текущего процесса проверки отображается в поле «Current result», наибольший процент верно классифицированных случаев при всех процессах проверки модели отображается в поле «Best result».

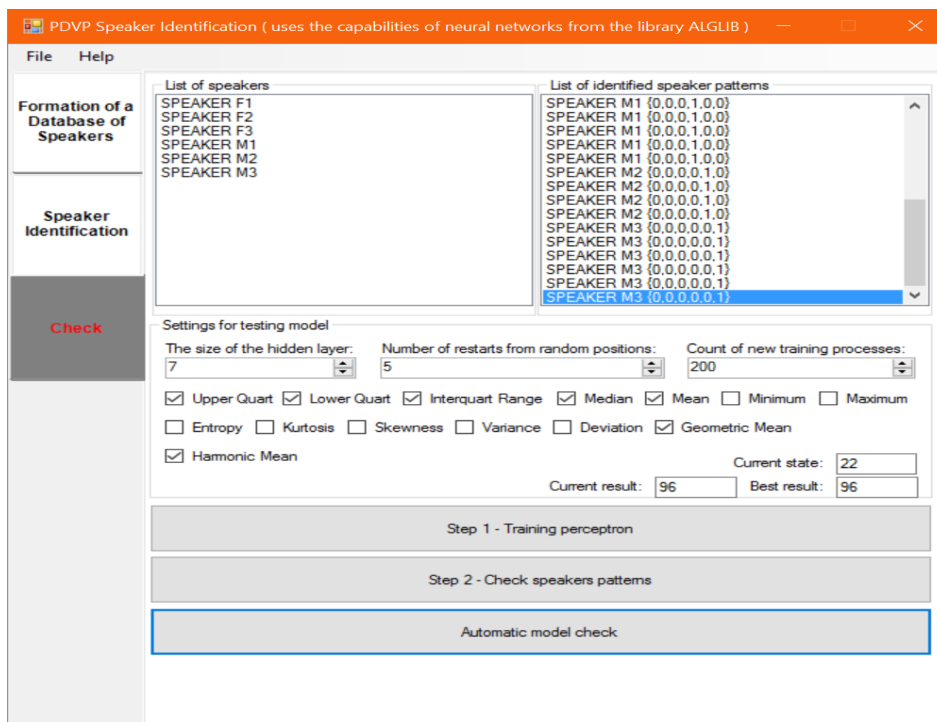


Рис. 3. Интерфейс оценки эффективности модели идентификации

Таблица 1. Результаты по неверно классифицированным случаям при разном составе статистик основного тона голоса дикторов в структуре ЦГПЛ

Номера использованных статистик	Количество элементов скрытого слоя	Количество рандомизированных перезапусков нейронной сети с разных случайных позиций	Число независимых процессов проверки	Количество неверно классифицированных случаев в %
Все	14	5	200	24
1, 2, 3, 4, 5, 13, 14	7	5	200	4
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 13, 14	9	5	200	14
6, 7, 8, 9, 10, 11, 12	7	5	200	37

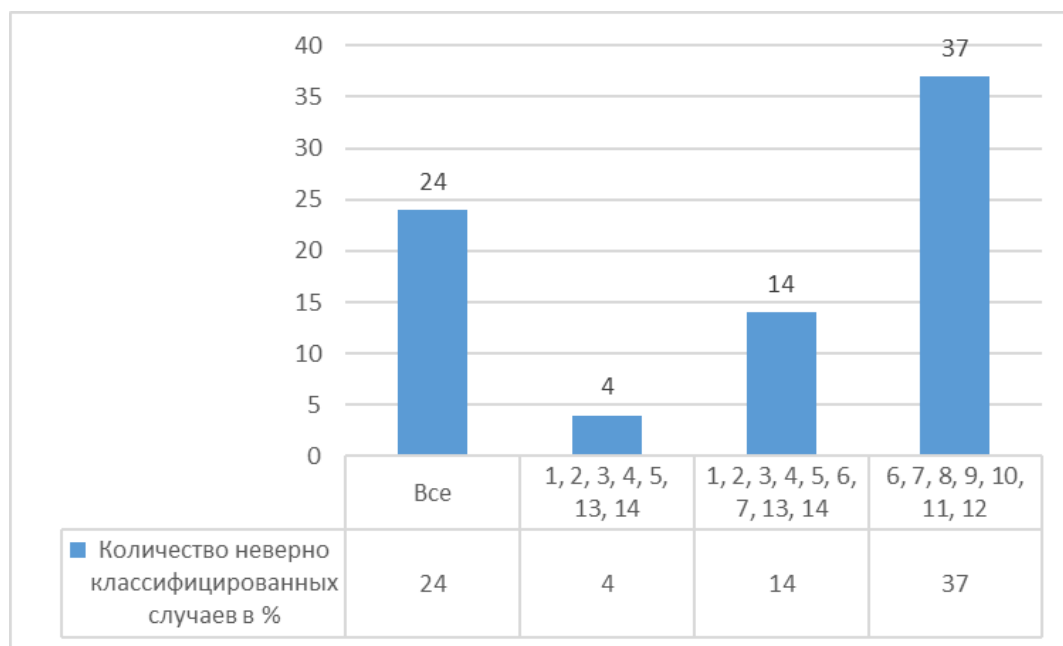
Для процесса обучения модели был использован набор звуковых предложений записанных Центром Исследований Речевых Технологий при Эдинбургском университете [23]. Набор начитан шестью различными дикторами, из которых три женских набора голосов и три мужских. Формат звуковых файлов RIFF, частота дискретизации 16 кГц, разрядность 16 бит. Количество звуковых паттернов для обучения – 60. Тестируемых звуковых паттернов – 30.

В качестве объекта исследования выступают статистики основного тона голоса, которые перечислены ниже.

Использованные статистики основного тона: 1-верхний квартиль, 2-нижний квартиль, 3-интерквартильный диапазон, 4-медиана, 5-среднее арифметическое, 6-минимальное значение, 7-максимальное значение, 8-энтропия, 9-эксцесс, 10-скошенность (мера асимметрии), 11-дисперсия, 12-стандартное отклонение, 13-геометрическое среднее, 14-гармоническое среднее.

Обучение проходило на трехслойном персептроне с одним скрытым слоем. Размер скрытого слоя составлял 100% от размерности входного обучающего вектора. Количество рандомизированных перезапусков нейронной сети с разных случайных позиций - 5. Число независимых процессов проверки - 200.

В результате проведенного исследования оценки эффективности работы модели идентификации при разном составе статистик основного тона голоса были получены следующие результаты, которые отображены в таблице 3 и на рисунке 4.



**Рис. 4.** График результата неверно классифицированных случаев при разном составе статистик основного тона голоса дикторов для которых сформирован ЦГПЛ

Согласно полученным результатам, можно сделать вывод о том, что группа статистик основного тона голоса диктора основанных на вычислении средних значений (верхний квартиль, нижний квартиль, интерквартильный диапазон, медиана, среднее арифметическое, геометрическое среднее, гармоническое среднее) дают самую низкую ошибку при идентификации диктора равную четырём процентам. Вероятно, это может быть связано с небольшим подмешиванием разных голосов в наборе звуковых файлов записанных Центром Исследований Речевых Технологий при Эдинбургском университете. Например, для статистик основанных на вычислении средних значений присутствие постороннего мужского голоса при записи женского голоса не так сильно изменяет результат идентификации чем для статистик, возвращающих значения минимума или максимума F0-контура.

### Заключение

Данная статья содержит описание информационной системы для автоматической идентификации диктора по голосу для применения в робото-вербальных системах. Предварительно был проведен обзор алгоритмов и библиотек машинного обучения и выбрана наиболее подходящая по необходимым критериям - ALGLIB. Было проведено исследование оценки эффективности работы модели идентификации при разном наборе статистик основного тона голоса. В качестве критерия точности использовался процент неверно классифицированных случаев идентификации диктора. Согласно полученным результатам, можно сделать вывод о том, что группа статистик основного тона голоса диктора основанных на вычислении средних значений (верхний квартиль, нижний квартиль, интерквартильный диапазон, медиана, среднее арифметическое, геометрическое среднее, гармоническое среднее) даёт приемлемый результат по точности идентификации диктора. Имеющаяся ошибка классификации в 4% вероятно обуславливается наличием фоновой шумовой и речевой составляющей в анализируемом речевом сигнале. Выявлено, что для статистик, основанных на вычислении средних значений присутствие постороннего мужского голоса при анализе женского голоса не так сильно изменяет результат идентификации, чем при использовании статистик, возвращающих значения минимума или максимума F0-контура. Комбинация информативных параметров из расширенного состава ЦГПЛ обеспечивших наилучшую точность идентификации диктора была включена в итоговый оптимизированный состав ЦГПЛ.

Работа выполнена при поддержке гранта МОН РК №AP05132648 «Создание вербально-интерактивных роботов на основе современных речевых и мобильных технологий», выполняемой в Институте информационных и Вычислительных Технологий КН МОН РК, по контракту №211 от 19.03.2018.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] J. P. Campell and Jr., Speaker Recognition: A Tutorial, Proceeding of IEEE, vol. 85, pp. 1437–1462, (1997).
- [2] Osman Buyuk and Lavent M. Arslan, HMM-based Text-dependent Speaker Recognition with Handset-channel Recognition, IEEE ICSPCA, pp. 383–386, (2010).
- [3] D. A. Reynolds and R. C. Rose, Robust Text-independent Speaker Identification using Gaussian Mixture Speaker Models, IEEE Transaction on SAP, vol. 3, no. 1, pp. 72–83, (1995).
- [4] R. E. Wohlford, E. H. Jr. Wrench and B. P. Landell, A Comparison of Four Techniques for Automatic Speaker Recognition, Proceedings of IEEE ICASSP, vol. 5, pp. 908–911, (1980).
- [5] B. Atal, Effectiveness of Linear Prediction Characteristics of the Speech Wave for Automatic Speaker Identification and Verification, The Journal of the Acoustical Society America, vol. 55, pp. 1304–1312, (1974).
- [6] Sangeeta Biswas, Shamim Ahmadi and Md Khademul Islam Molladi, Speaker Identification using Cepstral Based Features and Discrete Hidden Markov Model, Proceedings of IEEE ICICT, pp. 303–306, (2007).
- [7] Latha, Robust Speaker Identification Incorporating High Frequency Features, Procedia Computer Science, vol. 89, 2016, pp. 804–811.
- [8] [https://ru.wikipedia.org/wiki/Распознавание\\_речи](https://ru.wikipedia.org/wiki/Распознавание_речи).
- [9] F. Alonso-Martin, J. F. Gorostiza, M. Malfaz, and M. Salichs. Multimodal Fusion as Communicative Acts during Human-Robot Interaction. Cybernetics and Systems, 44(8):681–703, 2013.
- [10] E. Dalmasso, F. Castaldo, P. Laface, D. Colibro, and C. Vair. Loquendo - Speaker recognition evaluation system. In Acoustics, Speech and Signal Processing, ICASSP 2009. IEEE
- [11] F. Alonso Martin, A. Ramey, M. A. Salichs. Speaker identification using three signal voice domains during human-robot interaction. HRI'14. 2014.
- [12] Y. Kida, H. Yamamoto, C. Miyajima, K. Tokuda, T. Kitamura. Minimum Classification Error Interactive Training for Speaker Identification. Proceedings. (ICASSP '05). 2005.
- [13] Алиса (голос помощник) // <https://ru.wikipedia.org/wiki/Алиса>: 24.11.2017
- [14] Коваль С.Л., Лабутин П. В., Малая Е. В., Прошина Е. А. Идентификация дикторов на основе сравнения статистик основного тона голоса // Информатизация и информационная безопасность правоохранительных органов: Матер. XV Междунар. науч. конф. — М.: Академия управления МВД России, 2006. —С. 324–327.
- [15] Булгакова Е.В., Шолохов А.В., Томашенко Н.А. Метод идентификации дикторов на основе сравнения статистик длительностей фонем // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. —2015. — No 1. — С. 70–77.
- [16] Лукьянов Д. И., Михайлова А. С. Автоматическая идентификация человека по голосу с использованием алгоритма на основе модели гауссовых смесей // Вестник РГРТУ. — 2017. — No 61. — С. 19–24.
- [17] Math.NET Numerics // <https://numerics.mathdotnet.com/>: 28.07.2017.
- [18] Statistics – Math.NET Numerics Documentation. Extension methods to return basic statistics on set of data // <https://numerics.mathdotnet.com/api/MathNet.Numerics.Statistics/Statistics.htm>:24.11.2017.
- [19] Ветров Д.П., Кропотов Д.А. Байесовские методы машинного обучения. – учеб. пособ. – М., 2007. – 132 с.
- [20] Глушков В.М., Амосов Н.М., Артеменко И.А. Энциклопедия кибернетики. Том 2. – К.: Гл. редакция украинской советской энциклопедии, 1974. – 624 с.
- [21] Mussabayev R.R., Amirgaliyev Ye. N., Tairova A.T., Mussabayev T.R., Koibagarov K. Ch. The technology for the automatic formation of the personal digital voice pattern // 10th IEEE International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT). – Azerbaijan, Baku, 2016. – P. 422–426
- [22] Общие концепции. Библиотека алгоритмов ALGLIB // <http://alglib.sourceforge.ru/dataanalysis/generalprinciples.php>: 18.08.2017.
- [23] Full set of sentence recordings for downloading. The Centre for Speech Technology Research // <http://www.cstr.ed.ac.uk/projects/eustace/download.html>: 25.08.2017.

Амиргалиев Е.Н., Мусабаев Т.Р., Куанышбай Д., Кеншимов Ш.

**Роботтық-вербальды жүйелерде қолдану үшін негізгі тон негізіндегі контурдың статистикасын пайдалану арқылы диктордың дыбыстық идентификациялануын жасау**

**Түйіндемe.** Дикторды идентификациялаудың базальк жүйесі келтірілген. Дыбыстық интерфейстерді қолдану және пайдалану мәселелері, атап айтқанда адам мен роботтың өзара әрекеттесуі кезіндегі дикторларды дыбыстық идентификациялау мәселесі талқыланады. Роботтық – вербальды жүйелерде қолдану үшін дикторды дауысы бойынша автоматты түрде идентификациялауға арналған ақпараттық жүйесінің сипаттамасы келтірілген. Машиналық оқыту кітапханалары және алгоритмдеріне шолу жүргізілген және ALGLIB – қажетгі критерилері бойынша ең қолайлысы таңдап алынды. Негізгі дыбыстық тон негізіндегі әртүрлі статистикалық жиынтықта идентификациялау моделі жұмысының тиімділігін бағалауға зерттеулер жүргізілді. Дәлдік критерий ретінде дикторды идентификациялаудың қате классификациялау жағдайлары қолданылды.

**Кілттік сөздер:** дикторды дыбыстық идентификациялау, дыбыстық интерфейс, адам мен роботтың өзара әрекеттесуі (HRI), сөйлеуді тану, негізгі дыбыс тонының статистикасы, машиналық оқыту, нейрондық желі.



Amirgaliyev Ye.N, Musabaev T.R, Kuanyshbai D., Kenshimov Sh.

**Developing voice identification of a speaker using the basic tone contour statistics for application in robot-verbal systems**

**Summary.** The basic speaker identification system is given. Discusses the use and use of voice interfaces, in particular the voice recognition of speakers in the interaction of the robot and humans. A description of the information system for the automatic identification of the speaker by voice for use in robotic verbal systems is given. A review of machine learning algorithms and libraries was carried out and the most suitable for the necessary criteria was selected - ALGLIB. A study was conducted to assess the effectiveness of the identification model with a different set of statistics of the fundamental tone of voice. As a criterion of accuracy, the percentage of misclassified cases of speaker identification was used.

**Key words:** voice recognition of a speaker, voice interface, human-robot interaction (HRI), speech recognition, pitch statistics, machine learning, neural network.

УДК 004.896

**S. Mubarakova, Kuros Basiri**

(International University of Information Technologies, Almaty, Kazakhstan)

**INTELLECTUAL TUTORING SYSTEMS**

**Abstract.** Intellectual Tutoring Systems (ITS) is a multisubject area which studies educating systems development that provide tutoring with regard to individual needs of the students as many worth teachers do. Researches in this area have successfully introduced methods and systems that contribute support to settle various fields of the students' issues. Yet other tutoring activities may acquire benefit using personal computer support such as studying examples, interactive simulations and teaching in game manner. Providing individual support for these activities creates unique obstacles because it requires ITS, which can model and adapt to students' behaviors, skills, and mental states, often not as structured and well-defined as those involved in traditional issues solving. This article describes different projects demonstrating some of these issues, our proposed solutions and future opportunities.

**С. Мубаракова, Курос Басири**

(Международный Университет информационных технологий, Алматы, Казахстан)

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ**

**Аннотация.** Интеллектуальные системы обучения (ITS) - это междисциплинарная область, которая исследует, как разработать образовательные системы, которые обеспечивают обучение с учетом потребностей отдельных учащихся, как это делают многие хорошие учителя. Исследования в этой области успешно представили методы и системы, которые обеспечивают адаптивную поддержку для решения проблем учащихся в различных областях. Однако существуют и другие образовательные мероприятия, которые могут получить выгоду от индивидуальной компьютерной поддержки, такие как изучение примеров, изучение интерактивных симуляций и игры в образовательные игры. Предоставление индивидуальной поддержки для этих видов деятельности создает уникальные проблемы, поскольку для этого требуется ИТС, который может моделировать и адаптироваться к поведению, навыкам и психическим состояниям учащихся, зачастую не таким структурированным и четко определенным, как те, которые участвуют в традиционном решении проблем. В этой статье представлены различные проекты, иллюстрирующие некоторые из этих проблем, предлагаемые нами решения и будущие возможности.

**Введение**

С начала 1970-х годов в области интеллектуальных систем обучения (также известной как искусственный интеллект в образовании) было проведено исследование, сочетающее исследования в области искусственного интеллекта, когнитивной науки и образования для разработки интеллектуальных агентов, которые могут выступать в качестве преподавателей в компьютерном обучении (CAI). Традиционные системы CAI поддерживают обучение путем кодирования наборов упражнений и связанных с ними решений, а также путем предоставления заранее определенных действий по исправлению ситуации, когда ответы учащихся не соответствуют кодированным решениям. Эта форма CAI может быть очень полезна для поддержки четко определенных действий по обучению и практике. Тем не менее, трудно масштабировать до более сложных педагогических действий, потому

что разработчик системы должен определить все соответствующие компоненты проблемы, все решения (правильные или неправильные), которые должна распознать система, и все возможные соответствующие педагогические действия, которые могут понадобиться преподавателю. принять.

Исследования в области ИТС изучали вопрос о том, как сделать компьютерных преподавателей более гибкими, автономными и адаптивными к потребностям каждого учащегося, наделив их явным знанием соответствующих компонентов учебного процесса и способностью рассуждать, чтобы превратить эти знания в интеллектуальное поведение. Существует три типа знаний, которые должен иметь умный наставник (человек или искусственный), чтобы помочь обучению учащихся: (i) знания о целевой учебной области, (ii) знания о студенте и (iii) знания о соответствующие педагогические стратегии. Кроме того, искусственный репетитор должен обладать знаниями о том, как представлять желаемую информацию через компьютерный носитель с учетом доступных выходных каналов. Эти различные типы знаний способствуют определению поведения полного интеллектуального наставника для действий по решению проблем следующим образом. Преподаватель использует педагогические знания, представленные в педагогической модели, знания предметной области, хранящиеся в модели предметной области, и знания о текущем состоянии ученика, сохраненные в модели ученика, чтобы выбрать подходящую новую задачу для ученика. Используя знания предметной области и свои коммуникативные знания, преподаватель представляет выбранную задачу студенту в формате, наиболее подходящем для его способностей и предпочтений. Затем он отслеживает решение проблемы студентом и сравнивает его с его известным решением (или набором соответствующих альтернативных решений), чтобы определить, является ли решение студента подходящим или требует педагогических вмешательств. Ключевое различие между многими интеллектуальными преподавателями и более традиционными системами CAI состоит в том, что в ITS соответствующие решения, с которыми можно сравнивать вклад ученика, не должны быть заранее определены человеком-автором. Эти решения генерируются в реальном времени самой ITS, учитывая определение проблемы и знания в предметной модели. Сравнение между решением учащегося и компьютером используется как для обновления убеждения ITS в отношении соответствующих знаний и навыков учащегося в соответствующей области (т. Е. Его модели учащегося), так и для выработки адекватного учебного действия (например, помощи в неправильном шаг решения, хвала за правильное решение). Следует отметить, что не все ITS включают в себя четыре компонента, упомянутых выше, и что каждый компонент может присутствовать на различных уровнях сложности. Например, большинство ITS включают в себя довольно богатые модели предметной области и ученика (например, Corber and Anderson 1995, Conati et al., 2002), но педагогическая модель может состоять из простого набора эвристик без явной коммуникационной модели. Некоторые ITS, с другой стороны, могут иметь богатую модель общения, которая позволяет системе взаимодействовать со студентом с использованием естественного языка (например, VanLehn et al., 2007). Точно так же ЕГО различаются по типу и сложности педагогических действий, которые они могут выполнять. Некоторые ITS обеспечивают пошаговый мониторинг решения учащегося по мере его создания (например, Corber and Anderson 1995, Conati et al., 2002), в то время как другие обеспечивают обратную связь только по окончательному решению (например, Mitrovic et al., 2007). Некоторые из них выбирают следующее занятие для студентов, другие позволяют ученику выбрать его.

ИТС исследования успешно предоставили методы и системы, которые обеспечивают адаптивную поддержку для решения проблем учащихся или ответов на вопросы в различных областях (например, программирование, физика, алгебра, геометрия, SQL и вводная компьютерная наука). Некоторые из этих систем активно используются в реальных условиях ( Mitrovic et al., 2007, <http://www.carnegielearning.com/products.cfm>) и даже внесли свой вклад в изменение традиционных школьных программ (Koedinger et al., 1995).

Однако существуют и другие образовательные мероприятия, в которых может быть полезна индивидуальная компьютерная поддержка, например, изучение на примерах, изучение интерактивных симуляций, игры в образовательные игры и обучение с группой сверстников. Предоставление индивидуальной поддержки для этих действий создает уникальные проблемы, потому что для этого требуется ИТС, который может моделировать домены, а также поведение учащихся и психические состояния, которые могут быть не такими структурированными и четко определенными, как те, которые участвуют в традиционном решении проблем. Например, ИТС, обеспечивающий поддержку обучения, основанного на исследованиях, должен уметь «понимать» исследовательские действия, чтобы предлагать их студентам. Ему также необходимо знать, что

значит эффективно исследовать данную концепцию или область, чтобы он мог контролировать процесс исследования учащегося и обеспечивать адекватную обратную связь, когда это необходимо. В последние годы сообщество ITS активно взяло на себя эти новые задачи, чему способствовали успехи в исследованиях ИИ. В оставшейся части этой статьи основное внимание будет уделено одному конкретному усилию, направленному на то, чтобы выдвинуть исследования ИТС за рамки поддержки традиционного решения проблем: разработке интеллектуальных преподавателей, способных создавать мета-когнитивные навыки

## **2. Интеллектуальные наставники, которые строят метапознание**

Мета-познание относится к «знаниям о собственных когнитивных процессах и продуктах или о чем-либо, что с ними связано» (Flavell 1976); более неформально мета-познание называют «мышлением о мышлении». Поэтому метакогнитивные навыки являются независимыми от предметной области способностями, которые являются важным аспектом знания того, как учиться в целом. Примеры включают, среди прочего, способность контролировать прогресс в обучении (самоконтроль), тенденцию объяснять учебный материал самому себе с точки зрения знания предметной области (самообъяснение), способность учиться на примерах (аналогичные рассуждения), способность соответствующим образом искать помощь репетитора. Люди значительно различаются в этих способностях, и поэтому несколько исследователей ITS изучают, как разработать преподавателей, которые могут помочь студентам приобрести соответствующие мета-когнитивные навыки. В то время как некоторые исследователи сконцентрировались на создании инструментов, которые могут создавать метапознание по своему замыслу (например, Luckin and Hammerton 2002, Alevin и Koedinger 2002), другие исследовали, как определить потребность пользователя в метакогнитивной поддержке в реальном времени во время взаимодействия, чтобы позволить ЕГО ответить соответственно. Ролл и др., Например, разработали модель, которая позволяет ИТС отслеживать и укреплять стремление студента эффективно использовать доступные средства помощи [Ролл и др., 2007]. В нашей работе мы сосредоточились на моделировании и формировании у учащихся когнитивных навыков, связанных с обучением на примерах, а также навыков, связанных с эффективным обучением на основе изучения. Можно утверждать, что чем выше уровень пользовательских состояний, которые нужно фиксировать, тем труднее их ненавязчиво оценивать по простым событиям взаимодействия. В следующих двух разделах кратко описывается наш прогресс в этом направлении.

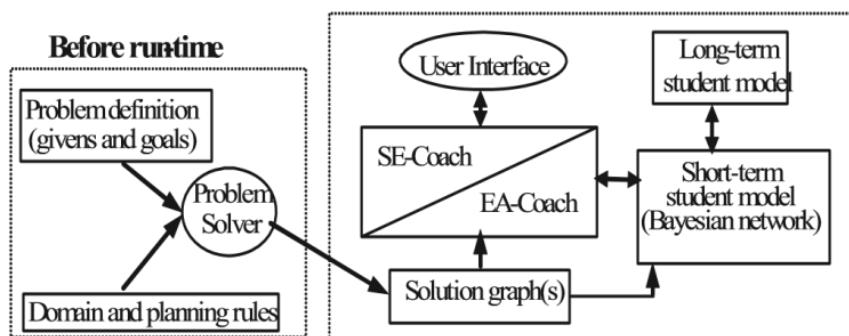
### **2.1 Интеллектуальный репетитор по обучению на основе примеров**

Исследования в области когнитивных наук предоставили обширные доказательства полезности разработанных примеров решений в качестве учебных пособий. (например, Anderson et al., 1984, VanLehn 1996). Тем не менее, это исследование также показывает, что существуют большие различия в том, насколько эффективно разные студенты учатся на примерах, из-за индивидуальных различий в метакогнитивных навыках, имеющих отношение к успеху в этой деятельности. Двумя из этих метакогнитивных навыков являются самообъяснение и минанология. Самостоятельное объяснение включает в себя разработку и уточнение доступных учебных материалов для себя (Chi 2000). Мин-аналогия предполагает передачу из примера только минимального объема информации, необходимой для успешного решения проблем, в отличие от беспорядочного копирования из примера (Vanlehn 1998). Мы разработали ExBL, ITS, которая учитывает индивидуальные различия в этих когнитивных навыках, чтобы обеспечить адаптивную поддержку пользователей для обучения на основе примеров (Conati et al., 2006). ExBL дополняет Andes, ITS, разработанную для поддержки решения физических задач на уровне колледжа (Conati et al 2002), и включает в себя два компонента. Первый компонент, известный как SE (Self-Explanation) -Coach, поддерживает изучение примеров до решения проблем. Второй компонент, известный как EA (Example-Analogy) -Coach, поддерживает эффективное использование примеров при решении проблем (т. Е. Аналогичное решение проблем или APS с этого момента).

Чтобы приспособить свои леса к потребностям учащегося, ExBL должен быть способен отслеживать и оценивать успеваемость каждого учащегося в отношении целевых педагогических задач. Таким образом, структура нуждается во внутреннем представлении этих задач, с которым можно сравнить поведение учащихся в решении проблем и на примере изучения. Также необходимо кодировать в модели учащегося свою оценку знаний ученика в предметной области и соответствующих метакогнитивных навыков.

Вышеуказанные требования реализованы в архитектуре, показанной на рисунке 1. Компонент пользовательского интерфейса предоставляет студентам интерактивные инструменты для изучения

примеров (SE-Coach) и использования примеров при решении проблем (EA-Coach). Все действия интерфейса студента отслеживаются и оцениваются с точки зрения внутреннего представления системы соответствующих решений проблемы / примера. Это внутреннее представление, известное как график решения, автоматически создается перед временем выполнения компонентом, обозначенным как решатель проблем на рисунке 1 (слева), начиная с: (i) базы знаний по физике и правилам планирования (Область и правила планирования в Рисунок 1) и (ii) формальное описание исходной ситуации для примеров / проблем, связанных с каждой задачей (определение проблемы на рисунке 1) (Conati and VanLehn 2000). Каждый граф решений представляет собой сеть зависимостей, которая представляет, как каждый шаг решения вытекает из предыдущих шагов и знаний физики.



**Рис. 1.** Архитектура ExBL

И SE-Coach, и EA-Coach используют график решения, чтобы обеспечить обратную связь по успеваемости учащихся во время изучения примеров и аналогичного решения задач, сопоставляя действия интерфейса учащихся с элементами в графике решения. Помимо того, что ExbL служит основой для обеспечения обратной связи, график решений используется для построения моделей учащихся. Каждый раз, когда ученик открывает новое упражнение, соответствующий график решения предоставляет структуру для байесовской сети, которая формирует краткосрочную модель ученика для текущего активного тренера (см. Правую часть рисунка 1). Байесовская сеть использует информацию об интерфейсных действиях студента для создания вероятностной оценки знаний студента и соответствующих метакогнитивных тенденций в любой заданный момент во время взаимодействия. Эта процедура позволяет системе генерировать индивидуальные вмешательства для развития эффективных метакогнитивных навыков, когда модель оценивает студента как имеющего пробелы в знаниях или требующего улучшения ее метакогнитивного поведения. Предыдущие вероятности инициализации узлов правил в байесовской сети исходят из долгосрочной модели студента (см. Рисунок 1), которая содержит вероятностную оценку знания студентом каждого правила в базе знаний ExBL во время нового упражнения запускается, учитывая успеваемость студента во всех упражнениях, решенных до этого момента.

SE-Coach использует архитектуру, описанную выше, чтобы помочь учащемуся лучше понять данный пример, основываясь на его текущей оценке знаний учащегося, шаблонах чтения учащегося (отслеживаются через артефакт интерфейса, подробности см. В Conati and Vanlehn 2000) и возможно объяснения студента на примере, который студент может генерировать с помощью специальных инструментов интерфейса. Основываясь на этой оценке, SE-Coach помогает ученику более тщательно объяснить части примера, которые могут быть не полностью поняты. SECoach также включает в себя компонент, который автоматически генерирует примеры решений на разных уровнях детализации и помогает учащимся генерировать пропущенные шаги решения, чтобы помочь учащемуся перейти от изучения примера к чистому решению проблем (Conati and Carenini 2001).

EA-Coach использует архитектуру на рисунке 1 для поддержки эффективного решения аналогичных задач, выбирая для каждого учащегося и текущей задачи пример, который максимизирует как успешность решения проблем, так и обучение учащихся. Процесс выбора примера основан на теоретическом механизме принятия решения, который, учитывая проблему и набор примеров, вычисляет для каждого примера вероятность того, что он может помочь студенту решить проблему и учиться в процессе, учитывая текущую оценку физики студента. знания и метакогнитивные навыки. Пример с максимально ожидаемой полезностью с точки зрения успешного решения проблем и обучения затем представлен студенту.

Формальная оценка компонента SE-Coach с адаптивной поддержкой, например, обучения показала, что он может помочь студентам учиться более эффективно, чем версия без адаптивной поддержки, когда студенты находятся на ранних стадиях изучения новой темы (Conati et al., 2006). Формальная оценка процесса отбора EA-Coach показала, что он может значительно увеличить число подходящих для решения аналогичных задач поведения учащихся по сравнению с подходом, который выбирает пример, наиболее похожий на текущую проблему, как это делается другими ITS, которые поддерживают пример-основанное на решении проблем (Muldner and Conati 2007). Эти результаты, хотя и получены в контролируемых лабораторных исследованиях, а не в классных комнатах, представляют обнадеживающие доказательства того, что возможно разработать умных преподавателей, которые смогут моделировать, адаптировать и поддерживать мета-познание ученика и последующее обучение. Что еще предстоит выяснить, так это то, изучаются ли сами метакогнитивные навыки в процессе, т. Е. Сможет ли студент сохранить их, когда поддержка ITS больше не будет доступна.

## 2.2 Поддержка взаимодействия пользователя с исследовательскими средами обучения.

Это исследование стремится обеспечить интеллектуальную поддержку для предварительного обучения. Способность эффективно исследовать имеет отношение ко многим задачам, связанным с интерактивными системами, но не все пользователи обладают этой способностью в равной степени (например, Shute and Glaser 1990). Мы разработали модель исследовательского поведения, которую ИТС может использовать для улучшения исследования пользователей с помощью вмешательств, адаптированных к его потребностям. Эта задача является сложной, поскольку требует оценки эффективности поведения, для которого нет формального определения правильности. Мы решили эту проблему с помощью вероятностной модели, которая оценивает эффективность разведки путем интеграции информации о действиях пользователя, знаниях и о том, действительно ли пользователь обосновывает (самообъясняет) свои исследовательские действия. Самообъяснение - это хорошо известный мета-когнитивный навык в Когнитивной науке, но эта работа является первой, которая смоделировала самоанализ в контексте обучения, основанного на исследовании.

Мы разработали модель в контексте ACE (Adaptive Coach for Exploration). ACE - это ITS, которая поддерживает изучение математических функций студентами с помощью набора интерактивных симуляций, предназначенных для иллюстрации концепций, связанных с функциями, таких как взаимосвязь между входом и выходом функции или между уравнением функции и ее графиком. На рисунке 2 показано главное окно взаимодействия для графического модуля ACE, действия, которое позволяет учащемуся изучить взаимосвязь между графиком функции и уравнением, перемещая график в декартовой плоскости и наблюдая за эффектами уравнения (отображенными под областью графика в рисунок 2).

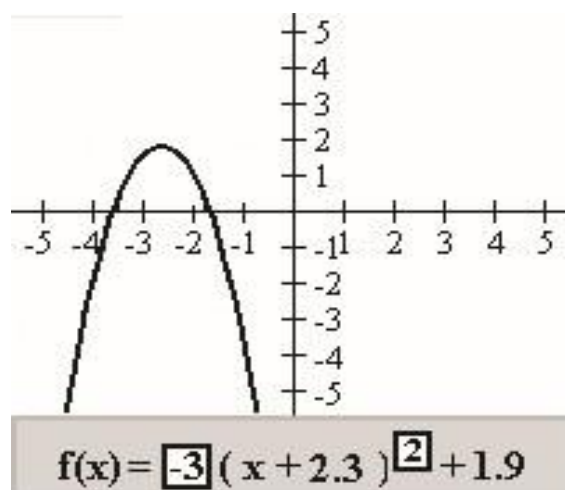


Рис. 2. ACE's Plot Unit

Студент также может изменить параметры уравнения и посмотреть, как это изменение влияет на сюжет. Каждый тип функции (например, константа, линейная функция и мощность) имеет связанный набор «случаев исследования», которые вместе иллюстрируют полный диапазон атрибутов функции. Например, линейные функции определяются двумя параметрами: наклоном функции и пересечением. Поэтому, чтобы получить широкое понимание линейных функций, студент должен

изучить положительные и отрицательные перехваты, а также положительные, отрицательные и нулевые наклоны.

АСЕ контролирует взаимодействие студента с его имитацией и генерирует вмешательства для улучшения поведения, которое считается неоптимальным. Например, он предлагает, какие дальнейшие исследовательские действия нужно выполнить, когда изучение студентом данной деятельности является неполным (Bunt and Conati 2003). Чтобы судить об эффективности исследовательского поведения студента, АСЕ опирается на вероятностную модель студента. Первой версией модели была динамическая байесовская сеть (DBN), которая включала (i) узлы для представления всех возможных случаев исследования; (ii) узлы для представления учащимся понимания соответствующих математических концепций; и (iii) ссылки, представляющие, как исследование соответствующих случаев связано с пониманием концепции. Чтобы оценить, было ли упражнение эффективно изучено, эта версия модели АСЕ просто использовала доказательства действий ученика по интерфейсу. Первоначальные исследования этой версии системы дали обнадеживающие доказательства того, что она может помочь учащимся лучше учиться в процессе изучения (Bunt and Conati 2003). Тем не менее, эти исследования также показали, что АСЕ иногда переоценивает исследовательское поведение студентов, потому что оно рассматривает действия интерфейса как достаточное доказательство хорошего изучения, не принимая во внимание, рассуждает ли студент, или самообъясняет результат этих действий. Например, студент, который быстро перемещает функциональный график по экрану, но никогда не задумывается о том, как эти движения изменяют функциональное уравнение, выполняет много исследовательских действий, но вряд ли может научиться у них. Тем не менее, первая модель студента АСЕ, скорее всего, будет рассматривать этот тип поведения как хорошее исследование.

Чтобы обойти эту проблему, мы разработали новую версию модели учащегося, которая включает оценку поведения самообъяснения учащегося во время обучения на основе изучения (Conati and Merten 2007). Чтобы оценить самообъяснение, эта модель использует доказательства, полученные как из времени, затраченного на каждое исследовательское действие, так и из-за моделей внимания студента, отслеживаемых с помощью системы отслеживания глаз. Эта работа была одной из первых попыток использовать отслеживающую информацию в реальном времени для оценки сложных психических состояний пользователя. Мы формально оценили модель с использованием информации о времени и слежении за (i) моделью, использующей только время в качестве предиктора самообъяснения, и (ii) более ранней моделью АСЕ, которая игнорирует самообъяснения и использует только количество пользовательских интерфейсов. действия как предиктор эффективного исследования.

■ Модель, включающая данные как взгляда, так и времени, обеспечивает лучшую оценку самообъяснения студента, чем модель, использующая только время. Разница статистически значима.

■ Оценка самообъяснения значительно улучшает оценку исследовательского поведения студента, и точность последнего возрастает с увеличением точности самообъяснения. Все улучшения являются статистически значимыми.

### **Заключение**

Учитывая растущую потребность нашего общества в высококачественном преподавании и обучении, компьютерное обучение становится критически важным для дополнения обучения людей в самых разных областях и ситуациях. Исследования в области интеллектуальных систем обучения используют достижения в области искусственного интеллекта, когнитивной науки и образования для повышения способности обучения с компьютерной поддержкой автономно предоставлять учащимся эффективный образовательный опыт, адаптированный к их конкретным потребностям, как это делают хорошие преподаватели-люди.

В этой статье мы представили примеры одного из текущих направлений исследований ИТС, направленных на расширение охвата этой технологии в сторону новых форм компьютерного обучения, выходящих за рамки традиционного решения проблем: обеспечение интеллектуального обучения мета-когнитивным навыкам. Это усилие - только одно из нескольких новых направлений в его исследованиях. Другие новые формы интеллектуального компьютерного обучения, которые активно исследуются, включают, среди прочего: поддержку совместного обучения (например, Isotami and Misogici 2008); эмоционально интеллигентные репетиторы, которые принимают во внимание как обучение студентов, так и влияние на них при принятии решения о том, как действовать (например, Conati and Maclaren 2009, D'Mello et al., 2008); обучаемые агенты, которые могут помочь студентам

учиться, выступая в роли сверстников, которых студенты могут обучать (например, Leelawong and Biswas 2008); интеллектуальная поддержка обучения в образовательных играх (например, Manske and Conati 2005, Johnson 2007); и интеллектуальное обучение для плохо определенных доменов (например, Lynch et al., 2008). Предоставление этих форм интеллектуального обучения, таких как интеллектуальная поддержка мета-познания, создает уникальные проблемы, потому что для этого требуется ИТС, которая может моделировать домены, а также поведение учащихся и психические состояния, зачастую не такие структурированные и четко определенные, как те, которые участвуют в традиционных решении проблем. Достижения в области методов искусственного интеллекта для рассуждения в условиях неопределенности, машинного обучения, теоретического планирования, а также растущей доступности датчиков, которые могут помочь фиксировать соответствующие состояния пользователей, являются многообещающими средствами для решения этих проблем на местах. Успех в этих начинаниях может оказать большое влияние на наше общество и на его постоянно растущую потребность в высококачественном обучении и подготовке.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] [Aleven & Koedinger, 2002] Aleven, V. & Koedinger, K. 2002. An effective meta-cognitive strategy: Learning by doing & explaining with a computer-based cognitive tutor. *Cognitive Science*, 26(2), 147-179.
- [2] [Anderson et al., 1984] Anderson, J. R., Farrell, R. & Saurers, R. 1984. Learning to program in Lisp. *Cognitive Science*, 8, 87-129
- [3] [Bunt and Conati 2003] Bunt, A. and C. Conati (2003). Probabilistic Student Modeling to Improve Exploratory Behaviour. *Journal of User Modeling and User-Adapted Interaction*, 13(3).
- [4] [Chi 2000] Chi, M. T. H. (2000). Self-Explaining Expository Texts: The Dual Processes of Generating Inferences and Repairing Mental Models. *Advances in Instructional Psychology*. R. Glaser. Mahwah, NJ, Lawrence Erlbaum
- [5] Associates: 161-238
- [6] [Conati and VanLehn 2000] Conati, C. and K. VanLehn
- [7] (2000). Toward Computer-Based Support of MetaCognitive Skills: a Computational Framework to Coach Self-Explanation. *Int. Journal of AI in Education* 11.
- [8] [Conati and Carenini 2001]. Conati C. and Carenini G. (2001) Generating Tailored Examples to Support Learning via Self-explanation . In *Proceedings of IJCAI '01, the Seventeenth International Joint Conference on Artificial Intelligence*, Seattle, WA.
- [9] [Conati et al., 2002] Conati C., Gertner A., VanLehn K., 2002. Using Bayesian Networks to Manage Uncertainty in Student Modeling. *User Modeling and User-Adapted Interaction*. 12(4) стр. 371-417
- [10] [Manske and Conati 2005] Manske, M. and C. Conati (2005). Modelling Learning in Educational Games in AIED 05, *Proceedings of the 12th International Conference on AI in Education*. 2005. Amsterdam, The Netherlands.
- [11] [Conati et al., 2006] Conati, C., Muldner, K. & Carenini, G. 2006. From Example Studying to Problem Solving via Tailored Computer-Based Meta-Cognitive Scaffolding: Hypotheses and Design. *Technology, Instruction, Cognition and Learning (TICL): Special Issue on Problem Solving Support in Intelligent Tutoring Systems*. 4(2), 139-190.
- [12] [Conati and Merten 2007]. Conati C. and Merten C. (2007). Eye-Tracking for User Modeling in Exploratory Learning Environments: an Empirical Evaluation. *Knowledge Based Systems*, Volume 20, Issue 6, Elsevier Elsevier Science Publishers B. V. Amsterdam, The Netherlands
- [13] [Conati and Maclaren 2009]. Conati C and Maclaren H.. Empirically Building and Evaluating a Probabilistic Model of User Affect. *User Modeling and User-Adapted Interaction* (to appear).
- [14] [D'Mello et al., 2008] D'Mello, S.K., Craig, S.D., Witherspoon, A. W., McDaniel, B. T., and Graesser, A. C. Automatic Detection of Learner's Affect from Conversational Cues. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 18(1), (2008).
- [15] [Corbet and Anderson, 1995 ] Corbet A. T. and Anderson J. R. (1995). Knowledge tracing: Modeling the acquisition of procedural knowledge. *Journal of User Modeling and User-Adapted Interaction* 4(4).
- [16] [Flavell, 1976] Flavell, J. H. 1976. Metacognitive Aspects of Problem Solving. *The Nature of Intelligence*. Hillsdale, New Jersey, Lawrence Erlbaum, 231-235.
- [17] [Isotani and Mizoguchi 2008] Isotani S. and Mizoguchi R. (2008): Theory-Driven Group Formation through Ontologies. *Intelligent Tutoring Systems 2008*: 646-655
- [18] [Johnson 2007] Johnson, W. L. (2007). Serious use for a serious game on language learning. In *Proc. of the 13th Int. Conf. on Artificial Intelligence in Education*, Los Angeles, USA.
- [19] [Koedinger et al., 1995] Koedinger, K. R., Anderson, J. R., Hadley, W. H., & Mark, M. A. (1995). Intelligent tutoring goes to school in the big city. *International Journal of Artificial Intelligence in Education* (1997), 8, стр. 30-43
- [20] [Leelawong and Biswas 2008] Leelawong, K., & Biswas, G. Designing Learning by Teaching Agents: The Betty's Brain System, *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, vol. 18, no. 3, pp. 181-208, 2008.

[21] [Luckin and Hammerton 2002] Luckin, R. and Hammerton, L. (2002) Getting to Know Me: Helping Learners Understand Their Own Learning Needs through Metacognitive Scaffolding. In: *Intelligent Tutoring Systems: Proceedings of the 6th International Conference, ITS 2002*, Springer Berlin / Heidelberg, стр. 759-771.

Мубаракова С., Курос Басири

#### **Оқытудың зияткерлік жүйелері**

**Түйіндеме.** Біздің қоғамның жоғары сапалы оқыту мен оқытуға деген өсіп келе жатқан қажеттілігін ескере отырып, компьютерлік оқыту әртүрлі салалар мен жағдайларда адамдарды оқытуға аса маңызды қосымша болып отыр. Зияткерлік оқыту жүйелеріндегі зерттеулер компьютерлік оқыту қабілетін арттыру үшін жасанды интеллект, когнитивтік ғылым мен білім беру саласындағы жетістіктерді студенттерге дербес түрде тиімді білім беру тәжірибесін ұсыну үшін пайдаланады.

УДК 621.372

<sup>1,2</sup>P. Kisala, <sup>1,3</sup>A. Kalizhanova, <sup>1,2</sup>W. Wojcik, <sup>1,4</sup>G. Kashaganova, <sup>1,5</sup>Zh. Orazbekov  
(<sup>1</sup>Institute of Information and Computational Technologies CS MES RK, Almaty, Kazakhstan  
<sup>2</sup>Lublin Technical University, Poland  
<sup>3</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan  
<sup>4</sup>Kazakh-American University, Almaty, Kazakhstan  
<sup>5</sup>Abai Kazakh national pedagogical university, Almaty, Kazakhstan  
e-mail: kalizhanova\_aliya@mail.ru, gulzhan\_k70@mail.ru )

#### **RESEARCH AND DEVELOPMENT NEW TECHNOLOGIES FOR MEASURING THE REFRACTIVE INDEX OF THE MEDIUM**

**Abstract.** This article discusses the tilted fiber Bragg gratings (TFBG), as a sensitive element for measuring the refractive index of the environment. The analysis and research of methods for determining the refractive index on the basis of the transmittance spectra of the TFBG were carried out. A new technology for measuring the refractive index of the medium has been proposed and a quantitative estimate of the refractive index has been obtained. The refractive index of the medium was researched in real and laboratory conditions. The results of experimental studies of the TFBG spectral characteristics with a tilt angle of  $6^\circ$  are presented.

**Key words:** Tilted fiber Bragg grating, fiber optic sensors, refractive index, environmental refractive index.

**Кисала П.<sup>1,2</sup>, Калижанова А.У.<sup>1,3</sup>, В. Вуйцик<sup>1,2</sup>, Кашаганова Г.Б.<sup>1,4</sup>, Оразбеков Ж.<sup>1,5</sup>**  
(<sup>1</sup>Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, Алматы, Казахстан  
<sup>2</sup>Люблинский технический университет, Люблин, Польша  
<sup>3</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан  
<sup>4</sup>Казахско-Американский университет, Алматы, Казахстан  
<sup>5</sup>Казахский национальный педагогический университет имени Абая  
Алматы, Казахстан  
e-mail: [kalizhanova\\_aliya@mail.ru](mailto:kalizhanova_aliya@mail.ru), [gulzhan\\_k70@mail.ru](mailto:gulzhan_k70@mail.ru) )

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ СРЕДЫ**

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены наклонные волоконные решетки Брэгга (НВРБ), как чувствительный элемент для измерения показателя преломления окружающей среды. Проведен анализ и исследование методов определения показателя преломления на основе спектров пропускания НВРБ. Предложена новая технология измерения коэффициента преломления среды и получена количественная оценка. Коэффициент преломления среды исследован в реальных и лабораторных условиях. Приведены результаты экспериментальных исследований спектральных характеристик НВРБ с углом наклона  $6^\circ$ .

**Ключевые слова.** Наклонная волоконная решетка Брэгга, волоконно-оптические датчики, показатель преломления, показатель преломления окружающей среды.



**Введение**

Наклонные волоконные решетки Брэгга (НВРБ) могут использоваться в качестве чувствительных элементов для измерения различных физических величин. Одним из их наиболее интересных свойств является способность измерять показатель преломления окружающей среды (ППОС) путем наблюдения за поведением оболочки. Применение НВРБ в измерении показателя преломления (ПП) позволяет достичь высокой чувствительности и повторяемости при сохранении относительно низкой чувствительности к перекрестным помехам. Наклонные решетки Брэгга сохраняют почти все преимущества датчиков на основе традиционных решеток, таких как способность дистанционного зондирования, и используются для создания многопараметрических датчиков чрезвычайно малого веса и размера, что позволяет встраивать или прикреплять датчики к проверенным структурам. Изменения ПП оказывают влияние на спектр передачи НВРБ при условии, что исследуемое вещество будет охватывать оболочку секции оптического волокна с чувствительным элементом. В результате, на моды, распространяющиеся на границе между оболочкой волокна и окружающим веществом, будут влиять изменения показателя преломления. НВРБ обладают уникальными способностями к восприятию.

При анализе спектра пропускания наклонных волоконных решеток Брэгга можно различить три типа режимов.

Основной режим - единственный видимый режим в спектре отражения. Его можно использовать в качестве эталона для температуры или деформации, поскольку он чувствителен только к количествам, которые влияют на сердцевину волокна. Призрачный режим появляется в непосредственной близости от режима Брэгга в результате распространения света в зоне оболочки вблизи ядра. Другие моды появляются только в спектре пропускания из-за сильного подавления оболочки и рассеяния на границе оболочки. Они распространяются в противоположном направлении распространения входного света. Эти моды появляются на спектре как серия провалов на длинах волн короче длины волны Брэгга, которая связана с режимом ядра. Увеличение наклона волоконно-сердечного вызывает усиление связи в обратном режиме.

Измерения температуры и деформации, выполняемые НВРБ, чаще всего основаны на сдвиге длины волны основного режима [1]. Температурная чувствительность структур такого типа составляет приблизительно  $10 \text{ мкм}/^\circ\text{C}$  и аналогична чувствительности традиционных ВБР. Измерение изгиба и ППОС требует более сложных методов анализа спектров пропускания.

**Анализ методов определения показателя преломления на основе спектров пропускания НВРБ.**

Спектр пропускания НВРБ  $T(\lambda)$  содержит десятки спектральных провалов, полученных из мод оболочки. Угол наклона определяет, какие моды будут видны в спектре и с какой интенсивностью. Под влиянием внешних изменений показателя преломления изменяются как амплитуда, так и длина волны спектральных линий, что показано на рисунке 1. Метод демодуляции включает в себя вычисление параметра спектра  $p$ , который коррелирует со значением ПП. Функциональная связь между ПП и  $p$  устанавливается на основе спектральных измерений НВРБ, погруженных в калибровочные образцы известного ПП. Калибровочную кривую можно использовать для определения неизвестного ПП путем измерения спектра НВРБ, заключенного испытуемым веществом. Методы демодуляции спектра НВРБ можно разделить на две основные группы:

- с использованием спектральной информации, закодированной по длине волны (методы сдвига по длине волны);
- используя информацию, содержащуюся в изменениях прозрачности в спектральном диапазоне всех типов оболочки (глобальные методы).

Существует два основных метода, которые относятся к первой группе:

- методы демодуляции ПП, основанные на измерении сдвига длины волны, заданных резонансов режима плавления [2];
- методы, использующие разрезную резонансную длину волны оболочечных мод. [3].

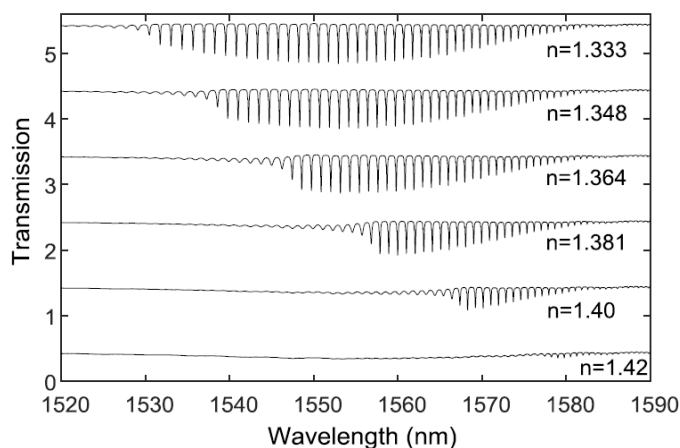


Рис. 1. Спектры НВРБ с углом наклона  $6^\circ$  для разных внешних показателей преломления (спектры сдвинуты для ясности)

При увеличении значения показателя преломления окружающей среды исчезают отдельные моды оболочки (рис.1). Спектр становится плавным, амплитуды провалов, соответствующие отдельным модам, уменьшаются, а затем пики исчезают. Когда увеличение ПП достигает значения эффективного показателя преломления в заданном режиме оболочки, этот режим извлекается вне структуры волокна. Поэтому в качестве индикатора изменения показателя преломления можно использовать режим отсечной оболочки. Длины волн режимов отсечки линейно смещаются с изменениями ПП примерного значения  $557,79 \text{ нм} / \text{RIU}$  [3].

Среди наиболее часто используемых методов являются методы второй группы:

- метод конверта [4];
- метод области [5];
- метод стандартного отклонения [6].

Метод, предложенный в данной статье, основан на методе длины спектра и принадлежит ко второй группе. Важным преимуществом этого метода является его низкая чувствительность к изменениям температуры и линейность характеристик обработки в широком диапазоне изменений ПП. В этом методе чувствительность меньше зависит от диапазона измерения, чем методы сдвига по длине волны, которые нелинейны, и чувствительность изменяется с изменением диапазона измерения.

Методы второй группы используют весь спектральный диапазон моды оболочки, поэтому их можно назвать глобальными методами. Одной из возможностей является расчет интегральной области передачи в указанном спектральном диапазоне [5]:

$$A = \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} T(\lambda) d\lambda \quad (1)$$

Общепринятый алгоритм определения показателя преломления определяется следующим образом [4]:

$$A = \frac{\int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} [T_{\text{up}}(\lambda) - T_{\text{low}}(\lambda)] d\lambda}{\int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} [T_{\text{up}}^{\text{ref}}(\lambda) - T_{\text{low}}^{\text{ref}}(\lambda)] d\lambda} \quad (2)$$

где  $\lambda$  определяет объем анализируемых спектральных длин волн, а  $T_{\text{up}}$  и  $T_{\text{low}}$  - верхняя и нижняя огибающие спектра в нужном диапазоне. Подстрочный индекс относится к огибающим, которые определяются для эталонного значения показателя преломления.

Некоторые разработанные методы демодуляции также используют корреляцию между двумя спектрами пропускания и статистическими параметрами, такими как асимметрия и эксцесс [7]. В принципе, этот метод также требует обозначения нижней и верхней оболочек характеристики передачи. Однако расчетные значения параметров S и K монотонно меняются с изменениями показателя преломления окружающей среды, что позволяет использовать их для определения ПП ниже 1,33.

Еще одним вариантом демодуляции спектра передачи является вычисление оценки стандартного отклонения. Этот метод сначала использует фильтр Савицкого-Голея для сглаживания спектра. Тогда для  $N$  точек спектра, оценка вычисляется по следующей формуле [6]:

$$S = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (T_i - \bar{T}_i)^2} \quad (3)$$

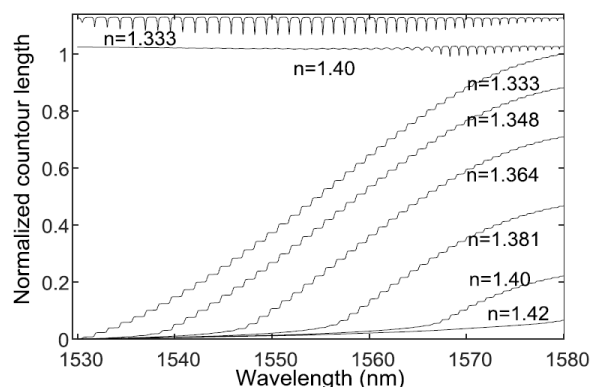
где  $T_i$  – измеренные точки спектра пропускания на указанных длинах волн, а  $\bar{T}_i$  – спектральные точки, которые были сглажены обработкой фильтра Савицкого-Голея.

Другие методы демодуляции используются для измерений показателя преломления, которые учитывают зависимость спектральных изменений от поляризации. Один из таких методов использует поляризационную зависимость потери (ПЗП), которая в основном является разницей между спектрами для двух поляризационных состояний входного света [8]. В качестве количественного параметра используется максимальная спектральная амплитуда. Особенностью этого метода является расширение контролируемых значений ПП до 1,45. Выполнение измерений без контроля поляризации входного света может привести к отрицательным последствиям в свойствах датчика [9].

Прежде чем вводить новую технологию для измерения показателя преломления, стоит отметить, что для оптимизации существующих алгоритмов были предложены некоторые методы. Они основаны на разделении измеренного спектра НВРБ и отдельном анализе его отдельных частей [10].

**Разработка метода демодуляции на основе контроля длины спектра и экспериментальные исследования.**

В спектроскопии и количественном анализе газовых спектров существует метод определения содержания газов путем вычисления длины контура в заданном спектральном диапазоне для разницы между испытанными и опорными спектрами [11]. Предполагается, что содержание вещества в измеренном спектре равно содержанию вещества в эталонном спектре соответствующий разностному спектру, для которого длина контура принимает минимальное значение. Аналогичный процесс был разработан для измерений методом открытой траектории [12]. Эти методы широко не используются в спектроскопии из-за высокой популярности и широкого использования методов хемометрического анализа, таких как частичные наименьшие квадраты (ЧНК) и регрессия главных компонент (РГК). Однако эти хемометрические методы не могут быть непосредственно применены к количественному анализу спектров НВРБ из-за нелинейности отношения между пропускаемостью и ПП. Другой проблемой является дополнительный сдвиг спектральных линий.



**Рис. 2.** Изменения нормированной длины контурных спектров с длиной волны для нескольких внешних показателей преломления (снизу). Спектры решетки для двух показателей преломления (сверху)

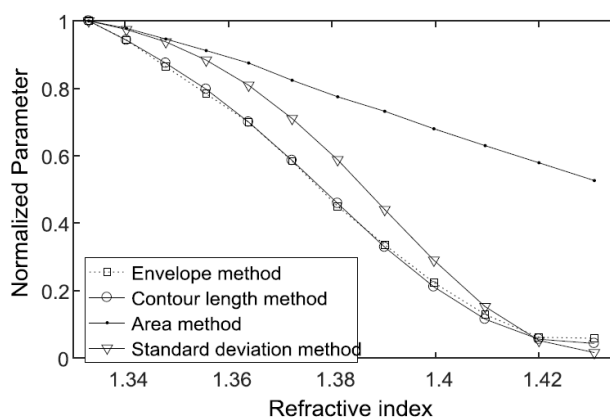
Метод длины контура можно использовать для демодуляции спектров НВРБ, но несколько иначе, чем в газовой спектроскопии. Рассчитывается долгота спектра передачи для заданного диапазона спектров, содержащего  $N$  точек:

$$L = \sum_{i=1}^{N-1} |T_{i+1} - T_i|, \quad (4)$$

и на этой основе можно построить значение длины контура как функцию показателя преломления окружающей среды:

$$L = f(SRI). \quad (5)$$

Поскольку точки измеренного спектра равномерно распределены по шкале длин волн, нет необходимости умножать сумму на спектральное разрешение измерения (постоянное значение  $\Delta\lambda$ ) в формуле 4. Длина спектрального контура равна сумме (дискретный интеграл) дискретной первой производной спектра. Увеличение дискретного интеграла с длиной волны представлено на рисунке 2. Точки на кривой с большим увеличением длины контура связаны с возникновением конкретной моды оболочки, т.е. этапы изменения контура отражают пики в спектре передачи. Для спектров, измеренных с более высоким значением ППОС, значение длины контура начинает возрастать сильнее только для длин волн, в которых появляются моды оболочки. Например, для спектров с ППОС 1,40 исчезают моды ниже 1566нм, и большое изменение длины контура можно увидеть только с этой длины волны. Общая длина контура и, следовательно, значение параметра, которое может быть использовано для определения внешнего показателя преломления, - это значение, которое кривые на рисунке 2 достигают на границе рассматриваемой спектральной полосы (1580нм). Эти значения использовались для построения функциональной зависимости между нормированной длиной контура и ППОС. На рисунке 3 все параметры были нормализованы до значений, которые были обозначены для ППОС 1.333 (чистая вода). Как правило, можно утверждать, что для всех сравниваемых методов, зависимость рассчитанных спектральных параметров от ППОС дает аналогичную форму функции  $p = \arctg(RI)$ . Однако каждая из этих кривых должна быть отдельно определена для каждой рассматриваемой решетки. Форма кривой зависит от параметров НВРБ (долгота, угол наклона и амплитуда модуляции показателя преломления ядра) и диапазон задействованных длин волн. Кривые не похожи (длина огибающей и контура) в случае всех других НВРБ.

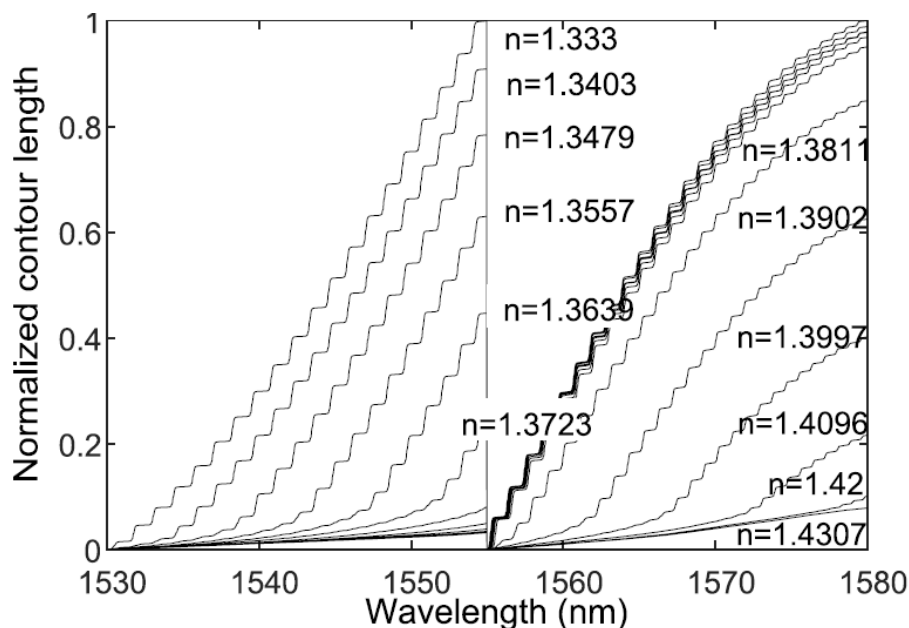


**Рис. 3.** Сравнение нормированных параметров, полученных из спектров, как функции показателя преломления окружающей среды

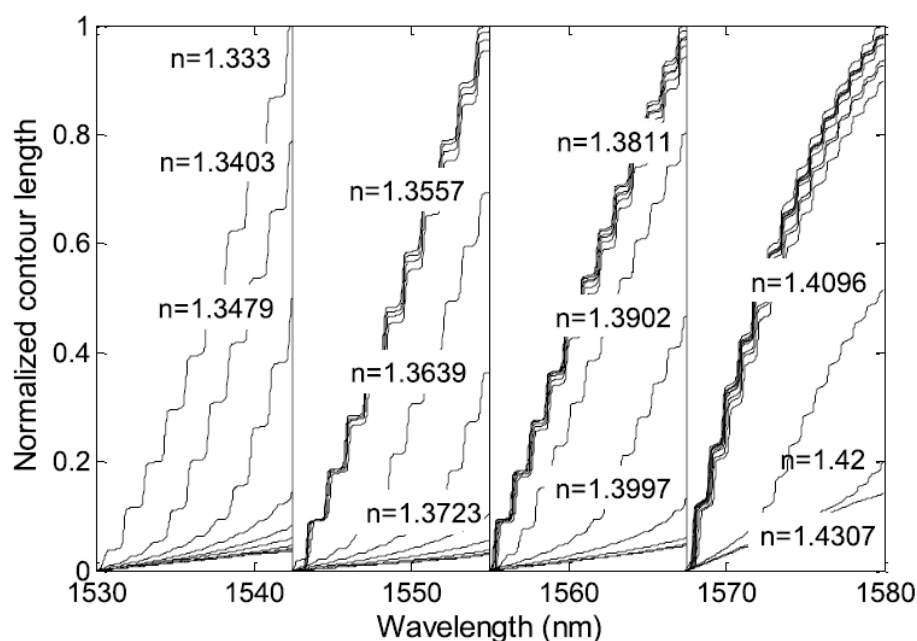
Эксперимент проводился с использованием структуры НВРБ с углом наклона  $6^\circ$ , вписанной в водородно-оптическое волокно с использованием метода фазовой маски и эксимерного лазера Брэгг-Стар. Во время измерения датчик ПП был закреплен на стабильном лабораторном столе, чтобы обеспечить отсутствие движения секции определения волокна. Смеси воды и глюкозы использовали в качестве жидкостей с известными показателями преломления. Прикладное спектральное разрешение измерений составляло 0,02нм. Уменьшение значения разрешения приводит к сглаживанию спектра и, следовательно, к уменьшению спектральных интенсивностей отдельных пиков моды оболочки. Разрешение, меньшее, чем 0,5нм, представляется неприменимым к глобальному методу демодуляции ПП. При разрешении 2нм пики измеряемого спектра почти исчезают.

На рисунках 4 и 5 представлены графические представления о модификации предложенного метода. Этот метод включает разделение характеристики передачи НВРБ на несколько частей равной спектральной ширины и вычисление длины контура для каждого из спектральных диапазонов отдельно. На рисунках 4 и 5 длина контура была нормализована до единицы для каждой из рассмот-

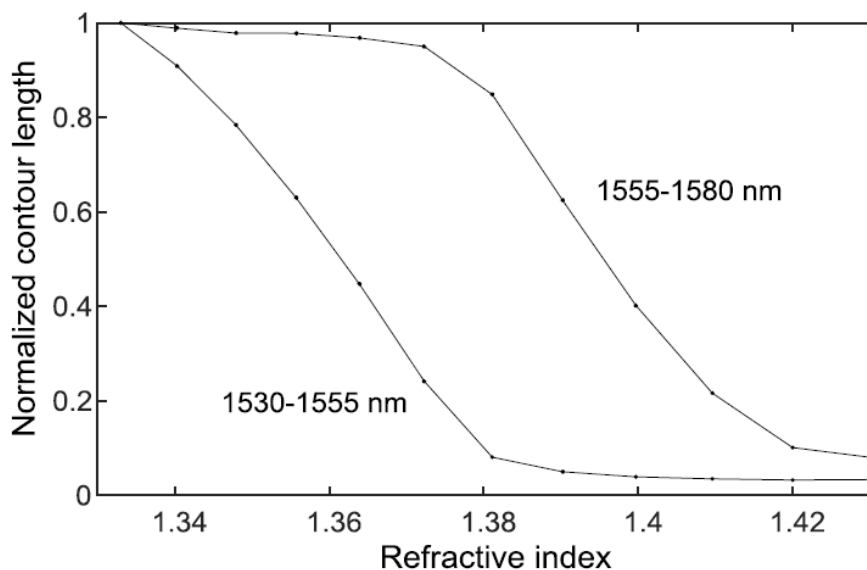
ренных частей спектров. В двух графиках для ясности значения ППОС приведены только для выбранных кривых, каждый из которых представляет определенный диапазон спектров. Шестигранная форма кривых еще более очевидна, чем на рисунке 2, из-за большего вклада одномодового спектра в общую длину контура каждого спектрального диапазона. Следовательно, существуют области функции (длина контура по отношению к длине волны), в которой характеристика является плоской и горизонтальной, чередуясь с областями, где характеристика крутая и вертикальная. На рисунке 4 спектр делится на два равных диапазона. В первой части спектра, которая находится между 1350 и 1555нм, внешние показатели преломления между 1,333 и 1,38 хорошо различимы.



**Рис.4.** Изменение нормированной длины контурного спектра с длиной волны для двух спектральных диапазонов и нескольких внешних показателей преломления



**Рис. 5.** Изменение нормированной длины контурного спектра с длиной волны для четырех спектральных диапазонов и нескольких показателей преломления окружающей среды



**Рис. 6.** Нормализованные длины контура как функция показателя преломления окружающей среды, рассчитанные для двух спектральных диапазонов

В спектральном диапазоне 1555–1580 нм метод обладает хорошей чувствительностью для значений показателя преломления 1,38–1,43. Аналогичный анализ на рис. 5 показывает возможность демодуляции показателей рефракции 1,333-1,35557; 1,3557-1,3723; 1,3723-1,3799 и 1,3997-1,4307 для спектральных диапазонов 1530-1542,5; 1542,5-1555; 1555-1575,5 и 1575,5-1580 нм соответственно.

Разделение длины волны при вычислении длины контура увеличивает разрешение и чувствительность метода демодуляции (рисунок 6), поскольку, чем больше спектральные диапазоны, тем легче разделять отдельные кривые и тем больше различия между точками на функции передачи датчика (длина контура по сравнению с ППОС). Для определения этих кривых требуется точная процедура калибровки, применяемая отдельно для каждого НВРБ, используемого в качестве датчика [13-15].

### Заключение

Экспериментальные результаты, полученные с применением предложенного метода, сравнивались с результатами наиболее часто используемых методов спектрального анализа волоконных решеток Брэгга.

Предлагаемый метод демодуляции спектра и технология для определения изменений показателя преломления проще, чем большинство распространенных методов, используемых на сегодняшний день. Это не требует определения максимальных пиковых значений спектров моды оболочки. Его легко реализовать и использовать для измерений в реальном времени. Он использует все точки измеренного спектра в рассматриваемом спектральном диапазоне, что делает его менее восприимчивым к шуму при измерении, чем методы, которые используют огибающую. Форма зависимости длины контура как функция показателя преломления аналогична форме параметров, выделенных из спектра в других используемых в настоящее время методах демодуляции. Дополнительным преимуществом предлагаемого метода является возможность анализировать только части спектра НВРБ как способ повышения чувствительности в выбранных диапазонах ППОС. До сих пор это было осуществимо только при анализе сдвига спектральных мод или длин волн с отключенным режимом.

Оценка полученных теоретических и экспериментальных результатов способствует улучшению метрологических и технико-экономических характеристик для систем опрашивания сигналов.

Экспериментальные исследования проводились в лабораториях Оптоэлектроники факультета электротехники и компьютерных наук Люблинского технического университета в рамках проекта ГФ №АР05132778 «Исследование и разработка системы интеррогации сигналов с оптоволоконным рефрактометром с использованием телекоммуникационных сетей» ИИВТ КН МОН РК.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] S. Rahimi, D. Ban, G. Xiao, Z. Zhang, and J. Albert, "Temperature and strain sensors based on integration of tilted fiber Bragg gratings with a free spectral range matched interrogation system," *IEEE Sensors J.*, vol. 9, no. 7, pp. 858–861, Jul. 2009.
- [2] C.-F. Chan, C. Chen, A. Jafari, A. Laronche, D. J. Thomson, and J. Albert, "Optical fiber refractometer using narrowband cladding-mode resonance shifts," *Appl. Opt.*, vol. 46, no. 7, pp. 1142–1149, Feb. 2007.
- [3] F. Liu et al., "High-sensitive and temperature-self-calibrated tilted fiber grating biological sensing probe," *Chin. Sci. Bull.*, vol. 58, no. 21, pp. 2611–2615, 2013.
- [4] G. Laffont and P. Ferdinand, "Tilted short-period fibre-Bragg-grating induced coupling to cladding modes for accurate refractometry," *Meas. Sci. Technol.*, vol. 12, no. 7, p. 765, 2001.
- [5] N. J. Alberto, C. A. Marques, J. L. Pinto, and R. N. Nogueira, "Threeparameter optical fiber sensor based on a tilted fiber Bragg grating," *Appl. Opt.*, vol. 49, no. 31, pp. 6085–6091, 2010.
- [6] L. B. Melo et al., "Concentration sensor based on a tilted fiber Bragg grating for anions monitoring," *Opt. Fiber Technol.*, vol. 20, no. 4, pp. 422–427, 2014.
- [7] C. Caucheteur and P. Megret, "Demodulation technique for weakly tilted fiber Bragg grating refractometer," *IEEE Photon. Technol. Lett.*, vol. 17, no. 12, pp. 2703–2705, Dec. 2005.
- [8] C. Caucheteur, S. Bette, C. Chen, M. Wuilpart, P. Megret, and J. Albert, "Tilted fiber Bragg grating refractometer using polarization-dependent loss measurement," *IEEE Photon. Technol. Lett.*, vol. 20, no. 24, pp. 2153–2155, Dec. 15, 2008.
- [9] Y. C. Lu et al., "Polarization effects in tilted fiber Bragg grating refractometers," *J. Lightw. Technol.*, vol. 28, no. 11, pp. 1677–1684, Jun. 1, 2010.
- [10] D. Paladino, A. Cusano, P. Pilla, S. Campopiano, C. Caucheteur, and P. Mégret, "Spectral behavior in nano-coated tilted fiber Bragg gratings: Effect of thickness and external refractive index," *IEEE Photon. Technol. Lett.*, vol. 19, no. 24, pp. 2051–2053, Dec. 15, 2007.
- [11] J. Bak, "Retrieving CO concentrations from FT-IR spectra with nonmodeled interferences and fluctuating baselines using PCR model parameters," *Appl. Spectrosc.*, vol. 55, no. 5, pp. 591–597, 2001.
- [12] L.-Y. Sung and C.-J. Lu, "A single-beam titration method for the quantification of open-path Fourier transform infrared spectroscopy," *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transf.*, vol. 145, pp. 43–49, Sep. 2014.
- [13] 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, pp. 2264–2267, DECEMBER 15, 2017.
- [14] P. Kisała, Światłowodowe struktury periodyczne o pochylonej modulacji współczynnika załamania: właściwości i zastosowania. Monografie – Politechnika Lubelska, pp. 177–214. Lublin 2019.
- [15] P. Kisała, J. Mrocza, S. Cieszczyk, K. Skorupski, P. Panas. Twisted tilted fiber Bragg gratings: new structures and polarization properties. Vol. 43, No. 18 / 15 September 2018 / *Optics Letters*, pp. 4445–4448.

Кисала П., Калижанова А.У., В. Вуйчик, Кашаганова Г.Б., Оразбеков Ж.

**Ортаның өзгеру көрсеткішін өлшеу үшін жаңа технологияларды жасау және зерттеу**

**Түйіндеме.** Берілген мақалада ортаның өзгеру көрсеткішін өлшеу үшін сезімтал элемент ретінде көлбеу талшықты Брэг торы (КТБТ) қарастырылған. КТБТ өткізгіш спектрі негізінде өзгеру көрсеткішін анықтау әдістері зерттелініп, талдаулар жүргізілген. Ортаның өзгеру коэффициентін өлшеу технологиясының жаңа технологиясы ұсынылды және сандық бағалауы алынды. Ортаның өзгеру коэффициенті нақты және зертханалық жағдайда зерттелінді. КТБТ-ның спектралды сипаттамаларының эксперименталдық зерттеулерінің нәтижелері  $6^\circ$  көлбеу бұрышпен жүргізілді.

**Кілттік сөздер.** Көлбеу талшықты Брэг торы, талшықты-оптикалық датчиктер, өзгеру көрсеткіші, қоршаған ортаның өзгеру көрсеткіші.

УДК 004.94

**Sazambaeva B. T., Togizbaeva B.B., A. A. Ibrayeva., M. Makhanov**  
(L.N.Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,  
aika.kazakhstanova@bk.ru)

**MATHEMATICAL MODELING  
DYNAMIC SYSTEM OF MULTIFUNCTIONAL HYDRAULIC EXCAVATOR IN MATLAB**

**Abstract:** the article describes the processes of mathematical modeling of the dynamic system of a single - bucket excavator, consisting of the choice of the design scheme of a single-bucket excavator, the motion model for a system with several degrees of mobility, simulation of mechanical and hydraulic systems in the software product Matlab.

**Keywords:** modeling, hydraulic drive, mathematical modeling, multifunctional single-bucket hydraulic excavator.

**Б.Т. Сазамбаева, А.А. Ибраева, Б.Б. Тогизбаева, М. Маханов**  
(<sup>1</sup>Евразийский Национальный Университет им. Л.Н. Гумилева, aika.kazakhstanova@bk.ru,  
Астана, Республика Казахстан)

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ОДНОКОВШОВОГО  
ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЭКСКАВАТОРА НА MATLAB**

**Аннотация:** В статье описываются процессы математического моделирования динамической системы одноковшового экскаватора, состоящие из выбора расчетной схемы одноковшового экскаватора, модели движения для системы с несколькими степенями подвижности, моделирования механической и гидравлической систем в программном продукте Matlab.

**Ключевые слова:** моделирование, гидропривод, математическое моделирование, многофункциональный одноковшовый гидравлический экскаватор.

Математическое моделирование работы многоцелевого гидравлического экскаватора с дополнительной фрезой включают схемы:

- *работного оборудования*, охватывающей: стрелу с гидроцилиндром для поднятия и опускания стрелы, рукоять ковша, ковш с гидроцилиндрами.
- *дополнительного режущего диска с гидроцилиндром.*
- *движущей части экскаватора.*

Решение системы дифференциальных уравнений аналитически весьма трудоемко и не может быть проведено достаточно эффективно. Поэтому одним из перспективных методов исследования кинематических и динамических характеристик многофункционального одноковшового экскаватора является - моделирование с помощью современных программных продуктов путем численного решения уравнения движения. Для решения задач анализа статических, кинематических и динамических характеристик используется система MATLAB [1,2].

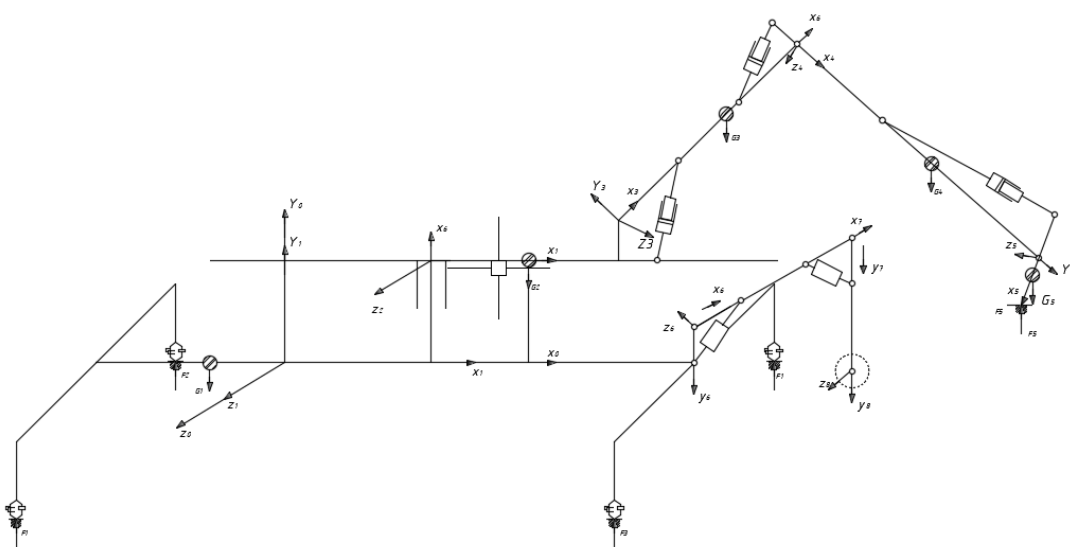
Механическая модель многоцелевого одноковшового гидравлического экскаватора с гидроприводом, представляет собой абсолютно жесткие конструкции, состоящие из звеньев, характеризуемых массами звеньев  $m$ ; обладающих моментами инерции  $J_{ix}, J_{iy}, J_{iz}$  относительно осей собственных локальных систем координат; координатами центров масс звеньев в локальных системах координат. Силы тяжести звеньев  $G_i$  сосредоточены в их центрах масс. Со стороны грунта на опорные элементы действуют силы реакции  $F_i$  рис.1 [3,4,5].

На основе уравнения Лагранжа II-рода составлено линейное уравнение динамической подсистемы многофункционального одноковшового гидравлического экскаватора, который имеет вид:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\delta E}{\delta \dot{q}_j} \right) - \frac{\delta E}{\delta q_j} + \frac{\delta P}{\delta q_j} + \frac{\delta F}{\delta q_j} = V_j, \quad (1)$$



где  $E$  — кинетическая энергия,  $P$  — потенциальная энергия,  $F$  — диссипативная функция,  $V_j$  — вектор обобщенных внешних сил. Расчетная схема одноковшового экскаватора с дополнительной фрезой приведена на рис.1.



**Рис.1.** Расчетная схема одноковшового экскаватора с приводом

Кинетическая энергия экскаватора равна сумме кинематических энергий его звеньев:

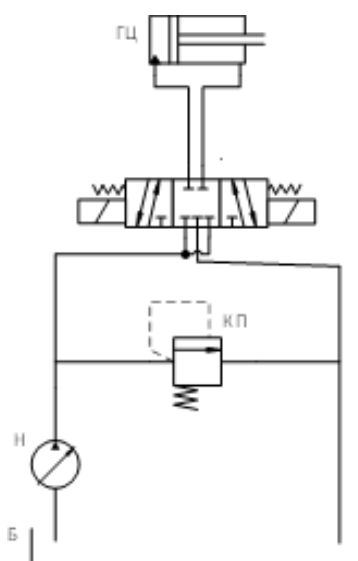
$$E = \sum_{i=1}^n E_i \quad (2)$$

Полная кинематическая энергия одноковшового экскаватора определяется по следующей формуле:

$$E = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^6 \text{tr}[A_{ij} B_i A_{ij}^T], \quad (3)$$

где  $A_{ij}$  — матрица дифференцирования,  $B_i$  — матрица инерции.

Расчетная схема отдельного контура гидропривода приведена на рис.2



**Рис. 2.** Расчетная схема контура гидропривода с гидроцилиндром

Матрица дифференцирования приведена в формулах (4,5)

$$A_{ij} = \frac{\partial T_i}{\partial q_j} \quad (4)$$

$$B_1 = \begin{bmatrix} \frac{1}{2}(-J_x + J_y + J_z)J_{xy}J_{xz}m_i x_i \\ J_{xy} \frac{1}{2}(J_x - J_y + J_z)J_{yx}m_i y_i \\ J_{zx}J_{zy} \frac{1}{2}(J_x + J_y - J_z)m_i z_i \\ m_i x_i m_i y_i m_i z_i m_i \end{bmatrix} \quad (5)$$

После дифференцирования первый член уравнения Лагранжа II рода принимает вид:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T_i}{\partial \dot{q}_i} \right) = \sum_{j=1}^7 \sum_{i=1}^5 \text{tr} [A_{ij} B_i A_{ij}^T] \ddot{q}_j \quad (6)$$

Блок-схема контура гидропривода с гидроцилиндром показана на рисунке 3.

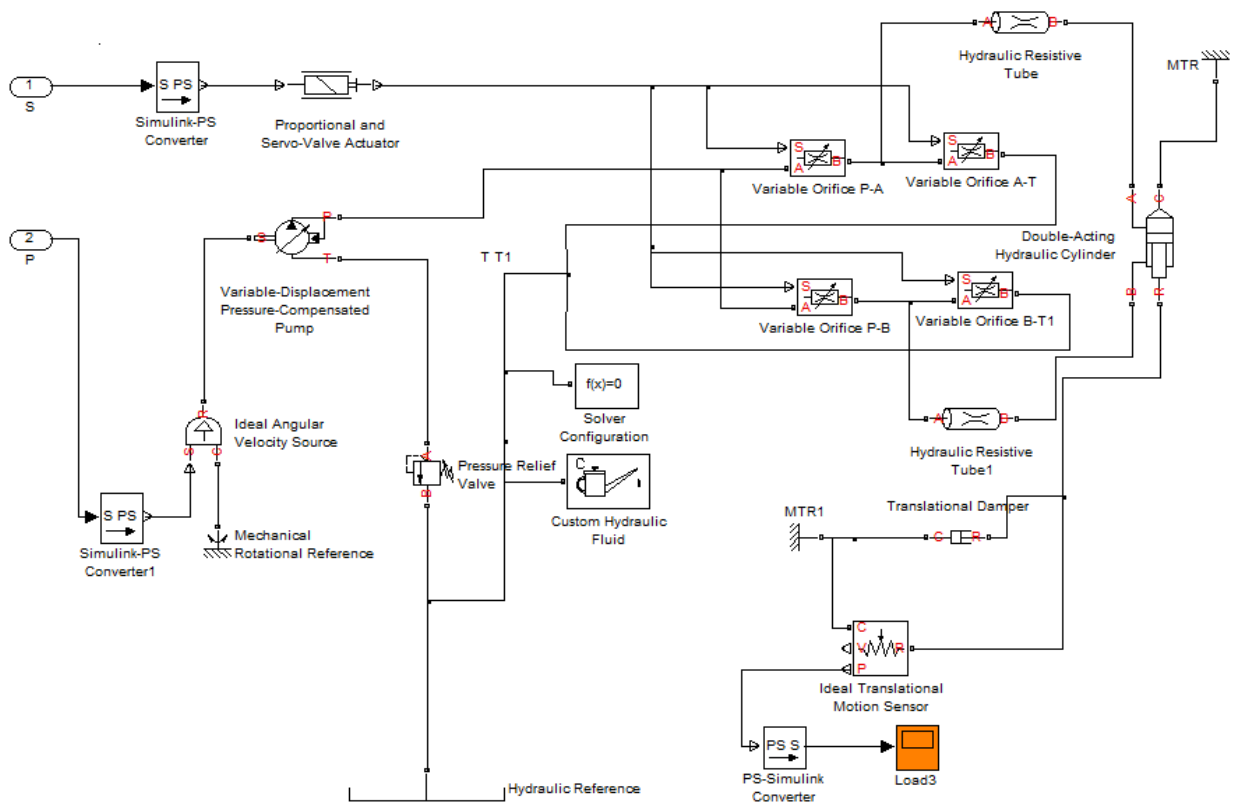


Рис. 3. Блок-схема контура гидропривода с гидроцилиндром в обозначениях SimHydraulics

Потенциальная энергия многофункционального одноковшового экскаватора будет состоять из потенциальной энергии звеньев в поле тяготения земли и упругих элементов рабочего оборудования[2]. Проведя некоторые преобразования, полную потенциальную энергию, определим следующим образом:

$$W = W_m + W_c \quad (7)$$

$$W = \sum_{n=1}^5 m_i g N_2^T T_i \overline{R_{im}} + \frac{1}{2} \sum_{u=1}^0 \sum_{j=1}^7 \text{tr} [F_{uj} N_u F_{uj}^T], \quad (8)$$

где  $N_2^r = [0 \ 0 \ 1 \ 0]$ ,  $R_{im}$  – радиус-вектор центра масс в i-той СК, где  $F_{uj} = M_{uj}q_1$ ,  $N_u = c_u \overline{R_{un}R_{un}^T}$ ,  $M_{uj}$  – матрица дифференцирования,  $R_{un}$  – радиус-вектор подвижного конца упруго-вязкого элемента.

После дифференцирования выражение (8) принимает вид:

$$\frac{\delta W}{\delta q_j} = \sum_{j=1}^7 \sum_{u=1}^9 \text{tr} [M_{uj}N_uM_{uj}^T]q_i + \sum_{j=1}^7 \sum_{i=1}^5 g m_i G_2^T T_i B_{ij} \overline{R_{im}} \quad (9)$$

Диссипативная функция F элементов вязкого трения представлена в виде функции Релея:

$$F = 0.5 \sum_{u=1}^9 d_u * |\overline{R_u}|^2 \quad (10)$$

Уравнение диссипативной функции F элементов вязкого трения, описываются функцией Релея, если его продифференцировать по времени и записать его можно в частных производных по обобщенным координатам

$$\frac{\delta F}{\delta q_i} = \sum_{j=1}^7 \sum_{u=1}^9 \text{tr} [M_{uj}D_uM_{uj}^T]q_i \quad (11)$$

Вектор обобщенных сил, входящими компонентами которого являются внешние силы воздействия, к которым относят силы сопротивления копания, нагрузка, приложенная к рабочему органу.

Вектор матричной формы принимает вид:

$$\overline{F}_i = \sum_{r=1}^5 \overline{P}_r U_{ij} \overline{R}_r, \quad (12)$$

где  $\overline{P}_r$  – силы, приложенные к звеньям расчетной схемы,  $\overline{R}_r$  – вектор координат точки приложения силы.

Уравнение динамики многофункционального одноковшового гидравлического экскаватора (МОГЭ) полученные выражения в уравнения Лагранжа II рода, после подставления принимает вид:

$$\sum_{j=1}^7 \sum_{i=1}^5 \text{tr} [A_{ij}B_iA_{ij}^T] \ddot{q}_j + \sum_{j=1}^7 \sum_{u=1}^8 \text{tr} [M_{uj}D_uM_{uj}^T] \dot{q}_j + \sum_{j=1}^7 \sum_{u=1}^8 \text{tr} [M_{uj}D_uM_{uj}^T] q_j + \sum_{i=1}^5 m_i g G_2^T T_i B_{ij} \overline{R_{im}} = \sum_{r=1}^5 \overline{F}_r B_{ij} \overline{R}_r \quad (13)$$

В конечном итоге векторно - матричная форма уравнения имеет следующий вид:

$$D_q \ddot{q} + E_q \dot{q} + F_q q = Q_i \quad (14)$$

Коэффициенты матриц  $D_q, E_q, F_q$  имеют вид:

$$D_q = \sum_{j=1}^7 \sum_{i=1}^5 \text{tr} [A_{ij}B_iA_{ij}^T] \quad (15)$$

$$E_q = \sum_{j=1}^7 \sum_{i=1}^8 \text{tr} [M_{uj}D_uM_{uj}^T] \quad (16)$$

$$F_q = \sum_{j=1}^7 \sum_{u=1}^8 \text{tr} [M_{uj}N_uM_{uj}^T] \quad (17)$$

Блок – схема математической модели МОГЭ показана на рисунке 4.

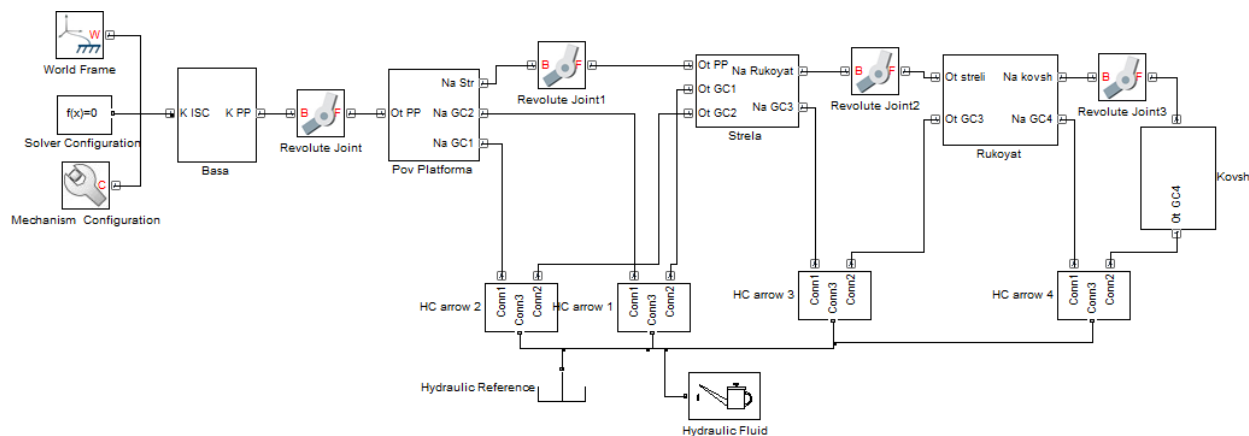


Рис. 4. Блок-схема математической модели многоцелевой одноковшовый экскаватор в обозначениях Simulink

Уравнение динамики многофункционального одноковшового гидравлического экскаватора, приведенное в векторно-матричной форме, представляющие собой систему дифференциальных уравнений, включает конструктивные параметры многофункциональный одноковшовый гидравлический экскаватор и обобщенные координаты.

В данной работе использовали программный продукт (ПП) Matlab, в частности, продукт Simulink, который позволил решить данное уравнение.

Служащий для моделирования объемных систем, содержащий в себе аппарат автоматической визуализации динамики системы и моделирования гидравлических силовых и управляющих систем. На основании составленных блок-схем соответственно синтезировали дифференциальные уравнения, что позволило осуществить их численное решение одним из предлагаемых ПП методов.

Для построения подсистем использовались следующие основные блоки:

*Solid* - представляющее собой сочетания геометрических, инерционных компонентов и компонентов массы.

*Rigid Transform* — блок, задающий систему координат, матрицы перемещения между ними, а так - же вектора крепления опор и гидроцилиндров.

*Revolute* — блок, представляющий вращательную степень свободы между элементами оборудования.

*Prismatic Joint* — блок, задающий поступательную степень свободы между гильзой и штоком гидроцилиндра [3].

Моделирование пропорционального гидропривода МОГЭ представляет собой двухстадийный процесс, который связан с разработкой принципиальной расчетной гидравлической схемы одноковшового экскаватора (рис.2), выделения в ней контура для проектирования (рис. 3) и его реализации в среде Matlab которое возможно при помощи пакета SymHydraulics в Simulink. [4, 5]

В целом принцип работы контура гидропривода следующий. Из бака рабочая жидкость (масло) забирается насосом и подается к пятилинейному распределителю. В нейтральном положении золотника при работающем насосе жидкость сливается обратно в бак, а каналы гидроцилиндров в этом случае заперты. При смене позиции золотника открываются проходные сечения в гидрораспределителе и жидкость начинает поступать в поршневую или штоковую полость гидроцилиндра.

*Simulink* — модель гидропривода, представлена на рис. 4. Из блоков библиотеки Simscape и SymHydraulics при моделировании пропорционального гидравлического привода использовались следующие блоки:

*Solver Configuration* — блок, определяющий настройки параметров решателя для моделирования блочной диаграммы Sym Hydraulics.

*Mechanical Translation Reference* — блок основания (стойка) для поступательно движущихся механизмов.

*Simulink-PSConverter* — блок конвертации обычного Simulink— сигнала в физический сигнал библиотеки Simscape.

*PS - Simulink Converter* — блок конвертации физического сигнала библиотеки Simscape в Simulink— сигнал.

*Hydraulic Reference* — блок связи гидросистемы с атмосферным давлением (гидробак).

*Hydraulic Fluid* — блок задания вида и свойств гидравлической жидкости.

*Variable - Displacement Pressure-Compensated Pump* — регулируемый насос с компенсатором давления.

*Proportional and Servo – Valve Actuator* — блок, позволяющий учесть реальные свойства привода золотника гидрораспределителя.

*Check Valve* — обратный клапан.

*Hydraulic Resistive Tube* – блок, представляющий собой гидравлический трубопровод круглого и некруглого сечения, в котором учитывается только сопротивление в устойчивых режимах движения жидкости, без учета сжимаемости, инерционности жидкости и гидроударов.

*Double - Acting Hydraulic Cylinder* — силовой гидроцилиндр двухстороннего действия.

*Ideal Force Source* — идеальный источник усилия.

На основании составленных отдельных подсистем математической модели была составлена блок - схема цельной модели одноковшового экскаватора (рис. 4). Для численного решения дифференциальных уравнений механической и гидравлической подсистем был использован метод трапеции с интерполяцией, являющимся лучшим для решения дифференциальных уравнений, описывающих колебательные системы. Также для повышения быстродействия системы при сохранении производительности, целесообразно использовать метод решения дифференциальных уравнений с переменным шагом.

Заключение:

Для визуализации объекта в AutoCAD - системе была создана трехмерная имитационная модель многофункциональный одноковшовый гидравлический экскаватор с гидроприводом, отдельные звенья которой были импортированы в ПП Matlab.

Визуализация многофункционального одноковшового гидравлического экскаватора с гидроприводом в Simulink 3D Animation. Полученная динамическая модель многофункционального одноковшового гидравлического экскаватора с гидроприводом в Matlab позволяет исследовать статические и динамические характеристики, с помощью которых можно выявить основные зависимости, определяющие разработку грунта от следующих факторов: положение рабочего оборудования в пространстве, масса грунта в ковше, конструктивные параметры фрезы, устройства управления, информационно-измерительные устройства, статические и динамические характеристики электрогидравлической системы управления.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Е. Д. Комаров. А.А.Руппель. Автоматика и программная инженерия// НГТУ. — 2013. — № 2 (4). — С.71–81.
- [2] В.В.Козлов [и др.]. Динамика управления роботами // Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1984. — 336с.
- [3] Чарльз Генри Эдвардс, Дэвид Э. Пенни. Дифференциальные уравнения и краевые задачи: моделирование и вычисление с помощью Mathematica, Maple и MATLAB. // 3-е издание. Киев.: Диалектика-Вильямс, 2007. ISBN 978-5-8459-1166-7. Аннотация.
- [4] Е. Р. Алексеев, О. В. Чеснокова. Решение задач вычислительной математики в пакетах Mathcad 12, MATLAB 7, Maple 9. // Серия: Самоучитель. М.: ИТ Пресс, 2006, - 496 стр. ISBN: 5-477-00208-5. Аннотация.

Сазамбаева Б.Т., Тогизбаева Б.Б., Ибраева А.А., Маханов М.

**Көп функционалды бір шөмішті гидравликалық экскаватордың динамикалық жүйесін MATLAB-та математикалық модельдеу**

**Резюме:** Мақалада бір шөмішті экскаватордың есептік сұлбасын таңдаудан, бірнеше қозғалыстық дәрежелері бар жүйе үшін қозғалыс моделінен, Matlab бағдарламалық өнімінде механикалық және гидравликалық жүйелерді моделдеуден тұратын бір шөмішті экскаватордың динамикалық жүйесін математикалық модельдеу процестері сипатталады.

**Түйінді сөздер:** модельдеу, гидрожетек, математикалық модельдеу, көпфункционалды бір шөмішті гидравликалық экскаватор.

УДК 677.024

**A.E. Aripbayeva, S.G. Stepanov, R.T. Kaldybaev, R.SH. Mirzamuratova**  
(M. Auezov South Kazakhstan State University, Ivanovo State Polytechnic University)  
E-mail: Rashid\_cotton@mail.ru, gkaldybaeva@mail.ru

### **CONCLUSION OF THE FORMULA FOR THE CALCULATION OF THE BURST PRESSURE IN THE PRESSURE FIRE HOSES**

**Abstract** .To assess the accuracy of the previously obtained formula for calculating the burst pressure in pressure fire hoses for hydraulic action, all necessary initial data were determined, namely, factors such as the experimentally found values of the vertical buckling coefficients of the threads, the lengths of the contact zones between the threads, the shape of the deformed axis of the threads and other parameters . Calculations by the obtained formula with experimentally obtained parameter values give significantly more accurate results for bursting pressures in pressure fire hoses as compared to the formulas of other authors.

**Keywords:** the reinforcing frame (woven carrier shell) pressurized fire hose, the dependence for calculation of the strength of a fire hose under internal hydraulic effects, the coefficients of the vertical shear of the strands, the length of the contact areas between the threads.

**А.Е. Арипбаева, С.Г. Степанов, Р.Т. Калдыбаев, Р.Ш. Мирзамуратова**  
(Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова,  
Ивановский государственный политехнический университет)

### **ВЫВОД ФОРМУЛЫ ДЛЯ РАСЧЕТА РАЗРЫВНОГО ДАВЛЕНИЯ В НАПОРНЫХ ПОЖАРНЫХ РУКАВАХ**

**Аннотация.** Для оценки точности ранее полученной формулы для расчета разрывного давления в напорных пожарных рукавах при гидравлическом воздействии определены все необходимые исходные данные, а именно такие факторы, как экспериментально найденные величины коэффициентов вертикального смятия нитей, длины зон контакта между нитями, формы деформированных осей нитей и другие параметры. Расчеты по полученной формуле с найденными экспериментальным путем значениями параметров дают существенно более точные результаты по разрывным давлениям в напорных пожарных рукавах по сравнению с формулами других авторов.

**Ключевые слова:** армирующий каркас (тканая несущая оболочка) пожарного напорного рукава, зависимость для расчета на прочность пожарного рукава при внутреннем гидравлическом воздействии, коэффициенты вертикального смятия нитей, длины зон контакта между нитями.

#### **Введение**

В статье рассмотрены физико-химические, физико-механические свойства синтетических нитей для армирующего каркаса напорных пожарных рукавов, назначение и устройство последних, проведен краткий анализ публикаций по их прочностному расчету при гидравлическом воздействии, обозначены достижения в области расчета и проектирования рукавов, а также получена новая формула для расчета разрывного внутреннего гидравлического давления в пожарном рукаве, учитывающая реальные длины дуг контакта между основной и уточной нитями, фактические величины коэффициентов вертикального смятия нитей основы и утка в напорных пожарных рукавах различных диаметров, длину деформированной оси основной нити (криволинейный отрезок нити, близкий к синусоидальной кривой) и другие параметры. Разрывное давление, определяемое по данной формуле, является одним из важнейших прочностных параметров напорных пожарных рукавов при гидравлическом воздействии, регламентируемых стандартами на пожарные рукава.

#### **Материал и метод**

Выполним расчет разрывных давлений в латексированных напорных пожарных рукавах различных диаметров произведенных на научно-производственном объединении «БЕРЕГ» (Российская Федерация) и оценим точность этих расчетов в сравнении с экспериментальными данными по разрывным давлениям в тех же рукавах, а также с данными других авторов [1,2,3].

Для расчета разрывного внутреннего гидравлического давления в пожарных рукавах по формуле (1) [4,5] необходимо знать входящие в нее параметры армирующего каркаса (тканой несущей оболочки) напорного пожарного рукава, а именно: радиус пожарного рукава, натяжение в уточной нити при разрыве, геометрические плотности по основе и утку, диаметры нитей основы и утка, коэффициенты вертикального смятия нитей, коэффициенты, характеризующие длины зон контакта между нитями в долях диаметров нитей основы и утка[6,7].

В тканых каркасах латексированных напорных пожарных рукавов производства научно-производственного объединения «БЕРЕГ» используются как по основе, так и по утку полиэфирные нити различной линейной плотности. Диаметры основных  $d_0$  и уточных  $d_y$  нитей латексированных напорных пожарных рукавов диаметров 150 мм, 89 мм, 77 мм, 66 мм, 51 мм принимались на основе данных производителя пожарных рукавов. Данные производителя по диаметрам основных и уточных нитей были подтверждены данными замеров диаметров нитей исследуемых пожарных рукавов[8,9].

Геометрические плотности по основе  $L_0$  и утку  $L_y$  тканей несущих оболочек латексированных напорных пожарных рукавов указанных выше диаметров назначались на основе экспериментальных данных работы [10,11], полученных путем измерений непосредственно на пожарных рукавах.

Необходимые для расчета значения разрывных усилий уточных нитей  $N_{разр}$  латексированных напорных пожарных рукавов различных диаметров назначались по результатам испытаний нитей на разрыв на разрывной машине РМИ-250, полученных в [12,13].

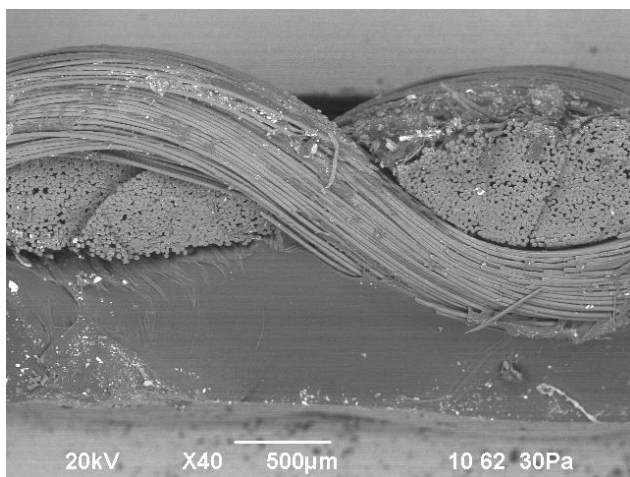
Длины дуг контакта между нитями, величины коэффициентов вертикального смятия нитей основы  $\eta_{ОВ}$  и утка  $\eta_{УВ}$  определялись на основе исследования зон контакта между нитями в рукавах различных диаметров при их разрезе. При этом использовался растровый электронный микроскоп JSM-6490LV, позволяющий исследовать микроструктуру и провести анализ поверхности различных материалов. Обработка экспериментальных данных проводилась с использованием методов математической статистики[14,15].

В качестве примеров на рис. 1-4 представлены фотографии зон контакта между нитями в армирующих каркасах напорных пожарных рукавов производства научно-производственного объединения «БЕРЕГ» диаметров 66 мм и 77 мм при разрезах вдоль нитей основы и утка при 50-ти и 40 - кратном увеличении[16].

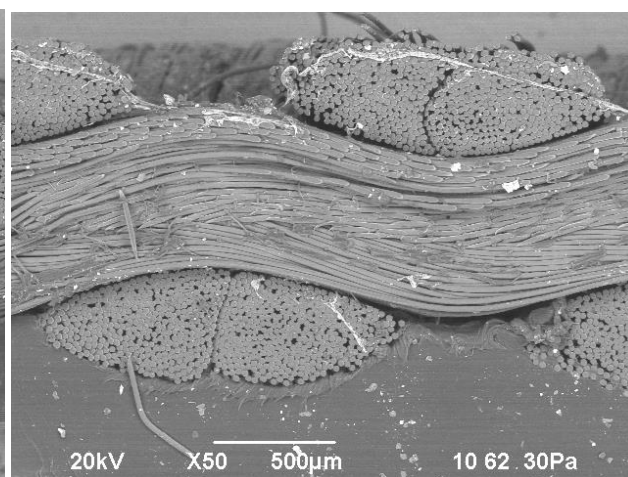
В таблице 1 приведены исходные данные для расчета разрывных давлений в латексированных напорных пожарных рукавов производства научно-производственного объединения «БЕРЕГ» при гидравлическом воздействии.

Таблица 1

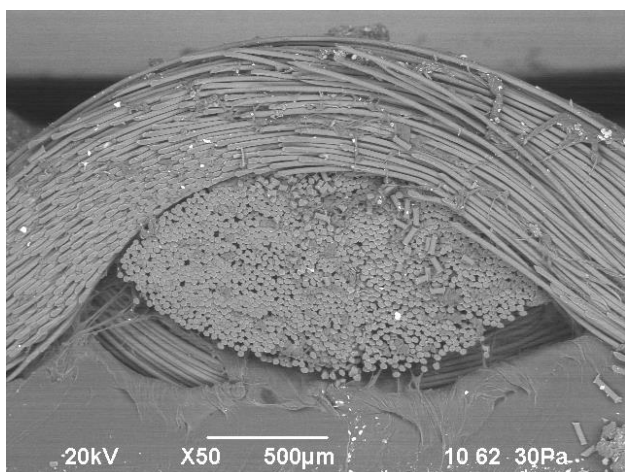
Диаметр латексированного напорного пожарного рукава, мм	Диаметр нити основы, мм	Диаметр нити утка, мм	Коэффициент вертикального смятия нити основы	Коэффициент вертикального смятия нити утка	Коэффициент зоны контакта $\beta_0$	Коэффициент зоны контакта $\beta_y$	Геометрическая плотность по основе, мм	Геометрическая плотность по утку, мм	Усилия разрыва нити утка, Н
150	2,00	2,00	0,558	0,559	1,13	1,11	2,02	2,97	795
89	1,80	1,60	0,545	0,549	1,16	1,13	1,82	2,63	505
77	1,35	1,45	0,532	0,528	1,18	1,14	1,09	2,38	429
66	1,20	1,30	0,543	0,540	1,17	1,13	1,07	2,15	356
51	1,20	1,35	0,553	0,545	1,16	1,12	1,09	2,14	335



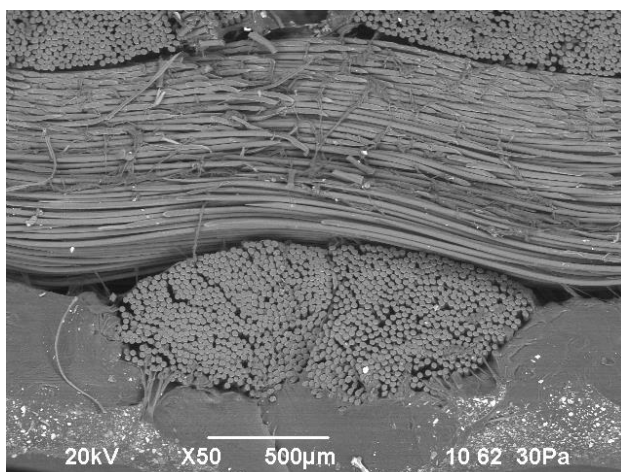
**Рис. 1.** Фотография зоны контакта между нитями в армирующем каркасе напорного пожарного рукава диаметра 66 мм при разрезе вдоль основной нити при 40 - кратном увеличении.



**Рис.2.** Зона контакта между нитями в армирующем каркасе напорного пожарного рукава диаметра 66 мм при разрезе вдоль уточной нити при 50 - кратном увеличении.



**Рис. 3.** Зона контакта между нитями в армирующем каркасе напорного пожарного рукава диаметра 77 мм при разрезе вдоль основной нити при 50 - кратном увеличении.



**Рис.4.** Зона контакта между нитями в армирующем каркасе напорного пожарного рукава диаметра 77 мм при разрезе вдоль уточной нити при 50 - кратном увеличении.

### Результаты

В таблице 2 представлены экспериментальные значениям разрывных давлений в латексированных напорных пожарных рукавах производства научно-производственного объединения «БЕРЕГ», рассчитанных на рабочее давление 1,6 МПа, полученные в лаборатории Всероссийского научно-исследовательского института противопожарной обороны (ВНИИПО) министерства по чрезвычайным ситуациям Российской Федерации, разрывные давления в тех же рукавах, рассчитанные по формуле (37), по формуле (1) и по формуле Н.А.Тарасова-Агалакова при исходных данных, представленных в табл. 1. Здесь же дано расхождение в процентах расчетных значений разрывных давлений по данным формулам в сравнении экспериментальными значениями разрывных давлений ВНИИПО в тех же пожарных рукавах.

Анализ таблицы 2 позволяет сделать вывод, что расчеты по формуле (1) [1] с найденными экспериментальным путем значений параметров дают существенно более точные результаты по разрывным давлениям в напорных пожарных рукавах по сравнению с формулами других авторов.



Таблица 2

Диаметр латексированного напорного пожарного рукава, мм	Экспериментальные значения разрывных давлений латексированных напорных пожарных рукавов производства НПО «БЕРЕГ», рассчитанных на рабочее давление 1,6 МПа, (по данным ВНИИПО), МПа	Расчетные значения разрывных давлений (по формуле 37 [3]), МПа	Превышение экспериментальных значений разрывных давлений по данным ВНИИПО над расчетными, (по формуле 37 [3]), %	Расчетные значения разрывных давлений (по формуле Н.А.Тарасова-Агалакова [4]), МПа	Превышение расчетных значений разрывных давлений по формуле Н.А.Тарасова-Агалакова [4] над экспериментальными данным ВНИИПО, %	Расчетные значения разрывных давлений (по формуле (1) [1]), МПа	Расхождение между экспериментальными значениями разрывных давлений (по данным ВНИИПО) и расчетными, (по формуле (1) [1]), %
150	2,6	2,599	0,04	3,57	37,3	2,672	2,77
89	3,2	3,10	3,14	4,30	34,4	3,264	2,01
77	4,2	3,79	9,76	4,68	11,5	4,217	0,4
66	4,3	3,88	9,77	5,02	16,7	4,202	2,28
51	5,2	4,73	9,04	6,14	18,1	5,055	2,79

### ВЫВОДЫ

На основе исследования зон контакта между нитями в пожарных напорных рукавах различных диаметров при использовании современной измерительной аппаратуры определены длины дуг контакта между основной и уточной нитями, величины коэффициентов вертикального смятия нитей основы и утка.

Расчеты по формуле (1), учитывающей помимо прочих параметров найденные экспериментальным путем значения длин дуг контакта между основной и уточной нитями, величины коэффициентов вертикального смятия нитей, близкую к фактической длину деформированной оси основной нити дают существенно более точные результаты по разрывным давлениям в пожарных напорных рукавах по сравнению с формулами других авторов.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Степанов О.С. Применение теории строения ткани для прочностного расчета напорных пожарных рукавов при гидравлическом воздействии: Дис. ... кандидата техн. наук. – Иваново, ИГТА, 2012. – 141 с.
- [2] Моторин Л.В., Степанов О. С., Братолобова Е.В. Упрощенная математическая модель для прочностного расчета напорных пожарных рукавов при гидравлическом воздействии // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №1.
- [3] Ломов С.В., Гусаков А.В. Математическое моделирование строения трехмерных тканей // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти. – 1999. – № – С. 50–53.
- [4] Толубеева Г.И. Пример расчета уработок нитей основы и утка и построение их профилей в ткани полотняного переплетения // Изв. вузов. Технология текст. пром-ти. – 2012. - № 2. - С. 53-58.
- [5] Толубеева Г.И. Методика расчета уработок нитей во фронтальной плоскости однослойной ткани по ее заправочным данным и высоте волны изгиба основы // Изв. вузов. Технология текст. пром-ти. – 2012. - № 3. - С. 48-51.
- [6] Толубеева Г.И. Методика расчета уработок нитей в горизонтальной плоскости однослойной ткани по ее заправочным данным и высоте волны изгиба основы // Изв. вузов. Технология текст. пром-ти. – 2012. - № 5. - С. 64-69.
- [7] Толубеева Г.И. Разработка нового метода количественной оценки переплетений однослойных тканей // Изв. вузов. Технология текст. пром-ти. – 2007. - № 1. – С. 55-60.
- [8] Полякова Л.П., Примаченко Б.М. Исследование влияния переплетений основных и уточных нитей на прочностные и гигиенические свойства однослойных тканей // Изв. вузов. Технология текст. пром-ти. – 2007. - № 1. - С. 77-83.
- [9] Николаев С.Д., Михеева М.А., Парфенов О.В. Влияние вида переплетения на параметры строения тканей // Изв. вузов. Технология текст. пром-ти. – 2008. - № 2. – С. 59-60.
- [10] Синицына И.В., Николаев С.Д., Николаева Н.А. Исследование свойств и строения тканей неортогонального строения // Изв. вузов. Технология текст. пром-ти. – 2009. - № 2. – С. 31-33.
- [11] Степанов О.С., Романычев Н.К., Моторин А.В. Ткань из высокомодульных технических нитей // Изв. вузов. Технология текст. пром-ти. – 2009. - № 3. – С. 41-45.

[12] Степанов О.С., Грачев В.Н. Некоторые геометрические соотношения теории строения ткани // Изв. вузов. Технология текст. пром-ти. – 2009. - № 6. – С. 61-64.

[13] Арипбаева А.Е., Мырхалыков Ж.У., Степанов С.Г. Подтверждение зависимости для расчета разрывного внутреннего гидравлического давления в пожарных напорных рукавах // Вестник КазНТУ. - 2017. - № 2. - С. 196-200.

[14] Арипбаева А.Е. О расчете и рациональном проектировании армирующих каркасов пожарных напорных рукавов при действии внутреннего гидравлического давления // Надежность и долговечность машин и механизмов: сб. матер. VIII Всеросс. науч.-практ. конф. - Иваново, 2017. – С. 3-6.=

[15] Степанов С.Г., Шомов П.А., Арипбаева А.Е., Сибилев А.А. О выборе материала нитей для производства армирующих каркасов пожарных напорных рукавов с улучшенными эксплуатационными характеристиками // Надежность и долговечность машин и механизмов: сб. матер. VIII Всеросс. науч.-практ. конф. - Иваново, 2017. – С. 233-236.

[16] Aripbaeva A.E., Mirkhalikov Zh.U., Stepanov S. G. Method of design of reinforcing frames fire hoses when subjected to internal hydraulic pressure // European Science and Technology. Materials of the XVII international research and practice conference Munich, Germany 2017. С. 42-50.

Арипбаева А.Е., Степанов С.Г., Қалдыбаев Р.Т., Мирзамуратова Р.Ш.

#### **Қысымды өрт сөндіру жеңдерінде үзілу қысымын есептеу үшін формуланы шығару**

**Түйіндеме.** Бұл мақалада арынды өрт жеңдерінің армирлеу қаңқасына арналған синтетикалық жіптердің физика-химиялық, физика-механикалық қасиеттері қарастырылған. Сонымен қатар өрт сөндіру жеңіндегі ішкі гидравликалық қысымның үзілуін есептеу үшін жаңа формула алынды

**Түйін сөздер:** өрт арынды жеңінің арматуралаушы қаңқасы (мата көтергіш қабығы), ішкі гидравликалық әсер ету кезінде өрт жеңінің беріктігін есептеу үшін тәуелділік, жіптердің тік шайылу коэффициенттері, жіптер арасындағы байланыс аймағының ұзындығы.

УДК 665.66

**К.К.Syrmanova<sup>1,2</sup>, A.B. Agabekova<sup>1</sup>, G.E. Tileuov<sup>1</sup>,  
G.A. Zhumakhanova<sup>1</sup>, Zh.B.Kaldybekova<sup>1</sup>, Sh.B.Baizhanova<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> South Kazakhstan State University M. Auezov,

<sup>2</sup>Miras University, Shymkent, Kazakhstan, syrmanova.kulash @ mail.ru

#### **FEATURES OF THE TECHNOLOGY FOR PRODUCING PAINTING MATERIALS BASED ON BITUMEN**

**Abstract.** When addressing issues related to the practical use of paint coatings in the oil and gas industry, it is necessary to know not only their properties and scope, but also the technology applied to various types of equipment. This facilitates the choice of coatings, contributes to their most effective application.

It is known that the factors hindering the widespread use of bitumen paints and varnishes are low hardness, adhesion and strength, largely depending on the technological conditions of the bitumen-temperature process, air flow and the duration of the process, and on the group chemical composition of the feedstock.

To improve the physic-mechanical properties, reduce shrinkage during curing, and reduce the cost of coatings of compositions based on petroleum bitumen, fillers are introduced into their composition. The work used domestic vermiculite.

**Key words:** oil bitumen, paints and varnishes, plasticizers, fillers, hardness, adhesion, durability.

**К.К.Сырманова<sup>1,2</sup>, А.Б. Агабекова<sup>1</sup>, Г.Е.Тилеуов<sup>1</sup>,  
Г.А. Жумаханова<sup>1</sup>, Ж.Б.Калдыбекова<sup>1</sup>, Ш.Б.Байжанова<sup>1</sup>**  
<sup>1</sup> М. Ауэзов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті  
<sup>2</sup> Мирас университеті, Шымкент, Қазақстан, syrmanova.kulash@mail.ru

#### **БИТУМ НЕГІЗІНДЕ ЛАКБОЯУ МАТЕРИАЛДАРЫН АЛУ ТЕХНОЛОГИЯСЫНЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ**

**Аннотация.** Лак бояу жабындарын мұнай және газ өнеркәсібінде практикалық түрде қолданумен байланысқан мәселелерді шешу кезінде олардың тек қасиеттері мен пайдалану саласы ғана емес, сонымен қатар жабындардың түрлеріне енгізу технологиясын да білу қажет. Бұл жабындарды таңдауды жеңілдетеді, оларды әлдеқайда тиімді пайдалануға септігін тигізеді.

Битумды лакбояу материалдарын кең түрде қолдану кезінде битум алу процесінің технологиялық шарттары – температура, ауаның шығыны мен процестің ұзақтығы, сонымен қатар бастапқы шикізаттың топ-

тық химиялық құрамына айтарлықтай дәрежеде тәуелді болатын қаттылықтың, адгезия және беріктік көрсеткіштерінің төмен болуы оны қолдануды шектейді.

Мұнай битумдары негізіндегі композициялардың физика-механикалық қасиеттерін жақсарту, қату кезіндегі тартылуын азайту және құнын төмендету үшін олардың құрамына толықтырғыштар енгізеді. Осы жұмыста отандық вермикулит қолданылған.

**Кілтті сөздер:** мұнай битумы, лакбояу материалдары, пластификаторлар, толықтырғыштар, қаттылық, адгезия, ұзақ мерзімділік.

Мұнайгазкомплексі республикада социалды- экономикалық реформаны орындайтын қозғалтқыш күші, заманауи инновациялық және басқарушылық шешімдерінің тасымалдағышы болып саналалы.

Қазақстан-2050 стратегиясы аясында еліміздің энергия ресурстарын менгеру және Қазақстанның 30 дамыған мемлекеттер қатарына енудің әлдеқайда оптималды сценарийін әзірлеу керек.

Прогрестің негізі ретінде шикізат ғана емес, дамыған өнеркәсіптік өндеу секторымен инновациялық экономика және т.б. әртараптандырылған экономика болу керек.

Соңғы жылдары Қазақстан мұнай өндеуді ретімен жоғарылатуға бағытталған 2020 ж. 95–100 млн. дейін, 2030 ж. дейін 110–115 млн. т., 2040-2050 ж. 110 млн. т. деңгейіне дейін тұрақтандыру болып отыр.

Заманауи мұнай саласын дамытудың дүние жүзілік жалпы тенденциясында жеңіл мұнайлардың меңгерілген қорларын азайту болып саналады. Практикалық түрде қорлардың өсуі ауыр тұтқыр күкіртті мұнай есебінен болады.

Осыған байланысты мұнай өндеу өнеркәсібін ары қарай дамыту мұнай және мұнай қалдықтарын терең өндеуді жоғарылатуға бағытталған.

Одан басқа, мұнай газ комплексінің ерекше өзіндік ерекшеліктері бар, яғни қоршаған ортаны ластау кезіндегі техногенді әсерлерінің күшейтілген белсенділігі жатады.

Лакбояу өнеркәсібі лакбояу материалдарының кеңейтілген ассортиментін (лактар, эмальдар, бояулар, грунтовкалар, тығыздағыштар, түрлі қосалқы материалдар) өнеркәсіптің түрлі салаларында, құрылыста, көлікте, күнделікті тұрмыста кең түрде қолданыс тапты.

Лакбояу материалдарының (ЛБМ) ассортименті соңғы жылдары айтарлықтай кеңейтілген. Мұнай және газ өнеркәсібінде лакбояу материалдарын практикалық түрде пайдаланумен байланысқан мәселелерді шешкен кезде оның тек қасиеттері мен оларды қолдану аймағы ғана емес, сонымен қатар түрлі жабдықтарға енгізу технологиясын да білу қажет. Бұл полимер жабындарын таңдауды жеңілдетеді, оларды әлдеқайда тиімді қолдануға септігін тигізеді.

Қолжетімді позиция (бағасы мен көлемі) және ЛБМ жеке құрамдастарын өндіру жағынан, үйреншікті қабыршақтүзгіш негізіндегі – олифалар, битумдар, сонымен қатар бейорганикалық пигменттер композицияның маңыздылығын сақтайды.

Осы жабындардың айтарлықтай кемшіліктеріне қорғаныс қасиеттерінің қысқа мерзімді ресурсы жатады, ол сәйкесінше атмосфералық-ауалы және сулы-тұзды ортаның әсерімен 3-5 және 1-2 жылмен шектеледі,

Айта кететін жай, битумды бояулардың болашағы жақсы, себебі олардың қасиеттері беттік-активті заттар, кейбір полимерлер мен олигомерлердің коррозия ингибиторларын енгізген кезде айтарлықтай жақсаруы мүмкін. Осының бәрі де майға деген тұтынысты төмендетуге және осы бояуларды әлдеқайда битумды етуге, яғни қолжетімді және арзандатуға мүмкіндік береді. Одан басқа, битумның өзінің сапасын оны синтездеу кезінде жоғарылатуға мүмкіндік бар. Яғни, битумды лакбояу материалдарының сапасын жоғарылатуға қосымша мүмкіндіктер туындайды.

Битумды лакбояу материалдарының кең түрде қолдануын шектейтін факторларға қаттылық, адгезия және беріктік сияқты көрсеткіштерінің төмен болуы жатады, олар айтарлықтай дәрежеде битумды алу технологиялық процесінің шарттарына – температура, ауаның шығыны мен процесінің ұзақтығына, сонымен қатар бастапқы шикізаттың топтық химиялық құрамына байланысты.

Жұмыстағы зерттеу нысанына БНД 70/100 маркалы мұнай жол битумы жатады. БНД 70/100 мұнай өндеудің көптоннажды өнімі болып табылады және бағалы техникалық қасиеттердің комплексімен сипатталады [2-3]. Құлантау кен орнының ісіндіріліген вермикулиті [4-5].

Зерттеу үшін «Газпромнефть-Битум Казахстан» ЖШС Шымкент битум зауытының битумы қолданылды. Зауыттың өнімділігі тәулігіне 500 тонна битумды құрайды. 1-ші кестеде осы битумның физика-механикалық қасиеттері келтірілген.

Кесте 1. БНД 70/100 физика-механикалық қасиеттері

№	Көрсеткіштері	Мәні
1.	Инениң ену тереңдігі , 0,1 мм:	
	25 °С-та	75
	0 °С-та	22
2.	Сақина мен шар бойынша жұмсару температурасы, °С	48
3.	25°С-та созылғыштығы , см	115
4.	Шынылану темпмературасы, °С	-20
5.	Тұтану температурасы, °С	240

Битумның физика-механикалық қасиеттерін зерттеу «Мұнай өңдеу және мұнайхимиясы» кафедрасында және М. Әуезов атындағы ОҚМУ «Конструкциялық және биохимиялық материалдар» инженерлік бейінді аймақтық сынақ зертханасында жүргізілді.

Битумның физика-механикалық қасиеттері келесі параметрлермен анықталды:

- 0 және 25 °С-та инениң ену тереңдігін анықтау ;
- 25°С-та созылғыштығы н анықтау;
- Сақина мен шар бойынша жұмсару температурасын анықтау, °С ;
- қоспаның созылмалдылығын анықтау.

Битумды лактардың физика-механикалық және қорғаныс қасиеттерін зерттеу стандартты әдіс-темеге сәйкес жүргізілді. [ 6].

Майсыз битумды лактарды битумды немесе оның қоспасын шайырмен 250<sup>0</sup>С-та қыздыру арқылы дайындайды.

Майлы-битумды және майлы-битумды-шайырлы лактарды ыстық немесе салқын тәсілмен алады. (сур.1. біртекті балқыма алынғанша). Қапжетті мөлшердегі еріткішті енгізгеннен соң және араластырғаннан кейін балқыма ерітіндісін араластырғышқа 2 типизациялауға, одан кейін сораптау бағына3 және центрифугаға 4 айдайды. Тазалағаннан кейін дайын лакты жеке ыдыстарға салады.

Көптеген бағалы қасиеттері (суға төзімділік,концентрациясы жоғары қышқылдар мен сілтілерден гидрофобты қорғаныс қасиеттері) есебінен қорғаныс жабындарын өндіру кезінде битумды қолдану жылдан жылға біріншілік өзектілігімен иеленген, сондықтан олардың физика-механикалық және адгезиялы- беріктік қасиеттерін реттеу тәсілдері мен әдістері есебінен битумды материалдарды пайдалану саласын кеңейту қажет болып отыр.

Май фракциялары көмірсутекті компоненттердің ерігіштігі бойынша полярлы еріткіштерде ароматикалық көмірсутектер ең жоғары ерігіштікке ие, парафиндер- аз, нафтенді көмірсутектер аралық орынды алады. [3].

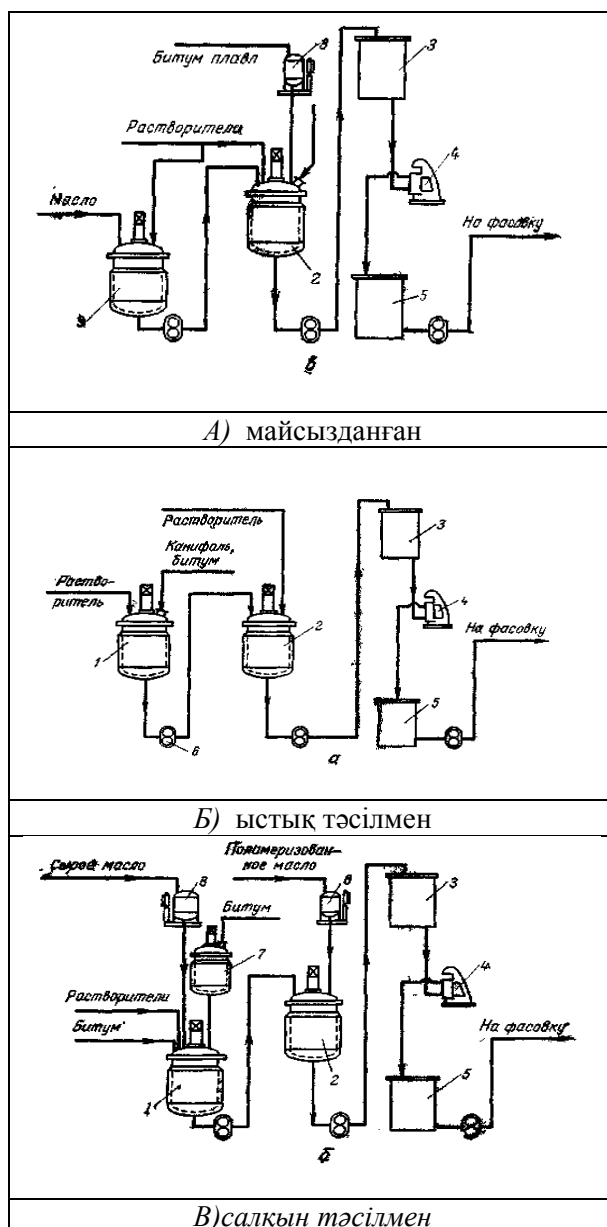
Сондықтан, битумды лак негізіндегі ЛБМ дайындау кезінде негізі органикалық еріткіштер ретінде ароматикалық көмірсутектер: толуол, мұнай ксилолы, мұнай ортоксилолы және т.б. қолданылады.

Ереже бойынша, бұл материалдар таза күйінде еріткіш ретінде пайдаланылмайды. Осы мақсатта арнайы қоспаларды қолданылады, олардың құрамы мен қасиеті нақты рецепт бойынша таңдалынып алынуы керек.

Еріткіштердің қоспасын пайдалану ЛБМ оптималды технологиялық қасиеттерімен және құнымен алуға мүмкіндік береді, себебі жабындардың кебу уақыты ұшпалы- және жай ұшпалы еріткіштер сапасымен және араластырғыштармен реттеледі.

Қоспада жеңілұшпалы еріткіштердің болуы жабындар қабыршақтарының салқындауына және қоршаған ауадан ылғалдың конденсациялануына алып келеді, ол деген қабыршақтүзгіштің коагуляциясын тудырады немесе басқа жарамсыз ақаулардың (кеуектер, көбіршіктердің және т.б.) пайда болуына алып келеді.

Басқа жағынан алғанда, қоспада тек жай ұшпалы еріткіштерді пайдалану кептіру процесін айтарлықтай ұзартады. [3].



1 - реактор; 2- араластырғыш; 3- сорапты бак; 4 - суперцентрифуга; 5- қабылдау бағы;  
6 - сорап; 7 – балқытқыш ; 8 таразыдағы өлшегіштер; 9 - полимеризатор.

Сурет 1. Битумды лактарды өндіру схемасы

Лак пен бояулар өндірісінде шикізат ретінде қабыршақтүзгіш материалмен бірге пигменттер, толықтырғыштар, пластификаторларды, сонымен қатар кейбір қосалқы заттарды пайдаланады.

Еріткіштердің булану процесі кезінде ЛБМ қабыршақтарынан оның тұтқырлығы белгілі дәрежеге дейін өседі, яғни қатты деформацияланбайтын төсеніште тартылуынан пайда болған кернеу лактануға үлгермейді, яғни жабындардың сынуына алып келеді.

Бұл кезде модифицирлеуші компонент ретінде пластификаторларды қолданады. Өлдеқпайда тиімді түріне композицияға берік-иілімділік қасиеттерін иелендіре отырып, құрылымды- механикалық қасиеттерінің төмендеуіне алып келетін пластификаторлар саналады. .

Битумды лакбояу жабындары үшін негізгі пластификаторларға мұнай майлары болып саналады: жасыл трансформаторлы, үйіршықты, полимерлер - полиизобутилен, жасыл майдағы полиизобутиленнің ерітіндісі, төменмолекулалы полиэтилен; төменмолекулалы синтетикалық каучуктер - полидиен, октол және т.б.

Физика-механикалық қасиеттерін жақсарту, қату кеіндегі тартылуының азаюы және мұнай битумы негізінде жабындар композициясының құнын төмендету үшін олардың құрамына толықтырғыштарды енгізеді.

Оларды екі топқа бөлуге болады: талшықты және ұнтақ тәріздес.

Ұнтақ толықтырғыштар минералды ( кремнезем, бор, тальк, диабазалы, анде- зитті, кварцiлі, сілекейлі ұнтақтар ) және органикалық (майдаланған резина, төмен қысымды полиэтилен, күйе және т.б.) болып бөлінеді.

Талшықты толықтырғыш ретінде асбестті түрі қолданылады. Енгізілетін толықтырғыштардың мөлшері бөлшектердің өлшемі, материалдың қабiлеттiлiгi мен мәніне байланысты болады.

Толықтырғыштарға қойылатын негiзгi талап - жұқа дисперстiлiгi, ылғалдылығы төмен, гидроробтылығы, түрлі белсенді ортаның әсеріне төзімділігі жатады.

Қазіргі уақытта мұнай битумы негізінде ЛБМ алу үшін жабындардың қорғаныс қасиеттерін жетілдіру мақсатында әлдеқайда перспективті бағытқа отандық вермикулитті қолдану болып табылады.

Ісіндірілген вермикулитті білікті түрде қолдану айтарлықтай жеңілдетеді, көптеген жағдайда мысалы мұнай битумы негізінде құрылыс бояуларын дайындауда оны энергиякөлемді дисперсирлеу артық болады: сәйкесінше қабыршақтүзушімен жай араластыру кезінде бөлшектердің пептизациясы жүреді [5].

Практика көрсеткендей, вермикулитті толықтырғыш экономикалық жағынан өзін-өзі тек қана өтеп қоймай, сонымен қатар өте тапшы толықтырғышқа деген тұтынысты айтарлықтай төмендетуге мүмкіндік береді.

#### ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Каренов Р. С., Романько Е.Б., Иманбекова А. М., Ахметова А. С. Приоритетные направления развития нефтяной отрасли в мире и Казахстане. Сборник статей по материалам LII международной научно-практической конференции. «Инновации в науке»: 2015 г.

[2] Fink J.K. Oil Field Chemicals / J. K. Fink. - Amsterdam : Gulf Professional Publishing, 2003. - 479 с

[3] З.Галдина В.Д. Модифицированные битумы: учебное пособие. Омск: СибАДИ, 2009. – 228 с.

[4] 4.Сырманова К.К., Калдыбекова Ж.Б. Полифункциональные сорбенты. Монография, Ш., 2012-168с.

[5] Калдыбекова Ж.Б., Сырманова К.К., Ковалева А.Е., Байбазарова Э. А., Боташев Е.Т. Вермикулиты Южного Казахстана: получение, свойства, применение/«Вопросы современной науки»: коллект. научн. монография; [под ред. Н.Р.Красовской]. Москва:Изд. Интернаука, 2018, Т.29 ,168 с.

[6] 6.Сырманова К.К., Ривкина Т.В. Товарные нефтепродукты: Учебник, Шымкент: Издательство «Элем», 2016-191с.

Сырманова К.К., Агабекова А.Б., Тилеуов Г.Е., Жумаханова Г.А,  
Калдыбекова Ж.Б., Байжанова Ш.Б.

#### **Особенности технологии получения лакокрасочных материалов на основе битума**

**Резюме.** При решении вопросов, связанных с практическим использованием лакокрасочных покрытий в нефтяной и газовой промышленности, необходимо знать не только их свойства и область применения, но и технологию нанесения на различные виды оборудования. Это облегчает выбор покрытий, способствует наиболее эффективному их применению.

Известно, что факторами, сдерживающими широкое использование битумных лакокрасочных материалов, являются низкие показатели твердости, адгезии и прочности, в значительной степени, зависящие как от технологических условий процесса получения битумов- температуры, расхода воздуха и продолжительности процесса, так и от группового химического состава исходного сырья.

Для улучшения физико-механических свойств, уменьшения усадки при отверждении и снижения стоимости покрытий композиций на основе нефтяных битумов в их состав вводят наполнители. В работе использован отечественный вермикулит.

**Ключевые слова:** нефтяной битум, лакокрасочные материалы, пластификаторы, наполнители, твердость, адгезия, долговечность.

УДК 622 337

**К.К.Сырманова<sup>1,2</sup>, Zh.K. Alipbekova<sup>1</sup>, S.A.Sakibayeva<sup>1</sup>, Zh.B.Kaldybekova<sup>1</sup>, Sh.B.Baizhanova<sup>1</sup>**

(<sup>1</sup> South Kazakhstan State University M. Auezov,

<sup>2</sup>Miras University, Shymkent, Kazakhstan, syrmanova.kulash@mail.ru)

## **RESEARCH OF PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF RUBBER CRUM, USED TO IMPROVE THE QUALITY OF BITUMEN AND ASPHALT CONCRETE**

**Abstract.** One of the ways to solve the problem of recycling used tires and rubber products is crushing them using the resulting rubber crumb to modify petroleum bitumen.

The most important factors determining the quality of rubber-bitumen binders are: temperature and duration of obtaining RBV, chemical, fractional composition of the Republic of Kazakhstan, brand, group chemical composition and content of bitumen in the binder, type of plasticizer, surface state of crumb rubber.

In this work, the physicochemical properties of crumb rubber of various disparity obtained at «ЭКО-Шина» LLP were investigated.

**Key words:** bitumen, asphalt concrete, car tires, rubber waste, crumb rubber, dispersion, modification, spectra.

**К.К.Сырманова<sup>1,2</sup>, Ж.К. Алипбекова<sup>1</sup>, С.А Сакибаева<sup>1</sup>, Ж.Б.Калдыбекова<sup>1</sup>, Ш.Б.Байжанова<sup>1</sup>**

(<sup>1</sup> М. Ауэзов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті

<sup>2</sup> Мирас университеті, Шымкент, Қазақстан, syrmanova.kulash@mail.ru)

## **БИТУМДАР МЕН АСФАЛЬТБЕТОНДАРДЫҢ САПАЛАРЫН АРТТЫРУ ҮШІН ҚОЛДАНЫЛАТЫН РЕЗИНА ҰНТАҒЫНЫҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ**

**Аннотация.** Тозған автокөлік шиналары мен резина техникалық бұйымдарды қайта өңдеп пайдалану мәселесін шешу бағытының бірі – оларды резина ұнтағына айналдырып, мұнай битумдарын модификациялау үшін қолдану болып табылады.

Резина битумды тұтастырғыштардың сапасын анықтайтын маңызды факторларға: температура мен резина-битумды тұтастырғышты (РБТ) алу ұзақтығы, резина ұнтағының (РҰ) фракциялық, химиялық құрамы, тұтастырғыштағы битумның мөлшері мен топтық химиялық құрамы, маркасы, пластификатор түрі, резина ұнтағының беттік қабатының күйі жатады.

Бұл жұмыста «ЭкоШина» ЖШС алынған дисперстілігі әр түрлі резина ұнтағының физика-химиялық қасиеттері зерттелген.

**Кілтті сөздер:** битум, асфальтбетон, автокөлік шиналары, резина техникалық бұйымдардың қалдықтары, резина ұнтағы, дисперстілік, модификациялау, спектрлер.

Қазіргі уақытта қозғалыстың қарқынды дамуы мен автокөлік осіне түсірілетін жүктеме шарттарында бірінші орынға жол бетінің конструкциялық қабаттарының және автомобиль жолдарының пайдалану қасиеттерін арттыратын соңғы үлгідегі технологиялар мен материалдарды қолдану міндеті анықталады. Қалыптан тыс жүктемелерге төтеп беру үшін жолдардың беттік қабаттары беріктік, төзімділік қасиеттеріне ие болуы керек және өзгермелі температура жүктемелеріне, қыс мезгілінде теріс төмен температураларға, ал жаз мезгілінде жоғары температураларда ығысатын кернеулерге төтеп беру қажет.

Битумдар мен асфальтбитумдардың сапасын арттыру барлық мемлекеттердің жол құрылыс саласындағы маңызды мәселелердің бірі. Битумның сапасы асфальтбетонды жабындардың жарамдылық мерзімін және сапасын айтарлықтай дәрежеде анықтайды, себебі термопластикалық материал ретінде асфальтбетонның барлық сипаттамалық қасиеттерінің ерекшеліктері битумның қасиеттерімен анықталады [1-2].

Битумдарды модификациялаудың әр түрлі тәсілдерінің тиімділігін салыстырмалы түрде зерттеу битумдарды модификациялаудың перспективті бағыты резина ұнтағын қосымша ретінде қолдану болып табылатынын көрсетті.

Битумдардың модификаторы ретінде резинаны қолдану артықшылықтарына келесілер жатады: модификатордың құны төмен, себебі резина ұнтағының құны каучуктер мен СБС, «Каудест – Д» және т.б. сияқты полимерлі қосымшалармен салыстырғанда 5 – 10 есе төмен; алынатын модифицирленген битумдардың жоғары сапасы синтетикалық каучуктермен модифицирленген битумдардың сапа-

## • Технические науки

сынан қалыспайды; тозған автокөлік шиналары мен резина-техникалық бұйымдардың (РТБ) басқа қалдықтарын кең ауқымды қайта өңдеуді экологиялық мақсаттылығымен ұйымдастыру.

Резина ұнтағын тозған автокөлік шиналары мен резина-техникалық бұйымдардың (РТБ) басқа қалдықтарын қайта өңдеу арқылы алады. Тозған резиналардың ең көп тонналық ресурсы автокөлік шиналары болып табылады. Оларды қайта өңдеу көптеген елдерде экологиялық мәселе тудырады. Шымкент қаласындағы «ЭкоШина» ЖШС ескі доңғалақтардан өлшемі 0,42 мм дейін ұнтақ шығарады. Майда тор қондырғыларында фракциясы ұсақ 0,1 мм дейін ұнтақ алуға болады (1-кесте). Өте майда ұнтақ алу үшін үгіткіштер алу керек. Автокөлік доңғалақтарын резина ұнтағына қайта өңдеу үшін жабдық ретінде механикалық жолмен майдалауды қолданылады, ол кезде металды және талшықты кордтардан бөлек резина ұнтағын алады.

Ұнтақ автокөлік шиналарын қайта өңдеуге арналған механикалық жабдықтарында металды және талшықты кордпен доңғалақтарды майдалау арқылы алынады (сур.1.).

Кесте 1- Ұнтақ сипаттамасы

	Көрсеткіштер	Мәндер
1	Резина ұнтағының тазалығы	99,8%
2	Металды қосу	0,1%-дан кем
3	Текстильді талшықты қосу	0,2% көлемінде
4	Фракция бойынша сепарация тазалығы	жоғары
5	Түсі	қара
6	Термоқышқылдану эффекті	жоқ

Резина-битумды тұтастырғыштардың (РБТ) сапасын анықтайтын маңызды факторларына: резина-битумды тұтастырғыштарды (РБТ) алу ұзақтығы мен температурасы; резина ұнтағының (РҰ) фракциялық, химиялық құрамы; тұтастырғыштағы битум құрамы мен топтық химиялық құрамы, маркасы; пластификатор түрі; дайындағаннан кейін технологиялық температуралардағы резина-битумды тұтастырғыштардың (РБТ) болуы; резина ұнтағының (РҰ) беттік қабатының күйі жатады. [ 3 ].

Полимерлі-битумды байланыстырғыштардың (ПББ) құрылысын зерттеу үшін PikeTechnologies фирмасының Miracle толық ішкі шағылу құрылғысы бар Shimadzu IR Prestige-21 спектрометрі ИК-Фурье аппараты қолданылды.

Спектральды анализ битум құрылысындағы шамалы өзгерістерді және оған тән сіңіру сызықтарын анықтауға мүмкіндік береді, ол физика-механикалық қасиеттеріне әсер ететін негізгі қосылыстар мен байланыстарға тән. Молекулалардағы атомдардың тербелісі олардың спектрлерінде көрініс табады және молекулалардан құралған құрылымдық топтар, сұйық және қатты күйдегі молекулалардың өзара әсерлесу процестері туралы мәліметтер алуға мүмкіндік береді. Көрінетін, инфрақызыл аймақтарға түсетін молекулалардың тербелмелі және электронды спектрлері, атомдар спектрлері тәрізді қоспалар құрамы мен молекулалар құрылысын анықтау үшін қолданылады.

Сурет 1 «ЭкоШина» ЖШС алынған дисперстілігі әр түрлі резина ұнтағы үлгілерінің спектрлері келтірілген (1-үлгі 2-4 мм, екінші үлгі 1-2 мм, үшінші үлгі 0-1 мм) [4-5 ].

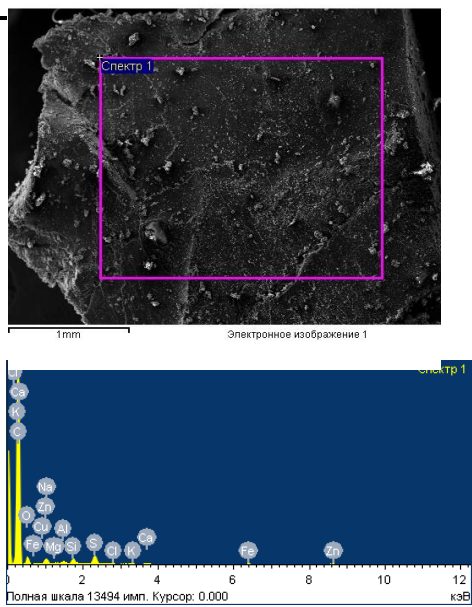


Сурет 1. «ЭкоШина» ЖШС шиналарды ұнтаққа қайта өңдеу қондырғысының негізгі майдалайтын комплексі



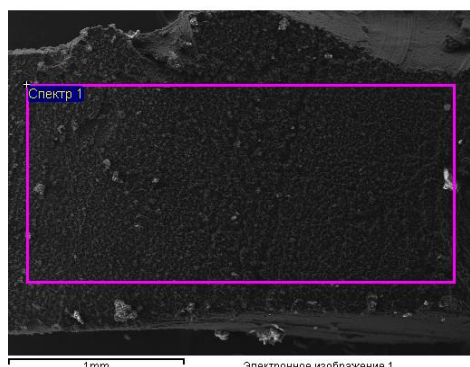
резина ұнтағы №1 (2-4 мм)

Элемент	Массалық үлес %
C	88.30
O	7.50
Na	0.12
Mg	0.06
Al	0.18
Si	0.45
S	1.00
Cl	0.02
K	0.08
Ca	0.22
Fe	0.49
Cu	0.19
Zn	1.38

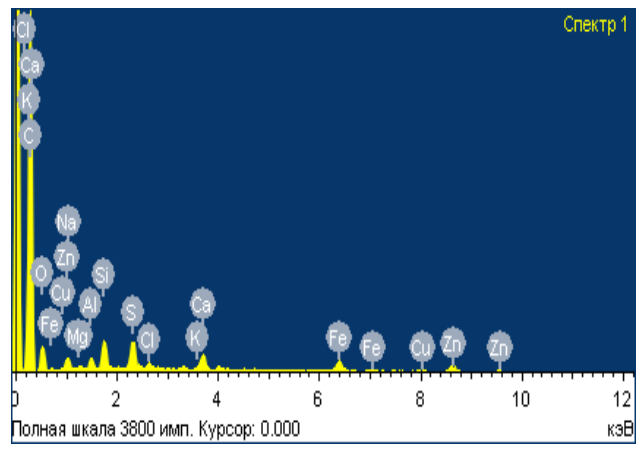
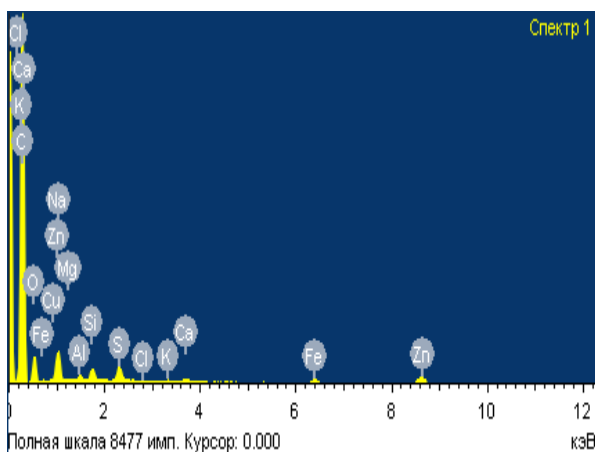
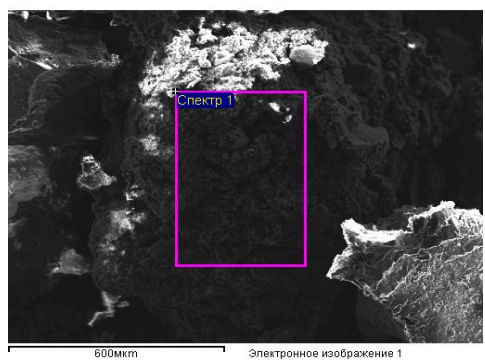


Сурет 2. №1 резина ұнтағының үлгісі (2-4 мм)

резина ұнтағы №2 (1-2 мм)



Резина ұнтағы №3 (0-1 мм)



Сурет 3. № 2 (1-2 мм), № 3 (0-1 мм) резина ұнтағының үлгілері

Әр түрлі резиналардың деструкция температуралары бірдей емес. Мысалы, камералы резиналардың деструкция температурасы 93°C, ал протекторлы резинада – 208 °C, ал диафрагмада – 230 °C [6]. Резина-битумды тұтастырғыштардың (РБТ) сапасын жақсарту резина ұнтағы (РҰ) минимальді деструкция дәрежесінде пластифицирленген кезде жүзеге асады. Егер резина ұнтағының (РҰ) пластификациялануы шайырлар мен битумның жоғары молекулалы ароматикалық көмірсутектері есебінен орындалса резина-битумды тұтастырғыштардың (РБТ) төмен температурадағы қасиеттерінің айтарлықтай жақсаруы байқалмайды, себебі, бұл көмірсутектер жоғары температураларда шыныланады. Резина ұнтағын (РҰ) парафин-нафтенді көмірсутектермен пластификациялау кезінде резина-битумды тұтастырғыштың (РБТ) төмен температуралы қасиеттері жақсаруы мүмкін. Бірақ протекторлы және диафрагмалы резиналардың ароматикалық көмірсутектерге көп химиялық ұқсастығы бар. Сондықтан, мұндай резиналардың ісіну процесі, пластификациясы мен деструкциясы битумдар мен құрамында ароматикалық компоненттер көп мұнай қалдықтарында өте тез жүреді.

#### ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Галдина В.Д. Модифицированные битумы: учебное пособие. Омск: СибАДИ, 2009. – 228 с
- [2] Печеный Б.Г. Битумы и битумные композиции / Б.Г. Печеный. – М.: Химия, 1990. – 256 с.
- [3] Руденский А.В. Применение резиновой крошки для повышения качества дорожных битумов и асфальтобетонов / А.В. Руденский, А.С. Хромов В. А. Марьев // Дороги России XXI века. - 2004. - №5. - С62-67.
- [4] Тарасевич Б.Н. Основы ИК спектроскопии с преобразованием Фурье. Подготовка проб в ИК спектроскопии. – М.: Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова. М.: 2012. – 22 с.
- [5] Reena G., Verinder S., Verinder K. Characterization of Bitumen and Modified Bitumen (e-PMB) using FT-IR, Thermal and SEM techniques. Research Journal of Chemical Sciences, Vol. 2(8). 2012. – P. 31-36.
- [6] Ю.А., Теляшев Э.Г., Хайрудинов И.Р., Везиров Р.Р., Викторова Г.Н., Ризванов Т.М. Анализ эффективных различных технологий производства дорожных битумов // Нефтепереработка и нефтехимия. Сб. науч. тр. ИПНХП. – Уфа, 2001. - Вып. XXXIII. – С. 34-38.

Сырманова К.К., Алипбекова Ж.К., Сакибаева С.А., Калдыбекова Ж.Б., Байжанова Ш.Б.

#### **Исследование физико-химических свойств резиновой крошки, используемой для повышения качества битумов и асфальтобетонов**

**Резюме.** Одним из направлений решения проблемы утилизации изношенных автомобильных шин и резинотехнических изделий является их дробление с использованием образующейся резиновой крошки для модификации нефтяного битума.

Важнейшими факторами, определяющими качество резинобитумных вяжущих, являются: температура и продолжительность получения РБВ, химический, фракционный состав РК, марка, групповой химический состав и содержание битума в вяжущем, вид пластификатора, состояние поверхности резиновой крошки.

В работе исследованы физико-химические свойства резиновой крошки различной дисперсности, полученной на на ТОО «ЭкоШина».

**Ключевые слова:** битум, асфальтобетон, автомобильные шины, отходы резинотехнических изделий, резиновая крошка, дисперсность, модификация, спектры

**A.B. Koishybayev, T.T. Velyamov**

(Kazakh National University named after Al-Farabi, Almaty, Kazakhstan)

E-mail: arman.koyshybayev@gmail.com)

**MATHEMATICAL MODELING OF DIGITAL PULSE-FREQUENCY MODULATION  
CONTROL SYSTEMS DEVELOPED FOR OBJECTS**

**Abstract.** This paper is focused on dynamic pulse-frequency modulation control systems. The description in the discrete-time domain is presented and analysis of the system components is performed. One particular issue addressed in this work is analysis of the components described by different types of equations. The results of our analysis are presented in the form of stochastic Volterra models that can be used for both analysis and synthesis of control systems.

**Key words.** Pulse-Frequency Modulation, Control System, Volterra Model, Pulse Forming, Dynamic Reset.

**А.Б. Койшыбаев, Т.Т. Велямов**

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

E-mail: arman.koyshybayev@gmail.com)

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЦИФРОВОГО ИМПУЛЬСНОГО  
УПРАВЛЕНИЯ МОДУЛЯЦИЕЙ, РАЗРАБОТАННЫХ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ**

**Аннотация:** Работа посвящена динамическим системам управления импульсной частотной модуляцией. Представлено описание в области дискретного времени и проведен анализ компонентов системы. Одним из конкретных вопросов, рассматриваемых в этой работе, является анализ компонентов, описываемых различными типами уравнений. Результаты нашего анализа представлены в виде стохастических моделей Вольтерра, которые можно использовать как для анализа, так и для синтеза систем управления.

**Ключевые слова:** частотно-импульсная модуляция, система управления, модель Вольтерра, формирование импульсов, динамический сброс.

**ВВЕДЕНИЕ**

Цифровые системы управления модуляции обычно используются на практике. Их широкий приемлемый уровень обусловлен низкой восприимчивостью к шуму и простотой в программной реализации. Теория и практическое использование детерминированных систем управления на основе динамической импульсной модуляции высокого уровня [1] - [3]. Тем не менее, многие характерно наличием растений контролируемой зоны транспортные задержки. Кроме того, высокие стандарты контроля качества, ожидаемое это внутреннее и внешнее и параметры, принимаются во внимание на этапах проектирования, внедрения и интеграции [4] - [7]. Это унифицированное описание динамического цифрового системы управления с частотой импульсов. Он может быть использован как для анализа и проектирования до завершения.

Цифровая система управления с частотой импульсов характеризуется модуляцией, разработанная для контролируемой установки задержкой транспорта может быть представлена в виде серии комбинация двух блоков: динамический частотно-импульсный модулятор (ДЧИМ) и объект непрерывного времени (ОНВ) предложено и структура такой системы показано на рис. 1

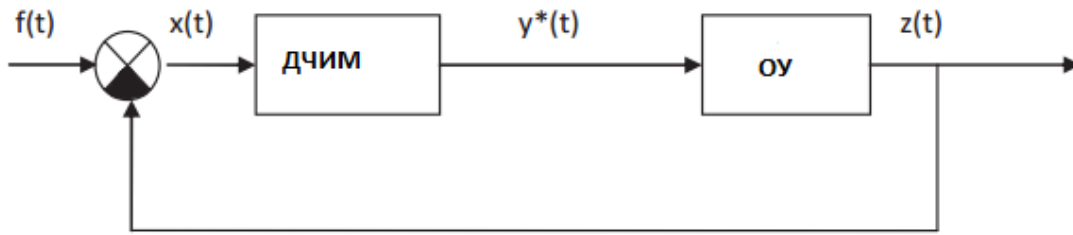


Рис 1. Динамическая система управления частотно-импульсной модуляцией

Динамический цифровой частотно-импульсный модулятор представлен дискретным блоком сброса (ДБС) и импульсом формирующий генератор (ИФГ) пороговое значение  $\Delta$ .

В линейном случае передаточная функция в области дискретного времени следующим

$$W^*(z) = \frac{G(z)}{D(z)}, \quad (1)$$

где  $G(z)$  и  $D(z)$  являются полиномами, определенными в следующая форма:

$$G(z) = \sum_{k=0}^m a_k z^k, \quad (2a)$$

$$D(z) = 1 + \sum_{k=0}^m b_k z^k, \quad (2б)$$

Где  $z = e^{-pT}$ ,  $T$  - период дискретизации дискретной система, а также  $m > m_1$ . Чтобы использовать единую систему уравнений, объект непрерывного времени также может быть описан в область дискретного времени, как показано ниже.

$$z[qT] = \sum \Delta \bar{x}_1^T [m] \vec{P}[\gamma_0, \gamma_m, q, m, l] \Delta * \vec{w}[l], \quad (3)$$

где

$$\Delta \vec{u}_1 [m] = [1 : \Delta u_1 [m_1 T] : \Delta u_1 [m_1 T] \Delta u_2 [m_2 T] : \Delta u_1 [m_1 T] \dots \Delta u_1 [m_r T] : \dots], \quad (4a)$$

$$\Delta * \vec{w}_1 [l] = [1 : \Delta w_1 [l_1 T] : \Delta w_1 [l_1 T] \Delta w_2 [l_2 T] : \Delta w_1 [l_1 T] \dots \Delta u_1 [l_s T] : \dots], \quad (4б)$$

$$\vec{h}[m, l] = \begin{bmatrix} h_{0,0} & h_{0,1}[l_1] & \dots & h_{0,1}[l] \\ h_{0,1}[\gamma_0 T, \gamma_m T, m_1 T, \dots] & \dots & h_{1,l}[\gamma_0 T, \gamma_m T, m_1 T, l_1 T] & \dots \\ h_{r,0}[\gamma_0 T, \gamma_m T, m_1 T, \dots, m_r T] & \dots & h_{1,1}[\gamma_0 T, \gamma_m T, m_1 T, \dots, l_s T] & \dots \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$\Delta \vec{u}_1 [m] = u_1 [mT] - u_1 [(m-1)T] = U[mT] * T, \quad (6a)$$

$$\Delta * \vec{w}_1 [l] = w_1 [lT] - w_1 [(l-1)T] = \mu[lT] * T, \quad (6б)$$

где  $\gamma_0$  является целым числом, которое характеризует задержку транспорта контролируемое растение (объект).  $T$  - период выборки непрерывного сигнала.

Компоненты модели (5), которая имеет дискретная импульсная характеристика  $h_{r,s}[\gamma_m T, m_1 T, \dots, l_s T]$  может быть представлена в следующей форме

$$\sum_{m_1, \dots, m_r=0}^{\infty} \sum_{l_1, \dots, l_s=0}^{\infty} h_{r,s}[\gamma_0 (q - m_1)T, \dots, (q - m_r)T, (q - l_1)T, \dots, (q - l_s)T] \prod_{i=1}^r \Delta u_1 [m_i T] \prod_{j=1}^s \Delta * \vec{w}_1 [l_j T]$$

Уравнения естественного движения динамического цифрового внедрена система управления частотно-импульсной модуляцией для контролируемой установки с задержкой транспортировки, может быть, резюмируется следующим образом [9], [10]:

$$x[qT] = f(qT) - z(t), \quad (7)$$

$$y[qT] = \Phi[y(rT), x(rT), \gamma_m T | q_n \leq r \leq q_{n+1}], \quad (8)$$

$$y[q_{n+1}T - 0] = \lambda_{n+1} * \Delta, \quad (9)$$

$$y[q_{n+1}T + 0] = 0, \quad (10)$$

$$\lambda_{n+1} = \text{sign } y[q_{n+1}T - 0], \quad (11)$$

$$y^*[qT] = \sum_n \lambda_{n+1} \delta[(q - q_{n+1})T], \quad (12)$$

где

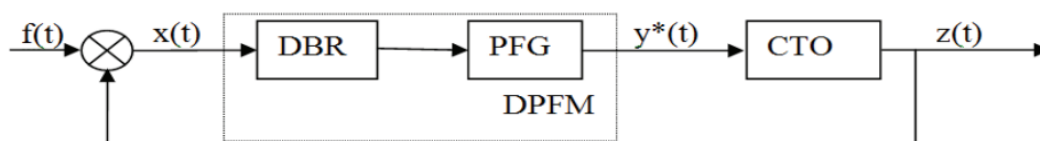
$$x[qT] = x(t)|_{t=qT}, \quad (13)$$

сигнал ошибки; и  $y[qT]$  - выходной сигнал дискретный фильтр модулятора;  $y^*[qT]$  - выходной сигнал динамического цифрового импульсного частотного модулятора;  $\gamma_m$  является параметр модулятора, который учитывает транспортная задержка контролируемой установки.

### РАЗВИТИЕ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ МОДЕЛИ

Уравнения (7) - (12) описывают поведение динамического цифрового система управления частотно-импульсной модуляцией с транспортом задержка. Однако уравнения в этом наборе относятся к разным типам, что создают дополнительные трудности при анализе систем описаны в этой форме.

В работе подход к разработке эквивалентного система, которая принимает во внимание цифровой характер контроллеры и транспортные задержки объекта, составляет, представил. В предлагаемой системе структуры дискретный блок сброса (ДБС) и формирования импульсов генератор (ФИГ) трансформируется из непрерывной формы отразить эффект квантования. На рис. 2 представлен блок схема эквивалентной модели динамического цифрового система управления частотно-импульсной модуляцией с транспортом задержка.



**Рис. 2.** Эквивалентная схема системы управления динамической частотно-импульсной модуляцией с транспортной задержкой

Далее рассмотрим задачу разработки математического модель стохастической системы с элементами управления на основе цифрового ДЧИМ. Мы можем принять метод синтеза модели Вольтера, ранее разработанные для непрерывного системы управления PFM для объектов с задержкой транспорта [3] и применить его к случаю с дискретным временем. Подход требует три основных шага. Сначала мы разрабатываем модель цифрового DPFM Volterra, которая будет представлена в контуре управления. Далее рассмотрим цифровую систему управления без обратной связи с транспортная задержка. Наконец, описание замкнутого цикла получены для динамической цифровой системы управления с частотно-импульсная модуляция и транспортная задержка в контролируемое растение.

Модель Вольтерра цифрового ДЧИМ, который может быть введен для управления объектом с задержкой, которая имеет фильтр дискретного времени, заданный уравнением (1), сформулирован в следующей форме:

$$y[qT] = \sum \vec{m}_1^T [\gamma_m, q, l] \Delta x_1[l], \quad (14)$$

где

$$\vec{m}_1^T [\gamma_m, q, l] = [m_0 : m_1[qT] : m_2[\gamma_m, q_1T, q_2T, \dots : \dots]], \quad (15a)$$

$$\Delta \vec{x}_1^T[l] = [1 : \Delta x_1[qT] : \Delta x_2[\gamma_m, q_1T, q_2T, \dots : \dots]], \quad (15b)$$

$$\Delta x_1[lT] = x[lT] * T, \quad (15b)$$

Мы также можем найти математические выражения, которые устанавливают отношения между дискретной импульсной характеристикой  $m_r[\gamma_m T, l_1 T, \dots, l_r T]$  и параметры модифицированного цифрового УГФ, заданное (1).

Стохастическая модель Вольтерра системы с открытой петлей, которая включает в себя динамический цифровой частотно-импульсный модулятор и непрерывная установка с задержкой транспорта может быть установлена принимая во внимание уравнения (3) и (14) следующим образом:

$$z[qT] = \sum \Delta \bar{x}_1^T [m] \bar{P}[\gamma_0, \gamma_m, q, m, l] \Delta * \bar{w}[l], \quad (16)$$

где векторы  $\Delta \bar{x}_1^T$  и  $\Delta * \bar{w}[l]$  определяются как уравнения (15) и (6) соответственно

$$P = \begin{bmatrix} P_{0,0} & P_{0,1}[l_1] & \dots & P_{0,1}[l_s] \\ P_{0,1}[\gamma_0 T, \gamma_m T, m_1 T, \dots] & \dots & P_{1,1}[\gamma_0 T, \gamma_m T, m_1 T, l_1 T] & \dots \\ P_{r,0}[\gamma_0 T, \gamma_m T, m_1 T, \dots, m_r T] & \dots & P_{1,1}[\gamma_0 T, \gamma_m T, m_1 T, \dots, l_s T] & \dots \end{bmatrix} \quad (17)$$

Импульсные отклики в области дискретного времени могут быть в общем виде

$$P_{r,s}[\gamma_0 T, \gamma_m T, m_1 T, \dots, m_r T, l_1 T, \dots, l_s T]$$

Их можно получить, комбинируя данные суммирования в уравнениях (3) и (14). В терминах многомерного Z-преобразования их можно найти из следующих отношения:

$$\begin{aligned} P_{0,0} &= h_{0,0}; \\ P_{1,0} &= H_{1,0}(z)M_1(z); \\ P_{2,0}(\gamma_0, \gamma_m, z_1, z_2) &= H_{1,0}(\gamma_0, z_1, z_2)M_1(\gamma_m, z_1, z_2) + \\ &H_{2,0}(\gamma_0, z_1, z_2)M_1(z_1)M_2(z_2); \\ P_{0,1}(\gamma_0, \gamma_m, z) &= H_{0,1}(\gamma_0, \gamma_m, z); \\ P_{0,2}(\gamma_0, \gamma_m, z_1, z_2) &= H_{0,2}(\gamma_0, \gamma_m, z_1, z_2); \end{aligned}$$

также

$$\begin{aligned} P_{1,1}(\gamma_0, \gamma_m, z_1, z_2) &= H_{1,1}(\gamma_0, z_1, z_2)M_1(z_1); \\ P_{1,2}(\gamma_0, \gamma_m, z_1, z_2, z_3) &= H_{1,2}(\gamma_0, z_1, z_2, z_3)M_1(z_1); \\ P_{2,1}(\gamma_0, \gamma_m, z_1, z_2, z_3) &= H_{1,1}(\gamma_0, z_1, z_2, z_3)M_1(\gamma_m, z_1, z_2) + \\ &H_{2,1}(\gamma_0, z_1, z_2, z_3)M_1(z_1), M_1(z_2); \\ P_{2,2}(\gamma_0, \gamma_m, z_1, \dots, z_4) &= H_{1,2}(\gamma_0, z_1, z_2, z_3, z_4)M_2(\gamma_m, z_1, z_2) + \\ &H_{2,2}(\gamma_0, z_1, \dots, z_3)M_1(z_1), M_1(z_2); \end{aligned}$$

и так далее.

Далее мы можем разработать математические выражения для замкнутой динамической цифровой частотно-импульсная модуляция. Система управления предназначена для объектов с транспортной задержкой. Принимая во внимание уравнение (16), мы можем получить следующие:

$$x[qT] = f[qT] - \sum \Delta \bar{x}_1^T [m] \bar{P}[\gamma_0, \gamma_m, q, m, l] \Delta * \bar{w}[l], \quad (18)$$

Решение этого уравнения можно получить в виде

$$x[qT] = \sum \Delta \bar{f}_1^T [m] \bar{c}[\gamma_0, \gamma_m, q, m, l] \Delta * \bar{w}[l], \quad (19)$$

где вектор  $\Delta * \bar{w}[l]$  задается уравнением (6) и

$$\Delta \bar{f}_1^T [m] = [1 : \Delta f_1[mT] : \Delta f_1[m_1 T] \Delta f_1[m_2 T] : \dots], \quad (20a)$$

$$\Delta f_1[mT] = f[mT] * T, \quad (20b)$$

Дискретный импульсный отклик

$\bar{c}_{r,s}[\gamma_0 T, \gamma_m T, m_1 T, \dots, m_r T, l_1 T, \dots, l_s T]$  найден подстановка (19) в (18)

$$\vec{c}[\gamma_0, \gamma_m, m, l] = \begin{bmatrix} c_{0,0} & c_{0,1}[l_1 T] & c_{0,1}[l_1] \\ c_{1,0}[mT] & c_{2,1}[\gamma_0 T, \gamma_m T, m_1 T, m_2 T, l_1 T] & \vdots \\ \dots & \dots & \dots \\ c_{r,0}[\gamma_0 T, \gamma_m T, m_1 T, \dots, m_r T] & c_{r,s}[\gamma_0 T, \gamma_m T, m_1 T, \dots, l_s T] & \dots \end{bmatrix} \quad (21)$$

$$\vec{c}_{1,0} = - \sum \bar{P}_{r,0}(1, \dots, 1) C_{0,0}^r$$

$$\bar{C}_{1,0} = \frac{1}{1 + \sum_{r=1}^N C_r^1 \bar{P}_{r,0}(z, 1, 1, \dots, 1) C_{0,0}^{r-1}}$$

$$\bar{C}_{2,0}(\gamma_0, \gamma_m, z_1, z_2) = - \frac{\sum_{r=2}^N \bar{P}_{r,0}(\gamma_0, \gamma_m, z_1, z_2, 1, \dots, 1) C_r^2 C_{0,0}^{r-1} \prod_{i=1}^2 C_{1,0}(z_i)}{1 + \bar{P}_{1,0}(\gamma_0, \gamma_m, z_1, z_2) + \sum_{r=1}^N C_r^1 \bar{P}_{r,0}(\gamma_0, \gamma_m, z_1, z_2, 1, 1, \dots, 1) C_{0,0}^{r-1}}$$

$$\bar{C}_{0,1}(\gamma_0, \gamma_m, z_1, z_2) = - \frac{\bar{P}_{0,1}(z)}{1 + \bar{P}_{0,1}(z) + \sum_{r=1}^N C_r^1 \bar{P}_{r,0}(z, 1, 1, \dots, 1) C_{0,0}^{r-1}}$$

$$\bar{C}_{0,2}(\gamma_0, \gamma_m, z_1, z_2) = - \frac{\bar{P}_{0,2}(\gamma_0, \gamma_m, z_1, z_2) + \bar{P}_{2,0}(\gamma_0, \gamma_m, z_1, z_2) \prod_{i=1}^2 C_{1,0}(z_i)}{1 + \bar{P}_{1,0}(\gamma_0, \gamma_m, z_1, z_2)}$$

$$\bar{C}_{0,2}(\gamma_0, \gamma_m, z_1, z_2)$$

$$= - \left[ \bar{P}_{1,1}(\gamma_0, \gamma_m, z_1, z_2) \prod_{i=1}^2 C_{1,0}(z_i) + \sum_1^N \bar{P}_{r,0}(\gamma_0, \gamma_m, z_1, 1, \dots, 1, z_2) C_r^1 \right];$$

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье мы представили стохастические модели Вольтерра, которые были разработаны для описания динамической цифровой системы управления частотно-импульсной модуляцией для объектов с задержками транспорта. Эти модели, заданные уравнениями (14), (16) и (19), со всеми сопутствующими определениями, могут использоваться для выполнения статистического анализа, синтеза контроля системы, а также позволяют развивать статистически линеаризованные и билинеаризованные модели для этого класса системы.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] J. Wu, S. Wo, and G. Lu, Asymptotic stability and stabilization for a class of nonlinear descriptor systems with delay, Asian Journal of Control, Vol. 13, 361–367, 2011.
- [2] F.M. Malik, M. B. Malik, and K. Munawar, Sampled-data state feedback stabilization of a class of nonlinear systems based on Euler approximation, Asian Journal of Control, Vol. 13, 186–197, 2011.
- [3] A.S. Ghaffari, S. H. Tabatabaei Oreh, R. Kazemi, and M. A. R. Karbalaei, An intelligent approach to the lateral forces usage in controlling the vehicle yaw rate, Asian Journal of Control, Vol. 13, 213–231, 2011.
- [4] B.H. Aitchanov, B. K. Kurmanov, and T. F. Umarov Dynamic pulse-frequency modulation in objects control with delay, Asian Journal of Control, Vol. 14, No. 5, 1–7, 2011
- [5] И.С. Попков А.А. Ашимов и К.С. Ассаубаев, Статистический теория автоматических систем с динамической частотой импульсов модуляция, Наука, Москва, 1988
- [6] Б.Х. Айтчанов, Квантование во временной области в динамике частотно-импульсные системы с транспортной задержкой. Поиск, Натуральный и серия технических наук, № 3, 219-223, Алматы, 2003
- [7] Б.Х. Айтчанов, Об анализе стохастических цифровых системы частотно-импульсной модуляции с транспортной задержкой, Поиск, Серия естественных и технических наук, № 2, 209-214, Алматы, 2004

Койшыбаев А.Б., Велямов Т.Т.

**Объектілерді әзірлеудің сандық импульстік басқару модуляциясын математикалық модельдеу**

**Түйіндеме.** Бұл ғылыми мақала импульстік жиіліктің модуляциясының динамикалық басқару жүйелеріне арналған. Дискретті уақыт аймағында сипаттама беріліп, жүйелік компоненттерді талдау жүргізіледі. Осы мақалада қарастырылған нақты мәселелердің бірі теңдеулердің әртүрлі түрлерімен сипатталған компоненттерді талдау болып табылады. Біздің талдауларымыздың нәтижелері Вольтерра стохастических модельдер түрінде ұсынылған, олар талдау үшін де, басқару жүйелерін синтездеу үшін де қолданыла алады.

**Түйінді сөздер:** импульстік жиіліктің модуляциясы, басқару жүйесі, Вольтерра моделі, импульсті қалыптастыру, динамикалық қалпына келтіру.

УДК 539.23.621.793

<sup>1</sup>Kh.A. Abdullin, <sup>1</sup>Zh.K. Kalkozova, <sup>2</sup>B.N. Mukashev, <sup>2</sup>D.M. Mukhamedshina, <sup>2</sup>A.S. Serikkanov

<sup>(1)</sup> Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Republic of Kazakhstan

<sup>(2)</sup> Satpayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan, E-mail: kh.a.abdullin@mail.ru

**THE DEVELOPMENT OF SYNTHESIS METHODS OF NANOSTRUCTURED ZINC OXIDE AND OBTAINING MATERIALS FOR PHOTOCATALYSTS**

**Abstract.** Thin films, arrays of nanorods and highly dispersed powders of zinc oxide were synthesized by sol-gel and hydrothermal methods. The structures, electrical and luminescent properties of the samples were investigated depending on the synthesis conditions. Technological conditions for achieving the required morphology of the samples were determined. Dramatic changes in the intensity of the photoluminescence spectra of the samples were detected as a reaction to exposure with ultraviolet light or to the presence of water vapor in the gas atmosphere. The photocatalytic properties of the synthesized ZnO nanoparticles were also investigated.

**Key words:** sol-gel technology, hydrothermal method, zinc oxide, photoluminescence, photocatalytic properties

<sup>1</sup>Х.А. Абдуллин, <sup>1</sup>Ж.К. Калкозова, <sup>2</sup>Б.Н. Мукашев, <sup>2</sup>Д.М. Мухамедшина, <sup>2</sup>А.С. Серикканов

<sup>(1)</sup>Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

<sup>(2)</sup>Сатпаев университет, Алматы, Республика Казахстан, E-mail:kh.a.abdullin@mail.ru

**РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ СИНТЕЗА НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО ОКСИДА ЦИНКА И ПОЛУЧЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ФОТОКАТАЛИЗАТОРОВ**

**Аннотация.** Тонкие пленки, массивы наностержней и высокодисперсные порошки оксида цинка синтезированы золь-гель и гидротермальным методами. Исследованы структура, электрические и люминесцентные свойства образцов в зависимости от условий синтеза. Определены технологические условия для достижения необходимой морфологии образцов. Обнаружена сильная чувствительность спектров фотолюминесценции образцов к экспозиции ультрафиолетовым светом, а также к наличию паров воды в газовой атмосфере. Также исследованы фотокаталитические свойства синтезированных наночастиц ZnO.

**Ключевые слова:** золь-гель технология, гидротермальный метод, оксид цинка, фотолюминесценция, фотокаталитические свойства.

**Введение.** Гидротермальный и золь-гель методы синтеза широко применяются для получения тонких пленок и наноструктур на основе ZnO [1-7]. Эти методы не требуют использования органических растворителей или дополнительной обработки продукта (измельчения и прокаливания), для проведения синтеза не используют сложное оборудование и высокие температуры, что делает их простыми и экологически безопасными методами. Гидротермальный и золь-гель методы синтеза позволяют получать поликристаллические порошки с кристаллами различных форм и размеров, а также пленки на подложках либо массивы наностержней ZnO, которые имеют большие перспективы применения при создании газовых сенсоров, солнечных элементов, прозрачных проводящих слоев и др. [7-14]. Поэтому развитие этих методов синтеза и получение контролируемой морфологии, электрических и оптических свойств материала в зависимости от технологических условий проведения процесса весьма актуально.



Весьма важной современной проблемой является загрязнение воды, которое растёт возрастающими темпами, поэтому остро стоит вопрос о разработке низкочастотной эффективной технологии очистки сточных вод. В этом контексте фотокатализ является передовым экологичным процессом окисления водорастворимых веществ с целью очистки сточных вод [15-17]. Фотокатализ является одной из наиболее перспективных энергосберегающих технологий [18-19]. Наиболее эффективным фотокатализатором является  $\text{TiO}_2$  [20], однако экологически значительно более безопасный фотокатализатор на основе  $\text{ZnO}$  привлекает большое внимание благодаря своим перспективным характеристикам [21]. Кроме того,  $\text{ZnO}$  имеет высокую фотокаталитическую активность, сравнимую с  $\text{TiO}_2$  [22]. Достижение высокой эффективности фотокатализатора  $\text{ZnO}$  в гетерогенной реакции фотокатализа требует оптимальной архитектуры наночастиц. Обзоры последних достижений в области модификации фотокатализатора  $\text{ZnO}$  для деградации органических загрязнителей [21-22] демонстрируют высокий интерес к материалу и актуальность исследований. Наноструктуры  $\text{ZnO}$  с различной морфологией используются для процесса деградации загрязнителей путём реакции фотокатализа под воздействием света [17-19].

Таким образом, краткий анализ литературы показывает, что оксид цинка рассматривается в настоящее время как перспективный материал для широкого круга практических приложений, поэтому разработка методов его синтеза и получения структур на основе оксида цинка является весьма актуальной задачей.

## ЭКСПЕРИМЕНТ И РЕЗУЛЬТАТЫ

### Синтез тонких пленок, массивов наностержней и порошков $\text{ZnO}$

Полупроводниковые пленки  $\text{ZnO}$  и наноструктурированные материалы в настоящей работе были получены золь-гель и гидротермальными методами. В качестве подложек были использованы стеклянные слайды и полированные пластины кремния полупроводникового качества. Золь готовился из раствора ацетата цинка  $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  в этаноле при комнатной температуре при перемешивании на магнитной мешалке. Для того, чтобы равномерно распределить золь по поверхности подложки, несколько капель раствора наносилось на подложку, закреплённую на горизонтальном столике, с последующим вращением столика со скоростью  $\sim 2000$  об./мин в течение 5 минут. Затем подложки сушились при температуре  $110-130^\circ\text{C}$  и отжигались 30 минут в муфельной печи при температуре  $450^\circ\text{C}$ . При необходимости получения более толстых пленок процесс повторялся несколько раз.

В результате получены прозрачные слои  $\text{ZnO}$ , коэффициент пропускания которых, измеренный на спектрометре по отношению к чистой подложке, в диапазоне  $400-1100$  нм достигает более 80-90% (рисунок 1а). При длинах волн  $390$  нм поглощение в собственной области  $\text{ZnO}$  с шириной запрещенной зоны  $3.37$  эВ быстро растёт (рисунок 1б). Ширина запрещенной зоны, полученная из спектров поглощения, около  $3.31-3.33$  эВ, что близко к литературному значению  $3.37$  эВ для  $\text{ZnO}$  при комнатной температуре.

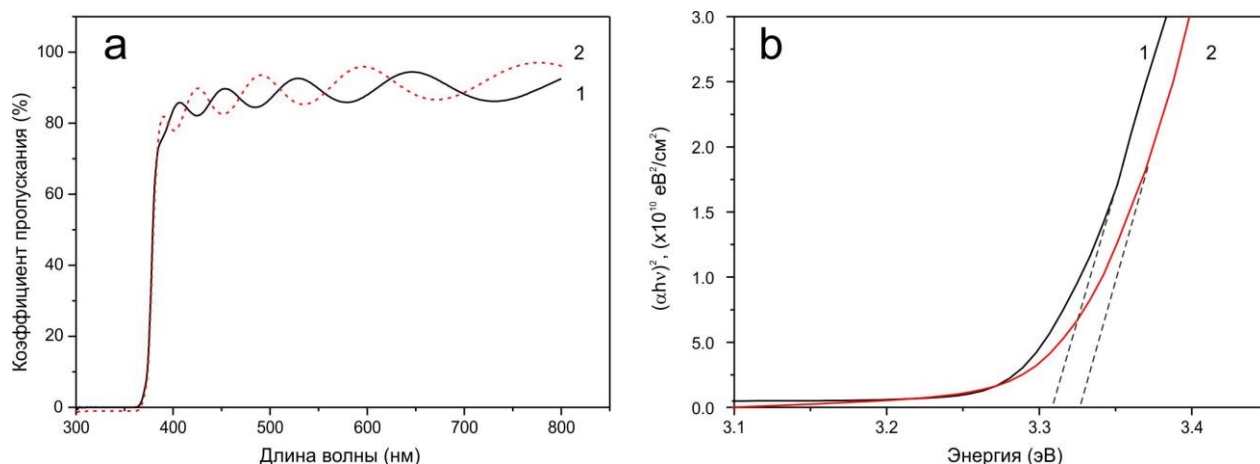


Рис. 1. Спектр коэффициента пропускания (а) и коэффициента поглощения (б) для пленок  $\text{ZnO}$ , легированных бором (1) и алюминием (2), полученных путем пятикратного повторения золь-гель метода.

Спектры фотолюминесценции (ФЛ), снятые при комнатной температуре на спектрофотометре Cary–Eclipse (Agilent) при возбуждении на 300 нм, для образцов, синтезированных золь-гель методом, приведены на рисунке 2. На спектрах ФЛ наблюдается два пика, первый узкий пик NBE (nearbandemission – краевая фотолюминесценция) на 380 нм соответствует излучательной рекомбинации экситонов вблизи зоны проводимости. Пик DLE (deep level emission – фотолюминесценция через глубокие уровни) на ~580 нм является излучательной рекомбинацией через глубокие электронные уровни дефектов. Колебания интенсивности ФЛ на рисунке 2b в полосе DLE возникают из-за интерференции в однородной пленке ZnO.

Обнаружено, что электропроводность исходных образцов ZnO после отжига в вакууме значительно увеличивается, после отжига 450-550°C достигнуты наилучшие значения концентрации  $n$ , подвижности  $\mu$  и удельного сопротивления  $\rho$  соответственно  $9.8 \times 10^{19} \text{ см}^{-3}$ ,  $\sim 10 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$ ,  $\sim 0.006 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ . Заметим, что в легированных образцах высокое значение электропроводности стабильно, в нелегированных падает при хранении образцов в нормальных условиях.

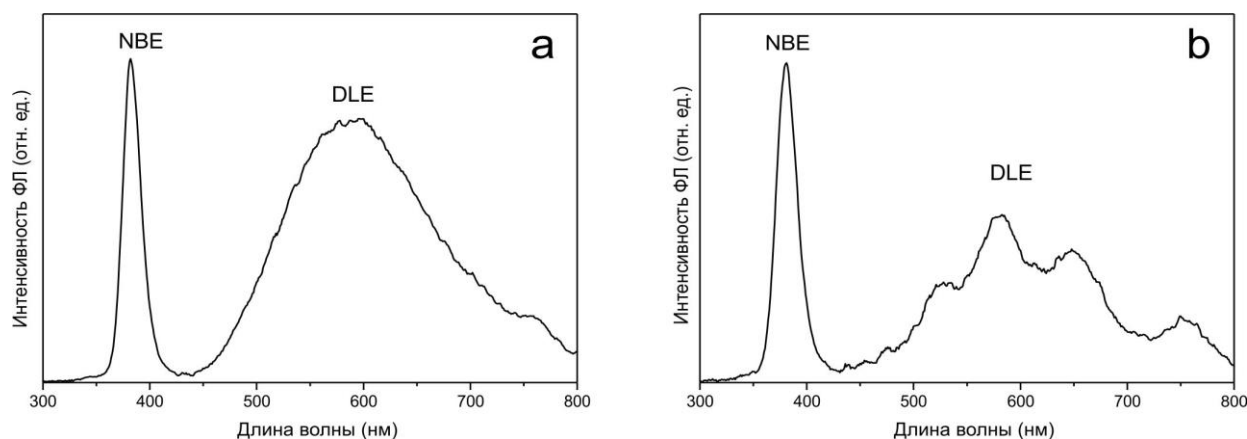


Рис. 2. Спектры фотолюминесценции плёнок ZnO с примесью бора (а) и галлия (b) с концентрацией 1 ат. %, полученных золь-гель методом.

Гидротермальным методом синтезированы массивы наностержней и тонкие пленки ZnO. Для определения условий гидротермального синтеза с целью получения образцов с необходимой морфологией и свойствами проведены ростовые эксперименты с подбором условий синтеза. Варьировалась концентрация ростового раствора от 10 мМ до 100 мМ при фиксировании остальных параметров синтеза. На рисунках 3 и 4 показана морфология массивов наностержней ZnO, выращенных в растворе 10 мМ и 200 мМ в течение 1 часа при температуре 95°C.

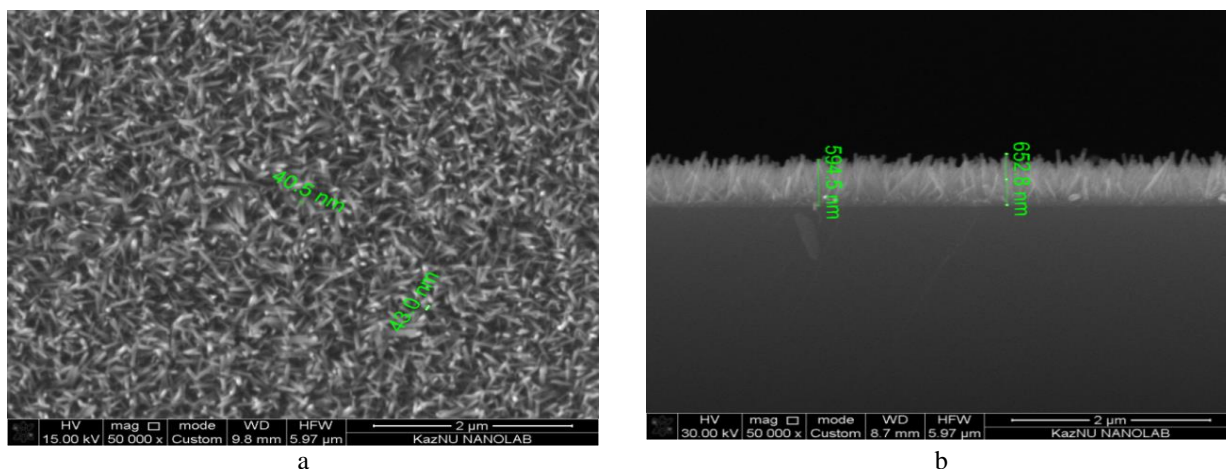


Рис. 3. SEM снимок поверхности (а) и поперечного скола (b) образца из массива наностержней ZnO, выращенных в растворе 10 мМ в течение 1 часа при температуре 95°C

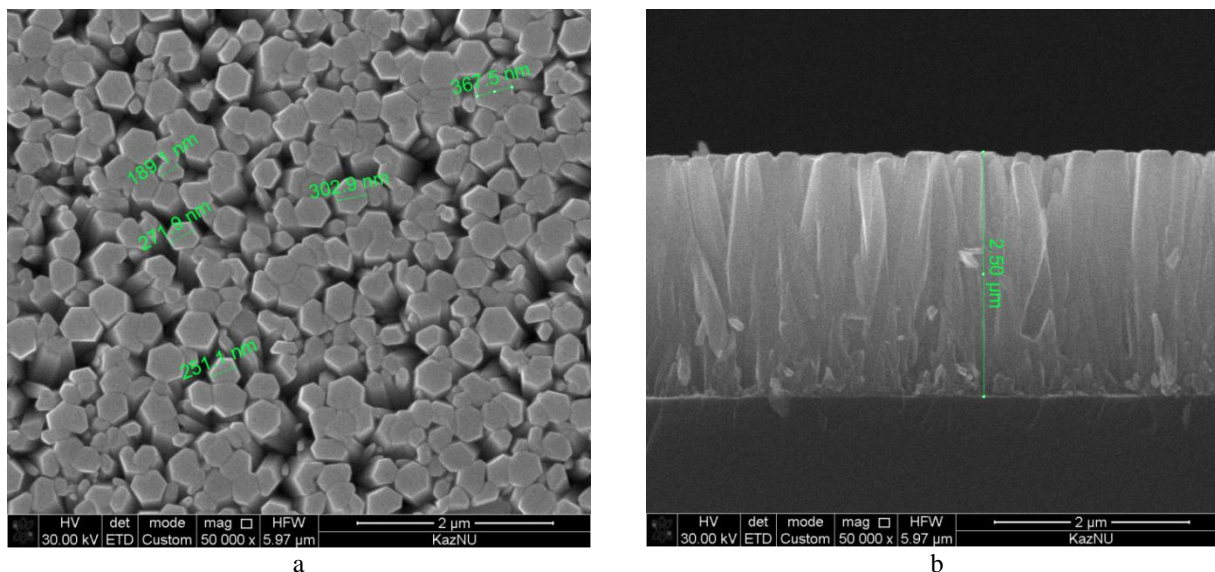


Рис. 4. SEM снимок поверхности (а) и поперечного скола (b) образца из массива наностержней ZnO, выращенных в растворе 200 мМ в течение 1 часа при температуре 95°C

Рентгеноструктурные исследования (рисунок 5) показывают, что в дифрактограмме XRD (X-ray diffraction) образцов массива наностержней ZnO, выращенных гидротермальным методом, преобладает рефлекс (002). Совместное рассмотрение SEM и XRD результатов свидетельствует о том, что образцы состоят из монокристаллических стержней, и ось стержней ZnO совпадает с направлением (002), которое является направлением преимущественного роста. Стержни ориентированы преимущественно перпендикулярно подложке.

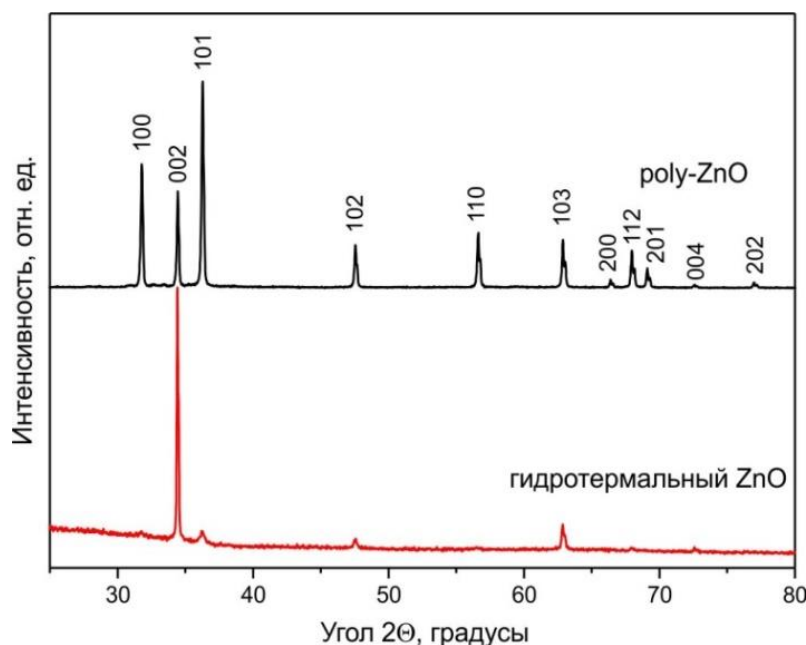
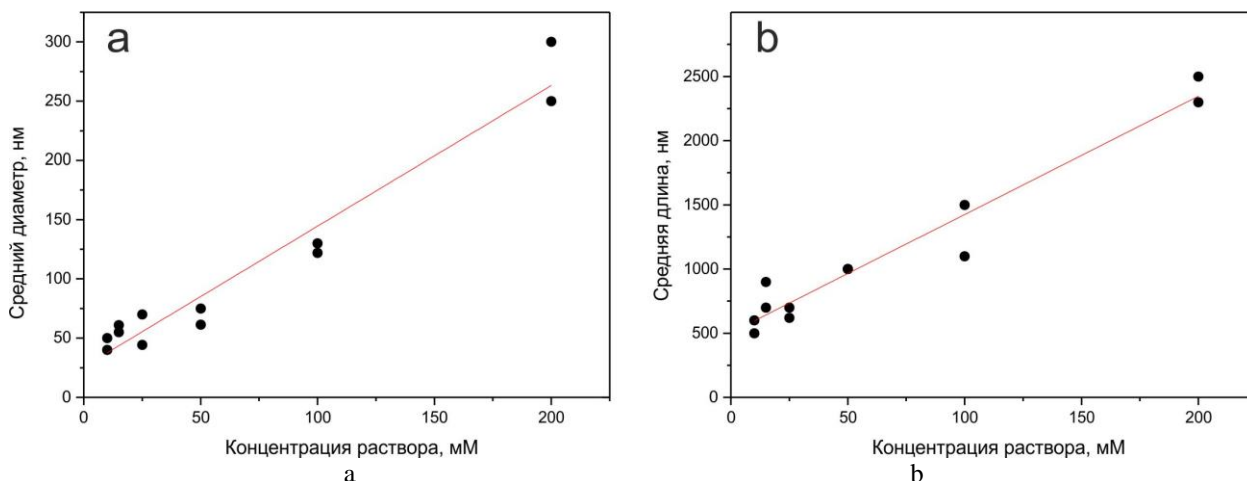


Рис. 5. XRD результаты для образца из массива наностержней ZnO, выращенных в растворе 10 мМ в течение 1 часа при температуре 95°C на стеклянной подложке, для сравнения показан также образец поликристаллического порошкового ZnO

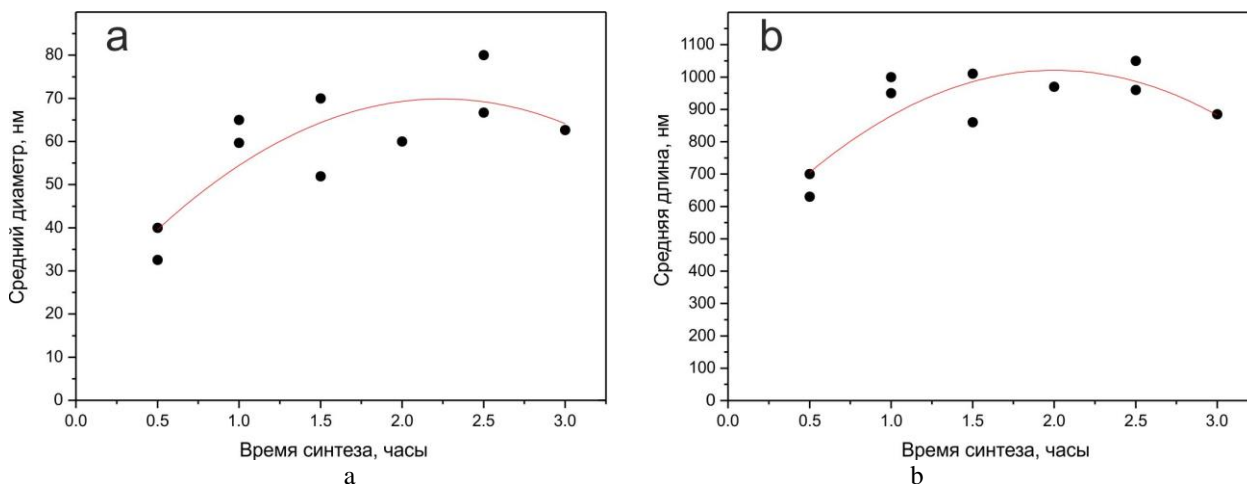
На рисунке 6 приведены зависимости среднего диаметра наностержней и их длины от концентрации ростового раствора при оптимальном проведении синтеза.



**Рис. 6.** Зависимости среднего диаметра наностержней (а) и их длины (б) от концентрации ростового раствора при времени синтеза 1 час и температуре 95°C. Прямая линия проведена через экспериментальные данные методом наименьших квадратов.

Видно, что зависимости близки к линейным. Минимальный диаметр наностержней ZnO составляет ~40 нм, аспектное отношение (отношение длины к диаметру) для наностержней при малых концентрациях 10-15, а при больших концентрациях падает до 7-10.

Исследована зависимость параметров массивов наностержней от времени синтеза при фиксированных концентрациях ростового раствора 50 мМ (по нитрату цинка и уротропину) и при температуре синтеза 95°C (рисунок 7). Рост диаметра и длины наностержней быстро насыщается уже при времени синтеза 1 час, дальнейшее увеличение времени не приводит к значительному увеличению длины стержней, наоборот, их длина может быть меньше, чем при более коротком синтезе. Таким образом, меняя условия синтеза, можно получать необходимую морфологию образцов.



**Рис. 7.** Зависимости среднего диаметра наностержней (а) и их длины (б) от времени синтеза при концентрации ростового раствора 50 мМ и температуре 95°C. Парабола проведена через экспериментальные данные методом наименьших квадратов.

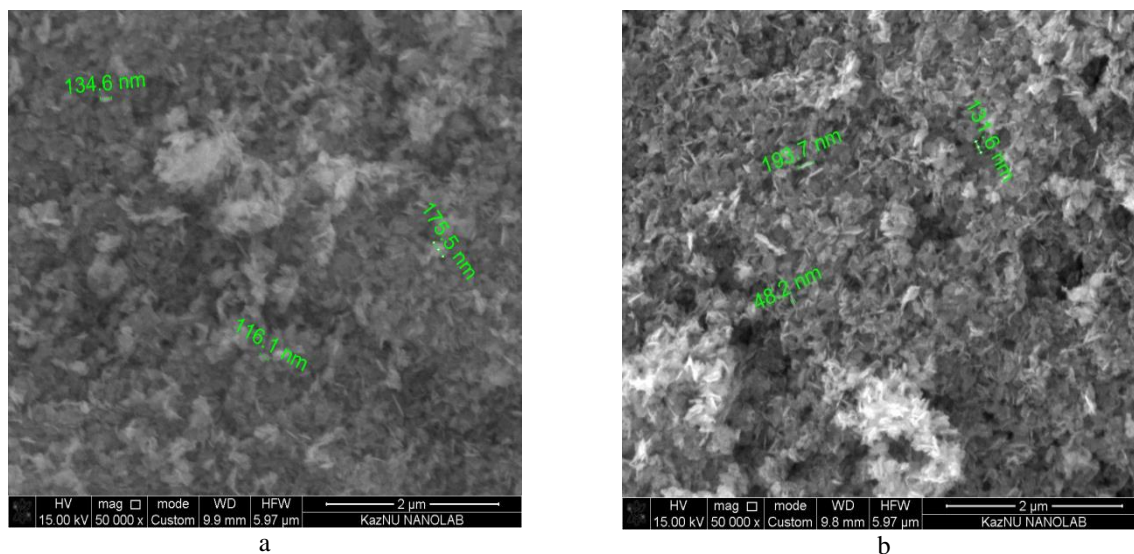
Обнаруженная чувствительность спектров ФЛ к засветке УФ светом и к наличию паров воды в газовой атмосфере. Эффект является следствием изменения поверхностного изгиба зон и ширины обедненной области, в которой электрическое поле стремится разделить созданные светом электронно-дырочные пары. Под действием УФ освещения электроны, захваченные на поверхностные ловушки, высвобождаются, уменьшается ширина обедненной области [24], это облегчает формирование экситонов с последующей излучательной рекомбинацией, и интенсивность

полосы NBE растёт. Рост числа центров  $V^+_O$  в обедненной области также может увеличивать интенсивность полосы NBE.

### Получение высокодисперсных порошков ZnO для процессов фотокаталитической деградации

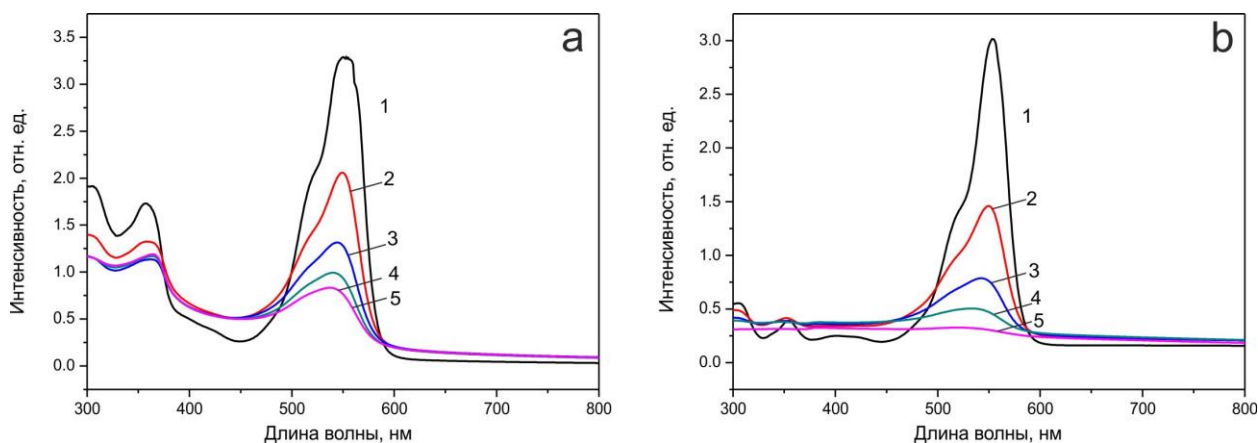
Получение наночастиц ZnO для фотокаталитической деградации (ФКД) осуществлялось в ходе синтезе порошков ZnO в водном или спиртовом растворе. Наночастицы ZnO были синтезированы в растворе дигидрата ацетата цинка  $(CH_3COO)_2Zn \times 2H_2O$  с добавлением гидроксида натрия NaOH. Концентрация ацетата цинка варьировалась в пределах 0.1-0.2 М, щёлочи 15-30 мМ. Раствор перемешивался на магнитной мешалке при комнатной температуре в течение 0.5-1 часа. Полученный осадок был промыт дистиллированной водой, отделён центрифугированием, а затем высушен в сушильном шкафу при 110°C. Наилучший результат по ФКД показал образец, синтезированный при концентрациях 0.2М ацетата цинка и 25 мМ гидроксида натрия.

Также проверена скорость ФКД, морфология образцов при изменении условий синтеза. Обнаружено, что добавление поверхностно-активных веществ резко изменяет морфологию получаемых материалов. В этом случае при синтезе порошков ZnO в основной раствор на основе ацетата цинка и NaOH добавлялось поверхностно-активное вещество (ПАВ) в виде додецилсульфата натрия в количестве 1 вес. %. Синтез проводился в пределах 3-6 часов в водяной бане при температуре 60°C. Полученный после синтеза порошок несколько раз промывался дистиллированной водой и сушился. После этого проводился термический отжиг в муфельной печи при температуре 500°C в течении 6 часов. На рисунке 8 представлены снимки образцов на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) до и после отжига. СЭМ снимки синтезированных порошков ZnO показывают, что размеры частиц в пределах 50 нм – 200 нм, после термического отжига морфология не изменялась.



**Рис. 8.** СЭМ снимки синтезированных гидротермальным методом в водяной бане порошков ZnO, а) – до термического отжига, б) – после отжига при 500°C. Образец получен из раствора 0.1 М Zn  $(CH_3COO)_2$  +0.5 М NaOH+1 вес. % ПАВ

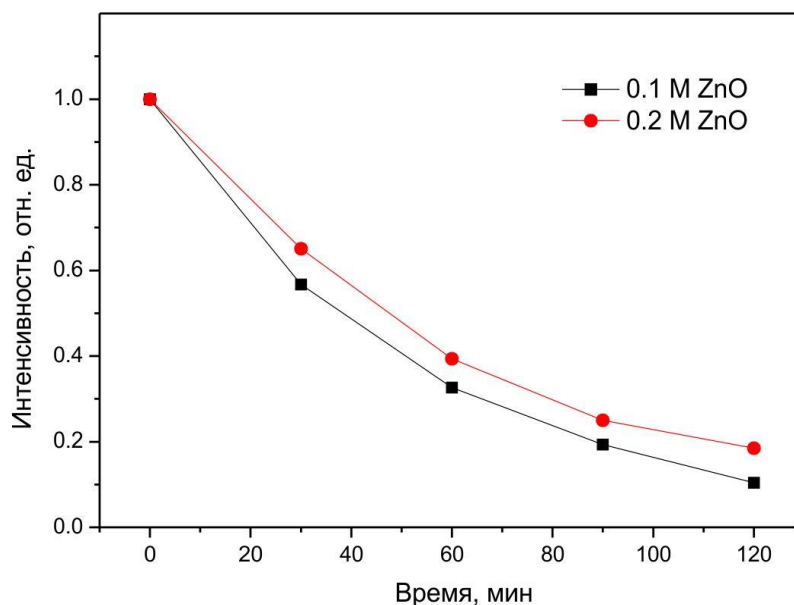
Исследовалась фотокаталитическая активность полученных порошков ZnO, для этого готовился водный раствор красителя Родамин В (раствор 0.008 г в 500 мл воды), оптическая плотность растворов измерялась на спектрофотометре Perkin Elmer Lambda-35. Для исследования фотокаталитической активности порошков 9 мг ZnO вносился в раствор 112.5 мл Родамина В, раствор выдерживался в ультразвуковой ванне в течении 30 мин, затем помещался на 10 мин в магнитную мешалку при комнатной температуре. УФ облучение проводилось ртутной лампой ULQ 14W 4PSE (Germany) мощностью 14Вт, помещенной в кварцевую пробирку, в течении 2 часов, и каждые 30 минут брались пробы раствора Родамина В и измерялась оптическая плотность (рисунок 9). Как видно на рисунках, фотокаталитическая активность оксида цинка до и после отжига не меняется.



**Рис. 9.** Спектры оптической плотности растворов Родамина В с порошком ZnO, полученном из раствора 0.1M Zn (CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub> +0.5M NaOH+1 % ПАВ, температура синтеза 60°C, продолжительность синтеза 6 часов.: а) до термического отжига, б) после отжига при 500°C.

Исследовалась морфология и фотокаталитическая активность порошков ZnO, синтезированных при изменении концентрации основных реагентов 0.1 М и 0.2 М. На рис. 10 показана кинетика спада оптической плотности в зависимости от времени засветки на полосе поглощения родамина полученных порошков ZnO. Видно, что фотокаталитическая активность порошка оксида цинка, синтезированного при концентрации ацетата цинка 0.1М заметно выше, чем образца, синтезированного при концентрации 0.2М. На рисунке 11 представлены рентгенограммы трех образцов, при этом образец №5 имел наиболее узкие XRD рефлексы, СЭМ исследования также показали наиболее крупные частицы в этом образце. Это коррелирует с его более низкой скоростью ФКД, поэтому можно заключить, что фотокаталитическая активность растет с уменьшением размеров кристаллитов в полученных образцах.

Таким образом, образцы ZnO, полученные в ходе простого низкотемпературного синтеза, обладают малыми размерами кристаллитов, высокой удельной поверхностью, имеют гексагональную структуру вюрцита, и высокую фотокаталитическую активность. Генерирование под действием УФ-излучения электронно-дырочных (e<sup>-</sup> - h<sup>+</sup>) пар в наночастицах ZnO, обладающих большой удельной площадью поверхности, приводит к деградации тестового красителя Родамина В.



**Рис. 10.** Кинетика спада оптической плотности в зависимости от времени засветки на полосе поглощения родамина порошков ZnO с концентрациями основных реагентов 0.1 М и 0.2 М.

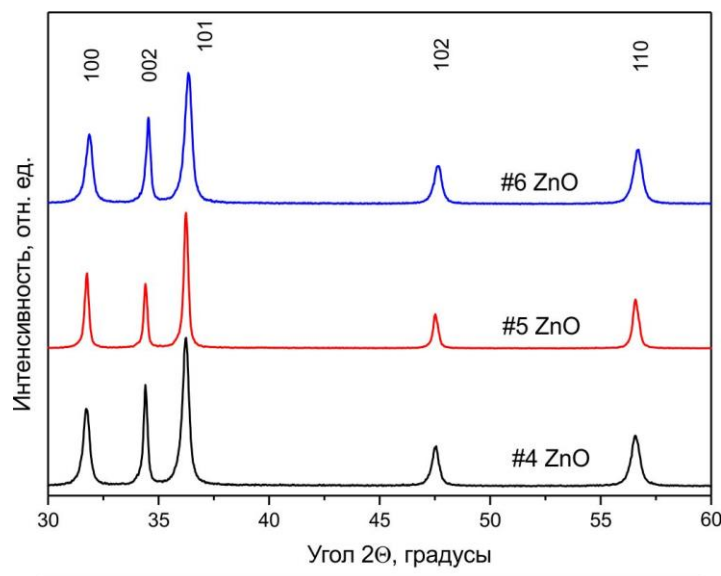


Рис. 11. Рентгенограммы порошков ZnO, синтезированных в растворе  $Zn(CH_3COO)_2$  с концентрацией 0.1 М и 0.2 М.

### Заключение

Золь-гель методом и гидротермальным методом синтезированы тонкие пленки, массивы наностержней и высокодисперсные порошки оксида цинка, исследованы структура, электрические и люминесцентные свойства полученных материалов. Разработаны методы по управлению морфологией синтезируемых образцов в процессе роста. Обнаружена сильная чувствительность спектров фотолюминесценции образцов к экспозиции ультрафиолетовым светом, а также к наличию паров воды в газовой атмосфере, обусловленная изгибом энергетических зон в приповерхностной области. Изучены фотокаталитическая активность, морфология, структурные свойства синтезированных образцов. Варьирование условий синтеза позволило получить образцы, фотокаталитическая активность которых выше, чем у коммерческого образца, и увеличение продолжительности отжига позволяет получить более активные образцы.

Работа была выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан в рамках программы № BR05236404.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Guo, Dongyun, Kuninori Sato, Shingo Hibino, Tetsuya Takeuchi, Hisami Bessho, Kazumi Kato. Low – temperature Preparation of Transparent Conductive Al – doped ZnO Thin Films by a Novel Sol–gel Method // Journal of Materials Science J Mater Sci. -2014. –Vol. 49:14. –P. 4722 – 4734.
- [2] Foo K.L., Kashif M., Hashim U., a Ali M.E. Fabrication and Characterization of ZnO Thin Films by Sol – Gel Spin Coating Method for the Determination of Phosphate Buffer Saline Concentration // Current Nanoscience CNANO. -2013. –Vol. 9(2). –P. 288 – 292.
- [3] Miller J.B., Hsin–Jung H., Howard B.H., Esteban B. Microstructural evolution of sol–gel derived ZnO thin films // Thin Solid Films. -2010. –Vol. 518. –P. 6792 – 6798.
- [4] Murali K.R. Properties of sol–gel dip–coated zinc oxide thin films // Journal of Physics and Chemistry of Solids. -2007. –Vol. 68. –P. 2293 – 2296.
- [5] Demyanets L.N., Li L.E., Uvarova T.G. Zinc oxide: Hydrothermal growth of nano – and bulk crystals and their luminescent properties // J. Mater. Sci. -2006. –Vol. 41. –P. 1439–1444.
- [6] Procek M., Pustelny T., Stolarczyk A. Influence of External Gaseous Environments on the Electrical Properties of ZnO Nanostructures Obtained by a Hydrothermal Method // Nanomaterials. 2016. –Vol. 6(12). –P. 227. doi: 10.3390.
- [7] Patrick T. Moseley Progress in the development of semiconducting metal oxide gas sensors a review // Meas. Sci. Technol. -2017. –Vol.28. –P. 082001-1-082001-15.
- [8] Kumar R., Al-Dossary O., Kumar G., Umar A. Zinc Oxide Nanostructures for NO<sub>2</sub> Gas–Sensor Applications: A Review // Nano-Micro Lett. -2017. –Vol. 17. –P. 2779.
- [9] Tingting Lin, XinLv, Shuang Li and Qingji Wang The Morphologies of the Semiconductor Oxides and Their Gas-Sensing Properties // Sensors. -2017. –Vol.7. –P.2779.

- [10] Leonardi S.G. Two-Dimensional Zinc Oxide Nanostructures for Gas Sensor Applications // Chemosensor. - 2017. –Vol. 5. –P. 17.
- [11] Arshak K., Moore E., Lyons G.M., Harris J., Clifford S. A review of gas sensors employed in electronic nose applications // Sensor Review. -2004. –Vol.24. –P.181 – 198.
- [12] Miao Yuxin, Pan Guofeng, Sun Caixuan, He Ping, Cao Guanlong, Chao Luo, Li Zhang, Li Hongliang Enhanced photoelectric responses induced by visible light of acetone gas sensors based on CuO-ZnO nanocomposites at about room temperature // Sensor Review. -2017. –Vol. 38. –P. 311-320. <https://doi.org/10.1108/SR-08-2017-0158>.
- [13] Guo Xuehai, Pan Guofeng, Ma Xin, Li Xiangzhou, He Ping, Hua Zhongqiu, Li Haiqing Optical excitation enhanced sensing properties of acetone gas sensors based on Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> -doped ZnO // Sensor Review. -2017. –Vol. 3. –P. 364-370. doi: 10.1108/SR-12-2016-0271.2017, doi: 10.1108/SR-12-2016-0271.
- [14] Sung Pil Lee Electrodes for Semiconductor Gas Sensors // Sensors. -2017. –Vol. 17. –P. 683; doi: 10.3390/s17040683.
- [15] Chen Xiaoqing, Wu Zhansheng, Liu Dandan, Gao Zhenzhen Preparation of ZnO Photocatalyst for the Efficient and Rapid Photocatalytic Degradation of Azo Dyes Nanoscale Res Lett. -2017. –Vol. 12. –P. 143.
- [16] KouroshRahimi, Ahmad Yazdani Improving photocatalytic activity of ZnO nanorods: A comparison between thermal decomposition of zinc acetate under vacuum and in ambient air // Materials Science in Semiconductor Processing. -2018. –Vol.80. –P. 38-43.
- [17] Dnyaneshwar R. Shinde, Popat S. Tambade, Manohar G. Chaskar, and Kisan M. Gadave Photocatalytic degradation of dyes in water by analytical reagent grades ZnO, TiO<sub>2</sub> and SnO<sub>2</sub>: a comparative study // Drink. Water Eng. Sci. -2017. –Vol.10. –P. 109–117.
- [18] Nosaka Y., Nosaka A.Y. Generation and Detection of Reactive Oxygen Species in Photocatalysis // Chem. Rev. -2017. –Vol.117 (17). –P. 11302–11336.
- [19] Abdullah M.M. Role of Nanomaterials and their Applications as Photo-catalyst and Senors: A Review Nano. Res. Appl., -2016. –Vol. 2(1). –P. 1-10.
- [20] Ratan J.K., Bansal A. Photocatalysis by Nanoparticles of Titanium Dioxide for Drinking Water Purification: A Conceptual and State-of-Art Review Materials Science Forum, -2013. –Vol. 764. –P. 130-150.
- [21] Ong C.B., Ng L.Y., Mohammad A.W. A review of ZnO nanoparticles as solar photocatalysts: Synthesis, mechanisms and applications // Renewable and Sustainable Energy Reviews. -2018. –Vol. 81, Part 1. –P. 536-551.
- [22] Sudha D., Sivakumar P. Review on the photocatalytic activity of various composite catalysts // Chemical Engineering and Processing. -2015. –Vol.97. –P. 112-133.

Абдуллин Х.А., Калкозова Ж.К., Мукашев Б.Н., Мухамедшина Д.М., Серикканов А.С.

**Наноқұрылымдалған мырыш оксидін синтездеудің әдісін жасау және фотокатализаторлар үшін материалдар алу**

**Түйіндеме.** Золь-гель және гидротермалды әдістермен мырыш оксидінің жоғары дисперсті ұнтақтары, наностержендер массиві және жұқа пленкалары синтезделді. Синтездің шарттарына байланысты үлгілердің құрылымы, электрлік және люминесценттік қасиеттері зерттелді. Қажетті морфологиядағы үлгілерді алу үшін технологиялық шарттар анықталды. Ультракүлгін сәулелермен әсер ету барысында, сондай-ақ, газдық атмосферада су буының болуынан үлгілердің фотолюминесценциялық спектрге күшті сезімтал екендігі анықталды. Сондай ақ, синтезделген ZnO нанобөлшектерінің фотокаталитикалық қасиеттері зерттелді.

**Өзекті сөздер:** золь-гель технология, гидротермалды әдіс, мырыш оксиді, фотолюминесценция, фотокаталитикалық қасиет.

УДК 37.02

**M. Sarmasayev, N. Aytan, J. Zhanabekova, S. Mukiat**  
(Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan)

### **ABOUT DIDACTIC AND METHODOLOGY CONCEPTS TO ACHIEVE PROPER LEARNING OF PHYSICS**

**Abstract.** In this paper the authors discuss improvement issues in learning physics around the whole country's universities. In this regard an explicit necessity of formulating a subject matter of learning physics, setting structural and logic scheme of students' learning and cognitive activity in accordance with the didactic and methodology concepts and scientific cognition methods are to be relevant.

The authors emphasize / "bare" the blind sides of the subject matters of the general / key Education Documents such as "Standards of Education" and "Control and testing materials (Check-up tests)". A necessity to eliminate frivolous and brief, formalized and generalized narrations in these state documents is emphasized here, therefore, freely



interpreted subject matter in learning physics preventing from checking / defining “under control” / required knowledge of Education Program.

**Key words:** didactics, methodology, scientific cognition methods, scientific way of thinking, learning physics, knowledge system, fundamental nature of education, quality criteria in learning physics, quality control, subject matter of education, system and elements of knowledge, learning and cognitive activity, problem based and creative teaching method, inductive and deductive-creative teaching methods, fundamental theories in physics, shaping the way of physical thinking.

**М. Сармасаев, Н. Айтан, Ж. Жанабекова, С. Мукият**  
(КазНУ имени аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан)

## **О ДИДАКТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ПРИНЦИПАХ ПОСТРОЕНИЯ КАЧЕСТВЕННОГО ФИЗИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**Аннотация.** В работе авторы обсуждают вопросы усовершенствования качества физического образования в университетах страны. С этой целью обосновывается однозначная необходимость построения содержания физического образования, организации структурно-логической схемы учебно-познавательной деятельности обучающихся в соответствии с дидакто-методологическими принципами и методами научного познания.

Также, авторы обращают внимание/«обнажают» болевые проблемы в содержаниях главных/ключевых документов Образования как «Стандарт образования» и «Контрольно-измерительные материалы (Проверочные тесты)». Указывается на необходимость устранения в этих государственных документах поверхностно-беглого, формально-обобщенного перечисления, а следовательно, вольно-интерпретируемого содержания Физического образования, не позволяющего проверить/измерить «подконтрольные»/требуемые элементы знаний Образовательной программы.

**Ключевые слова:** дидактика, методология, методы научного познания, научное мышления, физическое образование, система знаний, фундаментальность образования, критерии качества физического образования, контрольное измерение качества, содержание образования, система и элементы знаний, учебно-познавательная деятельность, проблемно-творческий метод обучения, индуктивный и дедуктивно-творческий методы обучения, основополагающие физические теории, формирование физического мышления.

*«Главный капитал страны и молодежи – качественное образование»*

*Н. А. Назарбаев*

### **1. Что такое качественное физическое образование**

**1.1 Качество образовательных знаний,** вернее, *системы образовательных знаний*, определяется, как известно, её соответствием, краеугольным *принципам* дидактики, методики и методологии наук, как научность, фундаментальность, системность, обобщённость, цикличность, доступность и др. Причём принципы/ понятия научности, фундаментальности образования (и в методологии наук, и в педагогической науке), безусловно, предполагают органическое *единство* знаний со способами, приёмами добывания этих самых знаний, т.е. предполагают единство конкретнонаучной *системы знаний с методами её познания*. Метод познания (как общенаучный, так и частнонаучный), являясь «инструментарием» добывания системных знаний, методом конкретнонаучного исследования неразрывно/органически входит в само содержание системы знаний, в содержание основополагающих научных теорий, а, следовательно, является неотделимой и важной составной частью самой системы научных знаний. Это непреложная истина. **(Скажем так для краткости, не имея возможности останавливаться на этих глубоких вопросах).**

Ещё в 70-80 годы прошлого века советской педагогикой, взявшей эту концептуальную идею *единства системы знаний с методами познания* («добывания» этих знаний) на вооружение, была создана *теория содержания образования*, ориентированная на *проецирование методов научного познания к организации учебно-познавательной деятельности, к определению и формированию содержания общего среднего образования, к внедрению методов научного познания как средств обучения этим знаниям*. Эта центральная концепция позволила решить ей многие и многие вопросы среднего образования. В частности, она позволила не только создать качественную систему знаний с научно выверенными внутренними связями, переориентируя содержание образования на новый – *теоретический (дедуктивно-творческий)* уровень, но и преобразовать сам образовательный процесс в качественно новый тип («стиль»-способ) обучения – *в проблемно-творческий метод* обучения, обладающего огромным познавательным потенциалом, ресурсами для формирования и воспитания научных способов мышления, для расширения и развития научного кругозора, эрудиции и т.д.

Проблемно-творческий метод обучения, по своей сущности обуславливая «раскрепощение» обучаемого путём высвобождения ему дополнительных «степеней свободы», по ходу процесса образования сам может реализоваться в *самостоятельную ценность* обучаемого, формирующая и воспитывающая в нем «вкус» к *процессу познания*, прививающего навыки *самообразования* со свободной ориентацией в вопросах: **Что познавать? Как познавать?** и т.д. Словом, реализация указанной *педагогической концепции* позволяет качественно конструировать процесс образования, решая одновременно вопросы *развивающего* и *воспитывающего* обучения; она, органически включая в себя все вышеуказанные основополагающие принципы *теории содержания образования*, содержит в себе значительный дидактико-методологический потенциал.

**1.2 Системы знаний, заключённые в фундаментальных физических теориях**, несомненно соответствуют, отвечают вышеприведённым дидактико-методологическим принципам; в содержаниях физических теорий все функции этих принципов проявляются/раскрываются объективно и целно. Физические теории, как «концентрат» творения многовековой *познавательной-мыслительной деятельности* лучших умов человечества являют собою высшую, совершенную форму знания.

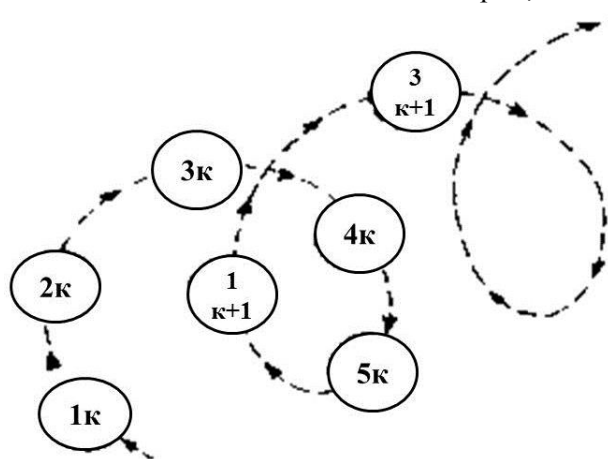


Рис. 1

О значимости, месте и роли физических теорий в совокупном знании человека о природе красноречиво говорит и следующее восторженное высказывание одного из гениев человечества: «Теория оказывается тем более впечатляющей, чем проще её предпосылки, чем значительнее разнообразие охватываемых ею явлений и чем шире область её применимости. Именно поэтому *классическая термодинамика* произвела на меня очень глубокое впечатление. Это единственная общая физическая теория, и я убеждён, что в рамках применимости своих основных положений она никогда не будет опровергнута» (А. Эйнштейн, 1949 г.).

В связи с этим отзывом на метод-теорию *классической термодинамики* заметим следующее. Эта теория, первоначально зародившаяся как учение о теплоте и тепловых машинах и достигавшая пика своего развития ещё в середине 19-го века, казалось бы, в середине 20-го века исчерпала себя как действенный актуальный метод исследования, не выдвинувшая каких-либо особо новых идей; на смену ей «пришла» более совершенная, научноёмкая и результативная в практическом плане теория – *статистическая термодинамика*. Классическая же термодинамика изучалась как начальный этап знаний по тепловой науке-учению (и как «дань» истории развития физической науки), как доступная и тривиальная *система знаний* в школьном и начально-высшем образовании. Именно в таком настрое нас учили; все мы относились к ней как таковой. Но недоуменно были изумлены, когда вскоре натолкнулись на вышеприведённый восторженный отзыв Эйнштейна по поводу этой «тривиальной» теории. А когда, «всмотревшись» в вопрос, обнаружили, что Эйнштейн ещё в 1916 году (т.е. задолго до создания *квантовой механики* и *квантовой электродинамики*), рассматривая обычное термодинамически равновесное взаимодействие вещества с *электромагнитным полем*, именно на основе общих представлений классической термодинамики сумел понять и предсказать механизм существования *вынужденного (стимулированного) излучения* (опытным путём обнаруженного лишь в 1939-40 гг. В. Фабрикантом), ныне лежащего в основе бурно развивающейся и чрезвычайно важной отрасли науки, как *квантовая электроника* (**Первые квантовые источники света – лазеры были созданы в СССР лишь в 1954 г. работами А. Прохорова и Н. Басова**), то был поражён (в

Физическая наука, как наука о фундаментальных свойствах материи, как наука занимающая лидирующее положение в изучении природы, обращению её законов на службу практики и потребностей человека, однозначно представляет собою именно *систему фундаментальных физических теорий*. Для лучшего и краткого пояснения своей мысли считаем уместным привести следующее ёмкое, авторитетное высказывание незаурядного учёного-просветителя: «... Физика стала *могучим примером* современного *научного мышления*» (С. Капица, 1977 г.).

Физическая наука, как наука о фундаментальных свойствах материи, как наука занимающая лидирующее положение в изучении природы, обращению её законов на службу практики и потребностей человека, однозначно представляет собою именно *систему фундаментальных физических теорий*. Для лучшего и краткого пояснения своей мысли считаем уместным привести следующее ёмкое, авторитетное высказывание незаурядного учёного-просветителя: «... Физика стала *могучим примером* современного *научного мышления*» (С. Капица, 1977 г.).

очередной раз) особой силой его *мышления*, Божьим даром хватки самой сути явлений, которая обыденно ускользала от «взоров» миллионов и миллионов других умов.

Что хотели бы всем этим сказать? Только то, чтобы этим небольшим «штрихом» вновь обозначить вышесказанное суждение – *физические теории* как «сгусток», вершина многовекового творения лучших умов человечества являет собою, высшую совершенную форму знания. Это суждение не требует особого доказательства/ подтверждения; оно принято мировым цивилизованным, научным сообществом.

Думаем, сказанное позволит сформулировать следующий тезис: *Теория содержания образования рекомендует конструировать структурно-логическую схему содержания физического образования (то же самое, программ физического образования) в виде последовательно восходящих циклов познания, стержневой линией у которых явились бы основополагающие (фундаментальные) физические теории* (см. рис. 1). **(Если та или иная теория воспринята основополагающей, то это суждение может быть отнесено и к любой другой отрасли конкретно-научных знаний).**

Реализуя дидактико-методологические принципы, т.е. принципы и концепции теории содержания обучения, в 70-80 годы прошлого века в области среднего физического образования был осуществлён проект по *генерализации программных учебных знаний вокруг основополагающих физических теорий*; в соответствии с этой установкой издан ряд качественных учебников (И. Кикоина, В. Зубова, А. Пинского и М. Яворского, Г. Мякишева и ряда др.) по основам физики для общих среднеобразовательных школ, которые и поныне являются настольными учебниками школьников России (Казахстана, тоже). И по высшему образованию в этот период вышли замечательные учебные пособия плеяды талантливых ученых-энтузиастов образования (А. Матвеев, Д. Сивухин, А. Астахов, А. Ансельм, Ю. Румер, И. Савельев и др.) по *общей* (т.е. фундаментальной) физике, которые пользуются большим спросом, остаются непревзойдёнными учебниками и 40 лет спустя. В этот же период за рубежом (США) были изданы современные курсы основ физики – 5-томник «Берклеевские курсы физики», книги Ч. Киттеля, Р. Балеску и др. по *фундаментальной физике*. Во всех этих учебниках по основам физики системное изложение *физических теорий* занимает центральное, главенствующее место.

1К	<i>Накопление наблюдений, фактов, опыта и анализ взаимосвязей свойств, явлений материи и материального мира.</i>
2К	<i>Оценка, абстрагирование и формулировка обобщений с использованием той или иной модели объекта-системы.</i>
3К	<u><i>Установление основополагающих принципов класса явлений и выведение их частных следствий.</i></u> <i>Определение понятий-величин, описывающих состояния объекта.</i> <i>Составление общего уравнения эволюции состояния объекта.</i>
4К	<i>Решение уравнения эволюции состояния объекта для конкретных условий, извлечение частных знаний.</i> <i>Синтезирование новых знаний о свойствах и явлениях физического мира</i>
5К	<i>Применение полученных знаний к конкретным физическим объектам, явлениям, материально-производственной деятельности людей.</i>
1 К+1	<i>Начало нового этапа цикла познания на его новом - вышестоящем уровне.</i>

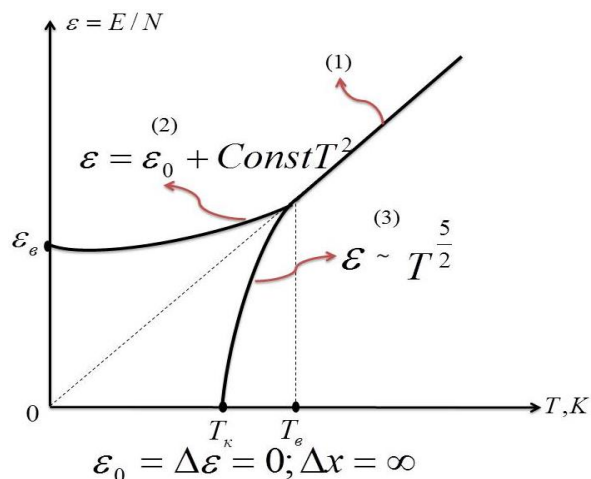


Рис. 2

График зависимости средних энергий для 2-х природных разновидностей частиц и «экстраполяционной» классической частицы: (1) – классический газ и вырожденные (2) – «Ферми» газ и (3) «Бозе» газы с калорическими уравнениями состояния  $P = 2/3\langle E \rangle$  и  $P = 1/3\langle E \rangle$ , соответственно.

На графике:  $T_b$  – температура вырождения,  $T_k$  – температура Бозе-Эйнштейновской конденсации (т.е.  $T$  при которой, в соответствии с принципом неопределенности, все «бозоны» остановившись «исчезают»),  $\langle E \rangle$  – объёмная плотность энергии вещества,  $\langle \varepsilon \rangle$  – средняя энергия частицы.

В этом графике: кривая (1) – соответствует классическому идеальному газу, у которой энергия теплового движения описывается уравнением  $\varepsilon = 3/2kT$ ; кривая (2), определяемая формулой  $\langle \varepsilon \rangle = \varepsilon_0 + ConstT^2$ , (в которой вторая слагаемая даже при комнатной  $T$  составляет тысячную долю первой) соответствует *вырожденному идеальному ферми-газу*; кривая (3), определяемая функцией  $\varepsilon \sim T^{5/2}$ , соответствует *вырожденному идеальному бозе-газу*.

## 2. О состоянии физического образования в университетах

а) Ниже излагаемые соображения относятся исключительно к специфике физического образования;

б) Автор надеется на благонамеренность, доброжелательность читателя ниже излагаемых строк;

в) Заранее приносим свои извинения, если коему читателю покажется изложение вопроса не «академическим». Гениальный Эйнштейн любил подчеркивать: «... без эмоции нет учения» (Обратим внимание, даже Учения нет; не то что Жизни, в ее естественных «красках»). (Признаемся, мы свою эмоциональность не прячем).

**2.1.** Уместно спросить, для чего мы все эти «вещи» из пункта 1 – в общем-то известные – говорим? А для того, чтобы *сравнить, «соизмеряться» с реальным положением вещей!* То есть сравнить эти в общем то известные, общепринятые в педагогической науке (*Теории обучения*) и бесспорные теоретические положения/концепции с реальностью образовательного процесса (на примере КазНУ им. аль-Фараби). Дело в том, что в связи с состоявшейся аттестацией образовательных программ (принимая участие в нем из рекомендуемого «корпоративного» поведения) невольно обратили внимание на содержание *контрольно-измерительных материалов* (тестов) – «*критериев качества*» образования – по основным физическим дисциплинам и специальностям (бакалавриата).

### Выводы

Несомненно, верное решение ключевых вопросов Педагогики обучения, воспитания и развития – на основе формирования научного мышления – такие как: «*Чему учить*», «*Как учить*» и т.д., является однозначным залогом *успешности, качества* результатов Обучения – Образования.

В современном мире лучшие университеты все более отчетливо придерживаются дедуктивно-творческой концепции, взамен традиционной ориентации на индуктивные методы обучения.

Концепция дедуктивно-творческого метода организации учебно-образовательного познания в органическом единстве с методологией научного познания, бесспорно, всеобъемлющим образом может быть реализована путем определения *содержания Физического образования* на основе фундаментальных физических теорий. Следовательно, в содержаниях «ключевых» государственных документов как «Стандарт образования» и его «Контрольно-измерительные материалы» должны занять главенствующее место именно основополагающие элементы знаний фундаментальных физических теории, в противовес нынешнему нагромождению малозначимых – для формирования научного (физического) мышления и единой научной картины мира.

В этом плане, авторы считают, что содержания «Стандарта образования» и «Контрольно-измерительных материалов» по *физическому образованию* должны быть соответствующим образом и существенно пересмотрены/переработаны.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] Государственный Общеобразовательный стандарт образования РК (ГОСО РК 3.08.319-2006), МОН РК, Астана, 2006 г.

[2] Каталог (бакалавриат). – Алматы: Изд-во «Қазақ университеті», 2011.

[3] Образовательная деятельность исследовательского университета. «Материалы ХLI научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава КазНУ им.аль-Фараби». – Алматы: Изд-во «Қазақ университеті», 2011.

Сармасев М., Айтан Н., Жанабекова Ж., Мукиат С.

**Жоғары сапалы дене шынықтыруды қалыптастырудың дидактикалық-әдістемелік принциптері туралы**

**Аңдатпа.** Бұл мақалада авторлар еліміздегі университеттерде Физикалық білім берудің сапасын жетілдіру мәселелерін талқылайды. Осы мақсатқа орай, физика білімінің мазмұнын және оқушылардың оқу танымдық ойлау жүйесінің логикалық-құрылымдық нұсқасын дидактика-методология принциптеріне сай һәм ғылыми танымның әдістемелеріне сай құрастырудың бірден-бір қажеттілігі туындайды.

Сондай-ақ, «Білімберу стандарты» және «Бақылап-тексеру материалдары» (Тест) секілді Білімберу ісінің негізгі құжаттары мазмұндарының «сыздауық» проблемаларына назар аударылады. Аталмыш мемлекеттік құжаттардың мазмұндарында санап-көрсетілген Физикалық білімдердің атүсті анықталып, формальды-жалпылама немесе еркін-бос интерпретациялау негізінде жасалған «тізбекті», һәм Білімберу бағдарламасы бойынша талап етілетін білім элементтерінің тексеріп-өлшеуге мүмкіндік бере-бермейтін «тізбектерін» түзетудің қажеттілігі көрсетіледі.

**Түйінді сөздер:** дидактика, методология, ғылыми танымның әдістемелері, ғылыми ойлап-саналау, физикалық білімберу, білімдер жүйесі, білім беру ісінің түпнегізділігі, физикалық білімберудің сапа критерийлері, сапаны өлшеп-бақылау, оқытылатын білімнің мазмұндары, білім элементтері және жүйесі, оқу-танымдық енбектену, оқытудың проблема-шығармашылық әдістері, оқытудың индуктивтілік және дедукция-шығармашылық әдістері, өзекті физикалық теориялар, оқушылардың физикалық ойлап-саналауын қалыптастыру.

УДК 37.02

**M. Sarmasayev, N. Aytan, J. Zhanabekova, S. Mukiat**  
(Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan)

#### **SPEAKING OF SUBJECT MATTER QUALITY OF “STANDARDS OF EDUCATION” AND ITS “CONTROL AND TESTING MATERIALS” IN LEARNING PHYSICS**

**Abstract.** In this paper the authors proceed to review the subject matter of the state documents of learning physics such as “Standards of Education” and its “Control and testing materials (Check-up tests)” due to the another article in this periodical “About didactic and methodology concepts to achieve proper learning of physics” which is actually considered conceptual and reasoned.

In the context of fundamental subject “Molecular Physics”, the subject matter of the given documents is restricted by the knowledge from school well-known program, by this sacrifice a fundamental system of knowledge engrained at the best Universities worldwide.

**Keywords:** didactics, methodology, scientific cognition methods, scientific way of thinking, learning physics, knowledge system, fundamental nature of education, quality criteria in learning physics, quality control, subject matter

of education, system and elements of knowledge, learning and cognitive activity, problem based and creative teaching method, inductive and deductive-creative teaching methods, fundamental theories in physics, shaping the way of physical thinking.

**М. Сармасаев, Н. Айтан, Ж. Жанабекова, С. Мукият**  
(КазНУ имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан)

## **К ВОПРОСУ КАЧЕСТВА СОДЕРЖАНИЙ «СТАНДАРТА ОБРАЗОВАНИЯ» И ЕГО «КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ» ПО ФИЗИЧЕСКОМУ ОБРАЗОВАНИЮ**

**Аннотация.** В данной работе, являющейся фактически концептуально-логическим продолжением работы авторов – содержащейся в данном номере журнала – «О дидактико-методологических принципах построения качественного физического образования» обсуждаются содержания государственных документов по *физическому образованию* как «Стандарт образования» и его «Контрольно-измерительные материалы» (Тесты).

На примере основополагающей учебной дисциплины-модуля «Молекулярная физика» доказательно иллюстрируются, как в содержаниях указанных документов практически ограничиваются уже известными со школы элементами знаний, в ущерб поистине краеугольной, основополагающей системе знаний, прививаемой в лучших университетах мира.

**Ключевые слова:** дидактика, методология, методы научного познания, научное мышления, физическое образование, система знаний, фундаментальность образования, критерии качества физического образования, контрольное измерение качества, содержание образования, система и элементы знаний, учебно-познавательная деятельность, проблемно-творческий метод обучения, индуктивный и дедуктивно-творческий методы обучения, основополагающие физические теории, формирование физического мышления.

*«Главный капитал страны и молодежи – качественное образование»*  
**Н. А. Назарбаев**

### 1. О качестве содержаний Стандартов образования дисциплин

Побуждаемые профессиональным долгом, гражданско-патриотическими чувствами и с целью сравнения *реально имеющего место качества образования* с его *требуемым* государственным стандартом образования, изучали/анализировали содержания вышеуказанных базовых государственных документов.

Недоумение содержанием контрольно-измерительных тестовых вопросов по физическому образованию (они отнесены почему-то только к степени бакалавриата; разве не следует «измерять» - контролировать качество образования в магистратуре и, особенно, в PhD) было так велико, что невольно насторожились – это же «липа», это же прямое неисполнение *Стандарта образования* с вытекающими из этого последствиями. Тут же достали Стандарты образования (для всех трёх ступеней и по всем специальностям) и стали просматривать перечни и последовательности модулей, предметных дисциплин, их физические содержания, учебные планы и т.д. И что же?

«Поверхностно» не хочется говорить, а сколь-нибудь подробно/системно «за один раз» не получится; свою задачу в этом материале видим, как уже заметили, в «обозначении» проблемы (с благими намерениями). С тем, чтобы обратить внимание соответствующих структур на эту «вопиющую» проблему.

Наше разочарование и боль достигло «апогея»: вот где «собака зарыта»! *Стандарты образования* составлены сугубо формально (и будто в пожарной спешке) и расписаны так, что позволяют вольно интерпретировать (по сути, *качеству-количеству* и даже *по форме*) *содержания* модулей – дисциплин и вкладываемых в эти содержания *элементов физических знаний*. Когда отсутствуют чёткие «контуры» т.е. определения «подконтрольных» элементов знаний, то, очевидно, невозможно будет каким-либо образом измерить, проверить *результаты* образовательных программ, а, следовательно, и реально предъявлять «исполнителю» Программы образования *Требования*.

Только одним следующим «штрихом» приоткроем завесу «проблемы». Например:

1.1 Содержание предметной дисциплины Механика. (Кстати, без надлежащего обоснования вольно объединённая в один модуль с Аналитической геометрией. Более того, математическое образование-подготовка физиков имеет – должно иметь – свою модульно-структурированную

логику, а при обучении предметам физики суметь, «дай Бог», реализовывать свою – физическую – модульную структуру). В Стандарте этой дисциплины, расписывая содержания её главных разделов (*требуемых* знаний), подробно перечисляются такие мелкие вопросы, как: «система координат, система отчёта, динамика материальной точки и её системы, работа силы, потенциальные и кинетические энергии, момент инерции тела относительно оси» и т.д; за единственным исключением – «преобразование Лоренца». Как видим, тривиально повторяются школьные темы Механики.

Разумеется, принципы цикличности, преемственности образования допускают это, но ведь бесспорно и то, что эти же принципы предполагают усвоения знаний на более *высоком* образовательном уровне. А не просто повтор. Из перечня вопросов в «Стандарте» это никак не следует, а, следовательно, невозможным станет, в случае чего, предъявлять и претензию – почему, мол, обучающийся не владеет по данному предмету такими физически «узловыми», наиболее обобщёнными и ценными элементами знаний, как: релятивистские выражения уравнения движения, энергии, импульса и их законов сохранения; а также релятивистские выражения взаимосвязей импульса и энергии; свойства, разновидности и превращения массы, и законы их сохранения в релятивистских условиях движения объекта: закон сохранения моментов импульса; условия и свойства финитно - инфинитных движений и т.д., и т.п. Вот это было бы «вузовским образованием» по этой дисциплине – фундамент изучения последующих дисциплин, фундамент научных представлений обучаемого о всеобщих механических свойствах материи, их механических движениях и взаимодействиях. Контрольно-измерительные (тестовые) вопросы должны были бы «измерять» усвоение основ (фундаментальных) знаний по предмету; овладение предметным методом исследования - познания, свойственным специфике предметной дисциплины и т.д. (А не измерить такие «примитивные» знания, как: указать направление результирующей силы, если тело подвешено на нити и отведено в сторону. Эти и подобные им вопросы - вопросы для самых заурядных учеников 8 класса, а не «вузовские»).

1.2 Следующий по порядку традиционного изучения общего курса физики - дисциплина Молекулярной физики.

По ходу заметим следующее. В стандарте Общие курсы физики правомерно признаны базовыми; в России уже два десятилетия их официально называют «фундаментальной физикой», по-видимому, во избежание некоего «поверхностного» понимания понятия «общий» (воспринимаемого, по недоумению, как нечто «популярное»). Наши педагоги-физики (имея ввиду, особенно, составителей «Стандарта») - вынуждены полагать - не сумев отречься «от мании»: общий - значит, элементарно общедоступный, и т.д. в русле своего понимания и представления о физике, в соответствии со своим «багажом» «раскрыли» содержания базовых дисциплин, её значимых и ключевых элементов знаний.

Надо сказать, что физические основы этой дисциплины (также, как и других базовых дисциплин, совершенствованных не одно десятилетие в годы советского образования) являются не только фундаментом знаний для дальнейшего обогащения ими, но и ныне служит действенным *методом исследования* весьма широких классов как физических явлений, так и явлений в смежных с физикой областях. И, хотите знать, как раскрыто в «Стандарте» содержание этой основополагающей предметной дисциплины? В том же «духе», «стиле», а может быть ещё хуже. (Отчасти, возможно, вызванное тем, что по содержанию эта дисциплина, как было подчёркнуто, несравненно ёмкая, структурно сложная дисциплина, чем Механика). Ибо и здесь тематика *Содержания* дисциплины на 80-90 процентов практический повторяет школьную *тематику* (по уровню, угадывается, тоже). Только один пример-штрих. Фигурирует в нем такое слово - понятие - «статистический метод»; и точка (*ничего более*). По ходу заметим, что, как и для всех базовых дисциплин, этой дисциплине отводится 2 кредита, т.е. в идеальном случае 15 пар лекций, материал огромный и немалой степени сложности-«утонченности»; а наши студенты (с их-то багажом школьных знаний, подготовкой) явно, при всем желании не смогут *самостоятельно* осилить «тонкие материи» этой науки (поверьте мне, моему опыту). В этих условиях такая сложная, но, безусловно, фундаментальная, безусловно актуально-современная теория как «Статистическая механика» (правильное название, являющееся синонимом «Статистического метода»), обозначена, как выше сказано, лишь *одним названием*. Непонятно: где же его содержание? Или, возможно считают, что достаточно, лишь «в двух словах» о ней упоминать, а далее «шпарить» элементарную кинетическую теорию из школьной программы (повторяя те же выводы основного се уравнения, определений температуры и т.д.), и ту же «школьную термодинамику» и т.п. Судя по «духу» расписанных *тем* и *разделов*, так и

предполагается! Это отчётливо видно, например, из понятия температуры: она на все сто процентов определена как мера средней энергии движения, т.е. «по-школьному». Но ведь это «безнадёжный примитив», используемый обычно лишь для формирования *первоначальных* представлений учеников о молекулярной (микроскопической, статистической) природе макропараметров. Такое *определение* температуры, во-первых, не даёт способа его измерения, а во-вторых, оно не универсально, т.е. оно применимо для узкого круга объектов изучения (например, не применимо для газа электронов в электрических разрядах, для электромагнитного излучения, а также для низкотемпературных состояний *любых* веществ и т.д.) и не для всех режимов температуры и давления и т.п. И в-третьих, главным образом, будучи элементарным и ограниченным очень узким интервалом условий применимости, такое определение лишь *примитивно* раскрывает истинную и очень глубокую физическую суть такой величины-понятия, как температура. Несомненно, *температура* тела и *энергия* тела взаимосвязаны/взаимообусловлены. Но даже школьнику **должно быть** известно, что *энергия энергии рознь*: энергия, помимо своего количества, обладает и «*качеством*»; энергия, соответствующая более высокой температуре тела, имеет лучшее *качество*, нежели то же количество энергии при более низкой температуре тела. Даже ученики у хорошо образованного, добросовестного учителя знают, что именно поэтому неисчерпаемая, но «низкого качества» энергия океанов и морей остаётся «недоступной». А качество энергии тела связано (характеризуется) с его *энтропией*; это две совершенно неразрывно связанные между собою физические величины, как две стороны одной медали. И именно *температура* определяет-характеризует взаимосвязь, взаимоотношение этих величин. В нормально развитых странах уже «100 лет» определяют температуру и в науке, и в образовательных программах его универсальным свойством - как *макропараметра статистических распределений* частиц по энергетическим состояниям изучаемого объекта, проще говоря, как *характеристики взаимозависимости, взаимообусловленности энергии системы частиц от энтропии изучаемого объекта, то есть соотношением*

Это универсальное определение температуры, которое даёт возможность инструментального измерения этой физической величины при любых мыслимых физических условиях. Напомним, в физической науке *нет*, не бывает (в принципе не бывает) и не вводятся не измеряемые величины; в пример многим другим наукам.

$$\frac{1}{T} \equiv \left( \frac{\partial S}{\partial E} \right)_{dA=0}$$

инструментального измерения этой физической величины при любых мыслимых физических условиях. Напомним, в физической науке *нет*, не бывает (в принципе не бывает) и не вводятся не измеряемые величины; в пример многим другим наукам.

Данное определение температуры имеет однозначный, ясный и весьма глубокий физический смысл.

Статистическая механика вводит его достаточно «непринуждённо» и доступно; так же, как и другие параметры-свойства статистического объекта.

Разумеется, это определение особо легко (аксиоматически) вводится и в аппарате понятий классической термодинамики. Тогда, тем более, казалось бы, «раскрой» ее физическую суть: введи, используй, «разверни»!

Более того, само «ядро» этой статистической теории, ещё со времён Дж. Гиббса ставшее классическим/универсальным методом, обладает глубокой научно-познавательной силой, мощью; значимости и места этой теории в образовательной программе просто невозможно переоценить: помимо системы основополагающих знаний, заключённых в рамках этой теории, она своим методом познания одновременно приучит, «увлечёт» субъекта образовательной деятельности к дальнейшему познанию глубочайших таинств материи/мироздания, по ходу вооружая необходимыми знаниями, воспитывая его научное мышление и т.д.

Предвидим следующее возражение. То, что выше говорили про метод статистической механики, про температуру, могут сказать, реализуется в дисциплине «Термодинамика. Статистическая физика» (7 семестр). Отвечаю. В том-то и беда наша, что или не понимаем, или сознательно манипулируем. Во-первых, в этой дисциплине под Термодинамикой подразумевается не классическая - феноменологическая термодинамика, а Статистическая термодинамика, которая может быть изучена только после изучения (усвоения) основ Статистической механики. Во-вторых, именем «Статистическая физика» обозначена, и бесспорно понимается, именно физика (и, очевидно, статистическая), рассматривающая многочисленные и разнообразные физические явления, и свойства на основе методов Статистической механики, а не просто сама основа- «скелет» Статмеханики, как это ошибочно или преднамеренно представляют себе «наши». Разумеется, их (т.е. Стат.физику и Стат.механику) можно и совместить, «раскладывая» в начале метод статмеханики и затем на его основе изучая явления и свойства веществ. Но, повторюсь, главный «крен», главный предмет



Стат.физики –это приложения метода Стат.механики к статистическому исследованию *Свойств и Явлений*, как равновесных, так и неравновесных. (Это не требует доказательства!). Именно по этой причине дисциплина «Статистическая физика» во многих названиях именуется как «Статистическая физика (+) Физическая кинетика (или по-иному называемая как Стат.физика неравновесных явлений)». Совсем другое дело, что мы давно уже подменяем их и читаем (7 -семестр) вместо Статфизики лишь основу («скелет») Стат.механики, по той причине, по-видимому, что это «сложный» курс, как для лектора, так и для слушателя.

Напоследок скажем: «скелет-ядро» статмеханики, т.е. каноническое (Гиббса) распределение, это как бы подобие скелета Механики - уравнение движения (2 закон Ньютона) - который даётся и в школе (пусть упрощённо), и в ВУЗе; каждый из них на своём уровне в необходимом и достаточном количестве облакает его «плотью и кровью». Вновь повторимся, и Большое каноническое распределение Гиббса (выводимое без особого труда за максимум 3-4 академических часа) и достоверно, доступно вытекающие, как следствие, (максимум за 40 минут) из этого «Большого», распределения Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака, на основе которых всеобъемлюще могут быть раскрыты все сокровенные тайнства материального мира, - есть скелет Статмеханики, *представление и первичные знания* о котором как важнейших элементов физических знаний могут быть - *должны быть* - заложены в дисциплине Молекулярная физика. В «Стандарте», повторюсь, должны быть в обязательном порядке (в порядке предъявляемых *требований*) конкретизированы основополагающие/ключевые элементы знаний дисциплины.

Ибо без этих элементов знаний не обойтись (как воздух) уже в следующей за нею дисциплине Электромагнетизм (Электропроводность и Электронный газ в металле, раскрывающие свои «секреты», причудливые свойства только на основе функции распределения Ферми-Дирака), а также в дисциплине Оптика (в свою очередь, следующий за Электромагнетизмом) при рассмотрении поведений и свойств широко -распространённого - и на Земле и во Вселенной, - а также чрезвычайно важного «интересного» и поучительного (как в научном, так в практическом аспектах) объекта как *тепловое излучение*, раскрывающее свои свойства - «причуды» только на основе функции распределения Бозе-Эйнштейна.

Помимо этого, имея в руках две указанные фундаментальные функции распределения, совершенно без труда, - как частные случаи/следствия – «извлечём» классические («традиционные») распределения Максвелла-Больцмана которых обыденно «безответственные» лектора дают без выводов или в лучшем случае просто сославшись на *опыт*. (Такое не делает никому чести; ибо это будет смахивать на поведение человека, привыкшего все «блески» явлений Природы и Жизни объяснять – самоверуя и уверяя других - «Божьим творением»). Очевидно, нельзя этого делать, коли есть возможность (существуют Знания) *объяснять*. (А объяснять - это прямая функция, сама цель, назначение *науки*, наряду с её *предсказательными* устремлениями и устремлениями *творить*).

2. Что же касается приведённых рисунков 2 и 3, то они «сами за себя говорят». Они по замыслам авторов, обозначают, иллюстрируют *центральные элементы* (т.е. «скелета») *знаний* Стат.механики, которые, как сказано выше, *должны быть* (и могут быть) изложены. Все эти знания традиционно и в доступной форме излагаются во многих признанных учебных пособиях вышеупомянутых профессоров-энтузиастов в самой дисциплине Молекулярной физики из общего (базового) курса Физики. Сведущему специалисту-физику суть мыслей сразу станет ясной, конкретной. А, следовательно, во избежание злоупотребления вниманием читателя считаем возможным пропустить их интерпретацию. Такие вопросы должны быть неспешно, обстоятельно и конкретно обсуждены в кругу заинтересованных физиков.

3. Вопросы содержания образовательных программ магистратуры и PhD не будем здесь касаться.

4. Вопросы *Образования-Науки* — это особо значимые, злободневные вопросы нашего дня. Общество делает *все* от него зависящее для индустриального развития страны. Разумеется, на качественно новой - *научно-инновационной* основе. А развитая наука, безусловно, предполагает *качественное образование*, ибо *Наука всегда стоит на плечах Образования*. (Скажем так, подражая стилю выражения великого Исаака Ньютона «...я стою на плечах гигантов»).

5. Заключая свои мысли, в качестве выводов/предложений хотели бы отметить следующее:

5.1 Сказанным выше в п.п. 2.2 и 2.3 – будем надеяться - удастся обнажить/обозначить «болевые» проблемы *качества* государственных документов как «Стандарт образования» (для

физико-технического профиля) и «Контрольно-измерительные материалы» (тесты) по проверке его исполнения.

5.2 Также отметим, что задача разрешения обозначенной «болевого» проблемы, это не задача одного-двух энтузиастов – будь они хоть «семи пядей во лбу»; она требует *системную работу* «серьезного» научно-методического коллектива, сформированного в соответствии с некоторыми нормами и принципами в определенную организационную структуру. (Разумеется, наличие энтузиазма, государственного подхода-мышления этому профессиональному коллективу *не будет лишним!*). По большому счету, в этом деле тон должна задавать соответствующая государственная структура (т.е. МОН РК) с высот Государственной политики в области Образования и Науки, исполняя свои прямые функции координирования, контроля, требования и т.п.

Благо, что специфика и самой физической науки, и предмета физики как системы физических знаний – на всех 3-х ступенях образования – однозначно позволяют осуществить эту работу.

*Фундаментальные основы* физики, т.е. основополагающие физические знания – если они действительно как таковые – в своем подавляющем большинстве, бесспорно «консервативны» и общеизвестны. Это означает, что «круг» или *система* этих фундаментальных элементов знаний достаточно четко *определимы*. И поэтому, вполне возможно произвести поэлементное *измерение*, а следовательно, и – *контролировать*.

5.3 На «начальном-переходном» этапе организации и становления наши Образования, думаем, возможно следовало бы *сравнивать-соизмерять* нашей модули-дисциплины образования с соответствующими модулями-дисциплинами (как по тематике, так и по их конкретным содержаниям) признанно ведущих университетов. (Думаем, надо сравнивать и соизмеряться также с их контрольно-измерительными критериями оценок качества; возможно, это даже главное). Почему бы нет! Истина всегда проста. *Наука-образование* всегда была и остается интернациональной. Это способствовало бы тому, чтобы, не варясь обособленно в своем «жиденьком соку», нам наикратчайшим путем присоединиться к ним – «ведущим». Разумеется, не хочу умолять «наше достоинство»: не слепо копировать, а искренне-истинно «подражать» (мудрый Абай так назидал!).

Хотя есть одно «внутреннее сомнение». Қазаққа «...жібермесің жібермес!» - деген сөз бар; понимаю я, понимают и другие: касательно *физического образования* высокое его содержание у мировых «передовых», особенно технология его *обучения* (кредитная, а следовательно, главным образом *самостоятельная*) и соответствующего *контроля*, может оказаться просто не приемлемым (не доступным) нашему контингенту (разительно отличающегося от тех своим уровнем образовательной подготовки, мышления, жизненных устоев, социально-экономических условий в которых находятся и т.д., и т.п.). Но это уже другой вопрос (и весьма большой вопрос); он требует стратегического осмысления.

Физика – как наиболее общая наука о Явлениях и их глубинных свойствах-причинах – дает следующую поучительную истину: законы, действующие в системах с большим числом ( $\ln N \gg 1$ ) частиц (в которых свободная система, независимо от своих первоначальных состояний, неизбежно вернется/найдет свое самое *устойчивое, стабильное* состояние с максвелл-больцмановским распределением), качественно отличаются от законов существования систем с небольшим числом ( $\ln N \sim 1$ ) частиц, у которых не существуют *устойчивого состояния со стабильными распределениями* ни по координатам, ни по импульсам, ни по энергиям. (По мере истечения определенного промежутка времени эти «малые» системы могут оказаться в любых случайных состояниях, с любыми случайными распределениями). (Не дай Бог!). Это к тому, чтобы не было слепого подражания всему и вся; как говорится, «зри в корень».

5.4 Одним из способов решения *этого* аспекта физического образования авторы видят в открытии *колледжа*; а именно, колледжа-интерната при физико-техническом факультете (Платного и, главным образом, неплатного, если только хотим взрастить научную национальную элиту физико-технического профиля, специфичная «дороговизна» которого общеизвестна), который бы обеспечивал его *целенаправленно* подготовленным контингентом, как это неспроста и издавна делается во всех ведущих университетах мира. (В случае, если дело упрется, как обыденно, в «финансы», то нужно изыскать его, к примеру, за счет напказ «престижных» проектов).

Актуальность этого Дела обоснована уже давно провозглашённой Государственной политикой в области физико-технических образований. Его претворение дало бы, в свою очередь, реальный импульс реальному решению не только нынешних насущных образовательных задач, но и реальному – «на деле» - претворению ряда поистине *значимых* задач Государственного масштаба; в частности,

претворению стратегической Государственной Программы по индустриализации страны (программа ГПИИР), к 4-ой стадии которой (4-ая Промышленная революция) уже приступили.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] Государственный Общеобразовательный стандарт образования РК (ГОСО РК 3.08.319-2006), МОН РК, Астана, 2006 г.

[2] Каталог (бакалавриат). – Алматы: Изд-во «Қазақ университеті», 2011.

[3] Образовательная деятельность исследовательского университета. «Материалы ХLI научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава КазНУ им.аль-Фараби». – Алматы: Изд-во «Қазақ университеті», 2011.

Сармасаев М., Айтан Н., Жанабекова Ж., Мукиат С.

**«Білім беру стандартының мазмұнының сапасын және оның бақылау және бағалау материалдарының физикалық білім беру сапасы**

**Түйіндеме:** Бұл мақалада авторлар – журналдың осы нөмірінде басылған өздерінің «Физикалық Білімберудің сапасын арттырудың дидактико-методологиялық принциптері» атты мақаласының концептуалды-логикалық жалғасы ретінде – аталмыш мемлекеттік құжаттардың мазмұндарын талдайды.

Оқытылатын басты пән-модульдердің бірі – «Молекулалық физиканың» мысалы негізінде аталған құжаттардың мазмұндарында – әлемнің үздік университеттерінде қалыптастырылатын түпнегізгі білімдер жүйесін қалыптастырудың орнына – оқушыларға көбінесе мектептен белгілі білім элементтерін қайталаумен шектелетіндіктері сөз етіледі.

**Түйінді сөздер:** дидактика, методология, ғылыми танымның әдістемелері, ғылыми ойлап-саналау, физикалық білім беру, білімдер жүйесі, білім беру ісінің түпнегізділігі, физикалық білімберудің сапа критерийлері, сапаны өлшеп-бақылау, оқытылатын білімнің мазмұндары, білім элементтері және жүйесі, оқу-танымдық еңбектену, оқытудың проблема-шығармашылық әдістері, оқытудың индуктивтілік және дедукция-шығармашылық әдістері, өзекті физикалық теориялар, оқушылардың физикалық ойлап-саналауын қалыптастыру.

ӨЖК 371.31.853.02

XFTAP 14.25.09

<sup>1</sup>**B.A. Mukushev, <sup>1</sup>E.Zh. Alimkulova, <sup>1</sup>S.K. Zhokizhanova, <sup>1</sup>Zh. A. Ibatayev,**

<sup>1</sup>**G.M. Nurgazina, <sup>1</sup>D.A. Nurgaliyeva, <sup>2</sup>Zh.K. Sydykova, <sup>2</sup>B.Yerzhenbek**

(<sup>1</sup>Kazakh Agrotechnical University named after S.Seifullin, Astana, Kazakhstan, <sup>2</sup>Kazakh National Pedagogical University named after Abai, Almaty, Kazhakstan, E-mail: bazarbek1@rambler.ru)

#### CONTINUITY IN THE PROCESS OF «BINDING ENERGY» CONCEPT FORMATION

**Abstract:** The article suggests ways of organizing continuity. These methods are required to study the concept of "binding energy" from different paragraphs of school physics. It is well known that the concept of "binding energy" in physics is used to study the structure of the atomic nucleus and nuclear processes. However, the concept of "binding energy" has a wide application for the study of various systems of nature. These systems consist of interacting (more precisely, mutually attracting) bodies or particles.

**Keywords:** binding energy, potential energy, potential well, ionization energy, mass defect, MathCAD software package, continuity.

<sup>1</sup>**Б.А.Мукушев, <sup>1</sup>Э. Ж. Алимкулова, <sup>1</sup>С.К.Жокижанова, <sup>1</sup>Ж.А.Ибатаев,**

<sup>1</sup>**Г.М.Нургазина, <sup>1</sup>Д.А.Нурғалиева, <sup>2</sup>Ж.К.Сыдыкова, <sup>2</sup>Б.Ерженбек**

(<sup>1</sup>С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана, Қазақстан.

<sup>2</sup>Абай атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы,  
E-mail: bazarbek1@rambler.ru)

#### «БАЙЛАНЫС ЭНЕРГИЯСЫ» ҰҒЫМЫН ҚАЛЫПТАСТЫРУДАҒЫ САБАҚТАСТЫҚ

**Аңдатпа.** Мақалада мектеп физикасындағы кейбір физикалық процестерді оқып-үйрену кезінде оқушыларда «байланыс энергиясы» ұғымын қалыптастыру және осы ұғымды оқытуға қажетті сабақтастықты ұйымдастыру мәселелері қарастырылған. «Байланыс энергиясы» ұғымы атом ядросының құрылымын және

онда болып жатқан процестерді зерттеу үшін қолданылатыны белгілі. Дегенмен, «байланыс энергиясы» ұғымы өзара әрекеттесуде болатын (дәлірек айтқанда, өзара тартылуға болатын) денелерден немесе бөлшектерден тұратын табиғаты әр түрлі жүйелерді зерттеу үшін кеңінен қолданылады.

**Түйін сөздер:** байланыс энергиясы, потенциалды энергия, потенциалдық шұңқыр, ионизация энергиясы, масса ақауы, MathCAD қолданбалы программалар пакеті, сабақтастық.

**Кіріспе.** Байланыс энергиясы - денелердің өзара әрекеттесуін жан-жақты сипаттайтын әмбебап түсініктердің бірі болып табылады. Жүйенің байланыс энергиясының айырықша ерекшелігі оның теріс шама болғандығында.

Дененің, немесе бөлшектің энергиясының терістігі - ол дененің басқа денемен (бөлшекпен) немесе денелермен (бөлшектермен) байланысқан күйде екенін білдіреді. Денені басқа денелердің тартуынан «босату» үшін, ол дененің энергиясын нөлге дейін өсіру қажет. Мұндай жағдайда төмендегі физикалық нысандар бола алады: Жер мен дене арасындағы өзара әрекеттесу, атомдардағы кулондық күш, нақты газдардағы ван-дер-ваальс күштері, кристалдардағы атомдар мен молекулалардың өзара әрекеттесуі, сұйықтықтағы беттік керілу құбылысы және т.б.

Табиғи жүйелердің тұрақтылығын зерттеуде кеңінен қолданылатын минималды потенциалдық энергия принципі байланыс энергиясы ұғымымен тікелей байланысты. Бұл принцип бойынша жүйе басқа ықтимал жағдайлармен салыстырғанда минимал потенциалдық энергияға ие болса, онда жүйе орнықты тепе-теңдікте болады. Бұл жағдайда дене немесе бөлшек тереңдігі олардың байланыс энергиясындай потенциалдық шұңқырдың түбінде орналасқаны айтылады. Демек, дене өзін тартып тұрған басқа денеден шексіз қашықтықта орналасса, онда оның максималды потенциалдық энергиясы нөлге тең. Бұл жағдайда дене (немесе бөлшек) потенциалдық «шұңқырдан» шығып кетті дейді.

Енді физиканың әртүрлі тарауларында кездесетін байланыс энергиясы ұғымына қатысты нақты мысалдарға талдау жасаймыз. Талдауды MathCAD қолданбалы программалар пакеті көмегімен іске асырамыз.

### 1. Механикадағы байланыс энергиясы

**Мысал 1.** Массасы дененің  $m = 1\text{ кг}$  және Жер центрінен  $r$  қашықтықта орналасқан дененің байланыс энергиясын табу керек. Жердің массасы  $M = 6 \cdot 10^{24}\text{ кг}$ , ал радиусы

$$R_{\text{ж}} = 6,4 \cdot 10^6\text{ м. } (r \geq R_{\text{ж}}).$$

«Жер-дене» оңашаланған жүйенің байланыс энергиясы дененің Жер тартылыс өрісіндегі потенциалдық энергиясы болады. Бұл энергия Жер центрінен  $r$  қашықтықта орналасқан денені өте үлкен қашықтыққа көшіруге қажетті жұмысқа тең. Денеге үнемі Жер центріне қарай бағытталған

$F = G \frac{mM}{r^2}$  күші әсер етеді. Сонда осы жұмыс шамасы мынаған тең болады:

$$A_{\infty} = - \int_r^{\infty} F dr = - \int_r^{\infty} G \frac{mM}{r^2} dr = - \frac{GmM}{r} = U(r)$$

$\vec{F}$  және  $\vec{dr}$  бағыттары бойынша өзара қарсы болғандықтан интеграл алдына минус таңбасы қойылады. Демек, Жер бетіне орналасқан дененің байланыс энергиясы:

$$U(R_{\text{ж}}) = - \frac{GmM}{R_{\text{ж}}}$$

Бұл теңдеу «Жер-дене» оңашаланған жүйенің байланыс энергиясы болып табылады. Өрнек алдындағы минус таңбасы дененің Жер тартылыс өрісінің потенциалдық шұңқырында жатқанын көрсетеді (1-сурет). Дене Жердің тартылыс өрісін жеңіп алысқа кету үшін сыртқы күштер потенциалдық шұңқырдың тереңдігіндей жұмыс жасау керек:  $A = \frac{GmM}{R_{\text{ж}}}$  Mathcad 14 пакетін қолдана отырып «Жер-дене» жүйесі үшін потенциалдық шұңқырдың графигін саламыз.



2-суреттегі Жер мен Айдың қортқы тартылыс өрісінде орналасқан дененің потенциалдық энергиясының графигін талдай отырып мынандай тұжырым жасаймыз: денені Жер бетінен Ай бетіне жеткізу үшін алдымен оны Жердің потенциалдық шұңқырынан шығарып аламыз да, жайлап Айдың потенциалдық шұңқырына түсіреміз. Денені Жердің потенциалдық шұңқырынан шығару үшін сыртқы күш  $Gm \frac{M_{\text{ж}}}{R_{\text{ж}}}$  шамаға тең жұмыс, ал жайлап Ай бетіне түсіру үшін  $Gm \frac{M_{\text{А}}}{R_{\text{А}}}$  жұмыс жасауы қажет.

Сонда сыртқы күш мынандай жалпы жұмыс жасайды:

$$A = Gm \left( \frac{M_{\text{ж}}}{R_{\text{ж}}} + \frac{M_{\text{А}}}{R_{\text{А}}} \right) \approx 1,28 \cdot 10^6 \text{ Дж.}$$

## 2. Электростатика бөліміндегі байланыс энергиясы

**Мысал 3.** Сутек атомының иондалу энергиясын эВ бірлігінде есептеу керек.

Сутек атомының электроны мен ядросы арасындағы тартылыс күші  $F = k \frac{e^2}{r^2}$ , сонымен қатар осы бөлшектердің өзара әсерлесуінің потенциялық энергиясы  $U = -ke^2/r$  шамасына тең. Электронның толық энергиясы  $E = mv^2/2 - ke^2/r$ ,  $m$  – электрон массасы. Екінші жағынан  $mv^2/2 = -ke^2/2r$  демек  $E = E_{\text{байл.}} = -ke^2/2r$ . Бұл өрнек «электрон-ядро»жүйесінің байланыс энергиясы.  $r = 0,5 \cdot 10^{-10} \text{ м}$  болғандықтан

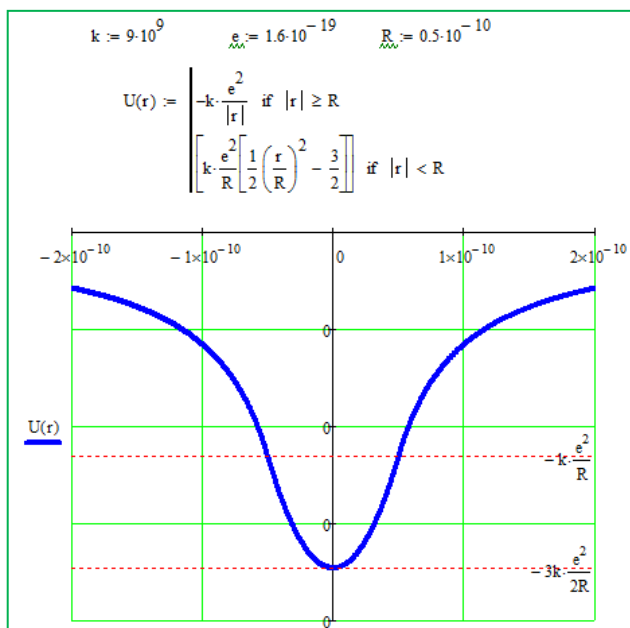
$$E_{\text{св.}} = -9 \cdot 10^9 \cdot (1,6 \cdot 10^{-19})^2 / 2 \cdot 0,5 \cdot 10^{-10} \approx -2,3 \cdot 10^{-18} \text{ (Дж)} \approx -13,6 \text{ (эВ)}$$

Бұл шаманы сутек атомының иондалу энергиясы дейді. Сутек ионын алу үшін электронға 13,6 эВ шамасында энергия беру қажет.

**Мысал 4.** Томсон моделіне сәйкес келетін сутек атомының иондалу энергиясын табу керек. Атом радиусы  $0,5 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ .

Ескерту. Біртекті зарядталған шариктің  $0 \leq r \leq R$  интервалындағы потенциалының төмендегі теңдеуін пайдалану керек:  $\varphi(r) = \frac{\rho}{6\epsilon_0} (3R^2 - r^2)$ . Мұндағы  $\rho = \frac{q}{4\pi r^3/3}$  – шарик зарядының тығыздығы.

Томсон моделі бойынша сутек атомы біртекті оң зарядталған тұтас шарик тәрізді. Шариктің ортасында электрон орналасқан. Мұндағы  $\rho = \frac{q}{4\pi r^3/3}$  – Томсон бойынша сутек атомының зарядының тығыздығы. Шариктің потенциалы үшін мынандай теңдеуді аламыз:  $\varphi(r) = \frac{e}{8\pi R^3 \epsilon_0} (3R^2 - r^2) =$



3-сурет

$\frac{ke}{2R^3} (3R^2 - r^2)$ , мұндағы  $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = k$  Электронның потенциалдық энергиясы

$$U(r) = -\varphi(r)e = -\frac{ke^2}{2R^3} (3R^2 - r^2) \quad \text{мұндағы } 0 \leq r \leq R.$$

Mathcad 14 пакетін қолдана отырып сутек атомының томсон бойынша моделінің потенциалдық шұңқырын саламыз (3-сурет).

$U(R) = -\frac{ke^2}{R}$  – сутек атомының электроны атомның бетіне орналасқан кездегі потенциалдық энергиясы.

$U(0) = -\frac{3ke^2}{2R}$  – сутек атомының электроны атомның ортасында орналасқан кездегі потенциалдық энергиясы. Электронды шексіз үлкен қашықтыққа әкету үшін жасалатын жұмыс:

$$A = |E_{\text{св.}}| = |U(0)| = \frac{3ke^2}{2R} \approx 69,12 \cdot 10^{-19} \text{ Дж.} \approx 43,2 \text{ эВ.}$$

Томсон моделі бойынша қарастырылатын сутек атомын иондау үшін нақты иондау энергиясынан бірнеше есе үлкен энергия қажет екен. Бұл жағдай сутек атомының томсон моделіне бағынбайтынын тағы бір рет дәлелдейді.

### 3. Атом ядросындағы байланыс энергиясы.

Атом ядросының тұрақтылығын ядроның байланыс энергиясы сипаттайды. Байланыс энергиясының шамасы ядроны жеке нуклондарға ыдыратуға қажетті энергияға тең. Атом ядросының байланыс энергиясы заңдылықтарын оқушыларға терең түсініндіру мақсатында әр түрлі басылымдарда бірнеше мақалалар жарық көрді [1-4].

Ядроның байланыс энергиясы масса мен энергия арасындағы байланысты көрсететін Эйнштейн теңдеуі бойынша анықталады:

$$E = mc^2$$

Атом массасын өлшеудің қазіргі заманғы әдістері көмегімен ядроның тыныштықтағы массасы ( $M_{\text{я}}$ ) оны құрайтын протондар мен нейтрондардың массаларының жиынтығынан әрқашан кем екені дәлелденді:

$$M_{\text{я}} < Zm_p + Nm_n$$

$Z, N$  - протондар және нейтрондар саны,  $m_p, m_n$  - протонның және нейтронның тыныштық массасы.

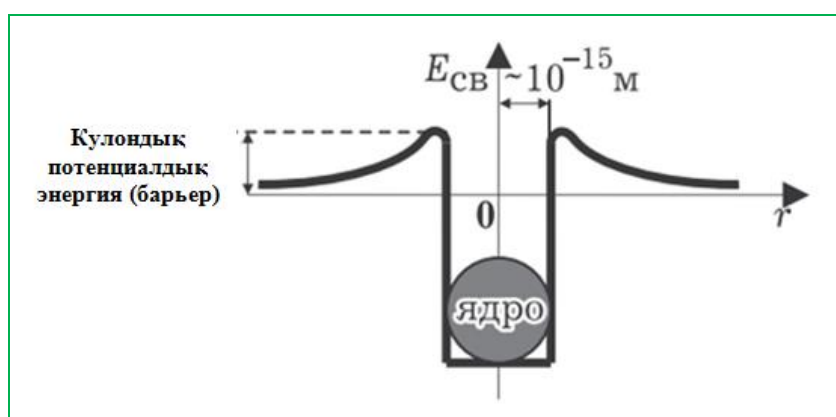
Ядроны құрайтын бөлшектер массасы және ядроның тыныштық массасы арасындағы айырмашылық мынандай теңдеумен өрнектеледі:

$$Zm_p + Nm_n - M_{\text{я}} = \Delta m$$

$\Delta m$  шаманы масса ақауы деп атайды. Эйнштейн формуласына сүйене отырып ядроның байланыс энергиясын мынандай түрде жазамыз:

$$|E_{\text{св.}}| = \Delta mc^2$$

Ядроны құрайтын нуклондар бір-біріне белгілі бір қашықтыққа дейін жақындағанда оларға ядролық тартылыс күші әсер етеді де, бір-біріне қарай орасан үлкен жылдамдықпен қозғалады. Сөйтіп бөлшектерден белгілі бір элементтің ядросы пайда болады, сонымен қатар қысқа толқын ұзындығындағы гамма-кванттар бөлініп шығады. Гамма-кванттар  $|E_{\text{св.}}|$  энергияны өзімен бірге алып кетеді. Кейбір жағдайда кинетикалық энергиясы бар жаңа бөлшектер жаңа пайда болған ядродан бөлініп кетеді. Осы жағдайдан кейін ядроның тыныштық энергиясы азаяды. Ядроның байланыс энергиясы тері шама екенін білеміз  $E_{\text{св.}} < 0$ . Демек атом ядросы тұрақты жағдайға көшеді және ядро потенциалдық шұңқырдың түбінде жатыр деп есептеледі. 4-суретте ядроның байланыс энергиясының ара қашықтыққа тәуелділік графигі берілген:



4-сурет

**Мысал 4.**  ${}^8_0\text{O}17$  ядросындағы нейтронның байланыс энергиясын табу керек.

Нейтронды ядродан оған кинетикалық энергия бермей алып шығуға қажетті энергия нейтронның байланыс энергиясы деп аталады. Бұл энергияның шамасы 4 суретте көрсетілген потенциалдық шұңқырдың тереңдігіне тең. Егер бір нейтронды ядродан бөліп алсақ  ${}^8_0\text{O}16$  ядросы қалады. Нейтронды ядродан алып кетуге қажетті энергия мына шамаға тең:

$|E_{св}| = [(m(O16)+mn) - m(O17)] c^2$ , мұндағы  $m(O16)$ ,  $m(O17)$  и  $mn$  – тыныштықтағы оттект изотоптары және нейтронның массалары. Нейтронның байланыс энергиясы:

$$E_{св.} = 931 [(15,99491 + 1,00867) - 16,99913] = 4,14 \text{ МэВ.}$$

#### ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Варламов А. Капельная модель ядра. - Квант. – 1986. - №4.
- [2] Самарский Ю. Ядерная физика в задачах. – Квант. – 1995. - №5.
- [3] Воронов Г.С. Штурм термоядерной крепости. – М.: Наука. – 1985. - Библиотечка «Квант». – Выпуск 37.
- [4] Рыбаков А. Что такое энергия связи нуклона в ядре? // Газета «Физика» - №9.
- [5] Мякишев Г.Я., Синяков А.З. Физика: Оптика. Квантовая физика. 11 кл. Учебник для углубленного изучения физики. – М.: Дрофа, 2002.
- [6] Мукушев Б.А. «Энергия связи» в задачах // Потенциал. – 2011.-№11.

Мукушев Б.А., Алимкулова Э. Ж., Жокижанова С.К., Ибатаев Ж.А., Нургазина Г.М.,  
Нургалиева Д.А., Сыдыкова Ж.К., Ерженбек Б.

#### **Преемственность в процессе формирования понятия «энергия связи»**

**Резюме:** В статье предложены пути организации преемственности, необходимые для изучения понятия «энергия связи» при рассмотрении физических процессов из разных разделов школьной физики. Общеизвестно, что понятие «энергия связи» в физике используется при изучении структуры атомного ядра и процессов, происходящих в его недрах. Однако, понятие «энергия связи» как одна из трактовок потенциальной энергии, имеет широкое применение для исследования различных по природе систем, состоящих из взаимодействующих (точнее, взаимопритягивающих) тел или частиц.

**Ключевые слова:** энергия связи, потенциальная энергия, потенциальная яма, энергия ионизации, дефект масс, пакет прикладных программ MathCAD, преемственность.

УДК 372.853  
ГРНТИ 14.25.09

<sup>1</sup>**В.А. Mukushev, <sup>1</sup>Zh.K. Abeldina, <sup>1</sup>Zh.H. Zhanaydarova, <sup>1</sup>T.S. Nurbatyrova,**  
<sup>1</sup>**N. Shakerkhan, <sup>2</sup>Zh.K. Sydykova, <sup>2</sup>B. Yrzhembek**  
(<sup>1</sup>Kazakh agro technical university named after S.Seifullin, Astana, Kazakhstan, <sup>2</sup>Kazakh National University named after Abay, Almaty, Kazakhstan, E-mail: bazarbek1@rambler.ru)

#### **POTENTIAL ENERGY CONCEPT FORMATION**

**Abstract.** The article discusses the potential energy concept formation in a school course of physics. The authors propose a method for studying this concept based on acquainting students with the gravitational energy of the interaction of material points. After the derivation of the potential energy of the interacting bodies, these results are transferred to the Earth – Body system. The authors propose two methods for calculating the potential energy of interaction between the Body and the Earth. The gravitational potential and the binding energy of the field of the Earth are considered. The identity of the two formulas of the potential energy of the body in the field of the Earth is revealed.

**Keywords.** Potential energy, interaction of material points, gravitational potential, binding energy, potential well.

<sup>1</sup>**В.А.Мукушев, <sup>1</sup>Ж.К.Абельдина, <sup>1</sup>Ж.Х.Жанайдарова, <sup>1</sup>Т.С.Нурбатырова,**  
<sup>1</sup>**Н. Шакерхан, <sup>2</sup>Ж.К.Сыдыкова, <sup>2</sup>Б.Ерженбек**  
(<sup>1</sup>Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина, Астана, Казахстан.,  
<sup>2</sup>Казахский национальный университет им. Абая, Алматы, Республика Казахстан,  
E-mail: bazarbek1@rambler.ru)

#### **ФОРМИРОВАНИЕ ПОНЯТИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ**

**Аннотация:** В статье обсуждаются вопросы формирования понятия потенциальной энергии в школьном курсе физики. Авторы предлагают методику изучения данного понятия на основе ознакомления учащихся с гравитационной энергией взаимодействия материальных точек. После вывода уравнения потенциальной энергии взаимодействующих тел эти результаты переносятся на систему «Земля - тело». Авторами предлагаются два способа расчета потенциальной энергии взаимодействия между телом и Землей.



Рассматривается гравитационный потенциал и энергия связи поля тяготения Земли. Раскрыта тождественность двух формул потенциальной энергии тела в поле тяготения Земли.

**Ключевые слова:** Потенциальная энергия, взаимодействие материальных точек, гравитационный потенциал, энергия связи, потенциальная яма.

### Введение

Формирование понятия потенциальной энергии является одной из важных проблем школьного физического образования. Известно, что потенциальная энергия – это энергия взаимодействия. То есть потенциальную энергию имеют все тела или частицы, взаимодействующие между собой. К ним относятся всякие физические объекты, где силой взаимодействия является любая сила притяжения и отталкивания: сила тяготения к Солнцу или планете, кулоновская сила, ван-дер-ваальсовы силы в реальных газах, силы взаимодействия между атомами в кристаллах, сила поверхностного натяжения в жидкостях и т.п.

Как показывает опыт, преподавания физики в школе слабо учитываются вышеперечисленные проявления сил взаимодействия между телами или частицами в системе различных по природе при формировании понятия потенциальной энергии [1,2].

Чтобы восполнить этот пробел следует придерживаться следующей методики изучения вопросов, касающихся системы взаимодействующих тел.

### 1. Потенциальная энергия системы «Земля - тело»

Потенциальная энергия системы взаимодействующих тел – это физическая величина, численно равная работе, совершаемой силами взаимодействия при взаимном удалении всех тел системы из данного расположения на бесконечное расстояние друг от друга. Рассмотрим систему, состоящую из двух материальных точек (тел) на расстоянии  $r$  друг от друга. Для расчета гравитационной энергии  $U(r)$  нужно вычислить работу силы тяготения по удалению двух тел на бесконечно большое расстояние друг от друга.

В качестве примера взаимодействия двух материальных точек рассмотрим притяжение тела на Землю. Имеются два способа вычисления потенциальной энергии взаимодействия между телом и Землей.

*1 способ.* Известно, что сила тяготения Земли различна в разных точках в зависимости от удаления из центра Земли. Поэтому, для вычисления работы силы тяготения Земли на всем перемещении тела в ее гравитационном поле нужно просуммировать работы на элементарных, бесконечно малых перемещениях. Пусть тело массой  $m$  перемещается от поверхности Земли вдоль радиального направления как на рисунке 1. Работа силы тяготения Земли на участке  $r_0m$  равна

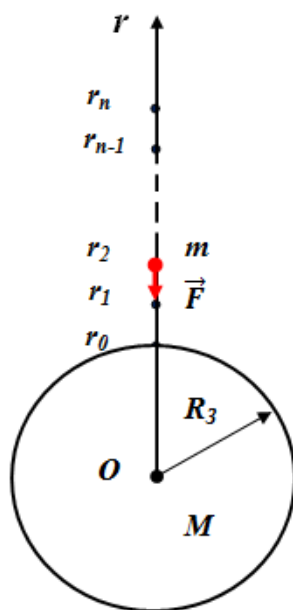


Рис.1

$A(r_0, r_n) = A_1 + A_2 + \dots + A_n$ , где  $A_1, A_2, \dots, A_n$  - значения работы силы тяготения Земли на участках  $(r_0, r_1), (r_1, r_2), \dots, (r_{n-1}, r_n)$ .

Поскольку тело совершает бесконечно малое перемещение на этих участках, для отрезка  $(r_0, r_1)$  можно написать следующее выражение:

$$A_1 = -G \frac{mM}{r_0 r_1} \cdot (r_1 - r_0), \text{ где было допущено следующее приближение:}$$

$$r_0^2 \approx r_1^2 \approx r_1 r_2$$

$$\text{Итак, } A_1 = -GmM\left(\frac{1}{r_0} - \frac{1}{r_1}\right). \text{ Значит, } A_2 = -GmM\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right), \dots,$$

$$A_n = -GmM\left(\frac{1}{r_{n-1}} - \frac{1}{r_n}\right).$$

$$A(r_0, r_n) = -(GmM\left(\frac{1}{r_0} - \frac{1}{r_1}\right) + GmM\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) + \dots + GmM\left(\frac{1}{r_{n-1}} - \frac{1}{r_n}\right)) = -GmM\left(\frac{1}{r_0} - \frac{1}{r_n}\right).$$

Если  $r_n \rightarrow \infty$ , то получим

$$A(r_0, \infty) = -GmM \frac{1}{r_0} = -G \frac{mM}{R_3}, \text{ где } r_0 = R_3. \text{ Если } r_0 \text{ заменим через } r, \text{ то получим}$$

$$A(r, \infty) = U(r) = -G \frac{mM}{r} \quad (1)$$

2 способ. Если школьникам известно интегральное вычисление, то можно пользоваться им. Обозначим работу перемещения тела из данного положения в бесконечность через  $A_{r, \infty}$  и вычислим потенциальную энергию данной системы:

$$U(r) = A_{r, \infty} = - \int_r^\infty F dr = - \int_r^\infty G \frac{mM}{r^2} dr = -GmM \int_r^\infty \frac{dr}{r^2} = -G \frac{mM}{r}$$

Справедливость формулы (1) можно доказать на основе решения «обратной задачи» [3]. Потенциальная энергия, выраженная по формуле (1), будет равна работе силы тяготения Земли ( $F = G \frac{mM}{r^2}$ ) направленной к центру Земли, по перемещению тела из точки на расстоянии  $r$  от ее центра на бесконечность. Знак минус перед интегралом взят потому, что векторы силы тяготения и перемещения противоположны.

Отрицательный знак гравитационной энергии сам по себе означает, что сила тяготения Земли мешает удалению тел, является силой сопротивления по отношению к их удалению от нее. Работа силы тяготения Земли в таких условиях отрицательна.

Для любой системы тел, находящихся на конечных расстояниях, гравитационная энергия отрицательна, а для бесконечно удалённых, то есть для не взаимодействующих тел, гравитационная энергия равна нулю. Для изолированной системы (например, для тела и Земли) гравитационная энергия называется энергией связи.

Очевидно, что потенциальная энергия тела массой  $m$  на поверхности Земли:

$$U(R_3) = -G \frac{mM}{R_3} \quad (2)$$

Здесь  $M$  - масса Земли,  $R_3$  - ее радиус. Последнее выражение есть энергия связи системы «Земля - тело». Отрицательный знак означает, тело находится в потенциальной яме (Рис.2) [4].

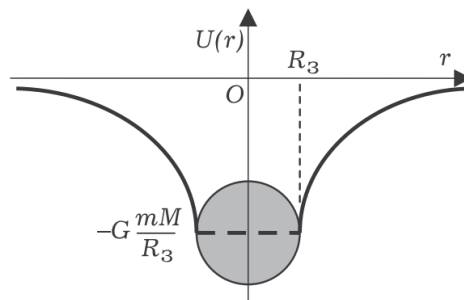


Рис.2

Чтобы тело покинуло Землю, нужно совершить работу внешней силой, равную глубине потенциальной ямы, т.е.  $A = G \frac{mM}{R_3}$

Из уравнения (1) следует, что при увеличении расстояния между телом и Землей потенциальная энергия тела возрастает и достигает максимального значения  $U(r) = 0$ , когда тело находится на бесконечно большом расстоянии от Земли. В этом положении взаимодействие между телом и Землей отсутствует. Таким образом, нулевой уровень потенциальной энергии тела, определенной по формуле (1), соответствует положению тела, удаленному от Земли на бесконечность (Рис.2). При приближении тела к Земле потенциальная энергия тела уменьшается.

уравнение можно написать в таком виде:

$$U(r) = -G \frac{mM}{r} = -m G \frac{M}{R_3^2} R_3 \left( \frac{R_3}{r} \right) = -mgR_3 \left( \frac{R_3}{r} \right) \quad (3)$$

Как видно из формулы (3) потенциальная энергия тела на поверхности Земли  $U(R_3) = -mgR_3 = -G \frac{mM}{R_3}$

## 2. Гравитационный потенциал Земли

В процессе формирования понятия потенциальной энергии тела в поле тяготения Земли важно значение имеет ознакомление учащихся классов физико-математического профиля с понятием гравитационного потенциала Земли.

В гравитационном поле Земли под действием силы тяготения перемещается точечное тело  $m$ . Его потенциальная энергия в данной системе выражается по формуле (1).

Работа силы тяготения Земли по перемещению точечного тела ( $m$ ) из точки 1 в точку 2 равна

$$A = - (U(r_2) - U(r_1)) = m \left( -G \frac{M}{r_1} - \left( -G \frac{M}{r_2} \right) \right) \quad (4)$$

$U(r_2)$ ,  $U(r_1)$  - потенциальные энергии точечной массы  $m$  в поле тяготения Земли в точках 2 и 1. Обозначим  $-G \frac{M}{r_1} = \phi_1$  и  $-G \frac{M}{r_2} = \phi_2$ . Эти скалярные значения называют гравитационными потенциалами поля тяготения Земли в точках 1 и 2. Гравитационный потенциал есть потенциальная энергия, приходящаяся на единицу массы тела в поле тяготения небесных тел (планеты, звезды и др.). То есть эта физическая величина выступает энергетической характеристикой поля тяготения небесных тел, и работа тела массой  $m$  при перемещении в этом поле равна:

$$A = m(\phi_1 - \phi_2)$$

$\phi_1 - \phi_2$  - разность потенциалов гравитационного поля небесного тела в точках 1 и 2.

## 3. О тождественности двух формул потенциальной энергии тела в поле тяготения Земли.

В учебнике физики для 9 класса выражение потенциальной энергии тела массой  $m$  в поле тяготения Земли представлено в таком виде:  $E_p = mgh$ , где  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ , а  $h$  – высота тела от поверхности Земли. В учебнике установлено условно, что на поверхности Земли тела имеет нулевую потенциальную энергию [1,2]. А нами получено выражение потенциальной энергии тела массой  $m$  на поверхности Земли:  $U(R_3) = -G \frac{mM}{R_3}$ .

Таким образом, у нас получились две формулы потенциальной энергии тела в гравитационном поле Земли:  $U(r) = -G \frac{mM}{r}$  и  $E_p = mgh$ . Хотя эти два выражения потенциальной энергии тождественны, но их внешняя разновидность может вызвать некоторые смущения у школьников. По этому, мы покажем, что формула  $E_p = mgh$ , является частным случаем уравнения (1).

Рассмотрим движения тела с вблизи поверхности Земли на небольшую высоту  $\Delta h = h_2 - h_1$ , то есть с точки  $h_1$  в точку  $h_2$  ( $\Delta h \ll R_3$ ). В этом случае работа силы тяготения Земли при перемещении тела пишется так:

$$A = - (U(R_3 + \Delta h) - U(R_3)) = - \left( -G \frac{mM}{R_3 + \Delta h} - \left( -G \frac{mM}{R_3} \right) \right) = -G \frac{mM}{R_3^2} \Delta h \left( 1 + \frac{\Delta h}{R_3} \right)$$

Поскольку  $\Delta h \ll R_3$ , то  $\frac{\Delta h}{R_3} \rightarrow 0$   $A \approx -G \frac{mM}{R_3^2} \Delta h = -mg\Delta h$  или

$$A = - (mgh_2 - mgh_1)$$

Обозначим потенциальную энергию  $mgh$  через  $E_p$  ( $E_p = mgh$ ), тогда можно написать в таком виде:  $A = - (E_{p2} - E_{p1})$ . Поскольку сила тяготения Земли направлена против движения тела массы  $m$ , ее работа отрицательна.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Кронгарт Б., Кем В., Койшыбаев Н. Физика 10. Учебник для 10 классов естественно-математического направления общеобразовательных школ. Алматы «Мектеп» 2006. – 350 с.  
[2] Перишкин А.В., Гутник Е.М. Физика 9 класс // Учебник для общеобразовательных учреждений. – М.: Дрофа. – 300 с.  
[3] Физика (Механика). Учебник для углубленного изучения физики // Под редакцией Г.Я.Мякишева. Москва «Дрофа» 1998 г. – 496 с.  
[4] Мукушев Б.А. «Энергия связи» в задачах // Потенциал. – 2011.-№11.

Мукушев Б.А., Абельдина Ж.К., Жанайдарова Ж.Х., Нурбатырова Т.С.,  
Шакерхан Н., Сыдыкова Ж.К., Ерженбек Б.

#### Потенциалдық энергия ұғымын қалыптастыру

**Түйіндеме.** Мақалада физикадан білім берудегі потенциалдық энергия ұғымын қалыптастыру қарастырылады. Авторлар осы ұғымды материалдық нүктелердің өзара әрекеттесуінің гравитациялық энергиясын таныстыру негізінде оқып үйрену әдісін ұсынады. Өзара әсерлесетін денелердің потенциалдық энергиясының теңдеуін алғаннан осы нәтижелерді «Жер-дене» жүйесіне көшіріледі. Авторлар дене мен Жер арасындағы өзара әрекеттестіктің потенциалды энергиясын есептеудің екі әдісін ұсынады. Жердің гравитациялық потенциалы мен байланыс энергиясы қарастырылады. Жердің тартылыс өрісінде орналасқан денеге қатысты екі формуланың бірдей екені анықталды.

**Түйінді сөздер:** Потенциалды энергия, материалдық нүктелердің өзара әрекеттестігі, гравитациялық потенциал, байланыс энергиясы, потенциалдық шұңқыр.

УДК 519.612

<sup>1</sup>N.M. Kassymbek, <sup>1</sup>B. Matkerim, <sup>1</sup>T.S. Imankulov, <sup>2</sup>D.Zh. Akhmed-Zaki  
(<sup>1</sup>Al-Farabi Kazakh National University, <sup>2</sup>University of International Business)

#### ANALYSIS OF NUMERICAL SOLUTION OF POISSON EQUATION BY ILU (0)-GMRES METHOD

**Abstract.** In this paper, we analyze the GMRES and GMRES methods with the ILU (0) preconditioner using the example of solving the two-dimensional Poisson equation. To accelerate the method of convergence, the ILU(0) preconditioner was used and the corresponding changes were made to the GMRES algorithm. CSR format was used to store sparse matrices. Data of iterations number for the method of convergence without preconditioner and with the preconditioner ILU(0) were obtained and analyzed.

**Key words.** GMRES, ILU factorization, preconditioner, ILU(0)-precondition, Poisson equation, CSR format.

<sup>1</sup>Н.М. Касымбек, <sup>1</sup>Б. Маткерим, <sup>1</sup>Т.С. Иманкулов, <sup>2</sup>Д.Ж. Ахмед-Заки  
(<sup>1</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби,  
<sup>2</sup>Университет международного бизнеса)

#### АНАЛИЗ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ ПУАССОНА МЕТОДОМ ILU(0)-GMRES

**Аннотация.** В данной работе проводится анализ методов GMRES и GMRES с предобуславливателем ILU(0) на примере решения двумерного уравнения Пуассона. Для ускорения сходимости метода был использован предобуславливатель ILU(0) и в алгоритм GMRES были внесены соответствующие изменения. Для хранения разреженных матриц использовался формат CSR. Были получены и проанализированы данные количества итерации сходимости метода без предобуславливателя и с предобуславливателем ILU(0).

**Ключевые слова.** GMRES, ILU-факторизация, предобуславливатель, ILU(0)-предобуславливание, уравнение Пуассона, CSR формат.

**Введение.** Актуальной задачей алгебры разреженных матриц является решение системы

$$Ax = b, \quad (1)$$

где  $A$ -разреженная матрица размера  $n \times n$ . Такие задачи возникают при решении многих задач математической физики [1,2]. Методы решения таких систем делятся на прямые и итерационные. Итерационные методы применяются при решении задач больших размерностей, когда прямые методы не могут использоваться из-за ограничений в памяти и долгого времени расчета.

Итерационные методы приближают решение системы к точному решению за определенную последовательность итерации. Йозеф Саад и другие разработали итерационный метод решения СЛАУ под названием GMRES - Generalized minimal residual method [3]. GMRES – метод обобщенных минимальных невязок, итерационный метод нахождения приближенного решения СЛАУ [4,5]. Алгоритм был разработан Йозефом Саадом и Мартином Г. Шульцем. GMRES является линейным решателем подпространства Крылова общего назначения и может быть применен к любым видам систем. Метод, для нахождения минимизирующего невязку вектора из подпространства Крылова, опирается на алгоритм Арнольди.

Проблемы сходимости методов – основные вопросы которые возникают при исследований качества итерационных методов. На эффективность решения систем итерационными методами влияет обусловленность матрицы решаемой системы уравнений [6,7]. Для более эффективного решения используются предобуславливатели. В данной работе в качестве предобуславливателя был выбран ILU(0). Неполное LU разложение (ILU(0)) является эффективным предобуславливателем и легко реализуется [3,6,7,8].

В данной статье рассматривается решение двумерного уравнения Пуассона методом GMRES и GMRES с предобуславливателем ILU(0).

**Алгоритм GMRES.** Система вида

$$Ax = b$$

рассматривается в подпространстве Крылова:

$$K_m = K_m(A, b) = \text{span}\{b, Ab, A^2b, \dots, A^{m-1}b\}$$

Если построить подпространство  $x_0 + K_m$ , то любой вектор  $x$  из этого подпространства может быть представлен в виде:

$$x = x_0 + V_m y.$$

где  $V_m$  – матрица из векторов ортонормированного базиса подпространства  $K_m$ ,  $y$  – вектор размерности  $m$ . В этом случае невязку уравнения можно определить как функцию

$$J(y) = \|b - Ax\| = \|b - A(x_0 + V_m y)\| \quad (2)$$

В связи с тем, что столбцы матрицы  $V_{m+1}$  составляют ортонормированную систему векторов, выполняется следующее соотношение:

$$J(y) = \|b - A(x_0 + V_m y)\| = \|\beta e_1 - \bar{H}_m y\|.$$

GMRES аппроксимирует точное решение данной системы (1) вектором  $x_m$  из подпространства  $x_0 + K_m$ , который в свою очередь минимизирует невязку (2). Вектор  $x_m$  может быть получен следующим образом:

$$x_m = x_0 + V_m y_m \quad (3)$$

где  $y_m$  – вектор, находящийся в виде решения линейной задачи наименьших квадратов размера  $(m + 1) \times m$ , где  $m \ll n$ .

$$y_m = \arg \min_y \|\beta e_1 - \bar{H}_m y\|$$



Матрицу  $M$  называют предобулавливателем. Есть такие виды предобулавливания как SSOR, SGS, ILU. Для этой работы был выбран предобулавливатель ILU(0), метод также называется неполным LU разложением. При полном LU разложении разреженной матрицы, портрет найденных матриц L и U не совпадают с портретом исходной матрицы, то есть, индексы изначально нулевых элементов могут быть дополнены значениями что приводит к потерям в памяти. Для решения этой проблемы сформулируем алгоритм ILU факторизации на основе полного LU разложения методом Гаусса, алгоритм которого выглядит следующим образом:

```

for k = 1 to n - 1
  for i = k + 1 to n
     $l_{ik} = a_{ik}/a_{kk}$ 
  end
  for j = k + 1 to n
    for i = k + 1 to n
       $a_{ij} = a_{ij} - l_{ik}a_{kj}$ 
    end
  end
end
end

```

Для нахождения неполного разложения достаточно проводить расчеты только в пределах портрета матрицы  $A$ , то есть,  $NZ(A) = \{(i,j): a_{ij} \neq 0\}$  [11]. Покажем модификацию алгоритма для неполного разложения ILU(0):

```

for k = 1 to n - 1
  for i = k + 1 to n and if (i,k) ∈ NZ(A) do
     $l_{ik} = a_{ik}/a_{kk}$ 
  end
  for j = k + 1 to n
    for i = k + 1 to n and if (i,j) ∈ NZ(A) do
       $a_{ij} = a_{ij} - l_{ik}a_{kj}$ 
    end
  end
end
end

```

Смысл неполного разложения – представление исходной матрицы  $A$  в виде

$$A = LU + R$$

где L и U – нижнетреугольная и верхнетреугольная матрицы соответственно, полученные неполной факторизации, R – невязка факторизации. После проведения ILU факторизации, матрицу

$$M = LU$$

можно использовать в виде предобулавливателя. Для реализации алгоритма GMRES с ILU(0) предобулавливателем [12], занесем некоторые изменения:

```

for j = 1 to m
   $w = M^{-1}Av_j$ 
  for i = 1 to j
     $h_{ij} = (w, v_i)$ 
     $w = w - h_{ij}v_i$ 
  end
end

```

```

hj+1,j = ||w||
vj+1 = w/hj+1,j
end

```

в самом начале вычислить  $r_0$  как  $r_0 = M^{-1}(b - Ax_0)$ ;

выполнить  $m$  шагов алгоритма Арнольди;

- далее вычислить конечное приближение из уравнения (3)

**Численные эксперименты.** В данной работе было выбрано уравнение Пуассона вида:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = -f \quad (4)$$

где  $f$  непрерывная функция

$$f(x, y) = -6$$

с граничными значениями

$$\begin{aligned} u(0, y) &= 1 + y^2; \\ u(1, y) &= 2 + y^2; \\ u(x, 0) &= 1 + x^2; \\ u(x, 1) &= 2 + x^2. \end{aligned}$$

Область вычисления

$$\Omega = [0,1] \times [0,1].$$

Если разностную аппроксимацию уравнения (4) записать для каждой внутренней точки области, то можно получить систему линейных уравнений вида (1) с количеством неизвестных, равным числу внутренних точек сетки [13]. Полученная система решалась методом GMRES и GMRES с предобуславливанием ILU(0). Матрица коэффициентов данной системы не будет иметь трехдиагональную структуру и к тому же будет разреженной.

Хранение полной матрицы со всеми нулевыми элементами приводит к очень большим тратам памяти. В цели оптимизации памяти был выбран формат хранения разреженных матриц CSR [14,15].

CSR (Compressed Sparse Rows) – формат хранения разреженных матриц в строчном виде. В данном формате используются три одномерных массива:

- первый массив values хранит значения всех ненулевых элементов построчно;
- второй массив cols хранит номера столбцов элементов массива values;
- третий массив rowindex хранит индекс начала каждой строки.

Количество элементов массива rowindex равно  $n+1$ .  $i$ -тый элемент массива rowindex показывает на начало  $i$ -той строки в массиве элементов values. То есть, элементы строки  $i$  в массиве values находятся в пределах индексов rowindex[i] и rowindex[i+1]-1 включительно. Приведем пример, пусть дана матрица  $A$  в следующем виде:

1	0	0	4	0
0	3	0	0	0
0	0	2	0	6
0	1	0	0	3
5	0	0	7	0

В таком случае вышеприведенные массивы формата CSR будут в виде:

values:	1	4	3	2	6	1	3	5	7
cols:	0	3	1	2	4	1	4	0	2
rowindex:	0	2	3	5	7	9			



Как видим, размер массивов values и cols равна NZ (количество ненулевых элементов).

В нашем случае, если взять размер сетки уравнения Пуассона равным  $100 \times 100$ , то размер матрицы  $A$  будет  $9604 \times 9604$ . Размер в памяти этой матрица в полном виде с типом double будет примерно 704 МБ. А если взять только ненулевые элементы такой матрицы, они будут занимать в памяти только примерно 0,36 МБ. Посчитаем занимаемое место в памяти матрицы для сетки  $100 \times 100$  в формате CSR, оно будет равно 0,8 МБ. Как можно увидеть, формат CSR дает возможность хранить намного большие разреженные матрицы.

**Результаты и анализ.** Были произведены вычислительные эксперименты в разных размерах сетки Пуассона. В частности, было определено количество итераций нужных для сходимости метода с и без предобуславливания. Сравнивались время выполнения двух программ.

В следующей таблице можно увидеть описание матриц, с которыми проводились вычисления. Как говорилось ранее, размерность матрицы  $A$  совпадает с количеством внутренних точек сетки уравнения Пуассона. Матрица имеет пятидиагональную структуру, исходя из этого можно посчитать количество ненулевых элементов.

**Таблица 1.** Используемые матрицы

Номер матрицы	1	2	3
Сетка уравнения Пуассона	100x100	200x200	300x300
Размерность матрицы A	9604x9604	39204x39204	88804x88804
Количество ненулевых элементов	47628	195228	442828
Номер матрицы	4	5	6
Сетка уравнения Пуассона	400x400	500x500	600x600
Размерность матрицы A	158404x158404	248004x248004	357604x357604
Количество ненулевых элементов	790428	1238028	1785628

В следующих рисунках номера матриц в оси OX совпадают с матрицами из Таблицы 1.



**Рис. 2.** Количество итерации сходимости метода

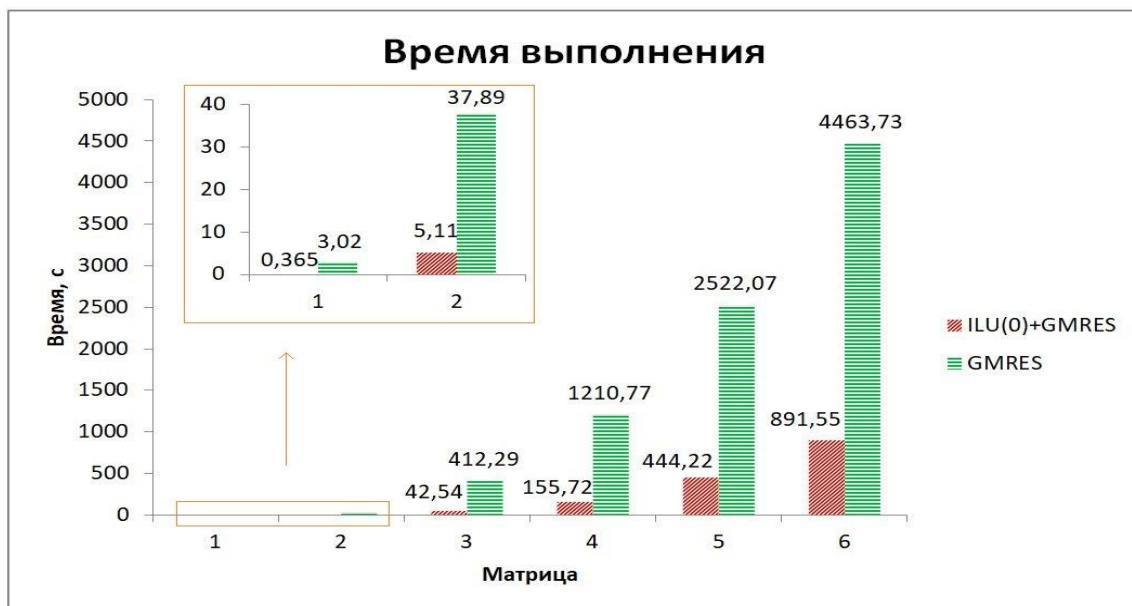


Рис. 3. Время выполнения

По описанным матрицам в таблице 1 вы можете увидеть что, как и упоминалось раньше, размерность решаемой системы равна количеству внутренних точек сетки уравнения Пуассона. Как можете увидеть, в рисунке 1, во всех матрицах количество нужных итераций для сходимости метода с предобуславливанием меньше чем количество итераций GMRES. Из-за этого в рисунке 3 видим, что время выполнения программы GMRES в 5-8 раз больше чем время исполнения программы GMRES с ILU(0) предобуславливанием.

**Выводы.** Метод GMRES может быть использован для решения систем любого вида, предобуславливание ускоряет сходимость метода. Данная статья была посвящена анализу методов GMRES и GMRES с предобуславливанием ILU(0) на примере решения двумерного уравнения Пуассона. Матрицы коэффициентов уравнения Пуассона являются разреженными, поэтому использовался формат хранения матриц CSR, что позволил работать с довольно большими матрицами. В данной задаче количество итерации и время выполнения ILU(0)-GMRES метода меньше чем у GMRES. Это позволяет сделать вывод что метод с предобуславливанием ILU(0) лучше справляется с данной задачей.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. –М.: Наука, 1977.
- [2] Вержбицкий В.М. Численные методы (математический анализ и обыкновенные дифференциальные уравнения). – М.: Высшая школа, 2001.
- [3] Saad Y. Iterative methods for sparse linear systems. – SIAM, 2003.
- [4] PKW Vinsome, Orthomin, an iterative method for solving sparse sets of simultaneous linear equations, SPE Symposium on Numerical Simulation of Reservoir Performance, 1976.
- [5] Saad Y., Schultz, M.H. GMRES: A generalized minimal residual algorithm for solving nonsymmetric linear systems // SIAM J. on scientific and statistical computing. – 1986. – Vol. 7, No. 3. – P. 856 – 869.
- [6] R. Li, Y. Saad GPU-accelerated preconditioned iterative linear solvers, Technical Report umsi-2010-112, Minnesota Supercomputer Institute, University of Minnesota, Minneapolis, MN, 2010.
- [7] R. Barrett, M. Berry, T.F. Chan, J. Demmel, J. Donato, et al. Templates for the solution of linear systems: building blocks for iterative methods. (2nd edn), SIAM, 1994.
- [8] H. Klie, H. Sudan, Li R, Y. Saad Exploiting capabilities of many core platforms in reservoir simulation. SPE RSS Reservoir Simulation Symposium, 2011, pp. 21-23.
- [9] Белов С.А., Золотых Н.Ю. Численные методы линейной алгебры. – Н.Новгород, Изд-во ННГУ, 2005.
- [10] Benzi M. Preconditioning Techniques for Large Linear Systems: A Survey // Journal of Computational Physics. — 2002. — Vol. 182, No 2. — Pp. 418–477.
- [11] Chow E., Saad Y. ILUS: an Incomplete LU Preconditioner in Sparse Skyline Format. — In: Int. J. for Num. Meth. in Fluids. — Vol. 25, 739–748 (1997).
- [12] Saad Y. A Flexible Inner-Outer Preconditioned GMRES Algorithm // SIAM Journal on Scientific Computing. — 1993. — Vol. 14, No 2. — Pp. 461–469.

- [13] Емельянов, В. Н. Численные методы: введение в теорию разностных схем : учеб. пособие для академического бакалавриата / В. Н. Емельянов. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 188 с.
- [14] Писсанецки С. Технология разреженных матриц : пер. с англ. / С. Писсанецки . – М. : Мир, 1988 . – 411 с.
- [15] Тьюарсон Р. Разреженные матрицы. Перевод с английского Э. М. Пейсаховича, под редакцией Х. Д. Икрамова, издательство „МИР“, Москва 1977, 172с

Касымбек Н.М, Маткерим Б., Иманкулов Т.С., Ахмед-Заки Д.Ж.

#### **ILU (0) -GMRES әдісімен Пуассон теңдеуінің сандық шешімін талдау**

**Түйіндеме.** Бұл жұмыста біз Пуассон теңдеуін сызықтық теңдеулер түріне келтіріп, GMRES және ILU(0) алғашарттағышы қосылған GMRES әдістерімен шештік. GMRES әдісі жалпы жағдайда кез келген сызықтық теңдеулер жүйесін шешуге арналған. Бұл Крылов типті әдісті Йозеф Саад және Мартин Шульц ойлап тапқан. Әдіс Арнольди итерацияларының көмегімен Крылов ішкі кеңістігіндегі базисті құрады. GMRES және басқа да итерациялық әдістердің жинақталуын тездету үшін, яғни, итерациялар санын азайту үшін шешілетін жүйені алғышарттайды. ILU(0) алғышарттағышы LU ыдырауының көмегімен өте оңай табылады. Жұмыс барысында Пуассон теңдеуі GMRES алгоритмінің көмегімен шешілді. Сызықтық түрге келтірілген матрица сирек толтырылған болғандықтан матрицаны жадыда сақтау үшін CSR форматы қолданылды. GMRES алгоритміне қарағанда ILU(0)+GMRES, яғни, алғышарттағыш қосылған алгоритм 5-8 есе жылдам жинақталды.

Жұмыс нәтижесінде ILU(0) алғышарттағышы көмегімен итерациялық алгоритмдердің жинақталуын жылдамдатуға болатыны көрсетілді.

**Түйінді сөздер.** GMRES, ILU-факторизация, алғышарттағыш, ILU(0)-алғышарттауы, Пуассон теңдеуі, CSR форматы.

УДК 517.946

**A.S. Sakabekov, S.N.Madaliyeva**

(Institute of Basic Education, Satpayev University, Almaty, Kazakhstan)

E-mail: auzhani@gmail.com, [madaliyeva\\_s@mail.ru](mailto:madaliyeva_s@mail.ru)

#### **A BOUNDARY VALUE PROBLEM SOLUTION FOR A STATIONARY LINEAR ONE-DIMENSIONAL SYSTEM OF BOLTZMANN QUICK EQUATIONS IN THE THIRD APPROXIMATION UNDER THE GENERALIZED VLADIMIROV-MARSHAK BOUNDARY CONDITIONS BY THE FINITE-DIFFERENCE METHOD**

**Abstract.** An algorithm was developed for the boundary value problem numerical solution for the stationary linear system of Boltzmann quick equations in the third approximation under the generalized Vladimirov – Marshak boundary conditions by a finite difference method and the result of a numerical experiment is given.

**Key words:** Boltzmann quick equations, generalized Vladimirov-Marshak boundary conditions

**А.С. Сакабеков, С.Н. Мадалиева**

(Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева Алматы, Республика Казахстан, E-mail: auzhani@gmail.com, [madaliyeva\\_s@mail.ru](mailto:madaliyeva_s@mail.ru))

#### **РЕШЕНИЕ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ СТАЦИОНАРНОЙ ЛИНЕЙНОЙ ОДНОМЕРНОЙ СИСТЕМЫ МОМЕНТНЫХ УРАВНЕНИЙ БОЛЬЦМАНА В ТРЕТЬЕМ ПРИБЛИЖЕНИИ ПРИ ОБОБЩЕННЫХ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ВЛАДИМИРОВА-МАРШАКА КОНЕЧНО-РАЗНОСТНЫМ МЕТОДОМ**

**Аннотация.** Составлен алгоритм численного решения краевой задачи для стационарной линейной системы моментных уравнений Больцмана в третьем приближении при обобщенных граничных условиях Владимирова-Маршака конечно - разностным методом и приведен результат численного эксперимента.

**Ключевые слова:** моментные уравнения Больцмана, обобщенные граничные условия Владимирова-Маршака.

В случае одноатомного газа любая макроскопическая система в процессе своей эволюции к состоянию равновесия проходит 3 этапа: начальный переходный период – описывается в терминах полной функции распределения системы, кинетический период – с помощью одночастичной функции распределения, которая удовлетворяет уравнению Больцмана, гидродинамический период – с помощью пяти однородных уравнений относительно плотности, средней скорости, температуры и др., которые соответствуют законам сохранения массы, импульса и энергии. Эти пять уравнений образуют незамкнутую систему, т.к. содержат 13 неизвестных. Для того, чтобы замкнуть эту систему

уравнений тензор напряжений и поток тепла можно выразить через давление, температуру и др. Таким образом, из уравнений, соответствующих вышеперечисленным законам, можно вывести уравнения Эйлера, Навье-Стокса, Барнетта и др. [1,2]. Вообще говоря, решение той или иной задачи для нелинейной системы моментных уравнений Больцмана вызывает большие трудности, по сравнению с решением уравнений Навье-Стокса.

В [3] Грэдом получена моментная система для пространственно-неоднородного уравнения Больцмана путем разложения функции распределения частиц по полиномам Эрмита около локального максвелловского распределения. Но моментная система Грэда не была использована на практике из-за сложности дифференциальной части – дифференциальная часть системы Грэда содержит в качестве коэффициентов такие неизвестные гидродинамические параметры как плотность, температура, средняя скорость. Постановка граничных условий для системы Грэда оказалась невозможной.

В [4]-[5] получены моментные системы для пространственно-однородного уравнения Больцмана и условия представимости решения пространственно-однородного уравнения Больцмана в виде ряда Пуанкаре. Заметим, что предложенный в [4] способ (применение преобразования Фурье по скоростной переменной в изотропном случае) сильно упростил интеграл столкновений и, следовательно, вычисление моментов от интеграла столкновений. В работе [5] обобщен результат работы [4] для случая анизотропного рассеяния.

Моментные методы отличаются друг от друга выбором базисных функций. Новый подход получения системы моментных уравнений предложен А. Сакабековым. В [6] получена система моментных уравнений для пространственно-неоднородного уравнения Больцмана, отличная от системы Грэда, путем разложения функции распределения частиц по собственным функциям линеаризованного оператора столкновений. При этом дифференциальная часть моментной системы оказалась линейной, а моменты от нелинейного оператора столкновений являются знаконеопределенными квадратичными формами. Система моментных уравнений Больцмана является промежуточной между кинетическим и гидродинамическими уровнями описания состояния разряженного газа и представляет систему нелинейных уравнений в частных производных.

Линеаризованное уравнение Больцмана широко используется при изучении потоков сильно разряженных газов при малых скоростях, когда несправедливы обычные уравнения гидродинамики. Линейное уравнение Больцмана является частным случаем линеаризованного уравнения. Основное различие между линейным и линеаризованным уравнением Больцмана заключается в том, что линеаризованный оператор столкновений имеет пять собственных функций для нулевого собственного значения, в то же время линейный оператор имеет лишь одну собственную функцию. Последнее соответствует наличию лишь одного закона сохранения при столкновении (закона сохранения массы); импульс и энергия фактически передаются частицам. Линейное уравнение Больцмана нашло особенно широкое применение в теории переноса нейтронов, в частности, стационарное уравнение Больцмана используется при расчете ядерных реакторов [7,8]. В общем случае построить аналитическое решение краевой или начально-краевой задач для линеаризованного или нелинейного уравнения Больцмана невозможно. Для того, чтобы построить приближенное решение той или иной задачи для линеаризованного или нелинейного уравнения Больцмана будем применять моментный метод. При этом мы получим краевую или начально-краевую задачу для конечной системы моментных уравнений Больцмана. Изучение различных задач для системы моментных уравнений Больцмана представляет важную и актуальную задачу теории разряженного газа.

В данной работе показано, что приближенное решение краевой задачи для одномерного стационарного линеаризованного уравнения Больцмана при однородных граничных условиях можно построить с помощью моментного метода. Составлен алгоритм численного решения краевой задачи для стационарной линейной системы моментных уравнений Больцмана в третьем приближении при обобщенных граничных условиях Владимиров-Маршака конечно-разностным методом и приведен результат численного эксперимента.

**Численное решение краевой задачи для стационарной линейной системы моментных уравнений Больцмана в третьем приближении при обобщенных граничных условиях Владимиров-Маршака**

Течение газа между параллельными пластинками описывается линеаризованным уравнением Больцмана. Предположим, что пластинки неподвижные. Рассмотрим краевую задачу для стационарного линеаризованного уравнения Больцмана при однородных граничных условиях. Для

построения приближенного решения краевой задачи для линеаризованного уравнения Больцмана будем применять метод моментов [9,10]. Приведем постановку задачи.

**Постановка задачи.** Найти решение линеаризованного уравнения Больцмана

$$|v| \cos \theta \frac{\partial \varphi}{\partial x} = L\varphi + h, x \in (-a, a), v \in R_3^v \quad (1)$$

удовлетворяющее следующему граничному условию

$$\varphi(x_{\partial G}, v) = 0, (v, n_{\partial G}) < 0, \quad (2)$$

где  $\varphi = \varphi(x, v)$  - искомая функция;  $L$  - линеаризованный оператор столкновений;  $h = h(x, v)$  - заданная функция;

$$x_{\partial G} = a \text{ и } n_{\partial G} = (0,0,1) \text{ или } x_{\partial G} = -a \text{ и } n_{\partial G} = (0,0,-1).$$

Условие (2) означает отсутствие потока частиц извне в область  $G = (-a, a)$ .

Известно, что для одномерных задач собственные функции линеаризованного оператора  $L$  имеют вид [1]-[2]

$$g_{nl}(\alpha v) = \left( \frac{\sqrt{\pi} n! (2l+1)}{2\Gamma(n+l+3/2)} \right)^{\frac{1}{2}} \left( \frac{\alpha |v|}{\sqrt{2}} \right)^l S_n^{l+\frac{1}{2}} \left( \frac{\alpha^2 |v|^2}{2} \right) P_l(\cos \theta),$$

$$2n+l = 0, 1, 2, \dots,$$

где  $\gamma_{nl} = \left( \frac{\sqrt{\pi} n! (2l+1)}{2\Gamma(n+l+3/2)} \right)^{\frac{1}{2}}$  - нормировочный коэффициент,  $\Gamma$  - гамма функция,

$S_n^{l+\frac{1}{2}} \left( \frac{\alpha^2 |v|^2}{2} \right)$  - полиномы Сонина,  $P_l(\cos \theta)$ , - полиномы Лежандра.

Для нахождения приближенного решения задачи (1)-(2) применим моментный метод. Приближенное решение задачи (1)-(2) определим следующим образом:

$$\varphi^{(3)}(x, v) = \sum_{2n+l=0}^3 \varphi_{nl}(x) g_{nl}(\alpha v), \quad (3)$$

$$\int_{R_3^v} \left( |v| \cos \theta \frac{\partial \varphi^{(3)}}{\partial x} - L\varphi^{(3)} - h^{(3)} \right) f_0 g_{nl}(\alpha v) dv = 0,$$

$$2n+l = 0, 1, 2, 3; x \in (-a, a) \quad (4)$$

$$\int_0^\infty \int_{\frac{\pi}{2}}^\pi \int_0^{2\pi} |v| \cos \theta \varphi^{(3)}(a, v) f_0 g_{n,2l}(\alpha v) |v|^2 d|v| \sin \theta d\theta d\psi = 0$$

$$2(n+l) = 0, 2; \quad (5)$$

$$\int_0^\infty \int_0^{\frac{\pi}{2}} \int_0^{2\pi} |v| \cos \theta \varphi^{(3)}(-a, v) f_0 g_{n,2l}(\alpha v) |v|^2 d|v| \sin \theta d\theta d\psi = 0$$

$$2(n+l) = 0, 2, \quad (6)$$

где

$$h^{(3)}(x, v) = \sum_{2n+l=0}^3 h_{nl}(x) g_{nl}(\alpha v), f_0 = f_0(\alpha |v|) - \text{глобальное Максвелловское распределение.}$$

Условия (5)-(6) - обобщенные условия Владимиров-Маршака.

Систему моментных уравнений Больцмана в третьем приближении (4) при обобщенных условиях Владимиров-Маршака (5)-(6) запишем векторно-матричной форме [10]

$$\frac{1}{\alpha} A \frac{dv}{dx} + \Lambda_0 u = h_0$$

$$\frac{1}{\alpha} A' \frac{du}{dx} + \Lambda_1 v = h_1, \quad x \in (-a, a) \quad (7)$$

$$(Av \mp Bu) \Big|_{x=\pm a} = 0 \quad (8)$$

где  $A$  - квадратная числовая матрица,  $A'$  - транспонированная матрица  $u = (\varphi_{00}, \varphi_{02}, \varphi_{10})$ ,  $v = (\varphi_{01}, \varphi_{03}, \varphi_{11})$ ,

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 2/\sqrt{3} & 3/\sqrt{5} & -2\sqrt{2}/\sqrt{15} \\ -\sqrt{2/3} & 0 & \sqrt{5/3} \end{pmatrix}, \quad B = \frac{1}{2\sqrt{\pi}} \begin{pmatrix} \sqrt{2} & \sqrt{2/3} & -\sqrt{1/3} \\ \sqrt{2/3} & 2\sqrt{2} & -1 \\ -\sqrt{1/3} & -1 & 3/\sqrt{2} \end{pmatrix},$$

$$\Lambda_0 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\lambda_{02} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad \Lambda_1 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\lambda_{03} & 0 \\ 0 & 0 & -\lambda_{01} \end{pmatrix}.$$

Выберем  $h_0 = (0, x, x^2)$ ,  $h_1 = (0, \sin x, \cos x)$ .

$$(-a, a) \rightarrow (0,1); \quad (Av + Bu)|_{x=0} = 0, \quad (Av - Bu)|_{x=1} = 0.$$

Приведем алгоритм численного решения задачи (7)-(8) конечно-разностной схемой. Отрезок  $[0,1]$  разобьем на 10 равных частей и введем обозначения  $u_i = u(x_i)$ ,  $v_i = v(x_i)$ ,  $h_{0i} = h_0(x_i)$ ,  $h_{1i} = h_1(x_i)$ ,  $\Delta x = x_i - x_{i-1}$ . Задачу (7)-(8) аппроксимируем следующей разностной схемой

$$\frac{1}{\alpha} A \frac{v_i^{n+1} - v_{i-1}^{n+1}}{\Delta x} + \Lambda_0 u_i^n = h_{0i} \quad i = 1, 2, \dots, 10 \quad (9)$$

$$\frac{1}{\alpha} A' \frac{u_{i+1}^{n+1} - u_i^{n+1}}{\Delta x} + \Lambda_1 v_i^{n+1} = h_{1i} \quad i = 9, 8, \dots, 0 \quad (10)$$

$$Av_0^{n+1} + Bu_0^n = 0, \quad Av_{10}^{n+1} - Bu_{10}^n = 0.$$

Приведем алгоритм численной реализации разностной задачи (9)-(10).

Пусть  $i = 1$ . Тогда из первого уравнения системы (9) имеем  $\frac{1}{\alpha} A \frac{v_1^{n+1} - v_0^{n+1}}{\Delta x} + \Lambda_0 u_1^n = h_{01}$ . (11)

Из граничного условия (10)  $Av_0^{n+1} + Bu_0^n = 0$  находим  $v_0^{n+1} = -A^{-1}Bu_0^n$ .

Значение  $v_0^{n+1}$  подставим в (11)

$$v_1^{n+1} = v_0^{n+1} + A^{-1}\alpha(\Delta x h_{01} - \Delta x \Lambda_0 u_1^n)$$

$$v_1^{n+1} = -A^{-1}Bu_0^n + A^{-1}(\Delta x h_{01} - \Delta x \Lambda_0 u_1^n).$$

$$i = 2 \Rightarrow \frac{1}{\alpha} A \frac{v_2^{n+1} - v_1^{n+1}}{\Delta x} + \Lambda_0 u_2^n = h_{02}$$

$$v_2^{n+1} = v_1^{n+1} + A^{-1}\alpha(\Delta x h_{02} - \Delta x \Lambda_0 u_2^n)$$

$$v_2^{n+1} = -A^{-1}Bu_0^n + A^{-1}\alpha(\Delta x h_{01} + \Delta x h_{02} - \Delta x \Lambda_0 u_1^n - \Delta x \Lambda_0 u_2^n)$$

$$i = 3 \Rightarrow \frac{1}{\alpha} A \frac{v_3^{n+1} - v_2^{n+1}}{\Delta x} + \Lambda_0 u_3^n = h_{03}$$

$$v_3^{n+1} = v_2^{n+1} + A^{-1}\alpha(\Delta x h_{03} - \Delta x \Lambda_0 u_3^n)$$

$$v_3^{n+1} = -A^{-1}Bu_0^n + A^{-1}\alpha(\Delta x h_{01} + \Delta x h_{02} + \Delta x h_{03} - \Delta x \Lambda_0 u_1^n - \Delta x \Lambda_0 u_2^n - \Delta x \Lambda_0 u_3^n)$$

$$\dots$$

$$i = 10 \Rightarrow \frac{1}{\alpha} A \frac{v_{10}^{n+1} - v_9^{n+1}}{\Delta x} + \Lambda_0 u_{10}^n = h_{010}$$

$$v_{10}^{n+1} = v_9^{n+1} + A^{-1}\alpha(\Delta x h_{010} - \Delta x \Lambda_0 u_{10}^n)$$

$$v_{10}^{n+1} = -A^{-1}Bu_0^n + A^{-1}\alpha\Delta x(h_{01} + h_{02} + h_{03} + \dots + h_{010} - \Lambda_0 u_1^n - \Lambda_0 u_2^n - \Lambda_0 u_3^n - \dots - \Lambda_0 u_{10}^n).$$

$$Av_{10}^{n+1} - Bu_{10}^{n+1} = 0, \quad u_{10}^{n+1} = B^{-1}Av_{10}^{n+1}.$$

Из второго уравнения системы (9) получим

$$i = 9 \Rightarrow \frac{1}{\alpha} A' \frac{u_{10}^{n+1} - u_9^{n+1}}{\Delta x} + \Lambda_1 v_9^{n+1} = h_{19}$$

$$u_9^{n+1} = u_{10}^{n+1} + (A')^{-1} \alpha (\Delta x \Lambda_1 v_9^{n+1} - \Delta x h_{19})$$

$$u_9^{n+1} = B^{-1} Av_{10}^{n+1} + \alpha (A')^{-1} (\Delta x \Lambda_1 v_9^{n+1} - \Delta x h_{19})$$

$$i = 8 \Rightarrow \frac{1}{\alpha} A' \frac{u_9^{n+1} - u_8^{n+1}}{\Delta x} + \Lambda_1 v_8^{n+1} = h_{18}$$

$$u_8^{n+1} = u_9^{n+1} + (A')^{-1} \alpha (\Delta x \Lambda_1 v_8^{n+1} - \Delta x h_{18})$$

$$u_8^{n+1} = B^{-1} Av_{10}^{n+1} + \alpha (A')^{-1} (\Delta x \Lambda_1 v_9^{n+1} + \Delta x \Lambda_1 v_8^{n+1} - \Delta x h_{19} - \Delta x h_{18})$$

...

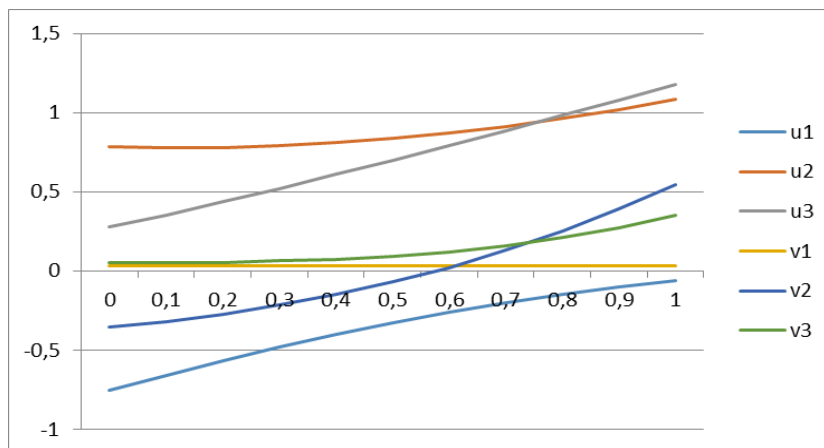
$$i = 0 \Rightarrow \frac{1}{\alpha} A' \frac{u_1^{n+1} - u_0^{n+1}}{\Delta x} + \Lambda_1 v_0^{n+1} = h_{10}$$

$$u_0^{n+1} = u_1^{n+1} + (A')^{-1} \alpha (\Delta x \Lambda_1 v_0^{n+1} - \Delta x h_{10})$$

$$u_0^{n+1} = B^{-1} Av_{10}^{n+1} + \alpha (A')^{-1} \Delta x (\Lambda_1 v_9^{n+1} + \Lambda_1 v_8^{n+1} + \dots + \Lambda_1 v_0^{n+1} - h_{19} - h_{18} - \dots - h_{10}).$$

$$Av_0^{n+1} + Bu_0^{n+1} = 0, \quad v_0^{n+1} = -A^{-1}Bu_0^{n+1}.$$

Ниже приведены графики компонент векторов  $u, v$ .



Выводы: С помощью моментного метода исходная задача о движении газа между параллельными пластинками сведена к краевой задаче для стационарной шестимоментной системе уравнений Больцмана при обобщенных граничных условиях Владимиров-Маршака. Краевая задача для стационарной шестимоментной системе уравнений Больцмана при обобщенных граничных условиях Владимиров-Маршака решена конечно-разностным методом. Анализ графиков функции распределения частиц показывает, что все моменты возрастают от 0 до 1, за исключением четвертого момента  $v_1$ , который сохраняет постоянное значение на отрезке  $[0,1]$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Коган М.Н. Динамика разреженного газа. – М.: Наука, 1967, 440с.
- [2] Cercignani С. Theory and application of the Boltzmann equation. Scottish Academic Press, Edinburg and London, 1975, 415 p.
- [3] Grad G. Kinetic theory of rarefied gases. Comm. Pure Appl. Math, 2, 331, 1949.

[4] Бобылев А.В. Метод преобразования Фурье в теории уравнения Больцмана для максвелловских молекул. // ДАН СССР, 1975, т.225, №5, с.1041-1044.

[5] Веденяпин В.В. Анизотропные решения нелинейного уравнения Больцмана для максвелловских молекул. // ДАН СССР, 1981, т.256, №2, с.338-342.

[6] Сакабеков А. Начально-краевые задачи для системы моментных уравнений Больцмана. – Алматы; Ғылым, 2002. – 276с.

[7] Марчук Г.И. Методы расчета ядерных реакторов.-М.:Госатомиздат,1961, 668с.

[8] Марчук Г.И., Лебедев В.И. Численные методы в теории переноса нейтронов.-М.:Атомиздат,1981,456с.

[9] Сакабеков А. Моментный метод для линеаризованного уравнения Больцмана//Сиб.матем. журн.,1991,т.32,№3,с.132-140

[10] Мадалиева С.Н. О разрешимости граничной задачи для линейной стационарной одномерной системы моментных уравнений Больцмана в нечетном приближении//Известия АН РК, серия физико-математическая,2003,№3

Сакабеков А.С., Мадалиева С.Н.

**Больцманның стационар бірөлшемді сызықты моменттік теңдеулер жүйесінің үшінші жуықтауы үшін Владимиров-Маршак шекаралық шартын қанағаттандыратын шеттік есепті ақырлы айырым тәсілімен шешу**

**Тұжырым.** Больцманның сызықты стационар моменттік теңдеулер жүйесінің үшінші жуықтауы үшін Владимиров-Маршактің шекаралық шартын қанағаттандыратын шеттік есепті ақырлы айырым тәсілімен шешудің сандық алгоритмі құрылды және сандық эксперимент нәтижесі көрсетілді. Үшінші жуықтауда Больцманның стационар моменттік теңдеулер жүйесіне сәйкес келетін бөлшектің үлестірім функциясының моменттерінің графигі тұрғызылды.

**Түйін сөздер:** Больцманның моменттік теңдеулері, Владимиров-Маршактің жалпыланған шекаралық шарты.

УДК 519.687.1

**Y.G. Kenzhebek**

(Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan)

### **THE YANENKO ALGORITHM FOR THE ONE-DIMENSIONAL HEAT CONDUCTIVITY EQUATION**

**Abstract.** In this paper, converting to parallel of the Yanenko algorithm for the one-dimensional heat conductivity equation is considered. MPI was chosen as the technology for converting to parallel. For the numerical sequential solution of the heat conductivity equation, an implicit scheme sweep method was used. The paper provides the specifics of the Yanenko method implementation to work on a computing node with the parallel processors. Speed up and efficiency graphs were obtained and analyzed.

**Key words:** high performance computing, parallel computing, implicit scheme, sweep algorithm, Yanenko method, MPI.

**Е.Г. Кенжебек**

(Казакский национальный университет имени аль-Фараби, Казакстан)

### **АЛГОРИТМ ЯНЕНКО ДЛЯ ОДНОМЕРНОГО УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ**

**Аннотация.** В данной статье рассматривается распараллеливание алгоритма Яненко для одномерного уравнения теплопроводности. В качестве технологий для распараллеливания был выбран MPI. Для численного последовательного решения уравнения теплопроводности использовалась неявная схема метод прогонки. В работе приводятся особенности реализации метода Яненко для работы на вычислительном узле с параллельными процессорами. Были получены и проанализированы графики ускорения и эффективности.

**Ключевые слова:** высокопроизводительные вычисления, параллельные вычисления, неявная схема, алгоритм прогонки, метод Яненко, MPI.

#### **Введение**

В настоящее время все более широкое применение в различных отраслях науки находит моделирование процессов с помощью численного решения дифференциальных уравнений. Так как, к решению таких уравнений способствует развитие вычислительной техники и численных методов. Наиболее распространенные методы сводят дифференциальную задачу к системе линейных



алгебраических уравнений (СЛАУ). К методам, решающие такие системы относят различные варианты прогонки и редукции.

Метод прогонки является прямым методом и привлекает своей простотой реализации в последовательном решении. Появление и развитие вычислительных систем, использующих многоядерные процессоры и графические ускорители, актуализирует задачу распараллеливания прогонки.

В данной работе приводятся описания численного решения уравнения теплопроводности и распараллеливания данной задачи с помощью метода Яненко, на втором этапе которого работает обычный метод прогонки. Так же приводятся особенности их реализации для работы на вычислительной системе с параллельными процессорами, сравнения используемых алгоритмов с аналитическим решением задачи.

### **Обзор литературы**

В настоящее время многие задачи, описывающие физические процессы сводятся к необходимости численного решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Имеются многие работы о вопросах разрешимости и сходимости разностных схем, среди которой можно отметить работу [1]. Для нахождения решения таких СЛАУ используются такие методы, как метод прогонки и метод циклической редукции. Метод циклической редукции является более сложным в реализации, но на него меньше влияние, по сравнению с прогонкой, оказывают погрешности округления [2].

В настоящее время известно множество статей на данную тему. Среди них можно выделить следующие работы: в [3,4] предложен сочетание параллельной циклической редукции [5] и правой прогонки, чтобы обеспечить параллелизм и вычислительную сложность. В [6] работе предложен вычислительный решатель на основе алгоритма SPIKE [7]. В [8] работе сформулированы и проанализированы параллельные алгоритмы для решения СЛАУ методом встречных прогонок. Так же, известен метод, предложенный Н.Н. Яненко [9], который позволяет редуцировать исходную систему с большим числом неизвестных к системе с числом неизвестных, равным числу процессоров. Такая система, состоящая из параметрических гранично-процессорных точек, решается методом прогонки. Так же, можно применить такие методы, как метод встречной прогонки, метод параллельно-циклической редукции и параллельно конвейерный метод [10].

В работах [11-14] показано применение метода Яненко при реализации на вычислительной системе с графическими ускорителями. В работе [15,16] показано сравнение параллельно-конвейерного метода и метода Яненко, на втором этапе которого использовалось метод правой прогонки, так же приведены результаты эффективности распараллеливания.

### **Цель работы и постановка задачи**

Целью рассматриваемой задачи являлось распараллеливание неявной схемы, которая решает одномерное уравнение теплопроводности с помощью метода Яненко, на языке программирования C++ с использованием параллельной технологий MPI (Message Passing Interface).

Одномерное уравнение теплопроводности с начальными и граничными условиями вида:

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + x, & 0 < x < 1, & 0 < t \leq 1, \\ u(x, 0) = \sin\left(\frac{3\pi x}{2}\right), \\ u(0, t) = 0, \quad \frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=1} = t. \end{cases} \quad (1)$$

Найдем аналитическое решение данной задачи. Решение можно найти в виде  $u(x, t) = v(x, t) + xt$ , где  $v(x, t)$  функция удовлетворяет задаче с однородными граничными условиями:

$$\begin{cases} \frac{\partial v}{\partial t} = \frac{\partial^2 v}{\partial x^2}, & 0 < x < 1, & 0 < t \leq 1, \\ v(x, 0) = \sin\left(\frac{3\pi x}{2}\right), \\ v(0, t) = 0, \quad \frac{\partial v}{\partial x} \Big|_{x=1} = 0. \end{cases}$$

Используя метод разделения переменных, получаем:

$$v = e^{-\left(\frac{3\pi}{2}\right)^2 t} * \sin\left(\frac{3\pi x}{2}\right).$$

Следовательно, аналитическое решение задачи (1) имеет вид:

$$u(x, t) = xt + e^{-\left(\frac{3\pi}{2}\right)^2 t} * \sin\left(\frac{3\pi x}{2}\right).$$

### Методы решения

Метод Яненко. Идея метода прогонки предложенным Н.Н. Яненко получила название параметрической прогонки. Метод параметрической прогонки Яненко реализуется с помощью распределения системы сеточных уравнений, где на границе процессорных элементов выделяются так называемые параметрические неизвестные. Таким образом, реализация данного метода требует:

- выделение граничных искомым неизвестных  $x_i$  в качестве параметрических (обозначим их  $xp_\mu$ );
- построение системы линейных уравнений относительно этих неизвестных и решение этой системы;
- определение  $xp_\mu$ ;
- нахождение по  $xp_\mu$  остальных неизвестных  $x_i$ .

Декомпозиция выполняется таким образом, что каждый процессор обрабатывает  $m = \frac{n}{size} + 1$  уравнений:

$$x_i = x_{j+\mu*m} = x_j^\mu; \quad i = 0, \dots, n; \quad j = 0, \dots, m; \quad \mu = 0, \dots, size - 1.$$

Нахождение искомым неизвестных представляется в следующем виде:

$$x_j^\mu = v_j^\mu xp_\mu + z_j^\mu xp_\mu + w_j^\mu; \quad j = 0, \dots, m; \quad \mu = 0, \dots, size - 1. \quad (2)$$

Где,  $v_j^\mu, z_j^\mu, w_j^\mu$  – решения следующих систем линейных уравнений с трехдиагональной матрицей:

$$\begin{cases} -a_{j+\mu*m} v_{j-1}^\mu + b_{j+\mu*m} v_j^\mu - c_{j+\mu*m} v_{j+1}^\mu = 0; & j = 1, \dots, m - 1; \\ v_0^\mu = 1, v_m^\mu = 0. \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} -a_{j+\mu*m} z_{j-1}^\mu + b_{j+\mu*m} z_j^\mu - c_{j+\mu*m} z_{j+1}^\mu = 0; & j = 1, \dots, m - 1; \\ z_0^\mu = 0, z_m^\mu = 1. \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} -a_{j+\mu*m} w_{j-1}^\mu + b_{j+\mu*m} w_j^\mu - c_{j+\mu*m} w_{j+1}^\mu = f_{j+\mu*m}; & j = 1, \dots, m - 1; \\ w_0^\mu = 0, w_m^\mu = 0. \end{cases} \quad (5)$$

Вычисление коэффициентов (3) – (5) выполняется параллельно для каждой подобласти обычным методом прогонки. После вычисления этих коэффициентов, выполняется построение системы линейных уравнений для параметрических  $xp_\mu$  неизвестных следующего вида:

$$\begin{aligned} -a_{\mu*m} v_{m-1}^\mu xp_{\mu-1} + (b_{\mu*m} - a_{\mu*m} z_{m-1}^\mu - c_{\mu*m} v_1^\mu) xp_\mu - c_{\mu*m} z_1^\mu xp_{\mu+1} = \\ = f_{\mu*m} + a_{\mu*m} w_{m-1}^{\mu-1} + c_{\mu*m} w_1^\mu; \end{aligned} \quad (6)$$

Решая данную систему (6) методом прогонки, определяем параметрические неизвестные  $xp_\mu$ . Далее, используя формулу (2), на каждом процессе параллельно выполняется нахождение остальных неизвестных.

Данный вычислительный алгоритм обладает высокой степенью параллелизма, так как вычисления по формулам (3) – (5) выполняется параллельно на каждом процессоре, но решение системы для параметрических неизвестных (6) выполняется последовательно только одним процессором. В вычислительных системах с распределенной памятью при вычислении параметрических неизвестных (6) и значение неизвестных по (2) требует дополнительных коммуникационных затрат, где из локальной

памяти процессоров производится необходимые передачи. Для нахождения коэффициентов и решение системы (6) потребуется доставить в локальную память этого процессора  $6 \cdot \text{size}$  чисел и распределить остальным процессорам полученные параметрические неизвестные ( $2 \cdot \text{size}$  числа).

### Результаты и анализ

Все программы были протестированы на 4х ядерном процессоре Intel(R) Core(TM) i7-3770 CPU. Были реализованы вычислительные эксперименты для разных количеств точек уравнения теплопроводности. Параллельная программа запускалась на каждом процессе с помощью технологий MPI (Message Passing Interface). В графиках приведены полученные ускорение и эффективность.

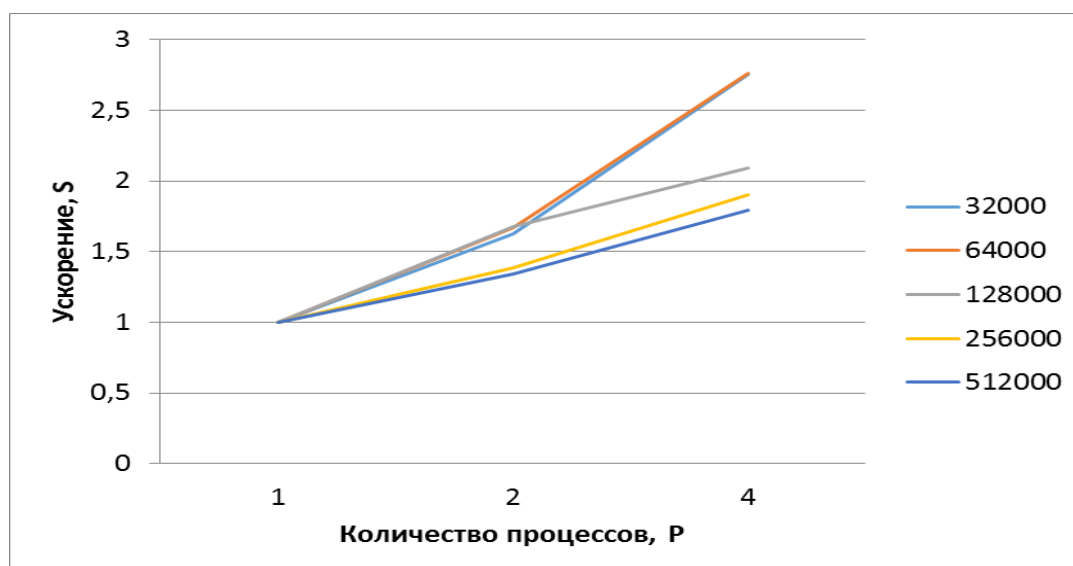


График 1. Полученное ускорение для параллельной версии программы MPI

Для проверки корректности метода, полученные решения были сравнены с аналитическим решением выбранной задачи. На графике ускорение параллельной версии программы заметно, что на небольших количествах точек ускорение увеличивается, но ожидается падение ускорения, если увеличить количество процессов. Поэтому, повышая размерность сетки, следует пропорционально увеличивать количество процессов.

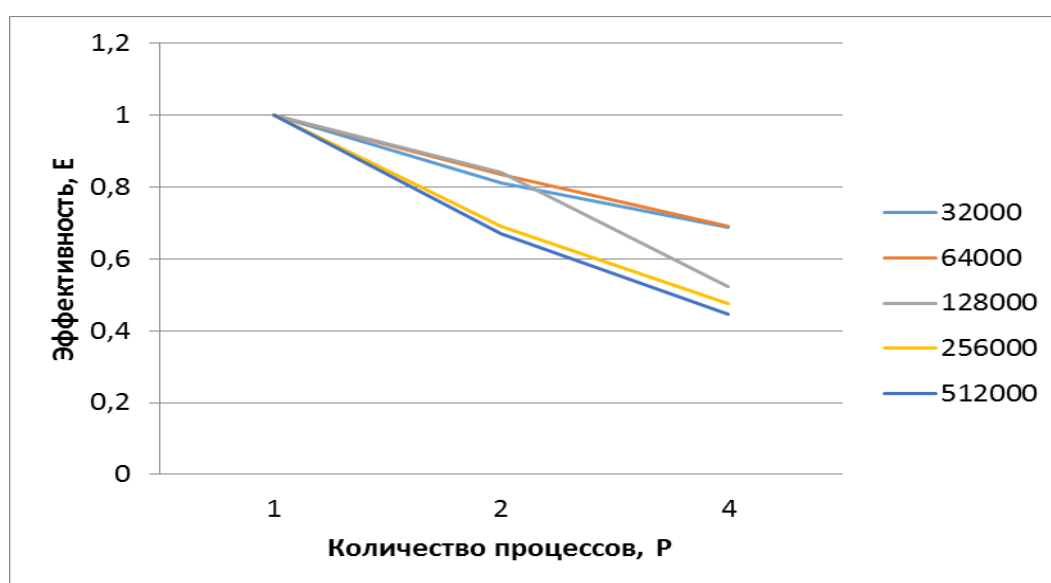


График 2. Полученная эффективность для параллельной версии программы

### **Заклучение**

Данная статья была посвящена разработке распараллеливание метода Яненко для одномерного уравнения теплопроводности. Данная программа более эффективна при работе на небольшом количестве процессов. Параллельная программа метода Яненко для решения уравнения теплопроводности ускорила производительность работы в 2 раза по сравнению с последовательной программой.

### **ЛИТЕРАТУРА**

- [1] Самарский А.А., Николаев Е.С. Методы решения сеточных уравнений – М.: Наука, 1987. – С.130.
- [2] Самарский А.А. Введение численные методы. – СПб.: Лань, 2005.
- [3] Davidson A., Zhang Y., D. Owens J. An auto-tuned method for solving large tridiagonal systems on the GPU. Conference Parallel & Distributed Processing Symposium (IPDPS), 2011 IEEE International, 956-965
- [4] Kim H.-S., Wu S., Chang L.-W., Hwu W.-M. A scalable tridiagonal solver for gpus. In Parallel Processing (ICPP), 2011 International Conference on. P. 444 –453.
- [5] Hockney R. W., Jesshope C. R. Parallel computers: architecture, programming and algorithm. Hilger. Bristol. 1986. P. 274-280.
- [6] Chang L.-W., Stratton J. A., Kim H.-S., Hwu W.-M. A scalable, numerically stable, highperformance tridiagonal solver using GPUs. High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis (SC), 2012 International Conference for. IEEE Computer Society Press, 2012. 11 p.
- [7] Polizzi E., Sameh A. A parallel hybrid banded system solver: The SPIKE algorithm // Parallel Computing. 2006. Vol. 32, No. 2. P. 177–194.
- [8] Головашкин Д.Л. Применение метода встречных прогонок для синтеза параллельного алгоритма решения сеточных уравнений трехдиагонального вида. Журнал Компьютерная оптика, 2002
- [9] Яненко Н.Н., Коновалов А.Н., Бугров А.Н., Шустов Г.В. Об организации параллельных вычислений и “распараллеливании” прогонки // Численные методы механики сплошной среды. 1978. Т. 9. №7. С. 139-146.
- [10] Сапронов И.С., Быков А.Н. Параллельно-конвейерный алгоритм // Атом. 2009. № 44. С. 24- 25
- [11] Быков А. Н., Ерофеев А. М., Сизов Е. А., Федоров А. А. Метод распараллеливания прогонки на гибридных ЭВМ // Вычислительные методы и программирование. 2013. Т. 14. Раздел 2. С. 43-47.
- [12] Jeffers J., Reinders J. Итеуд Xeon Phi Coprocessor High-Performance Programming. Morgan Kaufmann Publishers Inc. San Francisco. 2013. 409 p.
- [13] Goddeke D., Strzodka R. Cyclic reduction tridiagonal solvers on GPUs applied to mixed-precision multigrid // IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems. 2011. Vol. 22. P. 22–32.
- [14] Старченко А.В., Берцун В.Н. Методы параллельных вычислений – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2013. С. 223.
- [15] Ильин С.А. Старченко А.В. Распараллеливание схемы покомпонентного расщепления для численного решения уравнения теплопроводности // Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ’ 2015): Труды международной научной конференции (Екатеринбург, 31 марта – 2 апреля 2015 г.). Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. С. 399-402.
- [16] Быков А.Н., Веселов В.А., Воронин Б.Л., Ерофеев А.М. Методика РАМЗЕС-КП для расчета пространственных движений многокомпонентных теплопроводных сред в эйлерово-лагранжевых координатах. Вып. 13. Саров, 2008. С. 50–57.

Кенжебек Е.Ф.

### **Бір өлшемді жылу теңдеуі үшін Яненко алгоритмі**

**Түйіндемe.** Бұл жұмыста біз бірөлшемді жылуөткізгіштік теңдеуін Яненко алгоритмі бойынша параллельдеу жүзеге асырылған. Параллельдеу технологиясы ретінде MPI қолданылды. Жылуөткізгіштік теңдеуін сандық шешу үшін айқын емес схемасы, яғни қуалау әдісі қолданылды. Бұл мақалада параллельді процессорлары бар есептеуіш түйінде алгоритмнің жүзеге асырылу ерекшеліктері және қолданылатын алгоритмнің үдеуі және тиімділігі графиктермен көрсетілді.

Жұмыс нәтижесінде бірөлшемді жылуөткізгіштік теңдеуі үшін Яненко әдісін қолданып параллельдеу арқылы бағдарламаны жылдамдатуға болатыны көрсетілді.

**Түйінді сөздер.** Жоғары өнімді есептеулер, параллельді есептеулер, айқын емес схема, қуалау алгоритмі, Яненко әдісі, MPI технологиясы.

УДК 621.372

<sup>1,2</sup>W. Wójcik, <sup>1,3</sup>A.U. Kalizhanova, <sup>1,2</sup>P. Kisala, <sup>1,4</sup>G.B. Kashaganova, <sup>1,3</sup>A.H. Kozbakova  
(<sup>1</sup>The Institute of Information and Computational Technologies of CS MES RK, Almaty, Kazakhstan  
<sup>2</sup>Lublin Technical University, Poland  
<sup>3</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan  
<sup>4</sup>Kazakh-American University, Almaty, Kazakhstan  
E-mail: kalizhanova\_aliya@mail.ru, gulzhan\_k70@mail.ru)

### **A MEASURING SYSTEM USING FIBER-OPTIC SENSORS WITH THE FIBER BRAGG GRATINGS**

**Abstract.** The paper provides the finite element method and the boundary element method for determining the distribution of the Bragg fiber grating elongation in the measuring system based on fiber-optic sensors, and the reverse analysis for determining the elongation is also implemented. Computer and mathematical modeling of the measuring system has been developed using computational algorithms in accordance with the mathematical structure of the model and taking into account the values of all other elements of the Bragg fiber grating sensor. Experimental studies have been confirmed by a system for measuring elongation using a single Bragg fiber grating.

**Keywords:** the measuring system, the optical fiber sensor, spectrum, fiber Bragg gratings (FBG), mathematical model.

<sup>1,2</sup> Вуйцик В., <sup>1,3</sup> Калижанова А.У., <sup>1,2</sup> Кисала П., <sup>1,4</sup> Кашаганова Г.Б., <sup>1,3</sup> Козбакова А.Х.  
(<sup>1</sup>Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК,  
Алматы, Республика Казахстан  
<sup>2</sup>Люблинский технический университет, Люблин, Польша  
<sup>3</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби  
<sup>4</sup>Казахско-Американский университет, Алматы, Казахстан  
E-mail: kalizhanova\_aliya@mail.ru, gulzhan\_k70@mail.ru)

### **ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ С ВОЛОКОННОЙ РЕШЕТКОЙ БРЭГГА**

**Аннотация.** В работе представлено применение метода конечных элементов и метода граничных элементов для определения распределения удлинения волоконных решеток Брэгга в измерительной системе на основе волоконно-оптических датчиков, также реализован обратный анализ для определения удлинения. Разработано компьютерное и математическое моделирование измерительной системы с использованием вычислительных алгоритмов в соответствии с математической структурой модели и с учетом значений всех других элементов светодетекторного датчика волоконной решетки Брэгга. Экспериментальные исследования подтверждены системой измерения удлинения с использованием одной однородной волоконной решетки Брэгга.

**Ключевые слова.** Измерительная система, волоконно-оптический датчик, спектр, волоконная решетка Брэгга (ВРБ), математическая модель.

**Введение.** В настоящее время измерительные системы характеризуются использованием волоконных датчиков в качестве первичных преобразователей информации и оптических волокон в качестве среды передачи сигналов. До недавнего времени в измерительных системах применяли традиционные датчики, которым требовалось электропитание и дополнительные собственные линии передачи сигнала. При эксплуатации таких датчиков на измеряемые параметры оказывали воздействие окружающая среда, высоковольтные напряжения и электромагнитные помехи. С появлением оптических измерительных систем на основе волоконно-оптических датчиков коренным образом изменилась ситуация в мониторинге параметров физических и химических показателей, диагностики и прогноза чрезвычайных ситуаций. Измерительная система на основе волоконно-оптических датчиков позволяет реализовать на одном волокне несколько десятков датчиков. В качестве волоконно-оптического датчика используют оптическое волокно с записанными по длине волокна решетками Брэгга. Используя волоконные решетки Брэгга, можно построить измерительную систему, способную измерять различные величины в реальном масштабе времени.

Измерение удлинения очень важно во многих практических случаях [1]. Было введено много дифференциальных алгоритмов измерения скорости, которые показывают, как решить проблемы эксцентричности, и что плохая обработка, но не проскальзывание, является источником наблюдаемых пиков удлинения [2]. В некоторых случаях используется датчик удлинения с использованием оптических элементов [3-5]. Предложена двумерная формулировка в рамках метода граничных элементов (МГЭ) для определения влияния сдвига и удлинения на деформацию капель [6]. Иногда для расчета деформаций применяется метод косвенных граничных элементов (МКГЭ), например, для изучения композиционных моделей [7] и рассеяния упругих волн на трещинах [8]. Метод конечных элементов также широко используется для определения удлинения [9], например, в моделировании отложения свиной печени [10], эластичности и анализа трещин [11], а также во многих механических системах [12]. В нашем методе был представлен эффективный гибридный подход для изучения деформации в известных материалах. В этой работе относительное удлинение определяется для сформированной механической системы с использованием метода конечных элементов (МКЭ) и метода граничных элементов. Кроме того, результаты были подтверждены измерениями с использованием датчика ВРБ. Решение обратной задачи используется для оценки и оптимизации параметров модели датчика удлинения в соответствии с методом измерения распределения удлинения [13,14]. Для подтверждения результатов, полученных от МКЭ и МГЭ, были проведены измерения с использованием датчика ВРБ. При измерении распределения удлинения с помощью обратного анализа важно построить модель датчика [15-17]. Прямые измерения описанного количества невозможны из-за отсутствия соответствующих компонентов измерительной системы (особенно датчиков), поэтому измерения косвенны [18-22]. В этом случае важно использовать оптоэлектронные устройства, которые обрабатывают доступные физические сигналы с использованием специализированных датчиков, преобразуют их в цифровую форму, а затем, в соответствии с реализованными численными алгоритмами, преобразуют их в желаемое количество. В настоящей работе представлено применение метода конечных элементов и метода граничных элементов для определения распределения удлинения и реализован обратный анализ для определения удлинения.

**Метод расчета и измерительная система.** Распределение удлинения образца материала может быть определено на основе распределения относительных изменений линейных размеров в рассматриваемой области. При исследовании использована информация о измеренном спектре и спектре, рассчитанного из математической модели. Для проведения экспериментов был разработан и изготовлен лабораторный испытательный инструмент, который позволяет растягивать металлические образцы. Волоконные решетки Брэгга наклеивались на образцы. Удлинение образца, перемещаясь в решетке, вызывает изменение длины периода решетки, что влияет на спектральные характеристики, которые можно определить с помощью фотоспектрометра. Спектральные характеристики решетки позволяют получить информацию о распределении удлинения, даже неоднократно дифференцируемой по измеренной длине. Зная поперечное сечение образца и нагрузки, удлинение было рассчитано в нескольких точках. Для расчета использовались метод конечных элементов и метод граничных элементов. Решетка МКЭ устроена таким образом, что наибольшая плотность имеет место при сужении образца. Однако в МГЭ значения удлинения рассчитывались на внешнем и внутреннем краях образца при его сужении.

Свет с длиной волны 400-1700 нм направлен на оптические волокна, в которых записана решетка Брэгга (РБ). В лабораторных условиях решетку приклеивали к образцу, который находится под действием силы растяжения  $F$ , используя генератор деформаций. После прохождения через расширенную решетку модифицированный спектр направляется на анализатор оптического спектра. В то же время случайное распределение удлинения генерируется с использованием алгоритма имитации отжига. Это случайное распределение затем вводится в модели решетки Брэгга. Представленный метод показан на рисунке 1.

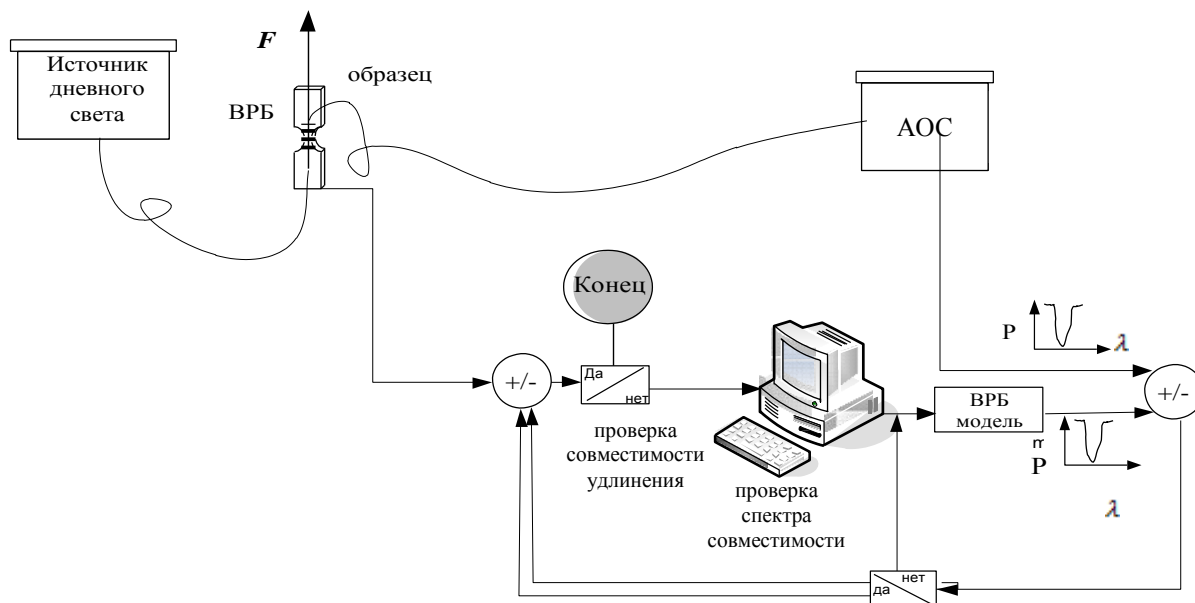


Рис. 1. Система определения удлинения на основе модели ВРБ

С помощью модели и на основе распределения случайного удлинения рассчитывается спектр пропускания решетки. Затем сравниваются модельный спектр и фактический спектр (от анализатора оптического спектра - АОС). В случае несоответствия спектральных характеристик новые значения распределения удлинения решетки выбираются в соответствии с алгоритмом имитации отжига. Они повторно используются для расчета нового спектра передачи с помощью модели решетки. Его сравнивают с измеренным спектром, и процесс повторяется до тех пор, пока не будет достигнута заданная точность или пока не будет достигнуто заданное (достаточно малое) значение целевой функции. Распределение удлинения, которое приведет к минимизации целевой функции, будет наиболее подходящим для реального. Следующим шагом является проверка соответствия распределения, определенного с использованием алгоритма с теоретическим, в результате растягивающей силы  $F$  и формы растянутого образца. Знание силы  $F$  и формы образца позволяют вычислить (используя МКЭ и МГЭ) теоретическое распределение удлинения образца и решетки. На рисунке 2 показаны компоненты измерительной системы.

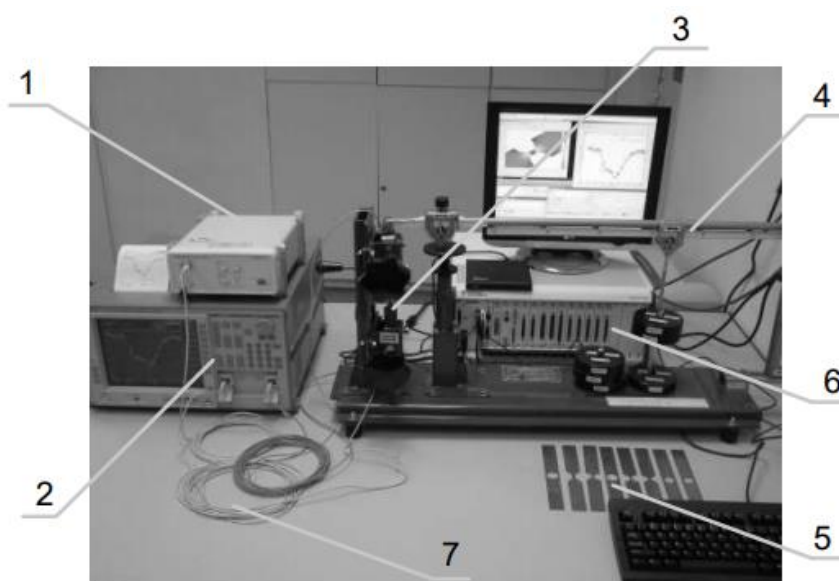


Рис. 2. Измерительная система: 1 - источник света, 2 - анализатор оптического спектра, 3 - решетка Брэгга, 4 - удлинительный генератор, 5 - образцы, 6 - ПК с измерительной картой, 7 - оптическое волокно с ВРБ

При моделировании спектрального отклика решетки Брэгга использовались уравнения связанных мод. Белый свет - это входной сигнал датчика. Вход может быть выражен как  $R(-L/2)$ . Выходной сигнал модели - это свет, передаваемый через решетку (спектр пропускания решетки), который может быть выражен как  $R(+L/2)$ .

Параметры модели определяются следующим образом:  $L$ - длина решетки,  $\delta$  - коэффициент самоподключения постоянного тока «DC»,  $k$ - коэффициент связи. Здесь нет входного сигнала, который падает с правой стороны, т.е.  $S(+L/2) = 0$ , но есть известное значение сигнала, который падает с левой стороны решетки, т.е.  $R(-L/2) = 1$ .

Решетка представлена матрицей переноса. Процесс распространения света можно представить следующим образом  $F_M$  [23]:

$$\begin{bmatrix} R(+L/2) \\ S(-L/2) \end{bmatrix} = F_M \cdot \begin{bmatrix} R(-L/2) \\ S(+L/2) \end{bmatrix} \quad (1)$$

$S(-L/2)$  - это сигнал, отраженный от решетки,  $F_M$  и матрица может быть выражена следующим образом:

$$F_M = \begin{bmatrix} \cosh(\gamma_\beta L) - i \frac{\sigma}{\gamma_\beta} \sinh(\gamma_\beta L) & -i \frac{k}{\gamma_\beta} \sinh(\gamma_\beta L) \\ i \frac{k}{\gamma_\beta} \sinh(\gamma_\beta L) & \cosh(\gamma_\beta L) + i \frac{\sigma}{\gamma_\beta} \sinh(\gamma_\beta L) \end{bmatrix} \quad (2)$$

Отдельные элементы матрицы  $F_M$  описаны ниже. Общий коэффициент самоподключения «DC» может быть представлен [24]:

$$\sigma = \delta + \bar{\sigma} - \frac{1}{2} \frac{d\phi}{dz} \quad (3)$$

где  $\frac{1}{2} \frac{d\phi}{dz}$  описывает возможный чирп периода решетки, и  $\bar{\sigma}$  - фаза решетки. Параметр расстройки  $\delta$  может быть представлен:

$$\delta = \beta - \frac{\pi}{\lambda} = \beta - \beta_D = 2\pi n_{eff} \left( \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_D} \right) \quad (4)$$

где  $\lambda_D = 2n_{eff}\Lambda$  - длина отраженной волны Брэгга. Для очень слабых решеток, где ( $\delta n_{eff} \rightarrow 0$ ), получим:

$$\bar{\sigma} = \frac{2\pi}{\lambda} \overline{\delta n_{eff}} \quad (5)$$

где  $\overline{\delta n_{eff}}$  является фоном изменения показателя преломления. Коэффициент связи  $\kappa(z)$  может быть представлен как [25]:

$$\kappa(z) = \frac{\pi}{\lambda} \delta n(z) g(z) v \quad (6)$$

где  $g(z)$ - функция аподизации, а  $v$ - граничные условия. Коэффициент связи  $\kappa(z)$  пропорционален глубине модуляции показателя преломления  $\Delta n(z) = \delta n(z) g(z)$ . В нашем случае решетка была аподизирована и профиль аподизации был предоставлен производителем решетки. Моделирование функции аподизации решетки было следующим:

$$g(z) = \exp \left[ -a \left( \frac{z-L/2}{L} \right)^2 \right]; z \in [0, L] \quad (7)$$



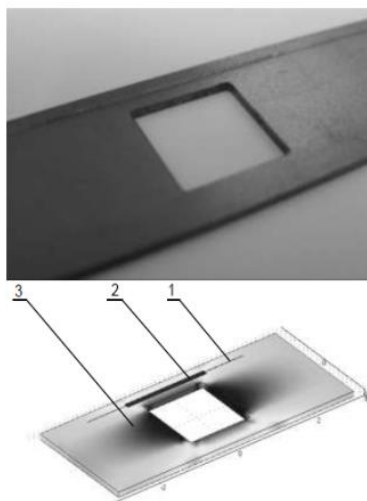
где  $a$  - параметр ширины функции Гаусса, и в нашем случае  $a = 80$ .  $\gamma_{\beta}$  может быть выражено следующими уравнениями:

$$\gamma_{\beta} = \sqrt{k^2 - \sigma^2} \quad k^2 > \sigma^2 \quad (8)$$

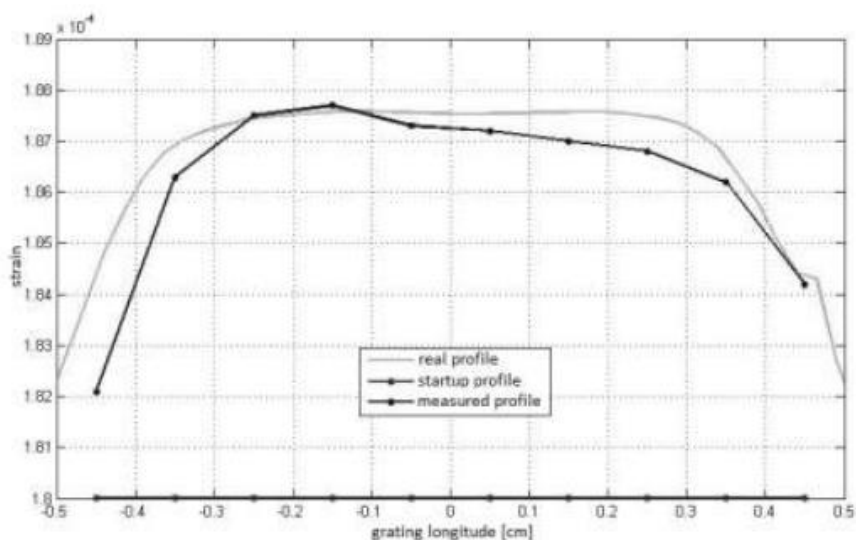
$$\gamma_{\beta} = i\sqrt{k^2 - \sigma^2} \quad k^2 < \sigma^2 \quad (9)$$

Решетка ВРБ2 может быть представлена одной матрицей переноса, описывающей всю ее длину, так как предполагаем температуру равномерной вдоль всей решетки. Поэтому нет необходимости в передаточной функции прохождения света через ВРБ2, чтобы зависеть от положения вдоль оси  $z$ . Это предположение упрощает математическую модель.

**Метод расчета и результаты измерения.** На рисунке 3 представлена форма использованного образца, на рисунке 4 представлено распределение удлинения образца в виде функции напряжения, рассчитанной на основе знания нагрузки, геометрии образца и типа материала, используя специализированные прикладные программные обеспечения и моделирование (определяется по косвенным измерениям в лаборатории). Напротив, на рисунке 5 распределение удлинения для того же образца в зависимости от напряжения, используя представленный метод граничных элементов.



**Рис. 3.** Измеряемая система: 1-оптическое волокно с ВРБ, 2-эпоксидный клей, 3-образец. а) реальная фотография, б) геометрия системы в МКЭ



**Рис. 4.** Распределение удлинения в ВРБ

На рисунке 5 представлены характеристики распределения удлинения решетки Брэгга. Реальный профиль был рассчитан методом конечных элементов. В качестве входных данных использовались известные величины силы и геометрия образца. Измеренный профиль определялся с использованием спектров решетки Брэгга, модели ВРБ и алгоритма имитации отжига. В алгоритме не известны величина силы и геометрия образца. Процесс определения распределения удлинения решетки Брэгга начинался со случайного начального значения напряжения, которое считалось постоянным по всей длине образца.

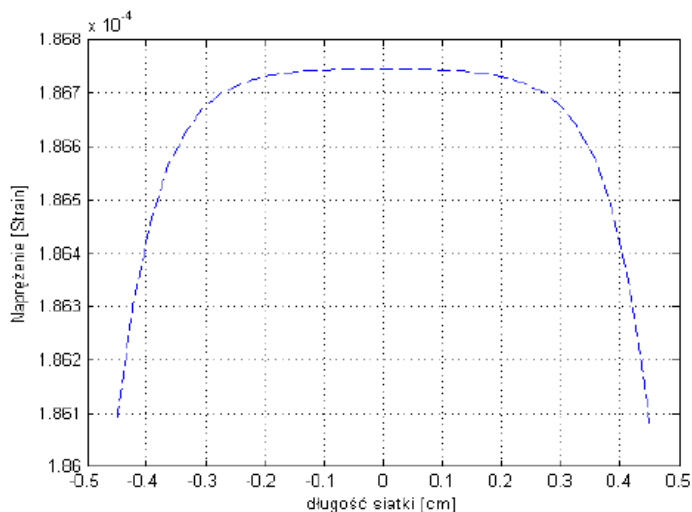


Рис. 5. Распределение удлинения, рассчитанное с использованием МГЭ

Максимальное значение абсолютной погрешности определения удлинения составляло  $RMSD = 0,0092\%$  для MES и  $RMSD = 0,0085\%$  для МГЭ. Он был рассчитан путем учета разделения решетки на 10 секций, используя следующее уравнение:

$$RMSD = (1/10 \cdot \sum_{k=1}^5 \varepsilon_C - \varepsilon_M)^{1/2} \quad (10)$$

Эта ошибка была определена как квадратная ошибка корня и определяет разницу между вычисленными значениями удлинения и значениями, полученными с использованием алгоритма метода сопряженного градиента.

### Заключение

Лабораторные измерения и численные расчеты показали, что для определения распределения удлинения с помощью волоконно-оптических датчиков с решеткой Брэгга можно применить обратный анализ. Методы граничных элементов и метод конечных элементов позволяют получить сопоставимые результаты для косвенного измерения. В результате исследования разработано компьютерное и математическое моделирование измерительной системы с использованием вычислительных алгоритмов в соответствии с математической структурой модели и с учетом значений всех других элементов светоделительного датчика волоконной решетки Брэгга.

Экспериментальные исследования проводились в лабораториях Оптоэлектроники факультета электротехники и компьютерных наук Люблинского технического университета в рамках проекта ГФ №АР05132778 «Исследование и разработка системы интеррогации сигналов с оптоволоконным рефрактометром с использованием телекоммуникационных сетей» ИИВТ КН МОН РК.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] H. Fujii, T. Namazu, S. Inoue, R. Dembo, D. Rosen Development of the Novel Elongation-Measurement Device with In-Plane Bimorph Actuator for the Tensile Test // Micro Electro Mechanical Systems 2009, MEMS 2009. IEEE 22nd International Conference on, pp. 1063-1066, 2009.
- [2] A. Granda, F. M. F. Linera, G. Vecino, A. Diaz Canga Practical Speedand Elongation Measurement, Using Encoders, for a Temper Mill // Industry Applications, IEEE Transactions on, vol. 50(1), pp. 113-119, 2014.

- [3] M. Szustakowski, N. Palka, B. Kizlik Contrast of the Fiber optic Michelson interferometer – a new prospect for elongation measurement // *Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science, Proceedings of International Conference IEEE*, pp. 476-477, 2004.
- [4] A. Wolff, D. Cramer, H. Hellebrand, I. Probst, K. Lubitz Optical two channel elongation measurement of PZT piezoelectric multilayer stack actuators // *Applications of Ferroelectrics, 1994.ISAF '94. Proceedings of the Ninth IEEE International Symposium on*, pp. 755-757, 1994.
- [5] R. K. Yamashita, W. Zou, Z. He, K. Hotate Measurement Range Elongation Based on Temporal Gating in Brillouin Optical Correlation Domain Distributed Simultaneous Sensing of Strain and Temperature // *Photonics Technology Letters, IEEE* vol. 24(12), pp. 1006-1008, 2012.
- [6] E. Roger, A. Khayat, L. A. Utracki, F. Godbille, J. Picot Influence of shear and elongation on drop deformation in convergent–divergent flows // *International Journal of Multiphase Flow*, vol. 26(1), pp. 17-44, 2000.
- [7] U. Iturraran-Viveros, F. J. Sanchez-Sesma, F. Luzon Boundary element simulation of scattering of elastic waves by 3-D cracks // *Journal of Applied Geophysics* vol. 64(3-4), pp. 70-82, 2008.
- [8] Y. Liu, N. Nishimura, Y. Otani Large-scale modeling of carbonnanotube composites by a fast multipole boundary element method // *Computational Materials Science*, vol. 34(2), pp. 173-187, 2005.
- [9] S. Chatelin, C. Deck, F. Renard, S. Kremer, C. Heinrich, J. P. Armspach, R. Willinger Computation of axonal elongation in head trauma finite element simulation // *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, vol. 4(8), pp. 1905-1919, 2011.
- [10] Y. B. Fu, C. K. Chui Modelling and simulation of porcine liver tissue indentation using finite element method and uniaxial stress–strain data // *Journal of Biomechanics*, vol. 47(10), pp. 2430-2435, 2014.
- [11] E. Lin, H. Chen, Y. Liu Finite element implementation of a non-local particle method for elasticity and fracture analysis // *Finite Elements in Analysis and Design*, vol. 93, pp. 1-11, 2015.
- [12] M. Hadjicharalambous, J. Lee, N. P. Shith, D. A. Nordsletten A displacement-based finite element formulation for incompressible and nearly-incompressible cardiac mechanics // *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, vol. 274, pp. 213-236, 2014.
- [13] P. Kisała Measurement of the maximum value of non-uniform strain using a temperature-insensitive fibre Bragg grating method // *Optoelectronics Review* vol. 21(3), pp. 293-302, 2013.
- [14] P. Kisała Metrological conditions of strain measurement optoelectronic method by the use of fibre Bragg gratings // *Metrology and Measurement Systems*, vol. 19(3), pp. 471-480, 2012.
- [15] M. Czerwiński, J. Mroccka, T. Girasole, G. Gouesbet, G. Grehan Light-Transmittance Predictions Under Multiple-Light Scattering Conditions. I. Direct Problem: hybrid-Method Approximation // *Applied Optics* vol. 51(11), pp. 1715-1723, 2012.
- [16] P. Kisała, Elongation determination using finite element and boundary element method, *International journal of electronics and telecommunications*, 2015, vol. 61, no. 4, pp. 389-394.
- [17] J. Mroccka, D. Szczuczyński Improved regularized solution of the inverse problem in turbidimetric measurements // *Applied Optics* vol. 49(24), pp. 4591-4603, 2010.
- [18] P. Kisała Generation of a zone chirp in uniform Bragg grating as a way of obtaining double functionality of a sensor // *Metrology and Measurement Systems* vol. 19(4), pp. 727-738, 2012.
- [19] J. Mroccka The cognitive process in metrology // *Measurement* vol. 46(8), pp. 2896-2907, 2013.
- [20] S. Ciężczyk 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.
- [21] S. Ciężczyk Non-Luminous Flame Temperature Determination Method Based on CO<sub>2</sub> Radiation Intensity // *Acta Physica Polonica A* 126(6), pp. 1235-1240, 2014.
- [22] G. Świrniak, G. Głomb, J. Mroccka Inverse analysis of the rainbow for the case of low-coherent incident light to determine the diameter of a glass fiber // *Applied Optics* vol. 19(1), pp. 4239-4247, 2014.
- [23] Frohlich H. G., Kashyap R. Two methods of apodisation of fibre-Bragg-gratings // *Optics Communications* 157, 1998, 273–281.
- [24] De Jong K. Learning with Genetic Algorithms: An Overview // *Machine Learning* 3: 121-138, 1988.
- [25] Freund R. M., Newton's Method for Unconstrained Optimization // February, 2004 Massachusetts Institute of Technology.

В. Вуйчик, Калижанова А.У., Кисала П., Кашаганова Г.Б., Козбакова А.Х.

**Брэгг талшықты торының негізінде талшықты-оптикалық датчиктерді қолдану арқылы өлшеу жүйесі**

**Түйіндемесі.** Бұл мақалада соңғы элемент әдісі және шекаралас элемент әдісі қолдана отырып ұзартудың таралуын анықтау ұсынылған. Компьютерлік модельдеу математикалық құрылымдық моделіне сәйкес есептеу алгоритмдерін қолданып және талшықты Брэгг торларының негізіндегі жарықтандыру датчиктерінің басқа барлық элементтердің мәндеріне сәйкес жасалды. Экспериментті зеттеу біркелкі талшықты Брэгг торларының негізіндегі ұзартуды өлшеу жүйесін қолдану арқылы нақтыланды.

**Кілттік сөздер:** өлшеу жүйесі, талшықты-оптикалық датчик, талшықты Брэгг торы, спектр, математикалық модель.

УДК 004.21

<sup>1,2</sup>A.U. Kalizhanova, <sup>1,2</sup>S. S. Akhmetov, <sup>1,2</sup>G.S. Nabyeva

(<sup>1</sup>Institute of Information and Computational Technologies CS MES RK, Kazakhstan

<sup>2</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan)

E-mail: kalizhanova\_aliya@mail.ru, as\_sultan@mail.ru

## MODELS AND METHODS OF DESIGNING DATA PROCESSING SYSTEMS

**Abstract.** The paper considers block-symmetric models and the methods for designing data processing systems and a multicriteria block-symmetric discrete programming task is provided here. The analysis of block-symmetric tasks of the discrete programming was also carried out, the properties and features of block-symmetric tasks were determined, an approach to solving problems of this type was developed and proposed.

**Keywords:** models and methods, discrete programming, data processing system, multicriteria task.

<sup>1,2</sup>А.У. Калижанова, <sup>1,2</sup>С.С. Ахметов, <sup>1,2</sup>Г.С. Набиева

(<sup>1</sup>Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, Казахстан, Алматы

<sup>2</sup>Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан

e-mail: kalizhanova\_aliya@mail.ru, as\_sultan@mail.ru)

## МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

**Аннотация.** В работе рассмотрены блочно – симметричные модели и методы проектирования систем обработки данных и дана постановка многокритериальной блочно-симметричной задачи дискретного программирования. Также проведен анализ блочно-симметричных задач дискретного программирования, определены свойства и особенности блочно-симметричных задач, разработан и предложен подход к решению задач этого класса.

**Ключевые слова:** модели и методы, дискретное программирование, система обработки данных, многокритериальная задача.

**Введение.** Ряд прикладных задач: проектирования модульного программного обеспечения и массивов базы данных информационных систем [1,2,10-14], распределение программных модулей и массивов базы данных по узлам вычислительных сетей [4], выбор проектов в условиях ограниченных ресурсов можно сформулировать в виде нового класса задач – блочно-симметричных моделей дискретного программирования [3, 15]. В отличие от традиционных моделей модели этого класса позволяют формулировать задачи с несколькими типами переменных различной природы, проводить декомпозицию сложных задач на блоки с единой целевой функцией и разрабатывать эффективные алгоритмы, имеющие полиномиальную вычислительную сложность [6].

Рассмотрим общую постановку блочно-симметричных задач дискретного программирования [1-5].

**Постановка задачи.** Пусть задано множество объектов  $A = \{a_i; i = \overline{1, I}\}$  и множество объектов  $B = \{b_j; j = \overline{1, J}\}$  с элементами различных типов, а также взаимосвязи между элементами этих множеств, которые определяются матрицей

$$W = \|\omega_{ij}\|, i = \overline{1, I}, j = \overline{1, J},$$

Элементы которой целочисленные и булевы. Необходимо объединить элементы множества  $A$  в непересекающиеся подмножества  $A_n, n = \overline{1, N}$ , а элементы множества  $B$  - в непересекающиеся подмножества  $B_m, m = \overline{1, M}$ , таким образом, чтобы доставить экстремум целевой функции  $F(A_n, B_m)$ .

Для формализованной постановки задачи введем следующие переменные. Пусть  $X = \|x_{in}\|, i = \overline{1, I}, n = \overline{1, N}$  - булева матрица, где  $x_{in} = 1$ , если  $i$ -й элемент распределяется в  $n$ -ю

группу,  $x_{in} = 0$  в противном случае. Аналогично,  $Y = \|y_{jm}\|$ ,  $j = \overline{1, J}$ ,  $m = \overline{1, M}$ , где  $y_{im} = 1$ , если  $j$ -й элемент распределяется в  $m$ -ю группу и  $y_{jm} = 0$  в противном случае. В общем случае матрицы переменных  $X$  и  $Y$  могут быть целочисленными [136].

Определим на множестве  $A \times B$  функцию  $F(X, Y)$ , зависящую от распределения элементов множеств  $A$  и  $B$  по подмножествам  $A_n$  и  $B_m$ . Соответственно на множестве  $A$  - функции  $\varphi_k(X)$ ,  $k = \overline{1, K}$ , а на множестве  $B$  - функции  $\psi_s(Y)$ ,  $s = \overline{1, S}$ , определяющие ограничения на множествах  $A$  и  $B$ .

Блочно-симметричная задача дискретного программирования формулируется следующим образом:

$$F(X, Y) \rightarrow \text{extr}, \quad (1)$$

при ограничениях

$$\varphi_k(X) \leq \varphi_{k0}, \quad k = \overline{1, K} \quad (2)$$

$$\psi_s(Y) \leq \psi_{s0}, \quad s = \overline{1, S} \quad (3)$$

Во множестве ограничений (2) и (3) в зависимости от постановок задач знаки неравенств могут меняться на противоположные.

В общем случае двухиндексные матрицы – переменных  $X$ ,  $Y$  и заданная матрица  $W$  могут быть целочисленными.

Рассмотрим задачу при условии, когда переменные  $X$ ,  $Y$  и  $W$  - булевы матрицы. В качестве функции  $F(X, Y)$  часто используют функцию вида  $F(Z)$ , где

$$Z = XWY \quad (4)$$

Рассмотрим выражение (4), которое представляет собой произведение матриц переменных  $X$ ,  $Y$  и заданной матрицы  $W$ , на которой определена целевая функция. В отличие от традиционных постановок задач дискретного программирования в данной постановке имеются два типа переменных  $X$  и  $Y$ , переменные  $X$  и  $Y$  симметричны относительно заданной матрицы  $W$ .

В задаче (1) - (3) можно выделить множество ограничений вида (2), которые зависят от переменной  $X$ , и множество ограничений вида (3), которые зависят от переменной  $Y$ .

Функционал вида  $F(X, Y)$  можно представить следующим образом:

$$F(p(X), g(Y)) \rightarrow \text{extr} \quad (5)$$

$$p(X) \rightarrow \text{extr} \quad (6)$$

$$\varphi_k(X) \leq \varphi_{k0}, \quad k = \overline{1, K} \quad (7)$$

$$g(Y) \rightarrow \text{extr} \quad (8)$$

$$\psi_s(Y) \leq \psi_{s0}, \quad s = \overline{1, S} \quad (9)$$

В постановке задачи (5) - (9) выделим блок функции (6), (7), зависящий только от переменной  $X$ , и блок функции (8), (9), зависящий только от переменной  $Y$ , объединенных единым функционалом вида (5). Заметим, что в ряде постановок задач может быть блок ограничений вида

$$f_r(X, Y) \leq f_{r0}, \quad r = \overline{1, R}, \quad (10)$$

зависящий от переменных  $X$  и  $Y$ .

В этом случае можно выделить блок функционала цели вида (5), (10).

**Определение 2.1.** Блочно-симметричной задачей дискретного программирования назовем задачу вида (5) - (9), где переменные  $X$ ,  $Y$  и значения функций  $F(p(X), g(Y))$ ,  $p(X)$ ,  $g(Y)$  - целые, либо булевы.

Рассмотрим выражение (4). из него следует, что переменные  $X$  и  $Y$  симметричны относительно заданной матрицы  $W$  и функция (4) может быть определена как слева направо, так и наоборот, т.е.

$$Z = XWY = YWX \quad (11)$$

На основе общей постановки определим основные свойства сформулированного класса задач, отличающие его от традиционных постановок задач дискретного программирования.

**Свойство 1.** В блочно-симметричной задаче имеется два типа переменных  $X$  и  $Y$  различного содержания, определенных как целочисленные (булевы) матрицы на заданной матрице  $W$ .

В общем случае переменных может быть и больше в зависимости от постановок задач.

**Свойство 2.** Блочность задачи заключается в выделении в постановке отдельных блоков функций вида (5), (10); (6), (7) и (8), (9), которые соответственно зависят от переменных  $X$  и  $Y$ .

Как видно из указанных соотношений каждый из блоков имеет свою целевую функцию и координируется общим функционалом вида (5).

**Свойство 3.** Блочно-симметричную задачу в большинстве случаев можно представить в матричной форме вида (11).

Матричная форма постановки блочно-симметричных задач позволяет использовать аппарат теории матриц и разрабатывать эффективные алгоритмы решения задач этого класса.

**Свойство 4.** Симметричность задачи заключается в возможности вычисления (11) как слева направо, так и обратном направлении.

Указанные свойства и особенности блочно-симметричных задач ДП позволяют синтезировать алгоритмы, обеспечивающих решение практических задач большой размерности.

В ряде постановок задач функционал (1) можно представить в виде вектора функций  $F(f_k, k = \overline{1, K})$ . В этом случае формулируется многокритериальная блочно-симметричная задача дискретного программирования [7-9].

Анализ постановки, свойств и особенности блочно-симметричных задач позволил разработать и предложить подход и схему метода решения общей задачи на основе следующего утверждения.

**Утверждение.** Распределение элементов множества  $A$  по непересекающимся подмножествам  $A_n$  соответствует логическому сложению строк матриц  $\|\omega_{ij}\|$ , а распределение элементов множества  $B$  по непересекающимся подмножествам  $B_m$  - логическому сложению столбцов матрицы  $\|\omega_{ij}\|$  [4-6].

Результаты данного утверждения позволяют просто вычислить оценки и направления поиска решения для разработки эффективных алгоритмов.

Введем понятие базиса решения задач. Под базисом понимается заранее заданный состав элементов подмножеств  $A_n$  и  $B_m$ .

В матрице  $W$  базис находится как некоторая матрица  $Z$ , элементы которых определены. Данную матрицу путем перестановки номеров строки и столбцов матрицы  $W$  и их перенумеровки всегда можно определить в левом верхнем углу. Такое представление упрощает процедуру оценок и определения направления поиска решения.

Для решения блочно-симметричной задачи дискретного программирования при условии, когда  $X$ ,  $Y$  и  $W$  - булевы матрицы, разработана и предложена эффективная схема решения задачи. Схема поиска решения состоит из следующих основных этапов:

1. В булевой матрице  $W$  выделим подматрицу  $Z = \|Z_{nm}\|$ ,  $n = \overline{1, N}$ ,  $m = \overline{1, M}$  и определим её как базис решения задачи.

2. Определим матрицу  $D = \|d_{i_n}\|$ ,  $i = \overline{n+1, I}$ ,  $n = \overline{1, N}$  направления поиска решения  $X$  путем логического сложения небазисных строк матрицы  $W$  со строками базиса и вычислим значения оценок только по позициям базиса.

3. В соответствии с полученными оценками осуществим распределение элементов множества  $A$  по множествам  $A_n$ . В результате зафиксируем решение  $X$  и промежуточную. Матрицу  $\Pi = \|\pi_{nj}\|$ ,  $n = \overline{1, I}$ ,  $j = \overline{1, J}$ .

4. Определим матрицу  $D = \|d_{j_m}\|$ ,  $j = \overline{m+1, I}$ ,  $m = \overline{1, M}$ .  $M$  направления поиска решения  $Y$  путем логического сложения небазисных столбцов промежуточной матрицы  $\Pi = \|\pi_{nj}\|$  со столбцами базиса и вычислим значения оценок только по позициям базиса матрицы  $\Pi$ .

5. В соответствии с полученными оценками матрицы  $\Pi$  распределим элементы множества  $B$  по множеством  $B_m$ . В результате фиксируем решение  $Y$  и целевую матрицу  $Z$ , на которой определено значение целевой функции  $F(Z)$ .

6. Следует отметить, что поиск решения задачи может осуществляться как в прямом направлении по схеме  $DX \tilde{D}Y$ , так и в обратном направлении по схеме  $\tilde{D}Y DX$ .

При заданном базисе решение данного класса задач имеет полиномиальную вычислительную сложность.

### **Заключение**

В работе разработана и предложена общая модель проектирования систем обработки данных. Задача сформулирована как блочно-симметричная задача дискретного программирования, определены свойства и особенности данного класса задач. Предложена схема решения многокритериальной блочно-симметричной задачи.

В процессе исследования и решения задач использованы методы системного анализа, теории графов, теории матриц, дискретного программирования.

Исследования проведены в рамках проекта BR05236839 «Разработка информационных технологий и систем для стимулирования устойчивого развития личности как одна из основ развития цифрового Казахстана» Института информационных и вычислительных технологий КН МОН РК.

### **ЛИТЕРАТУРА**

[1] Kaziev G.Z., Mamikonov A.G., Ashimov A.A., Kosyachenko S.A. Models and methods of design automation of modular data-processing systems (article) // In the book: Automation of design of control systems. - M.: Finance and Statistics, 1981. - Vol. 3. - p. 63-79.

[2] Kaziev G.Z., Mamikonov A.G., Ashimov A.A., Kosyachenko S.A. Optimal modular data processing systems. - Alma-Ata: Science, Kazakh SSR, 1981. - №1. - p.187.

[3] Kaziev G.Z., Nabiyeva G.S., Ospanova S.B. Multi-criteria block-symmetric tasks of discrete programming // Proceedings of the international scientific and practical conf. "State, problems and tasks of informatization in Kazakhstan", dedicated to the 70th anniversary of KazNTU named after KI Satpayev and the 10th anniversary of the International Academy of Informatization (MAIN). - Almaty: RIO, 2004. - P.258-263.

[4] Kaziev G.Z., Nabiyeva G.S. Design Methods for Modular Applied Software and Database Arrays in Information Systems // Joint Issue of Scientific Journals "Computational Technologies" of the Russian Academy of Sciences and "Regional Bulletin of the East" EKGU on the basis of the international conf. "Computational and information technologies in science, technology and education." - Novosibirsk, Almaty, Ust-Kamenogorsk, 2003. - Part VI. - p. 272-274.

[5] Kaziev G.Z., Nabiyeva G.S., Tyrdalyuly M., Bekova S.A., Akhmetov S.S. Қаoldanbaly бfдарламалык амтамасызу ету мен деректер бazyasny massivirin ylestyirudeg\_discrete\_bfдарламалаудың blocks сим symmetry esebi // Izzen\_p. -2014. -№1 (1).

[6] Turdalayuly M., Bekova S., Sagalova K., Akhmetov S.S., Nabieva G.S. Decomposition of applied reports and source documents of data processing systems during the technical design stage // Workflow of International Trade Satpaev Clerks "Strategy 2050", dedicated to the 80th anniversary of KazNTU named after K.I.Satpayev (Almaty, 2014, volume III)

[7] Sergienko I.V., Perepelitsa V.A. Alternative Problems in Multiple Multiple Multiple Challenges // Cybernetics. - 1987. - № 5. - p. 85-93.

[8] Emelichev V.A., Perepelitsa V.A. Multiple Multiple Discrete Optimization Problems // ANS GOSSRESS COMMUNICATIONS. - 1988. - V. 131, № 3. - p. 501-504.

[9] Perepelitsa V.A. Multi - tasking theorems of graphs. Algorithmic approach: learning aid. - Kyiv: UMP WO, 1989. - p.67.

[10] Mamikonov A.G., Ashimov A.A., Kulba V.V. Synthesis of optimal functional data processing modules in the ACS .Preprint. - Moscow: IPU, 1979. - p.1-74.

[11] Kaziev G.Z., Sirotiyuk V.O. Formalized methods of analysis of modular data processing systems // In the collection: "Issues of creating automated control systems for technological processes and enterprises". - Alma-Ata: KazPTI, 1980.

[12] Kaziev G.Z., Sirotiyuk V.O., Kitapbaev ZH.B. Models and methods of analysis and synthesis of optimal database structures in parallel query processing systems (theses) // Abstracts of reports of the All-Union Workshop "Parallel processing of information". - Lviv, 1985. - P.114-115.

[13] Kaziev G.Z. The method of computer-aided design of logical database structures (article) // In the collection: works "Dynamics of inhomogeneous systems". Issue 13, VNIISI. - M., 1990. - P.45-52

[14] Kaziev G.Z., Kuznetsov N.A., Kulba V.V., Shelkov A.B. Models, methods and tools for analysis and synthesis of modular information control systems (article) // Automation and Remote Control. - M. - 1993. - №5. - p. 3-59.

[15] Kaziev G.Z., Aitchanova Sh.K., Musina R.Zh. Block-symmetric problems of discrete programming (theses) // Reports Theses - 1 Congress of Mathematicians Kazakhstan. - Shymkent: Gylym, 1996. - p. 288-289.

Калижанова А.У., Ахметов С.С., Набиева Г.С.

#### **Мәліметтерді өңдеу жүйесін жобалаудың моделдері мен әдістері**

**Түйіндеме.** Жұмыста мәліметтерді өңдеу жүйесін жобалаудың блокты – симметриялы моделдері мен әдістері қарастырылды. Дискретті бағдарламалаудың көпкритерийлі блокты – симметриялы есебі құрастырылды. Дискретті бағдарламалаудың блокты – симметриялы есебінің қойылымына талдау жүргізіліп, блокты симметриялы есептердің ерекшеліктері мен қасиеттері анықталып, осы класс есептерін шешу үшін тәсіл құрылған және ұсынылған.

**Кілттік сөздер:** моделдер мен әдістер, дискретті бағдарламалау, мәліметтерді өңдеу жүйесі, көпкритерийлі есеп.

УДК 517.977:622.692

**L.A. Nesterenkova, P.A. Nesterenkov**

(Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: stolkner@gmail.com)

### **LOWERING THE OPERATING COST OF A NON-ISOTHERMAL OIL PIPELINE**

**Abstract.** An aim to lower the fuel and power expenses under non-isothermal transportation of high-viscosity oils through a pipeline with intermediate heat and pumping stations is set and fulfilled. According to the provided mathematical model consisting of the motion, energy equation, boundary conditions and expressions for the expended fuel and electricity costs, the inequations are derived that make it possible to predict the appropriate modes of oil flow through the pipeline, depending on the given parameters.

**Key words:** pipeline, high viscosity oil, temperature, lowering the fuel and power costs.

**Л.А. Нестеренкова, П.А. Нестеренков**

(Казахский Национальный университет имени аль-Фараби,

Республика Казахстан, Алматы, E-mail: stolkner@gmail.com)

### **МИНИМИЗАЦИЯ СТОИМОСТИ РАБОТЫ НЕИЗОТЕРМИЧЕСКОГО НЕФТЕПРОВОДА**

**Аннотация.** Поставлена и решена задача минимизации стоимости топливно-энергетических затрат при неизотермической транспортировке высоковязких нефтей по трубопроводу с промежуточными тепловыми и насосными станциями. По представленной математической модели, состоящей из уравнения движения, энергии, краевых условий и выражений для стоимости затраченного топлива и электроэнергии, получены неравенства, позволяющие прогнозировать оптимальные режимы течения нефти по нефтепроводу в зависимости от заданных параметров.

**Ключевые слова:** трубопровод, высоковязкая нефть, температура, минимизация стоимости топлива и электроэнергии.



**Введение.** Транспортировка нефтей по магистральным трубопроводам требует больших энергетических затрат. Развитие трубопроводов идет по пути увеличения протяженности, диаметра и рабочего давления. Это ведет к возникновению дополнительных технологических трудностей. Приходится вводить в действие промежуточные насосные станции, использовать большее количество электроэнергии на перекачку. Процесс еще более усложняется, если перекачиваются высоковязкие и высокозастывающие нефти. На практике наибольшее распространение для улучшения реологических свойств таких нефтей получил метод трубопроводного транспорта с предварительным подогревом [1-3]. По обычно применяемой технологии перед подачей в магистраль нефть подогревается до определенной температуры (320-340 К). Вдоль трассы расположены промежуточные тепловые станции, где остывшая в пути нефть вновь подогревается. При этом ее текучесть увеличивается, что ведет к снижению энергозатрат на транспортировку. На разных станциях может быть использовано различное топливо (нефть, газ и др.), цена которого отличается друг от друга. Поэтому необходимо выбрать такие режимы подогрева, которые минимизируют стоимость топлива и электроэнергии на перекачку.

**Постановка тепловой задачи минимизации стоимости топлива.** Так как длина магистрального трубопровода намного больше его диаметра, совместим ось трубы с осью  $Ox$  и будем использовать одномерную математическую модель. Все параметры процесса, а именно температуру нефти  $T(t, x)$ , давление в трубопроводе  $P(t, x)$  и скорость ее течения  $w(t)$  усредним по сечению трубы [4,5]. Будем считать, что промежуточные тепловые и насосные станции расположены совместно. Математическая модель течения описывается уравнением движения, неразрывности, энергии на каждом  $j$ -ом линейном участке между станциями и краевыми условиями процесса.

Закон сохранения количества движения при постоянных значениях плотности  $\rho$ , диаметре трубы  $D$ , коэффициенте кинематической вязкости  $\nu$ , имеет вид [1,3]:

$$\rho \frac{\partial w}{\partial t} = -\frac{\partial P_j}{\partial x_j} - \rho g \beta_j \left(\frac{\pi w}{4}\right)^{2-m} \cdot \frac{\nu^m}{D^{m+1}} - \rho g \frac{dh_j}{dx_j}; \quad (1)$$

$$j = \overline{0, N+1},$$

где  $\nu$  - коэффициент кинематической вязкости нефти,  $\beta$  и  $m$  - коэффициенты, зависящие от режима течения нефти,  $h = h(x)$  - геодезическая высота над уровнем моря,  $N$  - количество работающих совмещенных промежуточных тепловых и насосных станций.

Закон сохранения энергии при постоянной плотности  $\rho$ , диаметре трубы  $D$ , температуре окружающего нефтепровод грунта  $T_{окр}$  и удельной теплоемкости  $c$  без учета пренебрежимо малыми эффектами теплопроводности и аккумуляции тепла за счет трения имеет вид [5, 6]:

$$\frac{\partial T_j}{\partial t} = -w \cdot \frac{\partial T_j}{\partial x} + \frac{4k}{\rho c D} \cdot (T_{окр} - T_j), \quad (2)$$

$$j = \overline{0, N+1},$$

где  $k$  - коэффициент теплопередачи от нефти в окружающий грунт.

Уравнение неразрывности при отсутствии промежуточных источников массы запишется в виде [5]:

$$\partial w / \partial x = 0, \quad (3)$$

Отсюда

$$w = w_0 = const.$$

В случае установившегося режима течения из (1), (3) будем иметь

$$T_j(x) = T_{окр} + (T_{j-1}^+ - T_{окр}) e^{-ak_j x}, \quad (4)$$

$$x \in (x_{j-1}, x), \quad j = 1, 2, \dots, N_T + 1$$

со следующими граничными условиями:

$$T_0^+ = T_0, \quad T_j^+ = T_j^- + \Delta T_j, \quad j = 1, 2, \dots, N_T, \quad (5)$$

где  $a = \frac{4}{\rho c D w}$ .

## • Физико-математические науки

Стоимость эксплуатации нефтепровода в значительной степени определяется затратами топлива на тепловых станциях и электроэнергии на насосных станциях. Стоимость топлива, используемого для подогрева нефти при стационарном режиме, определяется выражением:

$$S_T = t \sum_{j=1}^N z_j^T \omega_j ,$$

где  $t$  - время работы промежуточных станций;  $z_j^T$  - стоимость единицы топлива на  $j$ -ой тепловой станции;  $\omega_j$  - расход топлива  $j$ -ой тепловой станции;  $N$  - количество работающих тепловых станций.

Расход топлива  $\omega_j$  рассчитывается по формуле:

$$\omega_j = \frac{g_j}{y_j \sigma_j \Gamma_j^T} , \quad j = 1, 2, \dots, N ,$$

где  $g_j = \frac{\pi D^2}{4} \rho c w \Delta T_j$  - количество тепла, используемого на  $j$ -ой тепловой станции в единицу времени;  $y_j$  - теплотворная способность условного топлива на  $j$ -ой тепловой станции;  $\sigma_j$  - поправочные коэффициенты для расчета теплотворной способности конкретного топлива;  $\Gamma_j^T$  - коэффициент полезного действия  $j$ -ой тепловой станции.

Таким образом, выражение стоимости топлива примет вид:

$$S_T = 3vt \sum_{j=1}^N y_j \Delta T_j , \quad (6)$$

$$\text{где } 3 = \frac{\pi \rho c D^2}{4} ; \quad y_j = \frac{z_j^T}{y_j \sigma_j \Gamma_j^T} .$$

Ставится задача: найти такие перепады температуры  $\Delta T_j$  на пунктах подогрева, при которых стоимость затрат на топливо (6) была бы минимальной при соблюдении технологических ограничений:

$$\begin{aligned} T_{min} \leq T_j(x) \leq T_{max}; \quad x \in (x_{j-1}, x); \quad j = 1, 2, \dots, N + 1; \\ T_j^+ > T_j^- ; \quad \Delta T_j \geq 0; \quad j = 1, 2, \dots, N. \end{aligned} \quad (7)$$

**Решение задачи.** Первое условие (7) определяет границы допустимого интервала температур нефти в трубопроводе. Второе условие означает, что нефть на пунктах подогрева охлаждаться не может.

Из (4) следует:

$$T_{j-1}^+ = b_j T_j^- + c_j ; \quad j = 1, 2, \dots, N + 1, \quad (8)$$

где  $b_j = e^{a_k L_j}$ ;  $L_j = x_{j-1} - x_j$  - длина  $j$ -го линейного участка;  $c_j = (1 - b_j) \cdot T_{окр}$ .

С учетом соотношений (8) распишем выражения для перепадов температуры нефти на насосных станциях:

$$\begin{cases} \Delta T_1 = T_1^+ - T_1^- = b_2 T_2^- + C_2 - \frac{(T_0 - C_1)}{b_1}; \\ \Delta T_2 = T_2^+ - T_2^- = b_3 T_3^- + C_3 - T_2^{-b_1}; \\ \Delta T_3 = T_3^+ - T_3^- = b_4 T_4^- + C_4 - T_3^-; \\ \dots \dots \dots \\ \Delta T_j = T_j^+ - T_j^- = b_{j+1} T_{j+1}^- + C_{j+1} - T_j^-; \\ \dots \dots \dots \\ \Delta T_N = T_N^+ - T_N^- = b_{N+1} T_{N+1}^- + C_{N+1} - T_N^- . \end{cases} \quad (9)$$

Подставляя (9) в выражение стоимости затрат топлива (6) будем иметь:

$$S_T = \zeta v t \left\{ \sum_{j=2}^N (y_{j-1} b_j - y_j) T_j^- + y_{N_T} b_{N+1} T_{N+1}^- \right\} + d, \quad (10)$$

где  $d = \zeta v t \left\{ \sum_{j=1}^N y_j c_{j+1} - y_1 \left( \frac{T_0 - C_1}{b_1} \right) \right\}$  - известная величина.

Найдем минимум  $S_T$  по  $T_j^-$ :

$$\min S_T = \zeta v t \left\{ \sum_{j=2}^N \min(y_{j-1} b_j - y_j) T_j^- + \min(y_{N_T} b_{N+1} T_{N+1}^-) \right\} + d. \quad (11)$$

Заметим, что:

$$y_j > 0; \quad b_{j+1} > 1; \quad j = 1, 2, \dots, N.$$

Тогда из (11) следует, что температура на выходе трубопровода должна быть всегда минимально возможной, т.е.

$$T_{N_T+1}^- = T_{min}. \quad (12)$$

Если на всех тепловых станциях использовать одно и то же топливо и один и тот же типы печей, т.е. если  $y_j = y = const, \quad j = 1, 2, \dots, N_T$ , то минимум стоимости затрат будет в том случае, когда нефть приходит к тепловым станциям с минимально допустимой температурой:

$$T_j^- = T_{min}, \quad j = 1, 2, \dots, N,$$

так как  $(y_{j-1} b_j - y_j) = y(b_j - 1) > 0$  в силу (11).

Рассмотрим общий случай.

Если в (11)  $(y_{j-1} b_j - y_j) > 0$ , или

$$\left[ \frac{z_{j-1}}{y_{j-1} w_{j-1} \eta_{j-1}} \exp\left(\frac{4k_j L_j}{\rho c v D}\right) - \frac{z_j}{y_j w_j \eta_j} \right] > 0,$$

то для минимума стоимости топливных затрат необходимо, чтобы:

$$T_j^- = T_{min}, \quad j = 1, 2, \dots, N_T.$$

Если  $(y_{j-1} b_j - y_j) < 0$ , или

$$\left[ \frac{z_{j-1}}{y_{j-1} w_{j-1} \eta_{j-1}} \exp\left(\frac{4k_j L_j}{\rho c v D}\right) - \frac{z_j}{y_j w_j \eta_j} \right] < 0, \quad (13)$$

то следует положить  $T_{j-1}^+ = T_{max}$ .

Физически это означает, что нефть из j-ой тепловой станции должна выходить с максимально возможной температурой. При этом на j-ую тепловую станцию нефть может поступить с большей температурой, чем должна выйти по условию минимума стоимости

$$T_j^- > T_j^+,$$

т.е. может нарушиться второе условие (7).

В этом случае необходимо выключить j-ую тепловую станцию и решить задачу оптимизации повторно.

Математически это означает, что  $\Delta T_j = 0$  или  $T_j^+ = T_j^-$ . Покажем, что это действительно так. Используя (5) и (8), найдем зависимость между  $T_{j+1}^+$  и  $T_j^-$ :

$$T_j^- = \Delta T_j - b_{j+1} T_{j+1}^- - c_{j+1}. \quad (14)$$

С учетом (14) стоимость затрат топлива (10) перепишем в виде:

$$S_T = 3vt \left\{ \sum_{l=2}^{j-1} (y_{l-1} b_l - y_l) T_l^- + (y_{j-1} b_j b_{j+1} - y_{j-1}) T_{j+1}^- + (y_j - y_{j-1} b_j) \Delta T_j + \sum_{l=j+2}^N (y_{l-1} b_l - y_l) T_l^- + y_N b_{N+1} T_{N+1}^- \right\} + d + d',$$

где  $d' = c_{j+1} (y_{j-1} b_j - y_j)$  - известная величина.

Отсюда поскольку в силу (13)  $(y_j - y_{j-1} b_j) > 0$ , для минимума  $S_T$  необходимо положить  $\Delta T_j = \min \Delta T_j = 0$ , т.е. включить  $j$ -ую станцию.

Теперь минимизация стоимости затрат топлива сводится к исследованию знака  $(y_{j-1} b_j b_{j+1} - y_{j-1})$  или

$$\frac{z_{j-1}}{y_{j-1} w_{j-1} \eta_{j-1}} \exp \left[ \frac{4k_j L_j + k_{j+1} L_{j+1}}{\rho c v D} \right] - \frac{z_{j+1}}{y_{j+1} w_{j+1} \eta_{j+1}}. \quad (15)$$

Если выражение (15) положительно, то для оптимизации необходимо, чтобы  $T_{j+1}^- = T_{min}$ , при этом

$$a T_{j+1}^+ = b_j b_{j+1} T_{min} + b_j c_{j+1} + c_j.$$

В случае выполнения второго условия (7) решение задачи затрат топлива можно считать завершённым, а при его нарушении следует выключить  $(j+1)$ -ую тепловую станцию и повторить вышеизложенные рассуждения. При этом задача оптимизации сведется к определению знака следующего выражения:

$$\frac{z_{j-1}}{y_{j-1} w_{j-1} \eta_{j-1}} \exp \left[ \frac{4k_j L_j + k_{j+1} L_{j+1} + k_{j+2} L_{j+2}}{D \rho c v} \right] - \frac{z_{j+2}}{y_{j+2} w_{j+2} \eta_{j+2}}. \quad (16)$$

Увеличение экспоненты в (15), (16) и монотонность убывания температуры нефти на участках трубопровода гарантируют сходимость предложенного алгоритма.

При  $(y_{j-1} b_j - y_j) = 0$  для минимума стоимости затрат на топливо (10) температура  $T_j^-$  может принимать любое значение из интервала  $\left[ T_{min}, \frac{1}{b_j} (T_{max} + C) \right]$  при соблюдении условия (12).

**Постановка гидравлической задачи минимизации стоимости электроэнергии.** Для установившегося режима течения из (1), (3) будем иметь систему уравнений движения для каждого линейного участка [5]:

$$P_j(x) = P_{j-1}^+ - f_j(x), \quad x \in [x_{j-1}, x_i], \quad j = 1, 2, \dots, (N + 1), \quad (17)$$

где  $f_j(x_j) = \rho g [h(x_j) - h(x_{j-1})] + A \beta v^m (x_j - x_{j-1})$ ,  $A = \frac{\rho g}{D^{m+1}} \cdot \left( \frac{\pi w}{4} \right)^{2-m}$ .

Граничное условие имеет вид:

$$P^-(0) = P_0, \quad (18)$$

а условия стыковки на насосных станциях соответственно:

$$P_j^+ = P_j^- + \Delta P_i, \quad j = 1, 2, \dots, N. \quad (19)$$

При этом стоимость электроэнергии на промежуточных насосных станциях будет равна:

$$S_H = \kappa wt \sum_{j=1}^{N_H} \varphi_j \Delta P_j, \quad j = \overline{1, N}, \quad (20)$$

где  $\kappa = \frac{\pi D^2}{4}$ ;  $\varphi_j = \frac{Z_j^H}{\eta_j^H}$ ,  $Z_j^H$  – стоимость единицы электроэнергии, j-ой станции,  $\eta_j^H$  –

коэффициент полезного действия j-ой насосной станции,  $\Delta P_j$  – изменение давления на j-ой станции.

Ставится задача: найти такие перепады давления  $\Delta P_j$  на насосных станциях, при которых стоимость затрат на топливо (20) была бы минимальной при соблюдении технологических ограничений:

$$P_{min} \leq P_j(x) \leq P_{max}, \quad x \in [x_{i-1}, x_i], \quad j = 1, 2, \dots, N+1, \quad (21)$$

$$P_j^+ \geq P_j^-, \text{ или } \Delta P_j \geq 0, \quad j = 0, 1, \dots, N. \quad (22)$$

**Решение задачи.** Если трубопровод расположен на пересеченной местности ( $h(x) \neq const$ ), ограничения (21) на концах линейных участков можно представить в виде:

$$\begin{aligned} \max\{P_{min}, P_{min} + \sup f_j(x)\} \leq P_{j-1}^+ \leq \min\{P_{max}, P_{max} + \inf f_j(x)\}, \\ x \in [x_{j-1}, x_j], \end{aligned} \quad (23)$$

$$\begin{aligned} \max\{P_{min}, P_{min} - \inf f_i(x)\} \leq P_i^- \leq \min\{P_{max}, P_{max} - \sup f_j(x)\}, \\ x \in [x_{j-1}, x_j]. \end{aligned}$$

Перепады давлений на станциях согласно (17)-(19) запишутся в виде:

$$\left\{ \begin{aligned} \Delta P_0 &= P_0^+ - P_0^- = P_1^- - P_{bx} + f_1(x_1); \\ \Delta P_1 &= P_1^+ - P_1^- = P_2^- - P_1^- + f_2(x_2); \\ \Delta P_2 &= P_2^+ - P_2^- = P_3^- - P_2^- + f_3(x_3); \\ &\dots \dots \dots \\ \Delta P_j &= P_j^+ - P_j^- = P_{j+1}^- - P_j^- + f_{j+1}(x_{j+1}); \\ &\dots \dots \dots \\ \Delta P_N &= P_N^+ - P_N^- = P_{N+1}^- - P_N^- + f_{N+1}(x_{N+1}). \end{aligned} \right. \quad (24)$$

Подставляя (24) в (20), получим

$$S_H = \kappa wt \left[ \sum_{j=1}^{N_H} (\varphi_{j-1} - \varphi_j) P_j^- + F + \varphi_N \cdot P_{N+1}^- \right], \quad (25)$$

где  $F = \sum_{j=1}^{N+1} \varphi_{j-1} f_j - \varphi_0 P_{ex}$  – известная величина.

Найдем минимум  $S_H$  по  $P_j^-$

$$\min S_H = \kappa wt \left[ \min \sum_{j=1}^N (\varphi_{j-1} - \varphi_j) P_j^- + F + \min \varphi_N \cdot P_{N+1}^- \right]. \quad (26)$$

Заметим, что  $\varphi_j > 0$ ,  $j=0,1,\dots, N$ . Тогда из (26) следует, что достижения минимума  $S_H$  давление на выходе трубопровода должно быть всегда минимально возможным, т.е.

$$P_{N+1}^- = \max\{P_{min}, P_{min} - \sup f_{N+1}(x)\} x \in [x_{j-1}, x_j]. \quad (27)$$

На входе промежуточной  $j$ -ой насосной станции для минимизации стоимости электроэнергии необходимо поддерживать минимально допустимое давление, если

$$\varphi_{j-1} - \varphi_j > 0, \quad (28)$$

и максимально допустимое, если

$$\varphi_{j-1} - \varphi_j < 0. \quad (29)$$

В последнем случае давление на входе  $j$ -ой станции может оказаться больше, чем на ее выходе, т.е. может нарушаться условие (22). Тогда необходимо выключить  $j$ -ую насосную станцию и решать задачу оптимизации повторно.

В самом деле, используя (17), (19), найдем зависимость между  $P_j^-$  и  $P_{j+1}^-$

$$P_j^- = P_{j+1}^- - \Delta P_j + f_{j+1}. \quad (30)$$

С учетом (30) стоимость электроэнергии (25) перепишем в виде:

$$S_H = \kappa wt \left[ \sum_{l=1}^{l=j-1} (\varphi_{l-1} - \varphi_l) P_l^- + (\varphi_{j-1} - \varphi_{j+1}) P_{j+1}^- + (\varphi_j - \varphi_{j-1}) \Delta P_j + \sum_{l=j+2}^{l=N} (\varphi_{l-1} - \varphi_l) P_l^- + F' + \varphi_{N+1} P_{N+1}^- \right],$$

где  $F' = F + \varphi_l \cdot f_j$ .

Так как в силу (29)  $\varphi_j - \varphi_{j-1} > 0$ , то для минимума необходимо положить  $\Delta P_j = \min \Delta P_j = 0$ , т.е. выключить  $j$ -ую насосную станцию.

Теперь минимизация стоимости электроэнергии сводится к исследованию знака выражения  $\varphi_{j-1} - \varphi_{j+1}$  и так далее.

Если стоимость электроэнергии и КПД насосов на всех насосных станциях одинакова, т. е., если

$$\varphi_{j-1} - \varphi_j = 0, \quad j = 1, 2, \dots, N - 1,$$

то для достижения минимума стоимости энергетических затрат (26) давление  $P_i^-$  может принимать любое значение из интервала (23) при соблюдении условия (27).

Замечание. Если на некоторых границах линейных участков  $j$  не работает тепловая или насосная станция, то этих точках имеем условия  $\Delta T_j = 0$  или  $\Delta P_j = 0$ .

**Выводы.** В данной работе поставлена и решена задача минимизации стоимостных затрат на нагрев нефти при транспортировке и стоимости затрат электроэнергии по магистральному нефтепроводу с промежуточными тепловыми и насосными станциями. Получены условия оптимизации стоимости нагрева нефти и минимизации стоимости электроэнергии, исходя из характеристик перекачиваемой жидкости и режимов транспортировки. Результаты работы будут полезны при прогнозах и управлении трубопроводным транспортом нефти в конкретных ситуациях.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Агапкин В.М., Кривошейн Б. Л., Юфин В. А. Тепловой и гидравлический расчет трубопроводов для нефти и нефтепродуктов. – М.: Недра, 1981. – 256 с.
- [2] Жумагулов Б.Е., Смагулов Ш.С., Евсеева А.У., Нестеренкова Л.А. Трубопроводный транспорт высоковязких и высокозастывающих нефтей. - Алматы: НИЦ Гылым, 2002. - 140 с.
- [3] Нестеренкова Л. А. Математическое моделирование неизотермического течения высокопарафинистой нефти в трубопроводе. Высшая школа Казахстана, Информационные технологии. 2013, №2(1), с. 156-159.
- [4] Тугунов П. И. Нестационарные режимы перекачки нефтей и нефтепродуктов. – М.: Недра, 1984. – 263 с.
- [5] Нестеренкова Л.А. Математическое моделирование установившихся течений жидкости по трубопроводам. /Методическое пособие. – Алматы, Казак Университеті, 1998. - 41с.
- [6] Юкин А. Ф. Управление тепловыми режимами транспорта высоковязких и застывающих нефтей и нефтепродуктов. Автореферат дисс. на соискание ученой степени доктора технических наук. Уфа 2004. – 49 с.

Нестеренкова Л.А., Нестеренков П. А.

**Изотермиялық емес мұнай құбырындағы жұмыс құнын төмендету**

**Түйіндеме.** Аралық жылу және сорғыш станциялары бар құбыр арқылы жоғары тұтқырлықты майларды изотермиялық емес тасымалдау кезінде отын мен энергия шығындарын азайту міндеті қойылды және шешілді. Қозғалыс теңдеуі, энергия, шекаралас шарттар мен пайдаланылған отын мен электр қуатының құны бойынша ұсынылған математикалық модельге сәйкес, көрсетілген параметрлерге байланысты мұнай құбыры арқылы оңтайлы мұнай ағынын болжауға мүмкіндік беретін теңсіздік алынады.

**Түйінді сөздер:** құбыр желісі, жоғары тұтқырлықтағы май, температура, отын мен электр энергиясының құнын төмендету.

УДК 51(092)+512.71+512.77

**M. Mustafin**

(Kazakh National University named after Al-Farabi, Almaty, Kazakhstan)

E-mail:medeu@rambler.ru)

**GALIM MUSTAFIN AND HIS CONTRIBUTION TO THE ALGEBRAIC GEOMETRY**

**Abstract.** This article is devoted to Galim Mustafin – outstanding mathematician, specialist on algebraic geometry. Some his classical results are discussed and great world mathematicians say about his contribution to the algebraic geometry.

**Key words:** algebraic geometry.

Outstanding mathematician Galim Mustafin (16.04.1948-12.08.2018) belongs to world-famous school of *Algebraic Geometry* of prof. Juri Manin - famous modern Russian scientist whose pupils had become a great mathematicians. One of them is Galim Mustafin.

**Classical works of Galim Mustafin on algebraic geometry are very actual until today.**

• Constructed by G.A.Mustafin (and A.Kurihara)  $p$ -adic uniformization allowed D.Mumford to find first example of «fake project plane».

• G.Mustafin proved geometrical analogue of Mumford-Tate hypotheses This result was highly estimated by algebraic geometers.

• Famous in algebraic geometry *theorem about “three points”* “was firstly formulated and proved by Galim Mustafin.

• Serious rich in content G.Mustafin’ works always had interested by great mathematicians of world as Fields laureate (1974) **David Mumford**, Fields laureate (1986) **Gerd Faltings**, who referred on G.Mustafin’s articles in their works:

**D.Mumford**, “An algebraic surface with  $K$  ample,  $(K^2)=9$ ,  $p_g=q=0$ ”,

**G.Faltings**, “Toroidal resolutions for some matrix singularities.

• *Important ideas of modern algebraic geometry introduced West mathematicians forever connected with name of Galim Mustafin: Mustafin Varieties, Mustafin degenerations, Mustafin Triangles, Mustafin uniformization, Theorem Mumford-Mustafin-Kurihara.*

• *Classical theorems of Galim Mustafin are included in programs on algebraic geometry at the some Universities of Europe and Japan.*

For the first time in honor of outstanding scientist of Kazakhstan Galim Mustafin International Mathematical Conference «**Tropical Geometry**» had been in Spain (Barcelona, 2013) dedicated to his classical works and important contribution to modern algebraic geometry (below full names of reports are given):

**Mustafin I: Bruhat -Tits Building**

**Mustafin II: Formal Models (and Mustafin Varieties)**

**Mustafin III: Compactification (of the Bruhat -Tits Building)**

**Mustafin IV: Hyperbolic Groups and uniformized varieties**

• Recently with using results of Galim Mustafin had been defended PhD Dissertation (Tübingen, March 2018) *Hahn, Marvin Anas «Combinatorics and degenerations in algebraic geometry: Hurwitz numbers, Mustafin varieties and tropical geometry».*

• *Classical Theorems of Galim Mustafin are included in Programs of special courses of Algebraic Geometry at some European Universities.*

Below opinions of some great modern mathematicians about Galim Mustafin's works are given.

**David Mumford, professor of Harvard University, Fields Medal** (1974), Shaw Prize (2006), Steele Prize (2007), Wolf Prize (2008), Lonquet-Higgins Prize (2005, 2009), National Medal of Science (2010) and others, **USA**.

«Galim Mustafin made *excellent contributions to algebraic geometry* and it is inspiring that such mathematical research is carried on Kazakhstan as it is all over the world».

**Vladimir Drinfeld, professor of Chicago University, Fields Medal** (1990), **Wolf Prize** (2018), **USA**.

«Galim's works are famous in the world. According to American Referred journal recent references have been on Galim's articles (including articles of very respected mathematicians)».

**Sergey Tankeev, leading Russian mathematician, professor of Vladimir State named after A.N. and N.G.Stoletovs, Russia**.

«Galim Mustafin was a very talented mathematician. He had made a lot of for development of modern algebraic geometry».

Hà Huy Khoái, leading mathematician of Vietnam, professor, Director of the Mathematics Institute of **Vietnam Academy of Science and Technology**, Vietnam.

«Galim's work on the resolution of singularities in the non-Archimedean case is *very important* in this research direction. It is the *first construction* similar to Mumford curve for height dimension cases».

**Fumiharu Kato, leading Japanese mathematician, professor, Department of Mathematics, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan**.

«Dr.Galim Mustafin's paper on *p-adic uniformization* has been almost the unique source of the generality on p-adic informization of higher dimensions. So all those who has concerned with *p-adic uniformization* must know his name and his work».

**Akira Kurihara, leading Japanese mathematician, professor, Department of Mathematical and Physical Sciences, Japan Women's University, Tokyo, Japan**.

«About forty years ago, Professor Galim Mustafin and I were on the study toward the same mathematical goal. He reached the goal with his *excellent* and *inspiring* work. I am very happy and proud that we had the same mathematical dream».

Мұстафин М.

**Ғалым Мұстафин және оның алгебралық геометрия салым**

**Түйіндеме.** Осы мақаланың мақсат - көрнекті математик Ғалым Мұстафинның ғылыми жұмыс шолу танысайт. Дүниежүзілік ғылымдар Ғалым Мұстафинның жұмысы пікір берген.

**Негізгі сөздер:** алгебраическая геометрия

Мустафин М.

**Галим Мустафин и его вклад в алгебраическую геометрию**

**Резюме.** Работа посвящена обзору работ Г.А.Мустафина. Даны мнения выдающихся математиков мира о работах Г.А.Мустафина.

**Ключевые слова:** алгебраическая геометрия

УДК 665.63: 51.001.57

<sup>1</sup>**B.B. Orazbayev, <sup>1</sup>T.S. Kenzhebayeva, <sup>1</sup>Zh.Y. Shangitova, <sup>2</sup>K.N. Orazbayeva, <sup>3</sup>L.T. Kurmangaziyeva**

(<sup>1</sup> Eurasian National University named after L.N. Gumilyov, Kazakhstan, Astana,

<sup>2</sup>Kazakh University of Economics, Finance and International Trade, Kazakhstan, Astana,

<sup>3</sup>Atyrau State University. H. Dosmukhamedov, Kazakhstan, Atyrau

E-mail: batyr\_o@mail.ru)

## **MODELS OF SULFUR PRODUCTION BASED ON DIAGRAM OF MUTUAL INFLUENCE OF FACTORS FOR OPTIMIZING OPERATING MODES OF CLAUS REACTOR**

**Abstract.** The formulation of the problem of constructing mathematical models of objects and processes with structural uncertainty is obtained. A method for solving the problem on the basis of a diagram of the mutual influence of factors and expert evaluation methods is proposed, the method is implemented using the example of building a model of the sulfur production process in a Claus reactor. A diagram of the mutual influence of factors of the Claus reactor of the sulfur production unit was constructed, describing the catalyst activity on the basis of which the hybrid model of the



catalytic stage of the sulfur production process was built. The dependence of the time of the catalyst on the activity of the catalyst is detected.

**Key words:** Claus reactor, sulfur production, diagrams of the mutual influence of factors, mathematical models, optimization, expert estimates.

<sup>1</sup>Б.Б. Оразбаев, <sup>1</sup>Ж.Е. Шангитова, <sup>1</sup>Т.С. Кенжебаева, <sup>2</sup>К.Н. Оразбаева, <sup>3</sup>Л.Т. Курмангазиева

(<sup>1</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Казахстан, г.Астана,

<sup>2</sup>Казахский университет экономики, финансов и международной торговли, Казахстан, г.Астана,

<sup>3</sup>Атырауский государственный университет им. Х.Досмухамедова, Казахстан, г.Атырау

E-mail: batyr\_o@mail.ru)

## МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА СЕРЫ НА ОСНОВЕ ДИАГРАММЫ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ РЕАКТОРА КЛАУСА

**Аннотация.** Получена постановка задачи построения математических моделей объектов и процессов со структурной неопределенностью. Предложен метод решения поставленной задачи на основе диаграммы взаимного влияния факторов и методов экспертной оценки, метод реализован на примере построения модели процесса производства серы в реакторе Клауса. Построена диаграмма взаимного влияния факторов реактора Клауса установки производства серы, описывающая активность катализатора, на основе которой построена гибридная модель каталитической стадии процесса получения серы. Установлена зависимость времени работы катализатора от активности катализатора.

**Ключевые слова:** Реактор Клауса, производства серы, диаграммы взаимного влияния факторов, математические модели, оптимизация, экспертные оценки.

**1. Введение.** На практике более эффективным подходом к исследованию и оптимизации процесса производства серы в реакторе Клауса является разработка его математических данного реактора, на основе которых можно оптимизировать процесса получения серы [1 – 3].

Известно серия работ по методам математического моделирования и оптимизации технологических объектов и процессов нефтепереработки и других производств [1, 4–7]. Однако, на практике имеется множество производственных объектов, различные производственные ситуации, задачи моделирования и оптимизации их режимов работы, формализация и решения которых с помощью традиционных математических методов не дает адекватных решений или не может быть получены. Например, к таким объектам и задачам можно отнести химико-технологических систем (ХТС), которые функционируют в условиях неопределенности, связанной со случайностью и с нечеткостью исходной информации. Формализация и решение таких задачи моделирования и оптимизации при различных производственных ситуациях, кроме нечеткости исходной информации, усложняются еще из-за многокритериальности объектов и процессов оптимизации [8–10].

Сложность или невозможность измерения некоторых важных параметров технологических процессов затрудняет применение детерминированных и вероятностных методов, для моделирования и оптимизации режимов их работы. В связи с этим появились новые методы формализации и решения количественно трудноописываемых, т.е. нечетких задач, которые опираются на нечеткую информацию, получаемую от экспертов, лица, принимающего решения (ЛПР), в виде их суждений о функционировании объекта и учитывающую их предпочтения в процессе поиска и выбора оптимальных или компромиссных решений [2, 8 –12].

Целью работы является построения модели процесса производства серы в реакторе Клауса на основе диаграммы взаимного влияния факторов с целью оптимизации режимов работы реактора Клауса, исследование и решение задачи оптимального управления каталитической стадией процесса Клауса.

**2. Методы.** С целью многокритериальной процесса производства серы необходимо разработать математических моделей ректора Клауса, который характеризуется структурной неопределенностью [13]. Для разработки моделей применяем диаграммы взаимного влияния факторов (ДВВФ), с привлечением, лица, принимающего решения (ЛПР), экспертов по предметной области - в области химико-технологического процесса по производству серы.

Пусть  $\{L_q\}$  - множество элементарных физико-химических процессов, из которых состоит процесс Клауса. Эти процессы могут быть описаны аналитическими или регрессионными моделями,

а также с использованием качественной, т.е. нечеткой информации от ЛПР, экспертов на основе методов теории нечетких множеств [8, 9, 11, 12, 14, 15].

Сформулируем основную задачу метода построения математических моделей процессов со структурной неопределенностью с применением ДВВФ и методов экспертных оценок.

На множестве  $\{L_q\}$  характеризуемом факторами  $F$ , построить ДВВФ  $D(F)$  рассматриваемого процесса, полученную объединением диаграмм  $D(F)_i, i = \overline{1, Ex}$  каждого эксперта, и обеспечивающую максимум индекса согласованности мнений экспертов  $\chi$ :

$$\chi = \langle L, F, Ex \rangle \rightarrow \max \quad (1)$$

Таким образом, для построения моделей объектов со структурной неопределенностью, т.е. для решения поставленной задачи необходима формализация представлений ЛПР, специалистов-экспертов о химико-технологическом процессе в виде диаграммы взаимного влияния факторов.

**3. Результаты** - метод разработки модели процесса производства серы с применением диаграммы взаимного влияния факторов на основе экспертной оценки. Для решения поставленной задачи (1), т.е. для разработки математических моделей процессов со структурной неопределенностью, применительно к процессу производства серы на реакторе Клауса, проводим экспертную оценку и формализуем представлений специалистов-экспертов, ЛПР о химико-технологическом процессе получения серы в виде диаграммы взаимного влияния факторов. Для изображения таких диаграмм (ДВВФ) предлагаем использовать  $n$ -уровней:

- один входной (содержащий входные координаты);
- один выходной (содержащий выходные координаты) и
- $n-2$  промежуточных (содержащие внутрисистемные координаты).

Приведем основные этапы *метода разработки модели процесса производства серы с применением ДВВФ на основе экспертной оценки*:

1. Множество элементарных физико-химических процессов, из которых состоит процесс Клауса  $\{L_q\}$ , можно представить в виде  $n$  уровней. Каждый уровень имеет конечное число объектов  $aR_l, l \leq l_{\min}$ , где  $l_{\min}$  – величина численно равная количеству объектов из соответствующего уровня.

2. Количество объектов из соответствующего уровня  $l_{\min}$  определяется исходя из анализа множества  $\{L_q\}$  с использованием коммуникативных и текстологических методов получения экспертных знаний.

3. Определяются координаты векторов  $W_{Ln \rightarrow Ln-1} = [w_{ij}]$  отражают степень уверенности экспертов предметной области, ЛПР в наличии связи между объектом  $n$  и  $n-1$  уровней.

4. Привлекается группа экспертов  $Ex$ , каждый из которых включает в уровни представления  $\{L_q\}$  объекты, отражающие его модель, формализованную с помощью принятой системы обозначений и изображений элементов предметной области. На этом этапе используются унарные экспертные оценки  $\forall i, j \geq 0: w_{ij} = 1$ .

5. Построенные диаграммы экспертов  $D(F)_i, i = \overline{1, Ex}$  обрабатываются с учетом полученных от участвующих в экспертной оценке специалистов-экспертов, ЛПР сведений, которые аккумулируются для получения  $D(F)$ . Объекты каждого из  $n$  уровней диаграмм экспертов, участвующих в построении  $D(F)$  объединяются в соответствии с нижеследующим выражением [13]:

$$\{aR_i\}^m = \bigcup_{i=1, Ex} \{aR_l\}_i^m, m = 1..n \quad (2)$$

6. В результате получаем исходную «обобщенную» модель  $\{L_q\}$ , где  $q$  – количество объектов вновь образованного  $m$  уровня. Координаты векторов  $W_{Ln \rightarrow Ln-1}$  для  $m$  уровня рассчитываются с помощью следующего выражения (3):

$$w_{i'j'}^m = \frac{1}{Ex} \sum_{k=1, Ex} (w_{ij}^k)^m \quad (3)$$

где  $E_x$  – количество, участвующих в оценке экспертов;  $W_{ij}^k$  – оценка  $k$ -го эксперта относительно наличия связи между объектом  $i$  уровня  $m$  и объектом  $j$  уровня  $m+1$ .

7. Для разрешения возникшего типа неопределенности введем итеративную процедуру порогового включения связей. Для этого введем пороги включения объекта в соответствующий уровень  $\theta_{i,j}^m \in [0;1]$ .

8. Если  $w_{i,j}^m \leq \theta_{i,j}^m$ , то связь  $i$ - $j$  разрывается. Подобным образом рассчитываются все веса связей между объектами всех уровней.

9. Если по окончании процедуры порогового включения останутся «пустые» объекты, то такие вершины с ДВВФ убираются, а полученная графическая модель  $\{L_q\}$  принимается в качестве исходной «истинной».

10. Для расчета индекса согласованности мнений экспертов при составлении диаграмм взаимного влияния факторов химико-технологического процесса используем выражение следующего вида:

$$\chi = \sum_{i=1}^{n-1} \chi_i / n, \chi_i = \sum_{j=1}^{\beta} w_{i,j} / \beta \quad (4)$$

где  $\chi_i$  – индекс согласованности мнений экспертов полученный для весов связей уровней  $i$  и  $i+1$ ;  $\beta$  – число связей для весов уровней ДВВФ.

На основании предложенного метода построены диаграммы взаимного влияния факторов всего процесса. На рисунке 1 приведена диаграмма для реактора Клауса, описывающая активность катализатора (AC).

На рисунке приняты следующие обозначения  $T_G, P_G, F_{Gex}$  – температура, давление и расход кислого газа соответственно;  $TR$  – температурный режим в термическом реакторе;  $C_{H_2O}$  – содержание воды в атмосферном воздухе;  $df$  – степень конверсии каталитической стадии;  $D-1$  – выход диаграммы предыдущего аппарата.

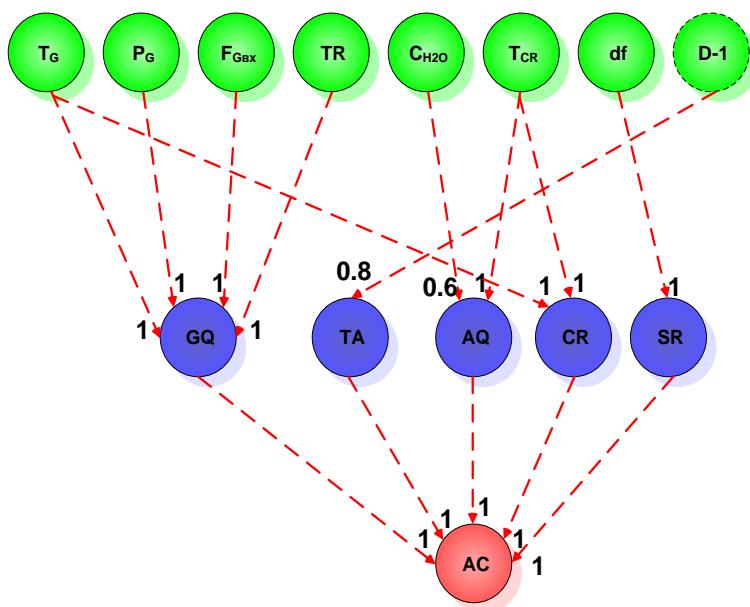
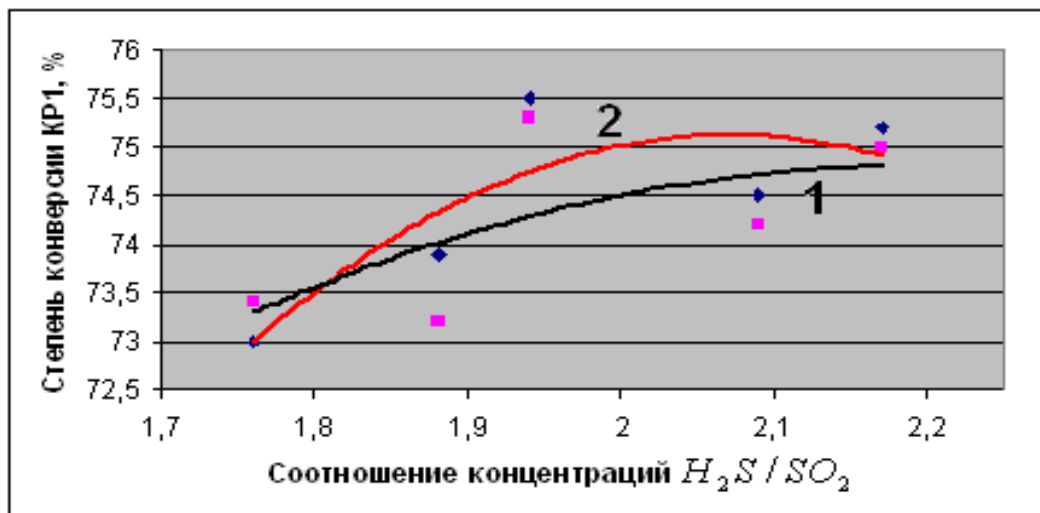


Рис.1. Диаграмма реактора Клауса установки производства серы, описывающая активность катализатора

На основании полученных ДВВФ аппаратов построена гибридная модель каталитической стадии процесса Клауса. Для описания связей, изображенных на диаграмме сплошной линией заданных

аналитически использованы известные математические модели технологических агрегатов, состоящие из уравнений теплового и материального балансов [16].

Параметрическая идентификация гибридной модели, построенной на основе информации различного характера (детерминированной, статистической, экспертной, нечеткой), проведена на основе модифицированного рекуррентного метода наименьших квадратов с применением системы MatLab, ее адекватность проверена с применением критерия Фишера. Максимальная относительная ошибка расчетов выполняемых по этой модели не превышает величины 10 % (рисунок 2).



1 - экспериментальная; 2 - рассчитанная по аналитической модели.

**Рис.2.** Зависимость степени конверсии реактора от соотношения концентраций  $H_2S/SO_2$  при 100% нагрузке по кислому газу

Для прогноза срока службы катализатора использована известная аналитическая модель [17]. В качестве параметра, характеризующего активность катализатора, принята площадь активной поверхность  $S_\tau$ . Предельное значение  $S_\tau$ , при котором дальнейшее ведение процесса нецелесообразно, зависит от типа используемого катализатора и особенностей технологического оборудования. Для упрощения расчетов примем  $S_\tau = \rho_{min} S_0$ , где коэффициент  $\rho_{min}$  задается в качестве параметра модели. Тогда прогноз времени работы на данном режиме установки можно выразить следующим образом:

$$T = -\ln(\rho_{min})/Z \quad (5)$$

где  $Z$  – активность катализатора.

Величина активности катализатора  $Z$  можно определить с использованием модели, которая описывает нечеткую информацию о процессе [16, 17]. Полученное значение  $Z$  используется в выражении (5) для расчета ограничения на срок службы катализатора, которое накладывается на оптимизируемый функционал.

**4. Обсуждение.** Предложенный подход позволяет разработать математических моделей технологических объектов со структурной неопределенностью на основе ДВВФ.

Величина индекса согласованности мнений экспертов в предложенном методе разработки модели процесса производства серы с применением диаграмм взаимного влияния факторов на основе экспертной оценки, находится в интервале  $0 < \chi \leq 1$ , причем значение индекса согласованности  $\chi = 1$  соответствует случаю, когда эксперты для построения ДВВФ указали наличие связей между одинаковым набором факторов для каждого из уровней.

Согласованность мнений экспертов и значение индекса согласованности  $\chi$  напрямую зависит от выбранных значений величин порогов включения связей. При уменьшении значений порогов включения увеличивается количество связей, включаемых в ДВВФ, и соответственно число параметров входящих в модель и вычислительная сложность самой математической модели,

обуславливающая ее применимость для управления быстротекущим процессом. Выбор значений порогов включения  $\theta_{i,j}^m$  зависит от требуемой полноты модели и необходимой точности расчетов.

По построенной графической зависимости степени конверсии реактора от соотношения концентраций  $H_2S/SO_2$  при 100% нагрузке по кислому газу (рисунок 2) можно оценить, что максимальная относительная ошибка расчетов, выполняемых по построенной гибридной модели каталитической стадии процесса Клауса, не превышает допустимой величины 10 %. На диаграммах реактора Клауса установки производства серы, описывающая активность катализатора (рисунок 1) при стрелках, которые показывают уровни связи между объектами, указаны числовые значения индекса согласованности мнений экспертов  $\chi$ :

Для определения времени работы на режиме предельного значения площади активной поверхности  $S_r$  необходимо будет определить активность катализатора на основе экспертной оценки и нечеткой модели.

**5. Заключение.** В работе проведены исследования к решению проблем разработки математических моделей технологических объектов со структурной неопределенностью. Предложенный метод разработки моделей таких объектов, реализован для построения модели процесса производства серы в реакторе Клауса с применением диаграммы взаимного влияния факторов на основе экспертной оценки исследований. Сформулирована основная задача построения математических моделей процессов со структурной неопределенностью с применением ДВВФ и методов экспертных оценок, приведено описание основных этапов ее решения.

Построена диаграмма реактора Клауса установки производства серы, описывающая активность катализатора. С применением построенных ДВВФ реактора Клауса установки производства серы, описывающая активность катализатора построена, гибридная модель каталитической стадии процесса получения серы. Установлена зависимость времени работы катализатора от активности катализатора.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Sharikov Yu.V., Petrov P.A. Universal model for catalytic reforming// Chemical and Petroleum Engineering.- 2013.- Vol. 43.- No 9.- P. 580-597.
- [2] Orazbayev B.B., Kenzhebaeva T.S., Orazbayeva K.N., Abitova G.A. Systematic approach to the mathematical models development and chemical technological systems simulation under conditions of uncertainty // Engineering Studies- Issue 3 (2)- Vol. 9.- Taylor & Francis - 2017. – P. 400-425.
- [3] Щербатов И.А. Оптимальное управление каталитической стадией процесса Клауса//Автореф. дисс. на соискании е ученой степени канд. наук. –Астрахань: 2006 - 18 с.
- [4] A.S. Mohamed, S.M. Sapuan, M.M.H. Megat Ahmad, A.M.S. Hamouda, B.T. Hang Tuah Bin Baharudin. Modeling the technology transfer process in the petroleum industry: Evidence from Libya // Mathematical and Computer Modelling.- 2012.- Vol. No 6.- P. 451-470.
- [5] Seif Mohaddecy S.R., Zahedi S., Sadighi S., Bonyad H. Reactor modeling and simulation of catalytic reforming process // Petroleum & Coal - 2006.- №48(3).- P. 28-35.
- [6] Yu.V. Sharikov and P.A. Petrov Universal model for catalytic reforming // Chemical and Petroleum Engineering.- 2007.- Vol. 43- No 9-10.- P.580-584.
- [7] Kodwo Annan Mathematical modeling of the dynamic exchange of solutes during bicarbonate dialysis. // Mathematical and Computer Modelling. -2012- Vol. 55.- No 5. - P. 1691-1704.
- [8] Rykov A.S. Application of Fuzzy Sets Theory for Dialogue Modeling of Petroleum Coking Process. - Warsaw, Poland, 2014. -156 p.
- [9] Оразбаев Б.Б., Курмангазиева Л.Т. Разработка математических моделей и оптимизация химико-технологических систем при нечеткости исходной информации. – Москва: Российская Академия Естествознания, 2014. –163 с.
- [10] Mishura Y., Zubchenko V. Heuristic methods for solving multicriterial problem problems in a non-environment environment.// Mathematical and Computer Modelling.- 2017.- Vol. 65- No 11. - P. 143-152.
- [11] Štampar, S. Sokolič, G. Karer, A. Žnidaršič, I. Škrjanc. Theoretical and fuzzy modelling of a pharmaceutical batch reactor // Mathematical and Computer Modelling. - 2011. -Vol. 53- No 8. - P. 637–645.
- [12] Алиев Р.А., Церковный А.Э., Мамедова Г.А. Управление производством при нечеткой исходной информации. - Moscow: Энергоатомиздат, 1991. - 250 с.
- [13] Щербатов И.А., Проталинский О.М., Савельев А.Н. Оптимальное управление технологическим процессом Клауса в условиях неопределенности // Известия вузов. Северокавказский регион. Техн. науки. Спец. вып. «Математическое моделирование и компьютерные технологии».- 2006.- С. 19–25.

[14] Мешалкин В.П. Экспертные системы в химической технологии. -М.: Химия, 1995. -350 с.

[15] Dubois D. The role of fuzzy sets indecision sciences: Old techniques and new directions // Fuzzy Sets and Systems.- 2011. -Vol. 184.- P. 3–17.

[16] Оразбаев Б.Б., Утенова Б.Е. Моделирование и оптимальное управление режимами работы установки производства серы. Астана: ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, 2012. 152 с.

[17] Щербатов И.А., Проталинский О.М. Оценка активности катализатора процесса Клауса с использованием интеллектуальной модели // Труды Международных научно-технических конференций «Интеллектуальные системы» (AIS'05) и «Интеллектуальные САПР» (CAD-2005).- Научное издание в 3-х томах.- М.: Физматлит – 2005.- Т.2.- С 371-374.

Оразбаев Б.Б., Кенжебаева Т.С., Шангитова Ж.Е., Оразбаева К.Н., Курмангазиева Л.Т.

**Клаус реакторы жұмыс режимдерін оптимизациялауда қолданылатын күкірт өндіру процесіннің факторлар өз-ара әсерлері диаграммалары негізіндегі модельдері**

**Түйіндеме.** Құрылымдық анықсыздықпен сипатталатын нысандар мен процесстердің математикалық модельдерін құру есептерінің қойылымы алынған. Факторлардың өз-ара әсер ету диаграммасы мен эксперттік бағалау тәсілдері негізінде қойылған есепті шешу тәсілі ұсынылған. Ұсынылған тәсіл Клаус реакторында күкірт өндіру процесінің моделін құру мысалында жүзеге асырылған. Күкірт өндіру қондырғысы Клаус реакторы катализаторы белсендігін сипаттайтын факторлардың өз-ара әсерлері диаграммасы құрылған. Құрылған диаграмма негізінде күкірт алу процесінің каталитикалық кезеңінің гибриді моделі құрылған. Катализатордың жұмыс жасау уақытының катализатор белсенділігіне тәуелділігінің өрнегі анықталған.

**Кілттік сөздер:** Клаус реакторы, күкірт өндіру, факторлардың өз-ара әсерлері диаграммалары, математикалық модель, оптимизациялау, эксперттік бағалау.

УДК 530.1

**А.Т. Ibrayev**

(Kazakhstan Academy of Information and Business, Almaty, Kazakhstan, E-mail: pok\_rk@mail.ru)

### **DESIGNING AND USING OF COMPOSITE VECTORS TO STUDY ELECTROMAGNETIC FIELDS**

**Abstract.** The issues related to the designing of composite vectors and their use to study complex physical processes is considered. The possibilities of a new theoretical understanding and confirmation of the regularity of some unexpected results of experimental research in the field of the theory of electromagnetic fields are provided.

**Keywords:** vector, algebra, electromagnetic field, particle, method, process, experiment.

**А.Т. Ибраев**

(Казахстанская академия информации и бизнеса, Алматы, Казахстан, E-mail: pok\_rk@mail.ru)

### **СОСТАВЛЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОЗИТНЫХ ВЕКТОРОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ**

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы, связанные с составлением композитных векторов и использованием их для исследования сложных физических процессов. Показаны возможности нового теоретического осмысления и подтверждения закономерности некоторых неожиданных результатов экспериментальных исследований в области теории электромагнитных полей.

**Ключевые слова:** вектор, алгебра, электромагнитное поле, частица, метод, процесс, эксперимент.

В теоретической физике, как и в других направлениях фундаментальных наук, продолжается доработка или переосмысление традиционных в настоящее время теорий и активный поиск новых математических методов и теоретических подходов для преодоления принципиальных трудностей, имеющих при исследовании сложных, различных по природе, физических процессов и явлений. Как известно, к числу важнейших направлений теоретической физики относятся теории полей, электромагнетизма [1-3] и т.д. Имеется ряд работ, в которых указывается недостаточность существующих теорий для объяснения результатов, полученных по итогам проведения целенаправленных научных экспериментов. О несовпадении теоретических и экспериментальных

результатов в области электродинамики подробно излагается в работе [4]. Можно привести немало примеров, когда попытки совершенствования методов исследования нередко решались путем частичной или кардинальной доработки известных разделов математики. Например, использование векторной алгебры оказалось недостаточным для обеспечения универсальности специальной теории относительности и ряда других базовых теорий в теоретической физике. Поэтому, были разработаны алгебра Клиффорда и тензорный анализ, не прекращается интерес и к другим разделам математики.

В настоящей работе постараемся глубже осмыслить полноту и адекватность математических моделей и теорий, построенных на основе традиционной векторной алгебры при решении теоретических задач, относящихся к разделу электрических и магнитных полей.

В традиционной векторной алгебре, в декартовой системе координат  $x, y, z$ , вектор в канонической форме, как известно, имеет вид

$$\vec{R} = x\vec{e}_x + y\vec{e}_y + z\vec{e}_z, \quad (1)$$

где  $\vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z$  - единичные векторы направлений, указанных в индексах.

Для более детального анализа движения заряженных частиц в электрических и магнитных полях автором предлагается построение композитных (составных) векторов с введением избыточностей, которые позволяют комплексно учитывать кинетические параметры линейных и вращательных перемещений при действии взаимно ортогональных потенциальных полей.

Суммарный композитный вектор назовем кинетическим  $\vec{R}_{kin}$  и зададим его состав в следующем виде

$$\vec{R}_{kin} = \vec{R}_\rho + \vec{R}_\tau = \vec{R}_\square + \vec{R}_\perp. \quad (2)$$

Здесь  $\vec{R}_\square = \vec{R}_\rho$  - композитный вектор в базовой системе координат,  $\vec{R}_\perp = \vec{R}_\tau = \vec{R}_\rho^\perp$  - композитный вектор во вспомогательной, ортогональной относительно базовой, системе координат. Для одного и того же вектора выполняется условие  $\vec{R}_\square \vec{R}_\perp = 0$ .

Для детализации (2) вектор  $\vec{R}_\square = \vec{R}_\rho$ , в отличие от канонической формы (1), разложим линейно по планарным составляющим в следующем виде

$$\vec{R}_\square = \vec{R}_\rho = \frac{\partial \vec{R}_\rho}{\partial \vec{R}_{xy}} \vec{R}_{xy} + \frac{\partial \vec{R}_\rho}{\partial \vec{R}_{yz}} \vec{R}_{yz} + \frac{\partial \vec{R}_\rho}{\partial \vec{R}_{zx}} \vec{R}_{zx}, \quad (3)$$

где  $\vec{R}_{xy}, \vec{R}_{yz}, \vec{R}_{zx}$  - планарные составляющие,

$$\delta_{xy} = \frac{\partial \vec{R}_\rho}{\partial \vec{R}_{xy}}, \quad \delta_{yz} = \frac{\partial \vec{R}_\rho}{\partial \vec{R}_{yz}}, \quad \delta_{zx} = \frac{\partial \vec{R}_\rho}{\partial \vec{R}_{zx}}, \quad \delta_{xy}^2 = \delta_{yz}^2 = \delta_{zx}^2 = 1. \quad (4)$$

С учетом (4), уравнение (3) принимает вид

$$\vec{R}_\square = \vec{R}_{xy} \delta_{xy} + \vec{R}_{yz} \delta_{yz} + \vec{R}_{zx} \delta_{zx}. \quad (5)$$

При отображении планарных векторов через линейные координаты учтем, что вращательные перемещения в плоскостях, наряду с линейными перемещениями, имеют направления, следовательно, их учет должен быть связан с понятием вектора. Так, в плоскости  $xu$  угловая координата  $\vec{\varphi}_{xy}$  должна иметь вид

$$\vec{\varphi}_{xy} = |\varphi_{xy}| \vec{e}_\varphi, \quad (6)$$

где  $\vec{e}_\varphi = \vec{e}_{xy}$  - единичный вектор.

Планарные векторы в (5) могут быть выражены через тригонометрические функции, которые с учетом (6), четности и нечетности этих функций, выражаются через скалярные значения этих углов следующим образом

$$\cos \vec{\varphi}_{xy} = \cos \varphi_{xy}, \quad (7)$$

$$\sin \vec{\varphi}_{xy} = \sigma_{mn} \vec{e}_\varphi \sin \varphi_{xy}. \quad (8)$$

В последнем уравнении знаковый коэффициент  $\sigma_{mn}$  используется при умножении, обеспечивает отсчет угла в модульном направлении, исключая двойственность угловой координаты, и определяется по формуле

$$\sigma_{mn} = \frac{\varphi_{mn}}{|\varphi_{mn}|} = \frac{\sin \varphi_{mn}}{|\sin \varphi_{mn}|} = \text{sign}(\sin \varphi_{mn}) = \text{sign}(x_m y_n - x_n y_m), \quad (9)$$

где индексы обозначают порядковые номера сомножителей.

С учетом (6) – (9) для каждой плоскости уравнение (5) и уравнение для вспомогательного ортогонального композитного вектора могут быть представлены в виде

$$\vec{R}_{\square} = (x\vec{e}_x + y\tilde{e}_{xy}^{mn}\vec{e}_y)\delta_{xy} + (y\vec{e}_y + z\tilde{e}_{yz}^{mn}\vec{e}_z)\delta_{yz} + (z\vec{e}_z + x\tilde{e}_{zx}^{mn}\vec{e}_x)\delta_{zx}, \quad (10)$$

$$\vec{R}_{\perp} = (-y\tilde{e}_{xy}^{mn}\vec{e}_x + x\vec{e}_y)\delta_{xy} + (-z\tilde{e}_{yz}^{mn}\vec{e}_y + y\vec{e}_z)\delta_{yz} + (-x\tilde{e}_{zx}^{mn}\vec{e}_z + z\vec{e}_x)\delta_{zx}. \quad (11)$$

В уравнениях (10) и (11)

$$\tilde{e}_{xy}^{mn} = \sigma_{xy}^{mn}\vec{e}_{xy}, \quad \tilde{e}_{yz}^{mn} = \sigma_{yz}^{mn}\vec{e}_{yz}, \quad \tilde{e}_{zx}^{mn} = \sigma_{zx}^{mn}\vec{e}_{zx}. \quad (12)$$

Отметим, что  $\vec{e}_{xy}$ ,  $\vec{e}_{yz}$ ,  $\vec{e}_{zx}$  - единичные псевдовекторы,  $\tilde{e}_{xy}^{mn}$ ,  $\tilde{e}_{yz}^{mn}$ ,  $\tilde{e}_{zx}^{mn}$  - единичные псевдоскаляры.

Композитный вектор в базовой системе координат имеет в своем составе два следующих вектора

$$\vec{R}_{\square} = \vec{R}_b + \vec{R}_{pb}, \quad (13)$$

где  $\vec{R}_b$  - базисный вектор,  $\vec{R}_{pb}$  - псевдо-базисный (ортогонально-сопряженный базисный) вектор.

Векторы  $\vec{R}_b$  и  $\vec{R}_{pb}$ , в соответствии с (10) и (13), имеют вид

$$\vec{R}_b = x\delta_{zx}\vec{e}_x + y\delta_{xy}\vec{e}_y + z\delta_{yz}\vec{e}_z, \quad (14)$$

$$\vec{R}_{pb} = x\tilde{e}_{zx}^{mn}\delta_{zx}\vec{e}_x + y\tilde{e}_{xy}^{mn}\delta_{xy}\vec{e}_y + z\tilde{e}_{yz}^{mn}\delta_{yz}\vec{e}_z. \quad (15)$$

Рассмотрим в предложенной системе композитных векторов формы градиента, который в канонической форме выражается уравнением

$$\nabla = \frac{\partial}{\partial x}\vec{e}_x + \frac{\partial}{\partial y}\vec{e}_y + \frac{\partial}{\partial z}\vec{e}_z. \quad (16)$$

Ввиду выделения отдельных составляющих композитного вектора в уравнениях (10) – (13), суммарный кинетический градиент  $\nabla_{kin}$  представим в виде суммы

$$\nabla_{kin} = \nabla_{\square} + \nabla_{\perp} = \nabla_b + \nabla_{pb} + \nabla_{\perp}. \quad (17)$$

Здесь  $\nabla_b$  - базисный и  $\nabla_{pb}$  - псевдо-базисный градиент,  $\nabla_{\perp}$  - градиент ортогонального поля. Учитывая (11), (14) – (17) имеем

$$\nabla_b = \frac{\partial}{\partial x}\delta_{xy}\vec{e}_x + \frac{\partial}{\partial y}\delta_{yz}\vec{e}_y + \frac{\partial}{\partial z}\delta_{zx}\vec{e}_z, \quad (18)$$

$$\nabla_{pb} = \frac{\partial}{\partial x}\tilde{e}_{zx}^{mn}\delta_{zx}\vec{e}_x + \frac{\partial}{\partial y}\tilde{e}_{xy}^{mn}\delta_{xy}\vec{e}_y + \frac{\partial}{\partial z}\tilde{e}_{yz}^{mn}\delta_{yz}\vec{e}_z, \quad (19)$$

$$\nabla_{\perp} = \left(-\frac{\partial}{\partial y}\tilde{e}_{xy}^{mn}\vec{e}_x + \frac{\partial}{\partial x}\vec{e}_y\right)\delta_{xy} + \left(-\frac{\partial}{\partial z}\tilde{e}_{yz}^{mn}\vec{e}_y + \frac{\partial}{\partial y}\vec{e}_z\right)\delta_{yz} + \left(-\frac{\partial}{\partial x}\tilde{e}_{zx}^{mn}\vec{e}_z + \frac{\partial}{\partial z}\vec{e}_x\right)\delta_{zx}. \quad (20)$$

Общий потенциал рассматриваемого поля представим в виде суперпозиции потенциалов функций от составляющих кинетического вектора (2)



$$U(\vec{R}_{kin}) = U_{\square}(\vec{R}_b) + U_{\perp}(\vec{R}_{pb}). \quad (21)$$

Теперь определим к каким потенциалам в (21) можно отнести потенциалы электрического и магнитного поля. Ввиду линейности вектора  $\vec{R}_b$  и наличия в векторах  $\vec{R}_{pb}$  и  $\vec{R}_{\perp}$  ортогональности и признаков вращательного движения примем

$$U_{\square}(\vec{R}_b) = U_E(\vec{R}_{pb}), \quad U_{\square}(\vec{R}_{pb}) + U_{\perp}(\vec{R}_{pb}) = U_M^{pb}(\vec{R}_{pb}) + U_M^{\perp}(\vec{R}_{\perp}),$$

где индексом  $E$  обозначается электрический потенциал, а индексом  $M$  обозначается магнитный потенциал. Тогда, вместо (21) дальше имеем

$$U(\vec{R}_{kin}) = U_E(\vec{R}_b) + U_M^{pb}(\vec{R}_{pb}) + U_M^{\perp}(\vec{R}_{\perp}). \quad (22)$$

Используя (18) – (20) и (22) получим

$$\nabla_b U_E = \frac{\partial U_E}{\partial x} \delta_{xy} \vec{e}_x + \frac{\partial U_E}{\partial y} \delta_{yz} \vec{e}_y + \frac{\partial U_E}{\partial z} \delta_{zx} \vec{e}_z, \quad (23)$$

$$\nabla_{pb} U_M^{pb} = \frac{\partial U_M^{pb}}{\partial x} \tilde{e}_{zx} \delta_{zx} \vec{e}_x + \frac{\partial U_M^{pb}}{\partial y} \tilde{e}_{xy} \delta_{xy} \vec{e}_y + \frac{\partial U_M^{pb}}{\partial z} \tilde{e}_{yz} \delta_{yz} \vec{e}_z, \quad (24)$$

$$\begin{aligned} \nabla_{\perp} U_M^{\perp} = & \left( -\frac{\partial U_M^{\perp}}{\partial y} \tilde{e}_{xy} \vec{e}_x + \frac{\partial U_M^{\perp}}{\partial x} \vec{e}_y \right) \delta_{xy} + \left( -\frac{\partial U_M^{\perp}}{\partial z} \tilde{e}_{yz} \vec{e}_y + \frac{\partial U_M^{\perp}}{\partial y} \vec{e}_z \right) \delta_{yz} + \\ & + \left( -\frac{\partial U_M^{\perp}}{\partial x} \tilde{e}_{zx} \vec{e}_z + \frac{\partial U_M^{\perp}}{\partial z} \vec{e}_x \right) \delta_{zx}. \end{aligned} \quad (25)$$

Если в формулах для градиентов (24) и (25) вместо  $U_M^{pb}$  или  $U_M^{\perp}$  подставить

$$\vec{A} = A_x \vec{e}_x + A_y \vec{e}_y + A_z \vec{e}_z, \quad (26)$$

получим

$$\nabla_{pb} \vec{A} = \text{div}_{pb} \vec{A} = \frac{\partial A_x}{\partial x} \tilde{e}_{zx} \delta_{zx} + \frac{\partial A_y}{\partial y} \tilde{e}_{xy} \delta_{xy} + \frac{\partial A_z}{\partial z} \tilde{e}_{yz} \delta_{yz}, \quad (27)$$

$$\nabla_{\perp} \vec{A} = \text{rot} \vec{A} = \left( -\frac{\partial A_x}{\partial y} \tilde{e}_{xy} + \frac{\partial A_y}{\partial x} \right) \delta_{xy} + \left( -\frac{\partial A_y}{\partial z} \tilde{e}_{yz} + \frac{\partial A_z}{\partial y} \right) \delta_{yz} + \left( -\frac{\partial A_z}{\partial x} \tilde{e}_{zx} + \frac{\partial A_x}{\partial z} \right) \delta_{zx}. \quad (28)$$

Отметим, приведенные в (23) – (28) дифференциальные операторы отличаются от их одноименных операторов в традиционной векторной алгебре. Кроме того, эти операторы отличаются не только по форме, они обладают отличиями и по содержанию описания физических процессов.

Проведем краткий анализ использования уравнений (23) – (28) при исследовании параметров движения заряженных частиц в электрических и магнитных полях. Начнем с закона сохранения энергии, который в общем виде описывается уравнением

$$\frac{d}{dt} (W_{kin} - W_{pot}) = 0, \quad (29)$$

где  $t$  - время,  $W_{kin}$  - кинетическая энергия,  $W_{pot}$  - потенциальная энергия.

Из (29) следует

$$W_{kin} = W_{pot} + W_0. \quad (30)$$

Здесь  $W_0 = const$  - начальная энергия движущейся частицы.

Кинетическая энергия удовлетворяет уравнению

$$\frac{dW_{kin}}{dt} = \vec{V}_{kin} \frac{d(m\vec{V}_{kin})}{dt}, \quad (31)$$

где  $m$  - масса,  $V_{kin} = \frac{d\vec{R}_{kin}}{dt}$  - полная скорость заряженной частицы.

С учетом (2) полная скорость частицы может быть представлена в виде

$$\vec{V}_{kin} = \vec{V}_{\square} + \vec{V}_{\perp}. \quad (32)$$

В уравнении (32)

$$V_{\square} = \frac{d\vec{R}_{\square}}{dt}, \quad V_{\perp} = \frac{d\vec{R}_{\perp}}{dt}. \quad (33)$$

Из (32) следует

$$V_{kin}^2 = V_{\square}^2 + V_{\perp}^2. \quad (34)$$

Уравнения (31) и (34) означают, что полная кинетическая энергия определяется в виде суммы кинетических энергий движения заряженной частицы в базовом и ортогональном направлениях, которое осуществляется под воздействием одновременно приложенных электрического и магнитного полей.

Уравнение движения заряженной частицы с зарядом  $q$  рассмотрим в зависимости только от скалярных потенциалов и запишем в виде

$$m \frac{d\vec{V}_{kin}}{dt} = q \nabla U(\vec{R}_{kin}). \quad (35)$$

С учетом (22) – (25) из уравнения (35) получим

$$m \frac{d\vec{V}_{kin}}{dt} = q (\nabla_b U_E + \nabla_{pb} U_M^{pb} + \nabla_{\perp} U_M^{\perp}). \quad (36)$$

Умножив обе части уравнения (36) на  $\vec{V}_{kin}$  получим (30). Это подтверждает, что потенциальная энергия магнитного поля не только меняет направление движения заряженной частицы, но и вносит вклад в суммарную кинетическую энергию частицы.

Ввиду того, что параметры движения заряженной частицы определяются в базовой системе координат, умножим обе части уравнения (36) на  $\vec{V}_{\square}$ . В этом случае левая часть (36) принимает вид

$$m \vec{V}_{\square} \frac{d\vec{V}_{kin}}{dt} = m \vec{V}_{\square} \left( \frac{d\vec{V}_{\square}}{dt} + \frac{d\vec{V}_{\perp}}{dt} \right) = m \frac{d}{dt} \left( \frac{V_b^2 + V_{pb}^2}{2} \right) + m \vec{V}_{\square} \frac{d\vec{V}_{\perp}}{dt}, \quad (37)$$

а правая часть определяется в виде

$$q \vec{V}_{\square} (\nabla_b U_E + \nabla_{pb} U_M^{pb} + \nabla_{\perp} U_M^{\perp}) = q \left( \frac{dU_E}{dt} + \frac{dU_M^{pb}}{dt} \right) + q \vec{V}_{\square} \nabla_{\perp} U_M^{\perp}, \quad (38)$$

где

$$\begin{aligned} q \vec{V}_{\square} \nabla_{\perp} U_M^{\perp} = & q \left( -\frac{\partial U_M^{\perp}}{\partial y} V_x + \frac{\partial U_M^{\perp}}{\partial x} V_y \right) \tilde{e}_{xy}^{mn} + q \left( -\frac{\partial U_M^{\perp}}{\partial z} V_y + \frac{\partial U_M^{\perp}}{\partial y} V_z \right) \tilde{e}_{yz}^{mn} + \\ & + q \left( -\frac{\partial U_M^{\perp}}{\partial x} V_z + \frac{\partial U_M^{\perp}}{\partial z} V_x \right) \tilde{e}_{zx}^{mn}. \end{aligned} \quad (39)$$

Из (37) – (39) имеем

$$m \frac{V_b^2 + V_{pb}^2}{2} = q (U_E + U_M^{pb}), \quad (40)$$

$$m\vec{V}_{\square} \frac{d\vec{V}_{\perp}}{dt} = q \left( -\frac{\partial U_M^{\perp}}{\partial y} V_x + \frac{\partial U_M^{\perp}}{\partial x} V_y \right) \tilde{e}_{xy}^{mn} + q \left( -\frac{\partial U_M^{\perp}}{\partial z} V_y + \frac{\partial U_M^{\perp}}{\partial y} V_z \right) \tilde{e}_{yz}^{mn} + q \left( -\frac{\partial U_M^{\perp}}{\partial x} V_z + \frac{\partial U_M^{\perp}}{\partial z} V_x \right) \tilde{e}_{zx}^{mn}. \quad (41)$$

Обозначив

$$\frac{\partial U_M^{\perp}}{\partial x} = H_x, \quad \frac{\partial U_M^{\perp}}{\partial y} = H_y, \quad \frac{\partial U_M^{\perp}}{\partial z} = H_z, \quad (42)$$

перепишем (41) в виде

$$m\vec{V}_{\square} \frac{d\vec{V}_{\perp}}{dt} = q \left[ (V_y H_x - V_x H_y) \tilde{e}_{xy}^{mn} + (V_z H_y - V_y H_z) \tilde{e}_{yz}^{mn} + (V_x H_z - V_z H_x) \tilde{e}_{zx}^{mn} \right]. \quad (43)$$

Выражение в правой части (43) полностью соответствует величине, которую в классической в настоящее время теории электромагнетизма называют силой Лоренца для магнитных полей. Выражение в левой части этого уравнения, характеризующая вращательную кинетическую энергию, в традиционной теории поля утеряно. Несложно видеть потери в существующей теории и половины уравнения (40). Таким образом, из уравнений (40) – (43) можно сделать вывод, что в традиционной в настоящее время теории поля в базовых уравнениях выпали очень важные компоненты, свидетельствующие: 1) о наличии базисной (линейной) составляющей магнитного поля; 2) о наличии вклада магнитного поля в суммарную кинетическую энергию заряженной частицы, движущейся в комбинированном (электрическом и магнитном) поле. Отметим, эти выводы не являются совершенно неожиданными, и раньше, на основе анализа теорий и результатов научных экспериментов, выполненных в специальных лабораториях, в работах ряда авторов (см., например, [4,5]) уже высказывались сомнения о полноте существующей теории электромагнитных полей.

Обратим внимание, используя выше при выводе всех основных соотношений композитные векторы, нигде в работе не использовалось понятие векторного произведения. Это является особенностью, предложенной автором настоящей статьи, алгебры композитных векторов. Более подробное изложение особенностей алгебры композитных векторов и ряда полученных результатов по теоретической физике, в том числе и по рассмотренной теме, в связи с ограниченностью данной статьи по объему, автор перенес на другие публикации.

Подводя итоги отметим: 1) проведенные исследования с использованием композитных векторов показали, что в традиционной в настоящее время теории электромагнитного поля имеются принципиальные недостатки, которые указаны выше; 2) применение алгебры композитных векторов позволит решить ряд важнейших научных задач, как в области теоретической физики, так и в других направлениях фундаментальных и прикладных наук.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: Учебное пособие. Т.2. Теория поля. - М., Наука, 1988. – 512 с.
- [2] Джексон Дж. Классическая электродинамика. – М.: Мир, 1965. – 703 с.
- [3] Ампер А.М. Электродинамика. - М., АН СССР, 1954. – 492 с.
- [4] Николаев Г.В. Электродинамика физического вакуума. Новые концепции физического мира. Новосибирск, Изд-во НТЛ, 2004. – 700 с.
- [5] Петров А.М. Кватернионные тайны космоса. - М., 2007. - 62 с.

Ибраев А.Т.

**Композитті векторларды құрастыру және электромагниттік өрістерді зерттеу үшін пайдалану.**

**Түйіндеме.** Композитті векторларды құрастыру және оларды күрделі физикалық процестерді зерттеуге пайдалануға болатынына қатысты мәселелер қарастырылады. Электромагниттік өрістер теориясы саласындағы эксперименталды зерттеулердің күтпеген нәтижелерінің жаңа теориялық негізделерін беріп нақтылығын растаудың мүмкіндіктері көрсетілген.

**Түйінді сөздер:** вектор, алгебра, электромагниттік өріс, бөлшек, тәсіл, процесс, эксперимент.

<sup>1</sup>A.S. Issatayev, <sup>2</sup>S.S. Zhumatov

(<sup>1</sup>Institute of information and computing technology, MES RK, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Institute of mathematics and mathematical modeling, MES RK, Almaty, Kazakhstan

E-mail: issataevalmaz@gmail.com)

## SECOND METHOD OF LYAPUNOV IN THE TASK ON STABILITY OF PARAMETRICAL CONTOUR

**Abstract.** The relevance of the analysis of nonlinear radio chains is well known. The first step of this analysis, according to the principle of linear inclusion, is the calculation of linear parametric circuits. The parametrical contour is a simple link in structure, by the example of which the features of parametric circuits of a general form are manifested. This article concerns the features of the analysis of stability of linear systems. New potential opportunities of construction of Lyapunov's function are revealed. The analysis of stability of a parametrical contour via the second method of Lyapunov is presented.

**Key words:** Lyapunov stability, parametrical contour, parametric circuits, radio circuits, second Lyapunov method, linear systems.

<sup>1</sup>А.С. Исатаев, <sup>2</sup>С.С. Жуматов

(<sup>1</sup>ҚР ҒБМ ҒК ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы, Қазақстан

<sup>2</sup> ҚР ҒБМ ҒК математика және математикалық модельдеу институты, Алматы, Қазақстан

E-mail: issataevalmaz@gmail.com)

## ЫЛЫҒЫ ЕСЕБІНДЕГІ ЛЯПУНОВТЫҢ ЕКІНШІ ӘДІСІ.

**Түйіндеме.** Сызықсыз радиотізбектерді талдаудың өзектілігі жақсы белгілі. Бұл талдаудың алғашқы қадамы, сызықтық қосу қағидасына сәйкес, сызықтық параметрлік тізбектерді есептеу болып табылады. Параметрлік контур, мысал ретінде жалпы түрдегі параметрлік тізбектердің ерекшеліктері көрсетілетін, құрылымы бойынша қарапайым байланыс. Мақалада сызықтық жүйелердің орнықтылығын талдау ерекшеліктері талқыланып, Ляпуновтың функциясын салудың жаңа әлеуетті мүмкіндіктерін анықтайды. Ляпуновтың екінші әдісімен параметрлік контурдың орнықтылығын нақты талдау ұсынылды.

**Кілттік сөздер:** Ляпунов бойынша орнықтылық, параметрлік контур, параметрлік тізбек, радиотізбек, Ляпуновтың екінші әдісі, сызықтық жүйелер.

### 1. Кіріспе.

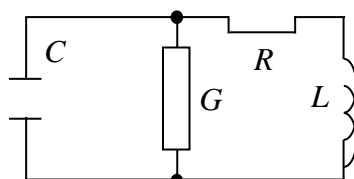
Стационарлық емес сызықтық жүйелерді талдау кезінде, немесе параметрлік радиотізбектердің тар құрылымында орнықтылық мәселесі үлкен маңызға ие. Орнықты оң элементтері және жылу шығыны бар кез-келген радиотізбек Ляпунов бойынша асимптоталық орнықты болады, яғни оның еркін процесі уақыттың шексіз ұлғаюына байланысты нөлге жақындайды. Уақытша өзгеріп отыратын элементтері бар ұқсас радиотізбек Ляпунов функциясы бойынша орнықсыз болуы мүмкін, яғни оның еркін процесі уақыттың шексіз ұлғаюына байланысты шексіздікке жақындайды. Мұның себебі, уақытқа байланысты өзгеретін реактивтілік, онда қуаттың контурға айдалып, тізбекке қосылуына тең. Көптеген техникалық есептерде бұл құбылысты жоққа шығару керек. Сондай-ақ, параметрлік контурдың орнықтылық мәселесін толық шешу мүмкін емес. Мұндай жағдайда орнықтылықтың барынша жеткілікті шарттарын (немесе критерийлерін) алған дұрыс. Бұл үшін ыңғайлы әдіс Ляпуновтың екінші әдісі болып табылады. Ол еркін процестің теңдеулерін шешу туралы ешқандай ақпарат бермейді. Бұл жағдайда нақты анықталған математикалық әрекеттер орындау кезінде жеткілікті орнықтылық жағдайларына әкелетін, яғни параметрлік радиотізбектің орнықтылығының кепілі болып табылатын Ляпуновтың құрылымдық функциясы керек.

Сызықтық есеп болған жағдайда, орнықтылық теориясының тұжырымдамалық аппараты түбегейлі жеңілдетілгенін ескеріңіз. Сызықты емес есептерде анықталған шешімнің орнықтылығы зерттеліп, «шағын», «үлкен», «тұтастай» орнықтылық болуы мүмкін. Сызықтық есептерде жүйе орнықты болып табылады, егер ең болмағанда біреуі орнықты болса, демек, орнықтылық тұжырымдамасы шешуге емес теңдеуге (немесе теңдеулер жүйесіне) жатады. Сонымен бірге, орнықтылық үшін тривиальды (бірдей нөлге тең) шешімін зерттеу табиғи. Сызықтық жүйе тек тұтастай алғанда орнықты болуы мүмкін.

Есептің ерекшелігі салдарынан Ляпунов функциясының сызықтық жүйелерінің орнықтылығына байланысты жалпы жағдайға қарағанда қатаң емес шектеулер болуы керек. Орнықтылық теориясы бойынша әдебиетте бұл мәселе техникалық мақсаттар үшін толығымен қарастырылмады. Радиотехникалық есептерде орнықтылықты зерттеу ерекше маңызға ие, өйткені тарихи себептерге байланысты радиотехника саласында Ляпуновтың орнықтылығын қамтамасыз ету теориясы дұрыс қолданылмаған, қазіргі уақытта оны түсіну қиынға соғады. Тұжырымдамалық аппаратты оңайлатқанына қарамастан, сызықтық жүйелердің орнықтылығының нақты мәселелері күрделі болады.

## 2. Параметрлік контурдың орнықтылығын зерттеу.

Мақаланың мақсаты – параметрлік контур орнықтылығы, оның C, G, L, R элементтері оң және кез-келген жеткілікті жеңіл тәуелділіктер уақыт бойынша өзгеретіндігін түсіндіру. (1-сурет)



1-сурет: Параметрлік контурдың сызбасы

Орнықтылықты зерттеу кезінде контурдағы процестердің теңдеуі қалыпты күйде ұсынылуы қажет.

Контурдағы еркін процесс дифференциалдық теңдеулердің қалыпты желілік жүйесі арқылы ұсынылуы мүмкін –

$$\left. \begin{aligned} \frac{dx_1}{d\tau} &= -\frac{t_M G}{C} x_1 - \frac{t_M r}{L} x_2 \\ \frac{dx_2}{d\tau} &= \frac{t_M}{rC} x_1 - \frac{t_M R}{L} x_2 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

мұнда  $\tau = \frac{t}{t_M}$  қалыпты уақыт,  $x_1 = \frac{q}{q_M}$  конденсатордың қалыпты заряды,  $x_2 = \frac{\Phi}{\Phi_M}$  индуктивті қабықпен біріктірілген қалыпты магнит ағыны.

Мұнда  $t_M, q_M, \Phi_M$  еркін, оң, орнықты, үлкен өлшемді бөлгіштер, зарядтау уақыты мен магнит ағынының өлшемдері тиісінше;  $r = \frac{\Phi_M}{q_M}$  қалыпты қарсылық. Жүйе (1) ықшам векторлық пішінде былай жазылуы мүмкін;

$$\frac{d}{d\tau} x = A(\tau)x, \quad (2)$$

мұнда  $x = \text{colon}(x_1, x_2)$  – баған-векторы,  $a_{11} = -\frac{t_M G}{C}$ ,  $a_{12} = -\frac{t_M r}{L}$ ,  $a_{21} = \frac{t_M}{rC}$ ,  $a_{22} = -\frac{t_M R}{L}$  элементтері бар,  $A = \{a_{ij}\}$ ,  $i, j = 1, 2$  – 2-ші ретті матрица. Демек, дифференциалдық жүйе (1) векторлық дифференциалдық теңдеуге (2) тең.

Теңдеудің орнықтылығы үшін жеткілікті шарттарға ие боламыз (2). Бұл үшін біз Ляпуновтың 2-ші әдісін қолданамыз. Бұл әдіс Ляпуновтың

$$V(\tau, x) > 0, \quad (3)$$

бір нүктеде  $x=0$  міндетті түрде нөлге тең болуы керек, яғни  $V(\tau, x) > 0$  функциясына негізделген. Егер осы функцияның туындысының теңдеуі (2) бойынша оң емес болса, онда жүйе Ляпуновтыкі бойынша орнықты. Егер ол теріс анықталған болса, онда контур асимптотикалық орнықты. Осылайша, асимптотикалық орнықтылық үшін қатаң емес

$$\frac{dV}{d\tau} \leq 0, \quad (4)$$

теңсіздігінің орындалуы

$$\frac{dV}{d\tau} < 0, \quad (5)$$

катаң теңсіздігі мен орнықтылығы үшін қажет.  $x = 0$  нүктесінде жалпы туынды міндетті түрде нөлге тең болуы керек, яғни  $\frac{V(\tau, 0)}{d\tau} = 0$ . Жалпы жағдайда Ляпуновтың 2-ші әдісінің негізгі теоремасы осылай қалыптасады.

Бұл әдісте Ляпуновтың функциясының құрылысы бойынша ұсыныстар жоқ. Сызықтық жүйелердің орнықтылығы туралы көптеген нақты есептерде бұл функциялар квадрат нысандар түрінде таңдап алынды, бірақ Ляпуновтың функциялары көрсетілуі керек деген катаң дәлелдеме жоқ. Сызықтық жүйенің орнықтылығына арналған зерттеу тривальді шешімнің орнықтылығын талдаумен толығымен шектелгенін атап көрсетеміз. Бұл Ляпуновтың функцияларына қойылатын талаптарды әлсіретуге және олардың түрін кеңейтуге мүмкіндік береді. Шын мәнінде, сызықтық жүйелерді талдау кезінде, Ляпуновтың функциясы белгілі бір жағымды болуы міндетті емес, *тривальді шешімнің  $x=0$  кішігірім маңында* оң болғаны жеткілікті.

Бұл Ляпунов функциясы ретінде пайдалануға болатын функциялардың класын айтарлықтай кеңітеді. Мысалы,  $\sin|x|$  функциясы оң емес, бірақ  $x = 0$  нүктесінің маңында ( $x$ -тің кіші мәндерінде) ол оң болады, сол себепті сызықтық жүйелерді зерттеу кезінде Ляпуновтың функциясы ретінде қолданылуы мүмкін.

Осы ойларды ескере отырып контурдың орнықтылығын зерттеу үшін Ляпуновтың 2-ші әдісін қолданамыз. Ол үшін Ляпунов функциясын келесі түрде құрастырамыз

$$V = \frac{1}{2} \sin(x, x) = \frac{1}{2} \sin(x_1^2 + x_2^2) \quad (6).$$

Мұнда  $(x, x)$  –  $x$  векторының скалярлы шаршысы. Бұл функция белгілі бір оң емес, бірақ трививальді шешімнің маңында ол оң болады, осы жеткілікті. Функцияның толық туындысы келесіге тең:

$$\frac{dV}{dt} = (\dot{x}, x) \cos(x, x) \quad (7)$$

Бұл өрнекте трививальді шешімнің кішігірім маңында *косинус* бірлікке жақын. Сондықтан контурдың асимптотикалық орнықтылығы үшін жеткілікті шарт теңсіздік болып табылады

$$(\dot{x}, x) \leq 0 \quad (8)$$

Теңсіздіктің (8) сол жағын кеңейтейік;

$$\begin{aligned} (\dot{x}, x) &= (Ax, x) = \left(-\frac{t_M G}{C} x_1 - \frac{t_M r}{L} x_2\right) x_1 + \left(-\frac{t_M}{rC} x_1 - \frac{t_M R}{L} x_2\right) x_2 = \\ &= -\frac{t_M G}{C} x_1^2 - \frac{t_M R}{L} x_2^2 - t_M \left(\frac{r}{L} - \frac{1}{rC}\right) x_1 x_2 \end{aligned}$$

Көріп тұрғаныңыздай, бұл шаршылы нысан. Квадрат формаларының теориясы симметриялы матрицаларға негізделгені белгілі (4), сондықтан квадраттық формалар векторлық түрде ұсынылуы мүмкін  $(\dot{x}, x) = (Bx, x)$ .

Мұнда  $B$  матрицасы  $A$  матрицасына симметриялы, яғни

$$B = \frac{1}{2}(A + A^T) = \left\| \begin{array}{cc} -\frac{t_M G}{C} & -\frac{1}{2} t_M \left(\frac{r}{L} - \frac{1}{rC}\right) \\ -\frac{1}{2} t_M \left(\frac{r}{L} - \frac{1}{rC}\right) & -\frac{t_M R}{L} \end{array} \right\|$$

Мұнда  $A^T$  – транспонирленген  $A$  матрицасы.  $(\dot{x}, x) < 0$  жағдайын тексеру үшін Сильвестр теңсіздігін (4) қолдану ыңғайлы. Сильвестрдің теоремасы квадрат форманы қандай да бір жағымсыздықтар үшін оның матрицасының негізгі кәметке толмаған белгілерінің шамаланған тәртібіне ауысуы жеткілікті дегенді дәлелдейді.

**B** матрицасында екі негізгі миноры бар:  $-\frac{t_M G}{c}$  және  $\det \mathbf{B}$ . Олардың біріншісі – Сильвестр теоремасында талап етілетін теріс, екіншісі оң болуы керек. Осылайша, орнықтылық критерийі теңсіздікті төмендетеді:

$$\det \mathbf{B} > 0. \quad (9)$$

Осы теңсіздікті теңсіздіктерді кеңейтіп, барлық қосындыларды  $t_M^2$  бойынша қысқартып, контурдың асимптотикалық орнықтылығының өлшемін аламыз.

$$1 + 2GR > \frac{1}{2} \left( \frac{r^2}{\rho^2} + \frac{\rho^2}{r^2} \right) \quad (10)$$

Мұнда  $\rho = \sqrt{\frac{L}{c}}$  – контурға төзімділік. Біз осы өлшемді тұжырымдаймыз.

**1 критерийі контурдың асимптотикалық орнықтылығы.**

Егер  $r$  орнықты теңдеуді таңдасаңыз, онда теңсіздік (10) кез-келген  $t$  бастап, барлық  $t_0$  сақтайды, содан кейін контур асимптотикалық орнықты болады. Бұл критерийдің басқа тұжырымдарын беруге болады. Ол үшін (10) теңсіздікті түрде жазамыз:

$$\left(\frac{\rho}{r}\right)^4 - 2(1 + 2GR) \left(\frac{\rho}{r}\right)^2 + 2 < 0.$$

Осы теңсіздіктің сол жағында биквадраттық көпмүшелік бар. Көпмүшеліктер теориясы бойынша, егер  $\frac{\rho_1}{r} < \frac{\rho}{r} < \frac{\rho_2}{r}$ , соңғы теңсіздік орындалады.

Мұнда,  $\rho_1, \rho_2$  – физикалық дұрыс көпмүшеліктің түбірі. Біздің жағдайымызда бұл түбірлер тең:

$$\frac{\rho_1}{r} = \sqrt{1 + 2GR - 2\sqrt{GR}\sqrt{1 + GR}}$$

$$\frac{\rho_2}{r} = \sqrt{1 + 2GR + 2\sqrt{GR}\sqrt{1 + GR}}$$

Енді соңғы екіжақты теңсіздік кеңейтілген түрде ұсынылуы мүмкін:

$$\sqrt{1 + 2GR - 2\sqrt{GR}\sqrt{1 + GR}} < \frac{\rho}{r} < \sqrt{1 + 2GR + 2\sqrt{GR}\sqrt{1 + GR}}$$

Немесе, біршама ықшам түрде:

$$\sqrt{1 + GR} - \sqrt{GR} < \frac{\rho}{r} < \sqrt{1 + GR} + \sqrt{GR}. \quad (11)$$

Бұл контурдың асимптотикалық орнықтылығы 1 критерийдің тағы бір тұжырымдамасын білдіреді.

Егер оңтайлы орнықты  $r$  таңдай алсақ, кез-келген уақыттан бастап,  $t$  үшін, екі жақты теңсіздік (11) сақталады. Сонда, 1 суреттегі контур асимптотикалық орнықты.

Назар аударыңыз, біздің өлшеміміз  $G=0$ , немесе  $R=0$  болса жұмыс істемейді. Бұл осындай қасиеттері бар контурдың шындыққа жатпайтынын көрсетеді. Сонымен қатар,  $G$  – бұл конденсатордың диэлектрлік толтырылуындағы жылу шығындарының баламасы, ал  $R$  – металл сымдар, бұрылыстар және контур тақталары.

Синусоидалды түрдің тағы бір функциясын қарастырайық;

$$V = \sin \left[ \frac{t_M}{2} \left( \frac{x_1^2}{rC} + \frac{x_2^2}{L} \right) \right]. \quad (12)$$

Бұл функция (6) дәлелмен ерекшеленеді, өйткені ол контурдың реактивтілігіне жинақталған қалыпты (өлшемсіз) лездік энергияны білдіреді. Әрине, кіші  $x_1, x_2$  үшін бұл функция белгілі бір оң және осы себепті екінші Ляпунов әдісінің теоремасын қанағаттандырады. Егер оның толық туындысы жүйе (1) арқылы белгілі бір теріс болса, онда ол оң емес, ал контур асимптотикалық орнықсыз. Егер бұл теріс болса, онда контур асимптотикалық емес орнықты. Техникалық есептерге арналған соңғы жағдай аз қызығушылық тудырады, сондықтан біз асимптотикалық орнықты контурды қарастырамыз.  $V$  (12) функциясының жалпы туындысы келесі түрге ие

$$\frac{dV}{d\tau} = \frac{\partial V}{\partial \tau} + \frac{\partial V}{\partial x_1} \cdot \frac{dx_1}{d\tau} + \frac{\partial V}{\partial x_2} \cdot \frac{dx_2}{d\tau}. \quad (13)$$

Жалпы туындылардың айтарлықтай айқын теріс құбылыстың асимптотикалық орнықтылығы, яғни

$$\frac{dV(\tau, x)}{d\tau} < 0, \quad (14)$$

Сондай-ақ, келесі теңдік орындалу керек.

$$\frac{dV(\tau, 0)}{d\tau} = 0,$$

Біздің жағдайымызда;

$$\begin{aligned} \frac{\partial V}{\partial \tau} &= \cos \left[ \frac{t_M}{2} \left( \frac{x_1^2}{rC} + \frac{rx_2^2}{L} \right) \right] \cdot \frac{t_M}{2} \left( -\frac{x_1^2}{r} + \frac{\dot{C}}{C^2} - rx_2^2 \frac{\dot{L}}{L^2} \right), \\ \frac{\partial V}{\partial x_1} \cdot \frac{dx_1}{d\tau} &= \cos \left[ \frac{t_M}{2} \left( \frac{x_1^2}{rC} + \frac{rx_2^2}{L} \right) \right] \cdot \frac{t_M}{2} \frac{2x_1}{rC} \cdot \frac{dx_1}{d\tau} = \\ &= \cos \left[ \frac{t_M}{2} \left( \frac{x_1^2}{rC} + \frac{rx_2^2}{L} \right) \right] \cdot t_M \frac{x_1}{rC} \cdot \left( -\frac{t_M G}{C} x_1 - \frac{t_M r}{L} x_2 \right) = \\ &= \cos \left[ \frac{t_M}{2} \left( \frac{x_1^2}{rC} + \frac{rx_2^2}{L} \right) \right] \cdot t_M^2 \left( -\frac{G}{rC} x_1^2 - \frac{1}{LC} x_1 x_2 \right) = \\ &= -t_M^2 \left( \frac{G}{rC} x_1^2 + \frac{1}{LC} x_1 x_2 \right) \cdot \cos \left[ \frac{t_M}{2} \left( \frac{x_1^2}{rC} + \frac{rx_2^2}{L} \right) \right]. \end{aligned}$$

Үқсас;

$$\frac{\partial V}{\partial x_1} \cdot \frac{dx_1}{d\tau} = t_M^2 \left( \frac{1}{LC} x_1 x_2 - \frac{rR}{L^2} x_2^2 \right) \cdot \cos \left[ \frac{t_M}{2} \left( \frac{x_1^2}{rC} + \frac{rx_2^2}{L} \right) \right].$$

Енді (13) формуласы арқылы Ляпуновтың толық құрылымдық функциясын табамыз;

$$\frac{dx}{dt} = -\frac{t_M}{rC^2} \left( t_M G + \frac{\dot{C}}{2} \right) x_1^2 - \frac{t_M r}{L^2} \left( t_M R + \frac{\dot{L}}{2} \right) x_2^2$$

Жалпы туындының теріс үшін  $\left( \frac{dx}{dt} < 0 \right)$  екі теңсіздік жүйесі жеткілікті (нақты уақыт  $t$ )

$$\left. \begin{aligned} G + \frac{1}{2} \frac{dC}{dt} &> 0 \\ R + \frac{1}{2} \frac{dL}{dt} &> 0 \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

Контурдың орнықтылығы үшін алынған жеткілікті шарттар тұжырымдалады.

## 2 асимптотикалық орнықтылық критерийі.

Егер уақыттың кез-келген нүктесінен бастап  $t_0$  уақыттың барлық мәндері үшін  $t > t_0$  теңсіздік жүйесі орындалса, онда (15) 1-суреттің контуры асимптотикалық орнықты.

Осылайша, екі синусоидалды Ляпуновтың функцияларын (6) және (12) қолданып, 1-суреттегі параметрлік контурдың асимптотикалық орнықтылығы үшін жеткілікті екі шарт (11) және (15) алынды. Бұл жағдайда синусоидалды функция айрықша рөл атқармайды. Орнықтылыққа арналған сызықтық жүйелерді талдау міндеттерінде басқа Ляпунов трансцендентальді функцияларын қолдануға болады. Мысал ретінде, Ляпуновтың экспоненциалды функциясын қарастырайық;

$$V = \frac{1}{2} [e^{(x, x)} - 1] = \frac{1}{2} [e^{(x_1^2 + x_2^2)} - 1]. \quad (16)$$

Бұл функция оң мәнді болып табылады. Бұл жағдайда Ляпунов функциясы коэффициенттердің  $\tau$  дәлеліне тәуелді емес.



$$\frac{dV}{d\tau} = \frac{\partial V}{\partial x_1} \cdot \frac{dx_1}{d\tau} + \frac{\partial V}{\partial x_2} \cdot \frac{dx_2}{d\tau}. \quad (17)$$

Мұндағы басты назарға;

$$\frac{\partial V}{\partial x_1} = (\dot{x}, x) e^{(x,x)} = (Ax, x) e^{(x,x)} < 0.$$

Екінші фактор теріс болмайды, сондықтан асимптотикалық орнықтылық үшін жеткілікті шарт  $(Ax, x) < 0$ .

Мұнда, теңсіздіктің сол жағында, векторлық тендеудің матрицасы болып табылатын асимметриялық **A** матрицасы бойынша шаршы нысаны бейнеленген. (2)

Теориялық тұрғыдан симметриялық матрицалар (4) арқылы квадрат нысандарды ұсыну дәстүрге айналғандықтан, соңғы теңсіздіктің сол жақ бөлігін формада көрсету керек

$$(Ax, x) = (Bx, x) \quad (18)$$

мұндағы **B** симметриялық матрица болып табылады, ол **A** симметриялық матрицаны

$$B = \frac{1}{2}(A + A^T)$$

көрсетеді.

Осылайша, экспоненталдық Ляпуновтың функциясын қолдану нәтижесінде параметрлік контурдың орнықтылық мәселесі Ляпуновтың синусоидалды функциясын қолданған кезде бұрынғыдай (8) сол квадрат нысанын (18) теріс анықтамасына зерттеуге әкелді. Бұл жағдайды талдауды жалғастыра отырып, мұнда ұсынылған бірдей орнықтылық критерийі (11).

Уақытқа тәуелді экспоненталды Ляпунов функциясын қарастырайық;

$$V = \exp \left[ \frac{t_M}{2} \left( \frac{x_1^2}{rC} + \frac{rx_2^2}{L} \right) \right] - 1 \quad (19)$$

Ляпуновтың бұл функциясы уақытқа тәуелді, себебі тәуелділіктер қабылданады  $C = C(\tau), L = L(\tau)$ , осы жағдайды ескере отырып (13)

$$\begin{aligned} \frac{\partial V}{\partial \tau} &= -\frac{t_M}{2} \left( \frac{x_1^2}{r} \cdot \frac{\dot{C}}{C^2} + rx_2^2 \frac{\dot{L}}{L^2} \right) \exp \left[ \frac{t_M}{2} \left( \frac{x_1^2}{rC} + \frac{rx_2^2}{L} \right) \right], \\ \frac{\partial V}{\partial x_1} &= \frac{t_M x_1}{rC} \exp \left[ \frac{t_M}{2} \left( \frac{x_1^2}{rC} + \frac{rx_2^2}{L} \right) \right], \\ \frac{\partial V}{\partial x_2} &= \frac{t_M r x_2}{L} \exp \left[ \frac{t_M}{2} \left( \frac{x_1^2}{rC} + \frac{rx_2^2}{L} \right) \right]. \end{aligned}$$

Бұл өрнектерді ауыстыру (13) және (1) ескере отырып,

$$\begin{aligned} \frac{\partial V}{\partial \tau} &= \exp \left[ \frac{t_M}{2} \left( \frac{x_1^2}{rC} + \frac{rx_2^2}{L} \right) \right] \left[ -\frac{t_M}{2} \left( \frac{x_1^2}{r} \cdot \frac{\dot{C}}{C^2} + rx_2^2 \frac{\dot{L}}{L^2} \right) + \frac{t_M x_1}{rC} \left( -\frac{t_M G}{C} x_1 - \frac{t_M r}{L} x_2 \right) \right. \\ &\quad \left. + \frac{t_M r}{L} x_2 \left( \frac{t_M}{rC} x_1 - \frac{t_M R}{L} x_2 \right) \right] = \\ &= - \left[ \frac{t_M}{rC^2} \left( t_M G + \frac{1}{2} \dot{C} \right) x_1^2 + \frac{t_M r}{L^2} \left( t_M R + \frac{1}{2} \dot{L} \right) x_2^2 \right] \\ &\quad \times \exp \left[ \frac{t_M}{2} \left( \frac{x_1^2}{rC} + \frac{rx_2^2}{L} \right) \right] \end{aligned}$$

аламыз.

Контурдың асимптотикалық орнықтылығы үшін теңсіздікті орындауға жеткілікті,  $\frac{dV}{d\tau} < 0$ , бұл жағдайда нақты уақыт режимінде теңсіздіктер жүйесін енгізуге тең;

$$\left. \begin{aligned} G + \frac{1}{2} \frac{dC}{dt} > 0 \\ R + \frac{1}{2} \frac{dL}{dt} > 0 \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

Нәтижесінде теңсіздіктер жүйесі (15)-ке сәйкес келді.

### 3. Қорытынды.

Параметрлік контурдың орнықтылығының маңызды практикалық мәні бар, өйткені параметрлік контурдың көптеген пайдалы қасиеттері бар. Мысалы әдеттегі тербеліс контурының функцияларын ерікті түрде үлкен Q-мен атқара алады. Және тұтастан алғанда, тек параметрлік контурларды пайдалана отырып, радиобайланыстағы кез-келген сигналды түрлендіруді жүзеге асыра аласыз: күшейту, жиілікті түрлендіру, модуляция, табу, автотасымалдау. Сонымен қатар, параметрлік контурдың орнықтылығын зерттеу мәселесі жалпы үлгідегі параметрлік радиотізбектер үшін ұқсас мәселені шешуде бірінші қадам болып табылады. Қазіргі уақытта радиотехника пәндеріндегі бұл есепке аз көңіл бөлінеді. Бұл радиотізбектердің теориясында жасанды түрде жасалатын алшақтық, бұл мүмкіндігінше тезірек жою.

Орнықтылық критерийлерін алу үшін ыңғайлы әдіс Ляпуновтың екінші әдісі болып табылады, бірақ оны қолдану үшін белгілі бір қасиеттері бар және контур теңдеуінде сәйкес келетін Ляпунов функциясын құрастыру керек. Екінші Ляпунов әдісі мұндай функцияны құрастыру бойынша ұсыныстар бермейді. Ляпуновтың функцияларын құрастыру кезінде кейбір тәжірибелер жинақталды, және белгілі бір есептерді шеше отырып, желілік және сызықты емес жүйелермен анық бөлінбейді. Ал орнықтылықты талдау үшін сызықты жүйелер сызықты емеске қарағанда қарапайым. Өйткені, сызықты жүйенің тривиальді шешімінің орнықтылығы оның сызықтық емес жүйесінде сақталмаған шешімдердің тұтас жиынтығының орнықтылығын білдіреді. Бұл сызықтық жүйелерде Ляпуновтың функцияларына қойылатын талаптар сызықтық емес жүйелерге қарағанда қатаң болуы керек.

Параметрлік контур – бұл сызықтық жүйе. Бұл жарияланымда сызықтық жүйелерге лайықты Ляпуновтың функцияларын жасау әрекеті жасалды. Ляпуновтың синусоидалды және экспоненциалды түрдегі әртүрлі аргументтері бар (14). Бұл жағдайда олар тең. Алынған екі орнықтылық критерийлері (11) және (15). Олардың біріншісі жаңа, екіншісі белгілі, бірақ басқа жолмен алынған. Біздің ойымызша, мұнда қолданылған тәсіл үлкен әлеуетке ие, бірақ оларды іске асыру оңай емес, өйткені Ляпуновтың функцияларымен тәжірибе жинақталған жоқ. Болашақта Ляпуновтың әртүрлілігі параметрлік контур бойынша жұмыс істейді және тұтастай желілік радиотехникалық тізбектерді түбегейлі кеңейтуге болады.

### ӘДЕБИЕТТЕР.

- [1] Солодовников В.В. Частотные методы анализа и синтеза нестационарных линейных систем / В.В. Солодовников, Ю.И. Бородин, А.Б. Иоаннисан. – М.: Сов. Радио, 1972. – 168с.
- [2] Малкин И.Г. Теория устойчивости движения / И.Г. Малкин. – М.: Наука, 1966. – 530с.
- [3] Демидович Б.П. Лекции по математической теории устойчивости / Б.П. Демидович. – М.: Наука, 1967. – 472с.
- [4] Рублев А.Н. Линейная алгебра / А.Н. Рублев. – М.: Высшая школа, 1968. – 384с.

Исатаев А.С., Жуматов С.С.

### Второй метод Ляпунова в задаче об устойчивости параметрического контура

**Резюме.** Общеизвестна актуальность анализа нелинейных радиоцепей. Первым шагом такого анализа, согласно принципу линейного включения, является расчет линейных параметрических цепей. Параметрический контур простое по структуре звено, на примере которого проявляются особенности параметрических цепей общего вида. В статье обсуждаются особенности анализа устойчивости линейных систем, при этом вскрываются новые потенциальные возможности построения функции Ляпунова. Представлен конкретный анализ устойчивости параметрического контура вторым методом Ляпунова.

**Ключевые слова:** устойчивость по Ляпунову, параметрический контур, параметрические цепи, радиоцепей, второй метод Ляпунова, линейные системы.

УДК 621.37

**A. Moldakalykova, A. Nauryzbayeva, A. Bizhanova**  
(Kazakh Academy of Transport and Communications named after Tynyspayev,  
Almaty, Kazakhstan,  
aigul\_kazatk@mail.ru, n\_arshin@list.ru, almasaltyn@mail.ru)

**CALCULATION OF THE DISTRIBUTION OF THE ARRAYS  
OF APPLICATIONS AND DATABASES IN THE NODES  
OF THE COMPUTING SYSTEM**

**Abstract.** Models and methods of discrete programming are considered. In the nodes of computing systems developed and presented the formulation and solution of applied database problems that minimize the total number in the logical array for which it is necessary to distribute arrays of applications and databases.

**Key words:** Computing systems, databases, array distribution, block-symmetric calculation of discrete programming.

**А.Ж.Молдакалыкова, А.И. Наурызбаева, А.С.Бижанова**  
(М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы,  
Алматы, Қазақстан Республикасы,  
aigul\_kazatk@mail.ru, n\_arshin@list.ru, almasaltyn@mail.ru)

**ЕСЕПТЕУ ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ТҮЙІНДЕРІНДЕ ҚОЛДАНБАЛЫ БАҒДАРЛАМАЛАР МЕН  
ДЕРЕКТЕР БАЗАСЫНЫҢ МАССИВТЕРІН ҮЛЕСТІРУ ЕСЕБІ**

**Аңдатпа.** Дискретті программалаудың модельдері мен әдістері қарастырылған. Есептеу жүйелерінің түйіндерінде қолданбалы бағдарламалар мен деректер базасының массивтерін үлестіру қажет деректер базасының логикалық массивке ортақ сан минималдайтын қолданбалы есептерінің қойылымы мен шешімі өңделген және ұсынылған.

**Түйінді сөздер:** Есептеу жүйелері, деректер базасы, массивтерін үлестіру, дискретті бағдарламалаудың блокты-симметриялы есебі.

Қазіргі кезде жоғары өнімділікті бағдарламалық кешендер мен күрделі қолданбалы есептерді шешетін қуатты есептеу жүйелері бар. Осындай есептеу жүйелеріне көппроцессорлы жүйелер, біртекті есептеу кешендері, электронды есептеуіш жүйелерінің тағайындалуы және деңгейі әртүрлі желілерін жатқызуға болады. Есептеу техникасы дамуымен, әсіресе ақпаратты-есептеу желілерін пайдаланылу, тәжірибенің жинақталуы және құрылуымен байланысты соңғы кездерде деректерді өңдеудің үлестірілген және параллельді жүйесі қарқынды дамуда.

Үлестірілген деректерді өңдеу түйіндері бір-бірінен алыс қашықтықта орналасқан және өзара байланыс арналарымен байланысқан есептеу желілері мен кешендеріндегі бағдарламалық және ақпараттық ресурстарды өңдеуді қарастырады. Бұл жағдайда есептеу жүйелері мен кешендерінің түйіндерінде бағдарламалық және ақпараттық ресурстарды тиімді үлестірудің мәселелері туындайды. Сонымен қатар, берілген жүйелерді параллельдеу жолымен қолданушылардың қолданбалы есептерді шешудің ұзақтығын қысқарту мақсатында көппроцессорлы жүйелер түйіндерінде (бағдарламалық модульдер мен деректер базасының массивтері) деректерді өңдеу жүйелерін үлестірудің есептері туындайды. Келтірілген есептердің қойылымы көп жағдайда дискретті бағдарламалау есептеріне келтіріледі. Дискретті бағдарламалау есептерін шешуге қолданылып жүрген әдістер үлкен көлемді тәжірибелік есептерді тиімді шешуде біршама қиындықтар туғызады. Бұл жағдайда дискретті бағдарламалаудың жаңа есептер класы ретінде блокты-симметриялы есептің жалпы қойылымын құру, блокты-симметриялы есептің негізінде есептеу жүйелері мен кешендеріндегі деректер базасының массивтері мен қолданбалы бағдарламалық үлестірудің модельдерін және нәтижелі алгоритмдерін құрастыруға болады.

Дискретті бағдарламалау есептерінің қойылымы мен шешімін табуда дәстүрлі келесі кластарды көрсетуге болады: бөлінбейтін есептер класы, экстремалды комбинаторлық есептер, бірегей үзілісті мақсат функциялы есептер, классикалық емес аймақтағы есептер, көп экстремалдық есептер, шеткі жиындарда экстремумдарды анықтаумен байланысты дискретті есептер.

Бұл класқа байланысты қолданбалы есептердің әртүрлі математикалық қойылымы және оларды жүзеге асыру әдістері болады. Сондықтан дискретті бағдарламалаудың дамуы келесі сұлбе бойынша жүзеге асады: қолданбалы есептің қойылымы, дискретті бағдарламалаудың математикалық моделін құру, есепті шешудің әдісін құру.

Әдетте есептің тиімді шешімі есептің математикалық моделімен, модельдің құрылымы және оның ерекшеліктерімен тығыз байланысты. Бұл класс моделінің классикалық мысалы бүтін мәнді сызықты бағдарламалау моделі болып табылады, мұндағы айнымалылар бөлінбейтін өлшемдер. Бұл кластың модельдері бірінші кезекте қолданбалы есептердің қойылымының түрлі варианттарын генерациялайды және бөлінбейтін модель ретінде анықталады.

Дискретті бағдарламалау теориясының даму процесінде комбинаторлық модельдер класы ерекшеленеді.

Бұл модельдер шеткі жиын элементтерінің берілген бүтін мәнді функциясының экстремумын немесе мақсат функция экстремумын жеткізуші осы шеткі жиынның элементтерін анықтау қажет.

Комбинаторлық модельдер класы мысалдарының бірі коммивояжер есебі болып табылады: «п қалалар мен олардың арақашықтықтары шарт түрінде берілген, бұл есепте барлық қалалардан бір рет өтетін қысқа тұйық жолды табу қажет».

Атап өту керек, модельдерді құру оны жүзеге асыру әдісімен тығыз байланысты және де керісінше, жаңа әдістерді құру ең алдымен, қолданбалы есептер үшін жаңа модельдердің пайда болуына алып келеді.

Дискретті бағдарламалаудың модельдері мен әдістерін дамыту барысында жаңа есептер қойылымы мен қосымшалардың пайда болуына байланысты есептерді шешудің әдістері мен жаңа жолдарын құру қажеттілігі туындайды. Мұндай әдістердің бірі – блокты-симметриялы модельдер мен әдістер болып табылады.

$A = \{a_i, i = \overline{1, I}\}$  объектілерінің жиыны және әртүрлі типтегі элементтермен  $B = \{b_j, j = \overline{1, J}\}$  объектілерінің жиыны берілсін, сонымен қатар осы жиындардың элементтерінің өзара байланысы келесі матрица түрінде көрсетілген.

$$W = \left\| \omega_{is} \right\|, i = \overline{1, I}, j = \overline{1, J} \quad (1)$$

Олардың элементтері булевті немесе бүтін мәнді.  $F(A_n, B_m)$  мақсат функциясының экстремумын анықтау үшін А жиынның элементтерін  $A_n, n = \overline{1, N}$  қиылыспайтын ішкі жиындармен, ал В жиынның элементтерін  $B_m, m = \overline{1, M}$  қиылыспайтын ішкі жиындармен біріктіру қажет.

Есептің қойылымын тұжырымдау үшін келесі айнымалыларды енгіземіз.  $X = \left\| x_{in} \right\|, i = \overline{1, I}, n = \overline{1, N}$  - булевті матрица, мұндағы  $x_{in} = 1$ , егер  $i$ -ші элемент  $n$  топқа таралса, кері жағдайда  $x_{in} = 0$ . Сол сияқты  $Y = \left\| y_{jm} \right\|, j = \overline{1, J}, m = \overline{1, M}$  - булевті матрица,  $y_{jm} = 1$ , егер  $j$ -ші элемент  $m$ -топқа таралса, кері жағдайда  $y_{jm} = 0$ . Жалпы жағдайда  $X$  және  $Y$  айнымалы матрица бүтін мәнді болуы мүмкін.

$A$  және  $B$  жиын элементтерінің  $A_n$  және  $B_m$  ішкі жиындарының үлестіруіне тәуелді  $A \times B$  жиынында  $F(X, Y)$  функциясын анықтаймыз.  $\varphi_k(X), k = \overline{1, K}$  функциясы А жиынына,  $\psi_s(Y), s = \overline{1, S}$  функциясы В жиынына сәйкестендіріледі, олар  $A$  және  $B$  жиындарында сәйкес шектеулерді анықтайды.

Дискретті бағдарламалаудың блокты-симметриялы есебі төмендегідей тұжырымдалады:

$$F(X, Y) \rightarrow \text{extr} \quad (2)$$

келесі шектеулер бойынша:

$$\varphi_k(X) \leq \varphi_{k_0}, k = \overline{1, K}, \quad (3)$$

$$\psi_s(Y) \leq \psi_{s_0}, s = \overline{1, S} \quad (4)$$

Есептің қойылымына байланысты (3) және (4) жиынның шектеулерінде теңсіздік таңбалары кері таңбаға ауысуы мүмкін.

Жалпы жағдайда  $X$  және  $Y$  айнымалылары мен берілген  $W$  екі индексті матрицасы бүтін мәнді болуы мүмкін.

Есепті келесі шарттар бойынша қарастырайық:  $X, Y$  айнымалылары және берілген  $W$ -булевті матрица. Көп жағдайларда  $F(X, Y)$  функциясының орнына  $F(Z)$  функциясын жиі қолданады, мұндағы

$$Z = XWY \quad (5)$$

(5) өрнегін қарастырамыз, ол  $X$  және  $Y$  айнымалыларының көбейтіндісінен және берілген  $Z$  матрицасының құрылады, ол мақсат функциясын анықтайды. Дискретті бағдарламалау есептерінің дәстүрлі қойылымына қарағанда берілген есепте екі типті айнымалы  $X$  және  $Y$  кездеседі, бұл айнымалылар  $W$  матрицасына қарағанда симметриялы.

**Анықтама.** Егер  $X$  және  $Y$  айнымалылары және  $F(p(X), g(Y)), p(X), g(Y)$  функциясының мәндері-бүтін, әрі булевті болса, (6)-(11) есептері дискретті бағдарламалаудың блокты-симметриялы есебі болып табылады.

(5) өрнегін қарастырамыз. Бұдан шығатыны берілген  $W$  матрицасына қарағанда  $X$  және  $Y$  айнымалылары симметриялы және (5) функциясы солдан оңға, сол сияқты керісінше анықталады, яғни

$$Z = XWY = YWX \quad (6)$$

Жалпы есептің қойылымы негізінде тұжырымдалған есептер класынан дискретті бағдарламалаудың дәстүрлі есептерінің қойылымдарынан өзгешеленетін негізгі қасиеттерін анықтаймыз.

Есептің шешімінің сандық мысалын қарастырайық. Есептеу жүйелерінің түйіндерінде қолданбалы бағдарламалар мен деректер базасының массивтерін үлестіру қажет деректер базасының логикалық массивке ортақ сан минималдайтын блок-схема синтез жасау керек.

1-кесте. **В базиспен ерекшеленген  $W$  матрицасы**

$r \setminus l$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0
2	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1
3	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0
4	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
5	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1
6	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0
7	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1

Блокты-симметриялық есептің шешімін іздеу  $DX \tilde{D}Y$  сұлба бойынша тура бағытта, керісінше  $\tilde{D}Y DX$  сұлба бойынша кері бағытта да жүзеге асырылатынын қарастырайық: Есеп келесі шарттармен анықталады: модуль құрамында ұйғарынды процедуралар саны 3-ке тең, логикалық массивтер құрамында ұйғарынды ақпараттық элементтер саны 3-ке тең. Модуль және логикалық массивтер келесі формуламен анықталады:  $V = \lceil \frac{7}{3} \rceil = 3$  және  $F = \lceil \frac{10}{3} \rceil = 4$ . 1-кестеде сол жақ жоғарғы бұрышта бастапқы  $W$  матрицасы ерекшеленген  $B$  базиспен көрсетілген. 1-суретте өңделген алгоритмді пайдаланып  $X$  шешімінің қалыптастыру процесі көрсетілген.  $D = \|d_{ri}\|$  матрицасы 1-суреттегі қатынасты пайдаланып анықталған.

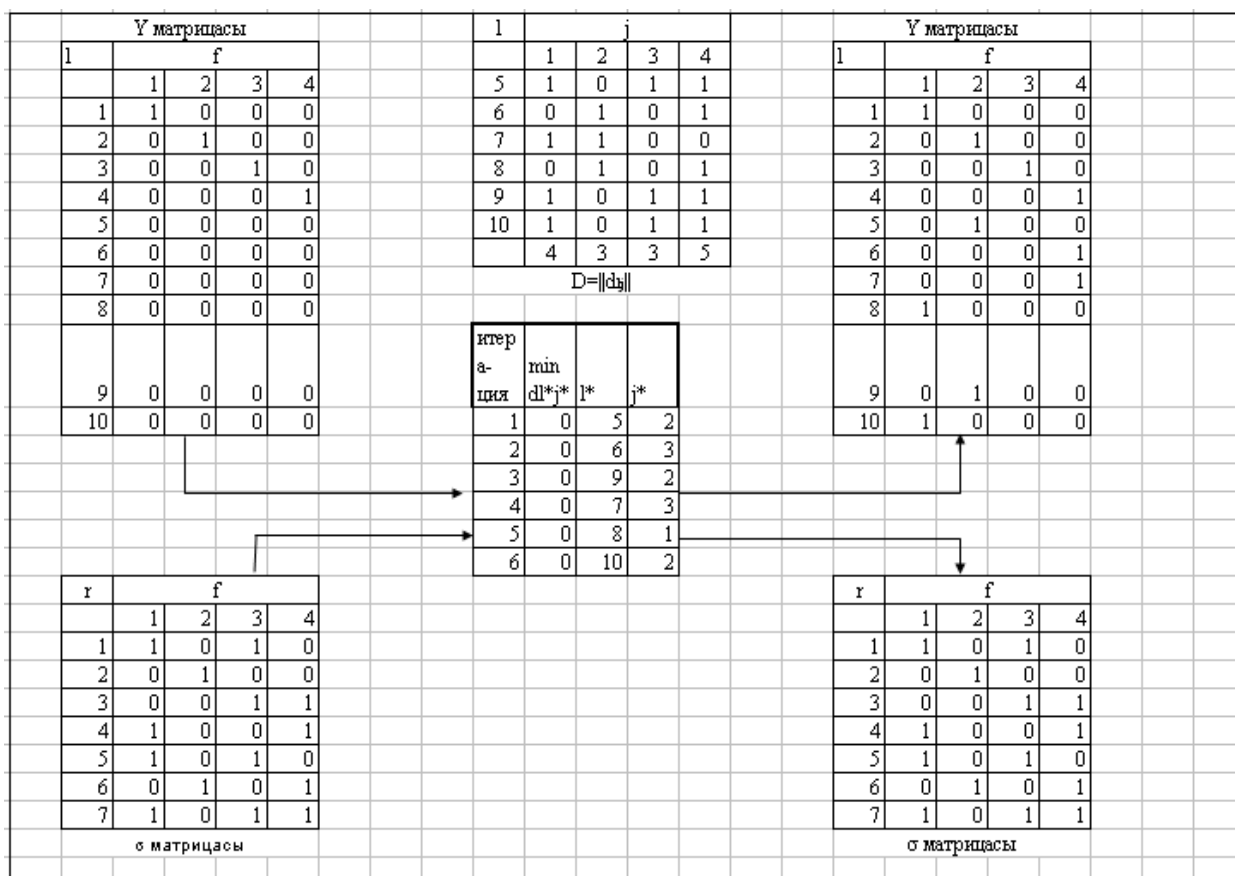


Мақсат функцияның тиімді мәні, алынған базис пен шарттардың нәтижесінде  $\delta(\pi) = \delta(z) = 6$  тең.

Блокты-симметриялық есептің шешімін іздеу  $\tilde{D}YDX$  сұлба бойынша кері бағытта да жүзеге асырылатынын қарастырайық:

3-суретте өңделген алгоритмді пайдаланып  $Y$  шешімін табу процесі көрсетілген.  $\bar{D} = \|\bar{d}_{ij}\|$  матрицасы 3-суреттегі қатынасты пайдаланып анықталған. Бейнеленген процесс кестемен көрсетілген, онда  $n$  итерация нөмері,  $\bar{D}$ -ның  $\bar{d}_{l^*j^*}$  минимальды элементі анықталған, осыған байланысты  $j^*$  деректер базасында  $l^*$  түйін нөмері бейнеленеді. 3-суретте  $Y$  матрицасы көрсетілген, ол  $Y$  шешімін іздеу нәтижесінде алынған, ал оң жақтағы  $Y$  және  $\pi$  матрицаларында итеративті бейнелеу алгоритмін пайдаланумен анықталған. Бейнеленген процесс кестемен көрсетілген, онда  $n$  итерация нөмері,  $D$ -ның минимальды элементі анықталған, осыған байланысты  $i^*$  модульдегі  $r^*$  процедура нөмері бейнеленеді. 4-суретте  $Y$  және  $\pi$  матрицалары да көрсетілген, оның құрамы  $X$  шешімің іздеу базисімен, ал оң жақтағы  $X$  және  $\pi$  матрицаларында итеративті бейнелеу алгоритмін пайдаланумен анықталған.

Сонымен қатар,  $X$  және  $\pi$  матрицалары итеративті бейнелеу алгоритмін пайдаланумен анықталған.  $\pi$  матрицасы  $Z$  мақсат функциясына сәйкес келеді, ол деректерді өңдеудің бағдарламалық модулі мен логикалық массивтің өзара байланысын бейнелейді. Мақсат функцияның тиімді мәні, алынған базис пен шарттардың нәтижесінде  $\delta(\pi) = \delta(z) = 6$  тең.



3-сурет. Итеративті бейнеленген алгоритмді қолданып  $Y$  шешімін қалыптастыру процесі





- [11] Смит Б. Методы и алгоритмы вычислений на строках. – М.: Вильямс, 2006.  
[12] Смит Б. Методы и алгоритмы вычислений на строках. – М.: Вильямс, 2006.  
[13] [http://abc.vvsu.ru/Books/up\\_inform\\_tehno\\_l\\_v\\_ekon/page0019.asp](http://abc.vvsu.ru/Books/up_inform_tehno_l_v_ekon/page0019.asp)  
[14] <http://www.ict.edu.ru/ft/004973/lects3.pdf>

Молдакалыкова А.Ж., Наурызбаева А.И., Бижанова А.С.

**Задача о распределении массивов баз данных и прикладных программ в узлах вычислительных систем**

**Резюме.** Рассмотрены модели и методы дискретного программирования. В узлах вычислительных систем разработана и представлена постановка и решение прикладных задач базы данных, минимизирующих общее количество в логическом массиве, для которого необходимо распределять массивы приложений и баз данных.

**Ключевые слова:** вычислительные системы, базы данных, распределение массивов, блочно-симметричный расчет дискретного программирования.

# • ХИМИКО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 666.9-1

<sup>1</sup>U.B. Nazarbek, <sup>2</sup>P.A. Abdurazova, <sup>1</sup>A.G. Ushkempirov, <sup>2</sup>Y.U. Abdibayeva

(<sup>1</sup>M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan,

<sup>2</sup>Sirdariya University, Zhetysai, Kazakhstan, E-mail: eplusr@bk.ru)

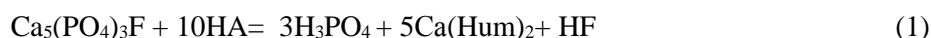
## A TECHNOLOGY DEVELOPMENT FOR OBTAINING MULTICOMPONENT ORGANIC FERTILIZER OF AMMOPHOS QUALITY

**Abstract.** The article presents the results of laboratory studies on the development of technologies for producing complex organomineral fertilizers of the ammophos quality.

**Key words:** chemistry, inorganic chemistry, ammophos, man-made wastes.

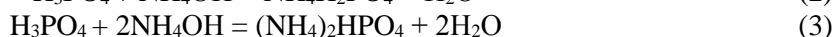
The article presents the results of laboratory studies on the development of technologies for producing complex organomineral fertilizers of the quality of ammophos.

The chemistry of the processes underlying the developed technologies for producing complex organomineral fertilizers of the quality of ammophos is given below [1-3]. At the same time, the decomposition of the phosphate parts of the Cottrell dust is carried out with a mixture of humic acid (reaction 1):



The pulp obtained by reaction 1 consisted of a liquid phase and a solid phase. The liquid phase is a phosphoric acid with a density of 1.06, at pH = 3.4, this corresponds to a concentration of 14.80%.

The resulting phosphoric acid was evaporated to a density of 1.3 and a concentration of 20%. Then the dust was ammoniated with ammonia water by reaction 2



On the basis of the studies carried out above, a technological scheme was developed for the production of complex organic-mineral fertilizer of the quality of ammophos [4] (Figure 1).

According to the given technological scheme in accordance with Figure 1, the production of complex organic-mineral fertilizer of the quality of ammophos is carried out in the following sequence: Cottrell dust in specified quantities is fed into the reactor, where it is subjected to acid decomposition by humic acid. Then the resulting pulp is separated into a solid and liquid phase on the filter. The liquid phase is evaporated to the required concentration and ammoniation is supplied with ammonia water. The resulting pulp which is the target product - a complex organic fertilizer of the quality of ammophos is consistently subjected to granulation, drying. The solid phase obtained after the humic acid decomposition of phosphorus sludge is also a marketable product - a complex organic fertilizer of the quality of simple superphosphate.

The resulting product was analyzed for the content of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (in water-soluble and digestible forms). Elemental microstructural analysis of the obtained product was also performed using a scanning electron microscope.

The microscopic image and the results of the elemental analysis of the product obtained from reactions 2-3 are presented in accordance with Figure 2 and Table 1.

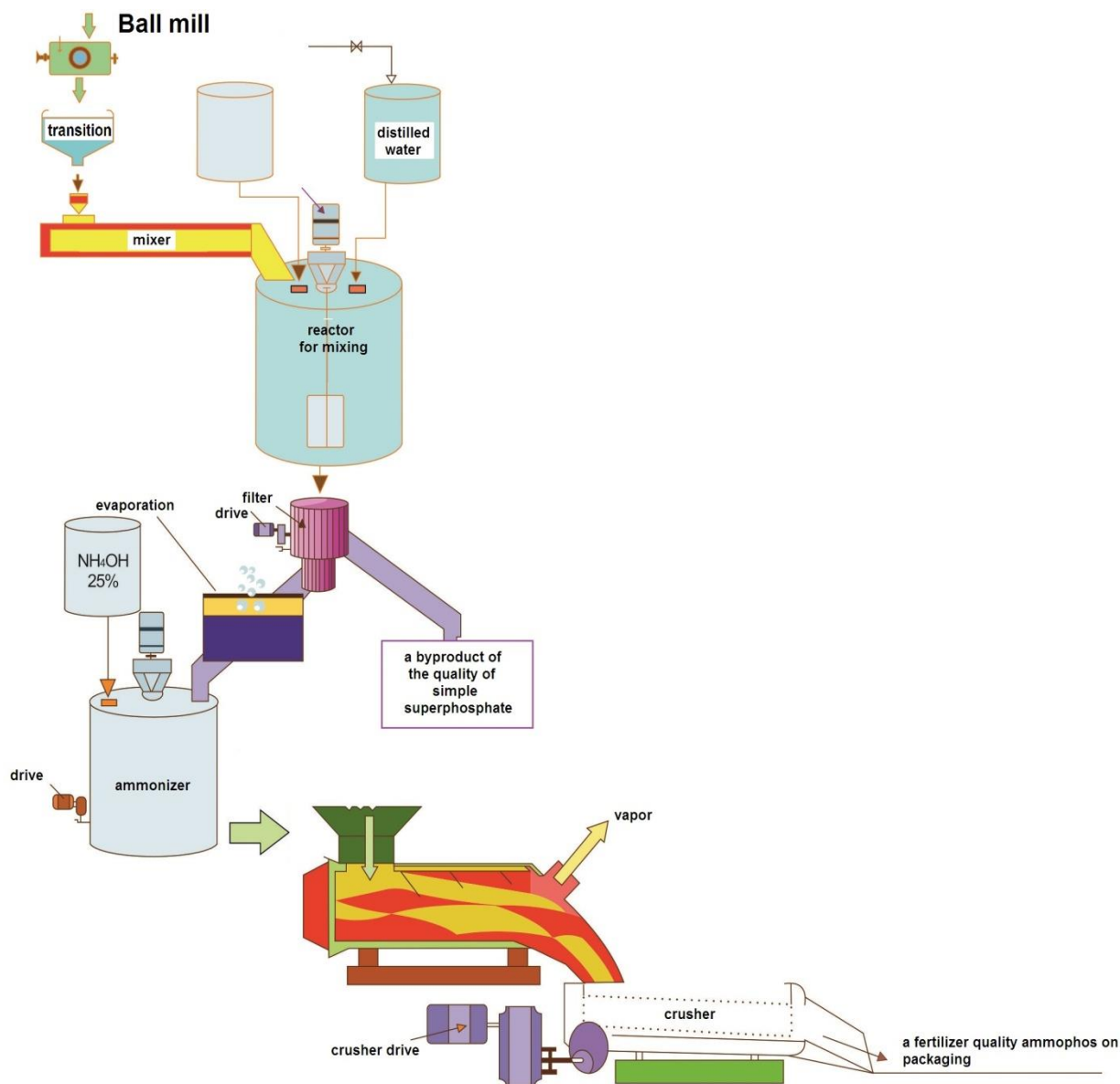


Figure 1. Technological scheme of production of complex organic fertilizer quality of ammophos

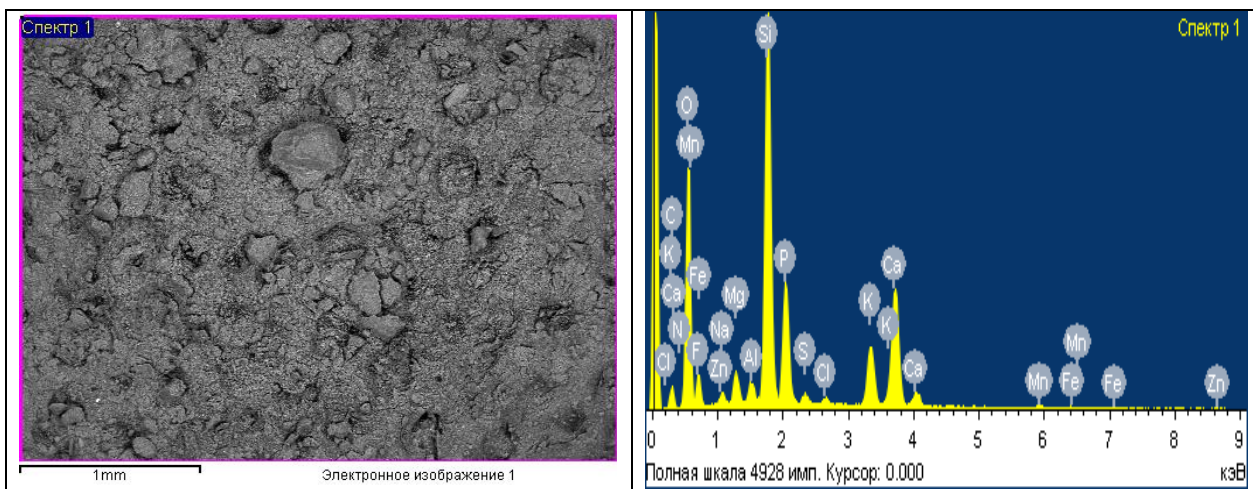


Figure 2. Microscopic photograph and elemental analysis of the product obtained by reactions 2-3

Table 1. Element-weight compositions of the product obtained by reactions 2-3

Element	C	N	O	F	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Mn
Weight,%	20.59	8.08	47.19	1.23	0.66	1.08	0.52	9.40	5	0.27	0.20	2.78	3.61	0.08
Atomic%	13.25	10.57	40.44	1.26	0.82	1.41	0.76	14.14	11.20	0.47	0.38	5.82	7.75	0.24
Oxides					1.47	3.04	2.09	45.24	44.22	2.02		14.55	9.75	0.91

It is established that the product obtained consists mainly of di- and monoammonium phosphate. In addition, as follows from the data in Table 1 and in accordance with Figure 2, the composition of the dried product contains organo-mineral compounds of calcium, potassium, magnesium, zinc and phosphorus, transferred from the composition of raw materials to the composition of the main product of synthesis. As follows from the data of table 1, the main part of these components of the production material has fertilizing properties.

The solid phase obtained as a result of the humic acid decomposition of the Cottrell dust is rich in mineral components and corresponds to the quality of a simple superphosphate of the lower grade. In Tables 2 and 3, and Figure 3, the elemental weight composition of the dried solids is determined.

Table 2. Composition of the dry residue obtained after filtration

Element	Composition	
	% wt.	% wt., in terms of oxides
C	12.73	12,73
O	39.74	-
Na	0.41	0,55
Mg	1.18	1,95
Al	1.28	2,42
Si	16.18	34,60
P	5.81	13,31
S	0.87	2,18
Cl	0.19	-
K	2.77	3,34
Ca	8.73	12,21
Mn	0.11	0,14
Fe	0.53	0,76
Zn	0.31	0,39

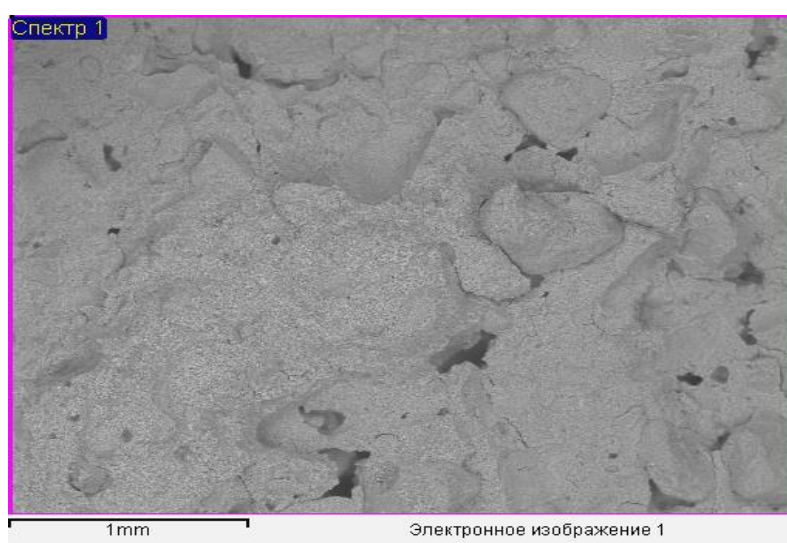


Figure 3. Microscopic image and elemental analysis of the dry residue obtained after filtration

From Table 2 and Figure 3 it is water that the dried solid phase consists of organic and mineral compounds of silicon, carbon, calcium, iron, and phosphorus, which were contained in the curd dust and coal mining waste. The main part of the components of solid-phase production material have fertilizing properties.

Table 3. The main indicators of the dry residue obtained after filtration

Dry residue	Indicators
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> digestible, %	13,05
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> water-soluble, %	4,35
Humate component,%	7-10
pH	5,18
Durability of granules, kg / cm <sup>2</sup>	3,28
The yield of the finished product, kg / kg of the original phosphorus-containing mixture	0,74

Analysis of the above results with regulatory requirements shows that the resulting product, according to the content of the main nutrient P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> digestible, complies with GOST standards imposed on the quality of simple superphosphate. At the same time, the newly obtained product, as can be seen from the data of tables 2 and 3, differs from the traditional simple superphosphate [5] with additional content of organic-mineral components, which is a complex organic-mineral fertilizer of the quality of simple superphosphate.

#### REFERENCES

- [1] Nazarbek U.B. Razrabotka tehnologij pererabotki fosfornogo shlama na celevye produkty udobritel'nogo naznachenija. Dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni doktora filosofii (PhD). Shymkent, JuKGU imeni M.Aujezova, 2016 g., 182 str.
- [2] Rajymbekov E.B. Fosforlyk shlam zhane komir ondirisi kaldygy negizinde ammos fos sapaly polikomponentti organomineraldy tynajtkyshty alu tehnologijasyn zhasau. Tehnika zhane tehnologija magistri darezhesin izdenu dissertacijasy. M.Auevov atyndagy OKMU, 2017 zh., 69 bet.
- [3] Rajymbekov E.B., Ryskulov T.A., Nazarbek U.B., Besterekov U., Petropavlovskij I.A. Lengir ken ornyndagy komir ondirisi kaldygyn koldanudyn tiimdiligin zertteu // Kazakstannyn Himijalyk zhurnaly. –Almaty, 2016. -№4(56).- S.336-344.
- [4] GOST 18918-75. Ammos fos. Tehnicheskie uslovija. – M.: Izd-vo Standartov, 1990.
- [5] GOST 5956-78. Prostoј superfosfat. Tehnicheskie uslovija. – M.: Izd-vo Standartov, 1990.

Назарбек Ұ.Б., Абдуразова П.А., Ушкempiров А.Г., Әбдибаева Е.У.

**Аммос фос сапасының поликомпонентті органоминералды тыңайтқышын алу технологиясын әзірлеу Түйіндеме.** Мақалада аммос фос сапасының кешенді органоминералды тыңайтқышын алу технологияларын әзірлеу бойынша зертханалық зерттеулердің нәтижелері келтірілген.

**Кілт сөздер:** химия, бейорганикалық химия, аммос фос, техногендік қалдықтар.

Назарбек У.Б., Абдуразова П.А., Ушкempiров А.Г., Абдибаева Е.У.

**Разработка технологии получения поликомпонентного органоминерального удобрения качества аммососа**

**Резюме.** В статье приведены результаты лабораторных исследований по разработке технологий получения комплексного органоминерального удобрения качества аммососа.

**Ключевые слова:** химия, неорганическая химия, аммосос, техногенные отходы.

УДК 66.08

**A.S. Kolesnikov, B.E. Zhakipbayev, Zh.A. Sadykov, A.N. Kutzhanova, G.M. Iztleuov, A.A. Yestauova, A.M. Torebekova, O.G. Kolesnikova, <sup>1</sup>V.S. Krupa, D.E. Tauasarova**  
(South Kazakhstan State University n.a. M.O. Auevov, Kazakhstan, Shymkent, Gymnasium №22 n.a. M. Auevov Kazakhstan, Kentau<sup>1</sup>, E-mail: kas164@yandex.kz)

#### RESEARCH ON PORTLAND CEMENT CLINKER

**Abstract.** This paper presents the results of researches of obtaining Portland cement clinker from mineral and man-made raw materials. Based on the conducted researches, the appropriate parameters for the Portland cement clinker synthesis with optimal conditions were established. In particular, it has been established that high-lithic cement clinker

may be synthesized from a two-component raw material mixture consisting of limestone (62,62%) and ash (37,38%) at  $KN = 0,9$ ; an alumina module (p) equal to 0,96 and a silica module (n) equal to 3,53.

**Key words:** mineral and man-made raw materials, raw material mixture, high-temperature synthesis, Portland cement clinker, alit, belit.

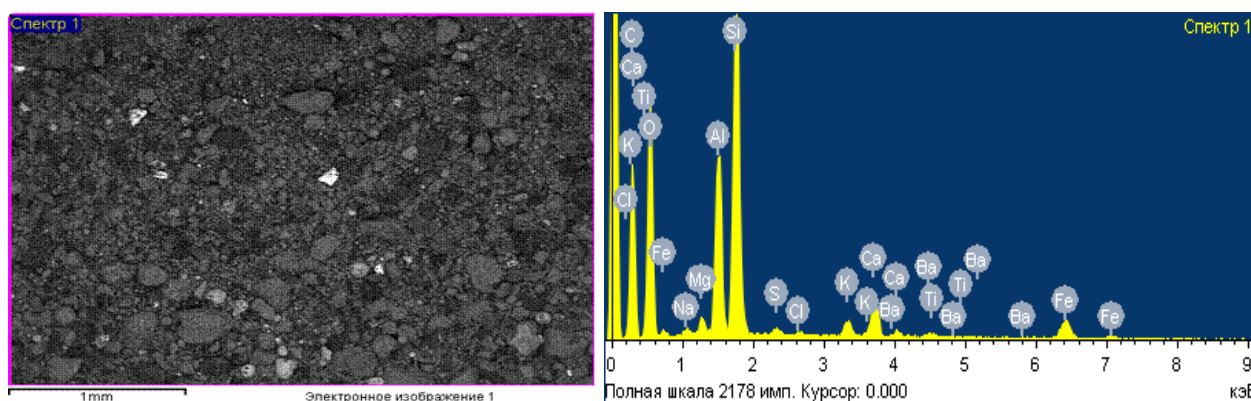
It is known that the recycling of waste is constrained by the lack of low-waste, resource-saving technologies for the complex extraction of minerals from secondary facilities. One of such secondary facilities is ash of Kentau CHP in the amount of about 500 thousand tons [1-4].

Ash by Kentau CHP is a technogenic waste resulting from the combustion of pulverized coal and captured by electrostatic precipitators and various other devices. It is usually a loose-shaped dispersive material with a particle size of  $<0.3$  mm. Ash chemical composition is divided into acid (K) - anthracite, coal and lignite, containing  $CaO <10\%$ ; the main (O) - lignite containing  $CaO > 10\%$  by weight. The ash of Kentau CHP according to the chemical composition can be attributed to acid-type ashes [4], which clearly shows the elemental analysis of ash by Kentau CHP, which is shown in Fig. 1.

Similar studies of the ashes of thermal power plants [5, 6] showed that their chemical activity depends on the material composition and granulometry. Due to the introduction of ash, it is possible to control the amount and size of ettringite crystals, which further determines the properties of cements and concrete [7].

Having studied the physicochemical properties of mineral and technogenic raw materials, in particular limestone and CHP ash, in order to select the optimal composition of the raw mixes with the optimal-maximum yield of portland cement clinker of a certain mineralogical composition, the raw mix from two components was optimized using the «ROCS» program.

The software package «ROCS» is intended for calculations and optimization of the multicomponent composition of the raw mix of the cement industry. He is able to carry out calculations of charge mixtures of raw materials upon receipt of various types of cement, takes into account the input of materials of technogenic and non-traditional origin into the charge mixture of raw materials or in the furnace.



Element	C	O	Na	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Ti	Fe	Ba
Weight %	41,65	36,49	0,32	0,53	5,34	9,6	0,24	0,1	0,72	1,89	0,29	2,62	0,22

**Fig. 1.** Elemental analysis of ash from Kentau CHP, obtained by scanning electron microscope (SEM)

From the results of the optimization of the composition of the charge mixture of raw materials, the mineralogical composition of clinker, conditional fuel consumption, the maximum optimal parameters indicate the composition of the charge mixture, the following mineralogical composition and the specified consumption of conditional fuel with a saturation factor of 0.90, subject to the specified conditions minerals  $C_3S-62,11$ ;  $C_2S-20,14$ ;  $C_3A-2,89$ ;  $C_4AF-10,26$ ;  $MgO - 0,65$  [4]. At the same time, the fuel consumption during the firing of portland cement clinker is determined by 188.5 kg of conventional heat / ton Cl.

According to the optimization carried out and the calculations of the raw mix and the mineralogical composition of clinker for cement clinker synthesis using a PGM-100-MG4-A hydraulic press and a special template, raw mix tablets weighing 30-35 grams were molded, which were further baked in a high-temperature furnace.

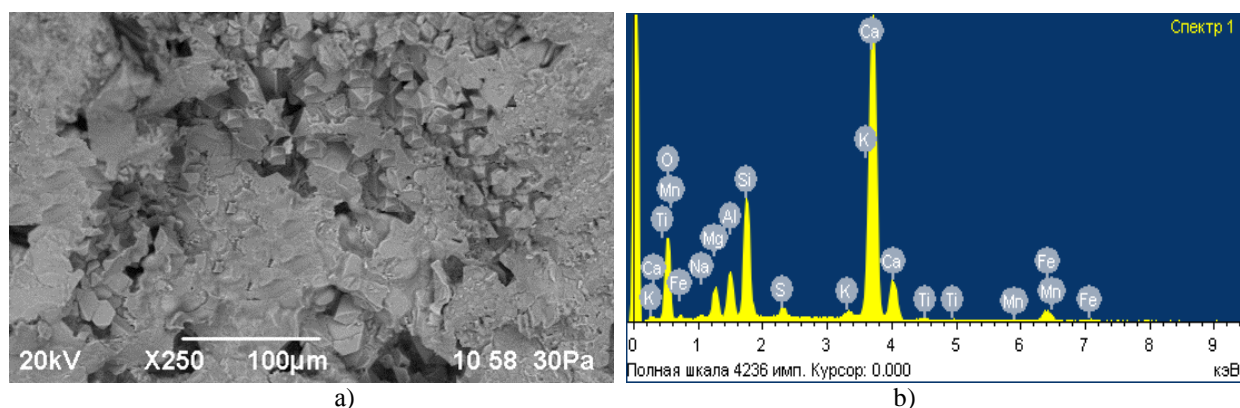


Fig. 2. Micrograph (a) and elemental composition (b) of synthesized clinker obtained with a raster electron microscope

Obtained after calcining clinker were analyzed on a scanning electron microscope to obtain micrographs [4] (Fig. 2) and elemental composition (Fig. 2), as well as on the DRON 3 X-ray unit (Fig. 3).

In the micrograph shown in Fig. 2 clearly shows the rhomboid structure, which is inherent in the mineral alite ( $C_3S$ ) with the chemical formula  $3CaO \cdot SiO_2$ .

The elemental composition of the synthesized clinker [4], presented in Fig. 3 also testifies to the production of high-cement cement clinker.

In fig. 3 shows the phases formed in cement clinker, such as tricalcium silicate, dicalcium silicate, tricalcium aluminate.

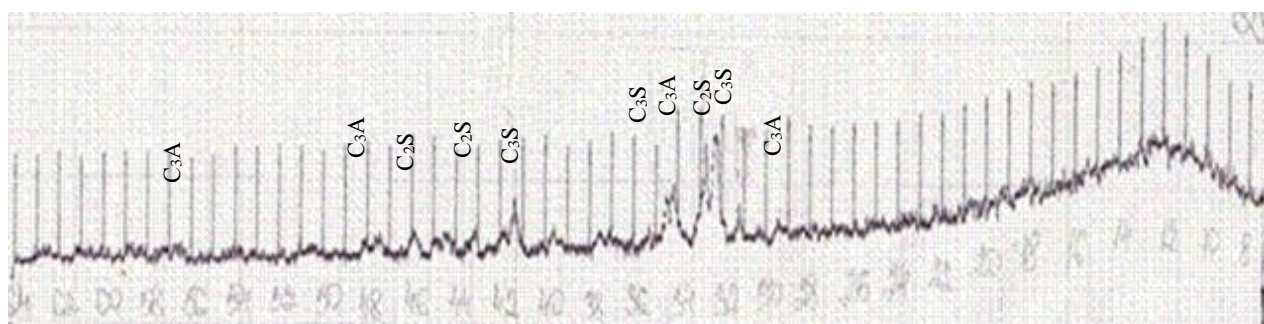


Fig. 3. Roentgenogram of synthesized cement clinker

X-ray phase analysis showed the presence of the main phases of cement clinker.

Thus, on the basis of the conducted research it follows that:

- high-cement cement clinker may be obtained from a two-component raw mix consisting of limestone (62,62%) and ash (37,38%) with  $KN = 0,9$ ; an alumina module ( $p$ ) equal to 0,96 and a silica module ( $n$ ) equal to 3,53;
- optimal fuel consumption for firing amounted to 188,5 kg conventional heat / ton Cl;
- the optimal thermal effect of clinker formation during calcination was 329.9 kcal / kg;
- it is possible to obtain cement clinker with a  $C_3S$  content of 62,11%  $C_2S$  of 20,24% from a two-component mixture using ash of thermal power plants and limestone.

#### REFERENCES

- [1] Аймбетова И.О., Сейсенбаев А.Е., Бахов Ж.К., Махашев Е.Ж. Гидрометаллургическая переработка техногенных отходов урановой и фосфорной промышленности. // IV Международный интернет – симпозиум по сорбции и экстракции: материалы / под общей ред. чл.-корр. РАН Авраменко В. А. - Владивосток: Дальнаука, 2012. С.104-108.
- [2] Эколого-экономическая оценка современного состояния загрязнения окружающей среды Южно-Казахстанской области (на примере г. Шымкент) // Вестник КАЗАТК №6, 2007, с.255-261.
- [3] Ашим Н.С. «О проблемах комплексной переработки отходов. Реализация механизмов Киотского протокола». Доклад МООС РК, 2009. 250с.

[4] Тауасарова Д.Е., Колесников А.С. Исследование получения цементного клинкера для тампонажных цементов / «Kluczowe aspekty naukowej działalności - 2018» Przemysł: Nauka i studia S.59-62.

[5] Кравченко И.В., Кузнецова Т.В., Власова М.Т. и др. Химия и технология специальных цементов - М.: Стройиздат, 1979. –206с.

[6] Энтин З.Б. Зольные цементы, технология и механизм гидратации // Исследование отходов в цементной промышленности: Тр. Ин-та НИИЦемент, вып.69. –М.: 1982. С. 46-50.

[7] Волженский А.В., Буров Ю.С., Гладких К.В. и др. Бетоны и изделия из зольных и шлаковых материалов. -М.: Стройиздат, 1969. - 227с.

Колесников А.С., Жақыпбаев Б.Е., Садықов Ж.А., Кутжанова А.Н., Изтілеуов Г.М.,  
Эстауова А.А., Торебекова А.М., Тауасарова Д.Е., Колесникова О.Г.

#### **Портландцемент клинкерін алу бойынша зерттеулер.**

**Түйіндеме.** Осы мақалада минералды және техногендік шикізаттан портландцемент клинкерін алу бойынша зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Жүргізілген зерттеулер негізінде оңтайлы шарттармен портландцемент клинкерін синтездеудің оңтайлы параметрлері белгіленді. Атап айтқанда, жоғары алиттық цемент клинкерінің әктастан (62,62%) және күлден (37,38%) екі компонентті қоспасы синтезделуі мүмкін екендігі анықталды; алюминий модулі (р) 0,96 тең және кремнезема модулі (n) 3,53 тең.

**Түйін сөздер:** минералды және техногендік шикізат, шикізат қоспасы, жоғары температура синтезі, портландцемент клинкері, алит, белит.

Колесников А.С., Жакипбаев Б.Е., Садықов Ж.А., Кутжанова А.Н., Изтлеуов Г.М., Эстауова А.А.,  
Торебекова А.М., Тауасарова Д.Е., Колесникова О.Г.

#### **Исследования получения портландцементного клинкера.**

**Резюме.** В настоящей работе приведены результаты исследований по получению портландцементного клинкера из минерального и техногенного сырья. На основании проведенных исследований установлены оптимальные параметры синтеза портландцементного клинкера, с оптимальными условиями. В частности установлено, что высокоалитовый цементный клинкер, возможно, синтезировать из двухкомпонентной сырьевой смеси в составе известняка (62,62%) и золы (37,38%) при КН=0,9; глиноземистом модуле (р) равном 0,96 и кремнеземистым модулем (n) равном 3,53.

**Ключевые слова:** минеральное и техногенное сырье, сырьевая смесь, высокотемпературный синтез, портландцементный клинкер, алит, белит.

УДК 66.08

**G.A. Ismayilova, A.S. Kolesnikov, B.Y. Zhakipbayev, Zh.A. Sadykov, A.N. Kutzhanova,  
G.M. Iztleuov, A.A. Yestauova, Z. Zulpykhar, O.G. Kolesnikova, A.M. Torebekova**  
(RSE on REU “South Kazakhstan State University, n.a. M.O. Auyezov” Kazakhstan, Shymkent  
E-mail: kas164@yandex.kz)

### **OPTIMIZATION OF A THREE-COMPONENT RAW MATERIAL MIXTURE FOR RECEIVING A CEMENT CLINKER.**

**Abstract.** This paper presents the results of studies on the optimization of a three-component raw material mixture consisting of mineral and man-made raw materials using the ROCS software package. Optimization was carried out with the aim of obtaining belite-containing Portland cement clinker. During the optimization, the appropriate composition of the raw material mixture was found, containing 53,00% of carbonate rock, 4,35% pyrite cinder, 42,65% of steelmaking slag. At this, the mineral composition of Portland cement clinker was represented by the following minerals: C<sub>3</sub>S - 9,78%; C<sub>2</sub>S - 66,81%; C<sub>3</sub>A - 5,18%; C<sub>4</sub>AF - 14,86%; MgO<sub>kl</sub> - 3,37%.

**Key words:** mineral and man-made raw materials, carbonate rock, pyrite cinder, steelmaking slag, raw mixture, optimization, belit clinker.



Г.А. Исмаилова, А.С. Колесников, Б.Е. Жакипбаев, Ж.А. Садыков, А.Н. Кутжанова,  
Г.М. Изтлеуов, А.А. Естауова, З. Зулпыхар, О.Г. Колесникова, А.М. Торебекова  
(РГП на ПХВ «Южно-Казахстанский государственный университет  
им. М.О. Ауэзова» Республика Казахстан, Шымкент, E-mail: kas164@yandex.kz)

## ОПТИМИЗАЦИЯ ТРЕХКОМПОНЕНТНОЙ СМЕСИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА

**Аннотация.** Приведены результаты исследований по оптимизации трехкомпонентной сырьевой смеси, состоящей из минерального и техногенного сырья при помощи программного комплекса «ROCS». Оптимизация проводилась с целью получения белитсодержащего портландцементного клинкера. В ходе оптимизации был найден оптимальный состав сырьевой смеси, содержащей в своем составе 53,00% карбонатной породы, 4,35% пиритного огарка, 42,65% сталеплавильного шлака. При этом минеральный состав портландцементного клинкера был представлен следующими минералами:  $C_3S$  - 9,78%;  $C_2S$  - 66,81%;  $C_3A$  - 5,18%;  $C_4AF$  - 14,86%;  $MgO_{кл}$  - 3,37%.

**Ключевые слова:** минеральное и техногенное сырье, карбонатная порода, пиритные огарки, сталеплавильный шлак, сырьевая смесь, оптимизация, белитовый клинкер.

Изучив физико-химические свойства минерального и техногенного сырья, в частности карбонатной породы месторождения Аюсай, сталеплавильного шлака и пиритного огарка [1-8], с целью нахождения оптимальных составов сырьевой смеси с максимальным выходом цементного клинкера заданного минералогического состава была проведена оптимизация трехкомпонентной сырьевой смеси при помощи программного комплекса «ROCS», разработанного учеными БГТУ им. В.Г. Шухова [9, 10].

Программа «ROCS» предназначена для расчета и оптимизации многокомпонентных сырьевых смесей цементного производства. Она позволяет производить расчет сырьевых смесей при получении обычных и специальных цементов, учитывать ввод в сырьевую смесь или в печь техногенных и нетрадиционных материалов.

Программа «ROCS», по сравнению со всеми существующими у нас в стране и за рубежом программами и методами обладает рядом новых возможностей и позволяет:

- рассчитывать смеси с любым числом компонентов;
- учитывать ввод в сырьевую смесь или непосредственно в печь неограниченного числа добавок (компонентов с заданным расходом);
- производить расчет специальных цементов и проводить расчет по различным методикам (например, применяемым в Великобритании или США);
- оптимизировать состав сырьевой смеси и клинкера по различным характеристикам, в том числе по энергоемкости получаемых смесей;
- выдавать рекомендации по составлению смесей на основе сырьевой базы конкретного завода [9, 10].

Кроме расчета, когда задаются характеристики с числом, на единицу меньше числа сырьевых компонентов, а рассчитанные сырьевая смесь и клинкер в точности соответствуют заданным требованиям, в программе имеется возможность оптимизации сырьевой смеси. При оптимизации требования к клинкеру или сырьевой смеси задаются следующими способами:

- точное значение; приблизительное значение (программа подбирает состав смеси так, чтобы значение характеристики было как можно ближе к заданной);
- ограничение (диапазон изменения, за пределы которого значение выйти не может); минимальное или максимальное значение.

Эти способы могут быть заданы в любой комбинации, например для оптимизации трехкомпонентной смеси возможны следующие варианты (рисунок 1).

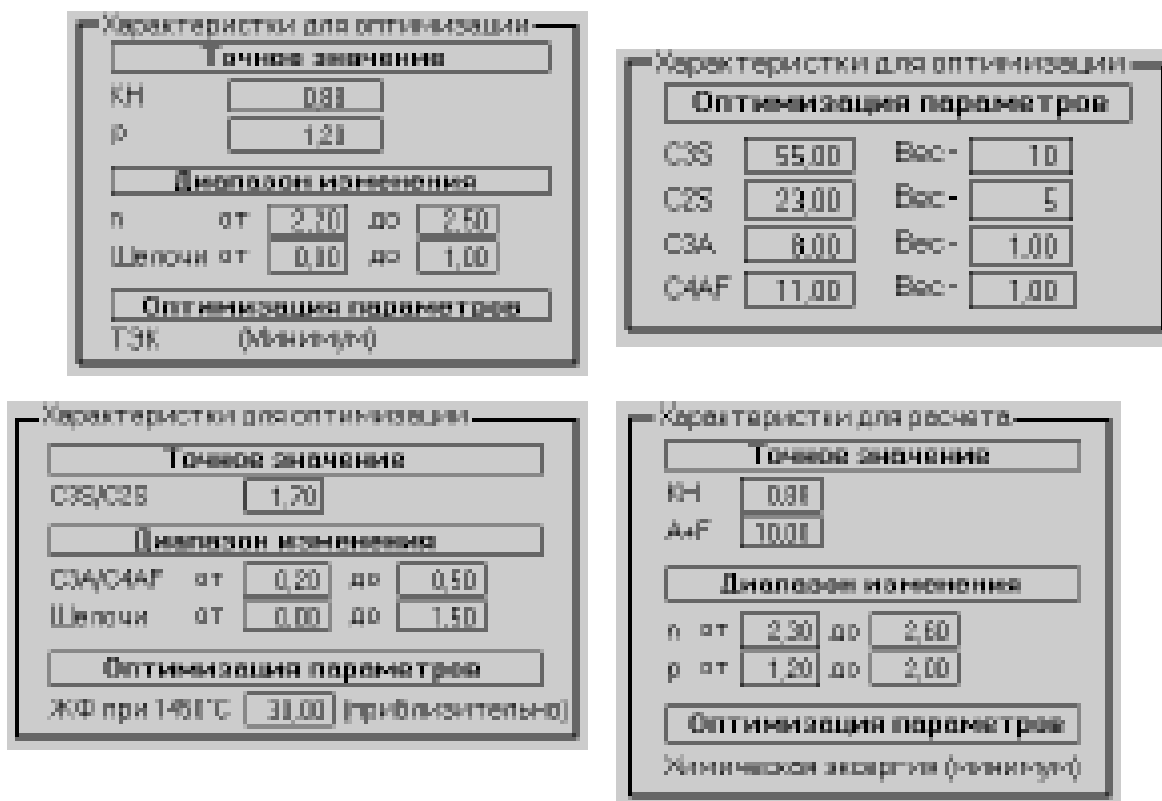


Рис.1. Интерфейс программы «ROCS» при оптимизации трехкомпонентной смеси

Для проведения оптимизации сырьевой смеси сырьевые материалы в виде карбонатной породы, пиритного огарка и сталеплавильного шлака были взяты следующего химического состава, который приведен в таблице 1.

Таблица 1. Химический состав сырьевых материалов

Сырьевые материалы	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	п.п.п.
Карбонатная порода	6,2	0,8	0,64	56,4	0,65	35,31
Пиритный огарок	10,2	3,3	78,2	1,7	-	6,6
Сталеплавильный шлак	40,4	8,3	0,5	45,2	5,6	-

Результаты оптимизации сырьевой смеси и минералогического состава клинкера проведенной при помощи программного комплекса «ROCS» приведены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты оптимизации сырьевой смеси и минералогического состава клинкера проведенной при помощи программного комплекса «ROCS»

Задано: KH=0,70 n=2,60						
Химический состав сырьевых компонентов						
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	ППП
Карбонатная порода	6,20	0,80	0,64	56,40	0,65	35,31
Пиритный огарок	10,20	3,30	78,20	1,70	-	6,60
Сталеплавильный шлак	40,40	8,30	0,50	45,20	5,60	-

ПОКОМПОНЕНТНЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СЫРЬЕВОЙ СМЕСИ						
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	ППП
Карбонатная порода	3,286	0,424	0,339	29,892	0,344	18,714
Пиритный огарок	0,444	0,144	3,402	0,074	-	0,287
Сталеплавильный шлак	17,231	3,540	0,213	19,278	2,388	-
Сырьевая смесь	20,96	4,11	3,95	49,24	2,73	19,00
ПОКОМПОНЕНТНЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КЛИНКЕРА						
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	
Карбонатная порода	4,057	0,523	0,419	36,904	0,425	
Пиритный огарок	0,548	0,177	4,200	0,091	-	
Сталеплавильный шлак	21,273	4,370	0,263	23,800	2,949	
Клинкер	25,88	5,07	4,88	60,80	3,37	
ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СЫРЬЕВОЙ СМЕСИ И КЛИНКЕРА						
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	ППП
Сырьевая смесь	20,96	4,11	3,95	49,24	2,73	19,00
Клинкер	25,88	5,07	4,88	60,80	3,37	-
Модули					Сырьевая смесь	Клинкер
КН					0,7	0,7
Н					2,6	2,6
Р					1,039	1,039
ТЭК					-	97,29
Гтопл					-	122,4
МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ						
Минералы	C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF	CaSO <sub>4</sub>	MgO кл
Мас. %	9,78	66,81	5,18	14,86	0,00	3,37
СОДЕРЖАНИЕ КОМПОНЕНТОВ						
Материалы				Сырьевая смесь		Клинкер
				Кг/кг кл	%	
Карбонатная порода				0,6543	53,00%	42,33%
Пиритный огарок				0,0537	4,35%	5,02%
Сталеплавильный шлак				0,5266	42,65%	52,66%
Сумма				1,2346	100,00%	100,00%

На основании проведенной оптимизации сырьевой смеси и минералогического состава цементного клинкера, следует, что оптимальным является состав сырьевых компонентов в составе карбонатной породы - 53,00%; пиритного огарка - 4,35%; сталеплавильного шлака - 42,65%, с выходом цементного клинкера следующего минерального состава - C<sub>3</sub>S - 9,78%; C<sub>2</sub>S - 66,81%; C<sub>3</sub>A - 5,18%; C<sub>4</sub>AF - 14,86%; MgO<sub>кл</sub> - 3,37%.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Zulpyhar Z.K., Ismaylova G.A., Kolesnikov A.S. Physico - chemical studies of the carbonate rocks of the field «Auyasay» // Труды 21-й республиканской студенческой научной конференции по естественным, техническим, социально-гуманитарным наукам: «Вклад молодежи Казахстана в реализации четвертой промышленной революции» - Шымкент: ЮКГУ им. М. Ауэзова, 2018г. Т. 2 (1) С.86-87.
- [2] Макарова И.А., Лохова Н.А. Физико-химические методы исследования строительных материалов: учеб. пособие. -2-е изд. перераб. и доп. -Братск: Изд-во БрГУ, 2011. -139с.
- [3] Рамачандран В.С. Применение дифференциального термического анализа в химии цементов. Под ред. В. Б. Ратинова. Пер. с англ. М., Стройиздат, 1977, 408 с.
- [4] Методы исследования строительных материалов: методические указания к лабораторным работам / сост.: Т.Ф. Пиндюк, И.Л. Чулкова. – Омск: СибАДИ, 2011. – 60 с.
- [5] Методы анализа: рентгеновская спектроскопия- URL: <http://www.eurolab.ru/rentgenspektrometriya>
- [6] Компьютерная обработка рентгеновских спектров. Методические указания к выполнению лабораторных работ и научно-исследовательских работ №1224.-Белгород, 2004г.- 32с.
- [7] Гоулдштейн Дж., Ньюбери Д., Эчлин П., Джой Д., Фиори Ч., Лифшин Э. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ: В 2-х книгах. Книга 1. Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 303 с.
- [8] Никольский К.Н., Батулин А.С. Растровый электронный микроскоп. Лабораторная работа. М.: Издательство МФТИ, 2003.- 40 с.
- [9] П.А. Трубаев Программа расчета и оптимизации цементных сырьевых смесей «ROCS». БГТУ им В.Г. Шухова, Белгород, 2006г.- 60с.
- [10] Классен В.К. Технология и оптимизация производства цемента: краткий курс лекций: учеб. пособие / В.К.Классен. – Белгород: Изд: БГТУ, 2012. – 310 с.

Исмаилова Г.А., Колесников А.С., Жақыпбаев Б.Е., Садықов Ж.А. Кутжанова А.Н., Изтілеуов Г.М.,  
Эстауова А.А., Зулпихар З., Колесникова О.Г., Төребекова А.М.

**Портландцементт клинкерді алуға арналған үш құрамды шикізаттың құрамын оңтайландыру.**

**Түйіндеме.** Бұл жұмыста «ROCS» бағдарламалық пакетін пайдаланатын минералды және техногендік шикізаттан тұратын үш құрамды шикізат қоспасын оңтайландыру бойынша зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Оңтайландыру белитті портландцемент клинкерін алу мақсатында жүзеге асырылды. Оңтайландыру барысында құрамында 53,00% карбонатты жыныстар, 4,35% пирит күлдіргіштер, 42,65% болат шламы бар шикізат қоспасының оңтайлы құрамы табылды. Сонымен қатар портландцемент клинкерінің минералды құрамы келесі минералдармен ұсынылған:  $C_3S$  - 9,78%;  $C_2S$  - 66,81%;  $C_3A$  - 5,18%;  $C_4AF$  - 14,86%;  $MgO_{кл}$  - 3,37%..

**Түйін сөздер:** минералды және техногендік шикізат, карбонат жынысы, пирит күлгін, болат шлак, шикізат қоспасы, оңтайландыру, белитті клинкер.

Ismaylova G.A., Kolesnikov A.S., Zhakipbayev B.E., Sadykov Zh.A., Kutzhanova A.N., Iztleuov G.M.,  
Yestauova A.A., Zulpykhar Z., Kolesnikova O.G., Torebekova A.M.

**Optimization of a three-component raw material mixture for receiving a cement clinker.**

**Summary.** This paper presents the results of studies on the optimization of a three-component raw material mixture consisting of mineral and man-made raw materials using the ROCS software package. Optimization was carried out with the aim of obtaining belite-containing Portland cement clinker. During the optimization, the appropriate composition of the raw material mixture was found, containing 53,00% of carbonate rock, 4,35% pyrite cinder, 42,65% of steelmaking slag. At this, the mineral composition of Portland cement clinker was represented by the following minerals:  $C_3S$  - 9,78%;  $C_2S$  - 66,81%;  $C_3A$  - 5,18%;  $C_4AF$  - 14,86%;  $MgO_{кл}$  - 3,37%.

**Key words:** mineral and man-made raw materials, carbonate rock, pyrite cinder, steelmaking slag, raw mixture, optimization, belite clinker.

УДК 66.08

**A.S. Kolesnikov, A. Narmakhanova, Zh.A. Sadykov, B.Y. Zhakipbayev, A.N. Kutzhanova, G.M. Iztleuov, A.A. Yestauova, O.G. Kolesnikova, V.S. Krupa<sup>1</sup>, A.M. Torebekova**  
(RSE on REU “South Kazakhstan State University, n.a. M.O. Auyezov” Kazakhstan, Shymkent, Gymnasium №22 n.a. M. Auyezov Kazakhstan, Kentau<sup>1</sup>, E-mail: [kas164@yandex.kz](mailto:kas164@yandex.kz))

**FINDING OPTIMAL PARAMETERS OF THREE-COMPONENT RAW MATERIALS MIXTURE TO OBTAIN A BELITE CLINKER**

**Abstract.** This paper presents the results of studies on the optimization of a three-component raw material mixture consisting of limestone, loess and pyrite cinder using the ROCS software package. Optimization was carried out with the aim of obtaining belite Portland cement clinker. In the course of optimization, the appropriate composition of the raw material mixture was found, containing 63,16% limestone, 32,76% loess and 5,08% pyrite cinders. At this, the

mineral composition of Portland cement clinker was represented by the following minerals:  $C_3S$  – 8,37%;  $C_2S$  – 57,27%;  $C_3A$  – 4,13%;  $C_4AF$  – 19,99%;  $MgO_{кл}$  – 2,64%.

**Key words:** mineral and man-made raw materials, limestone, loess, pyrite cinder, raw material mixture, optimization, belite cement clinker.

А.С. Колесников, А. Нармаханова, Ж.А. Садыков, Б.Е. Жакипбаев, А.Н. Кутжанова,  
Г.М. Изтлеуов, А.А. Естауова, О.Г. Колесникова, В.С. Крупа<sup>1</sup>, А.М. Торебекова  
(РГП на ПХВ «Южно-Казахстанский государственный университет им. М.О. Ауэзова»  
Республика Казахстан, Шымкент, Школа – гимназия №22 им. М. Ауэзова Казахстан, Кентау<sup>1</sup>  
E-mail: kas164@yandex.kz; )

### НАХОЖДЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СЫРЬЕВОЙ ТРЕХКОМПОНЕНТНОЙ СМЕСИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БЕЛИТОВОГО КЛИНКЕРА

**Аннотация.** В настоящей работе приведены результаты исследований по оптимизации трехкомпонентной сырьевой смеси, состоящей из известняка, лёсса и пиритных огарков при помощи программного комплекса «ROCS». Оптимизация проводилась с целью получения белитового портландцементного клинкера. В ходе оптимизации был найден оптимальный состав сырьевой смеси, содержащей в своем составе 63,16% известняка, 32,76% лёсса и 5,08% пиритных огарков. При этом минеральный состав портландцементного клинкера был представлен следующими минералами:  $C_3S$  - 8,37%;  $C_2S$  - 57,27%;  $C_3A$  - 4,13%;  $C_4AF$  - 19,99%;  $MgO_{кл}$  - 2,64%.

**Ключевые слова:** минеральное и техногенное сырье, известняк, лёсс, пиритные огарки, сырьевая смесь, оптимизация, белитовый цементный клинкер.

Изучив физико-химические свойства минерального в частности известняка каракусского месторождения [1-3], леса отрарского месторождения [2-5] и техногенного сырья - пиритных огарков [3-9], с целью нахождения оптимальных составов сырьевой смеси с максимальным выходом цементного клинкера заданного минералогического состава была проведена оптимизация трехкомпонентной сырьевой смеси при помощи программного комплекса «ROCS», разработанного учеными БГТУ им. В.Г. Шухова [10, 11].

Программа «ROCS» предназначена для расчета и оптимизации многокомпонентных сырьевых смесей цементного производства. Она позволяет производить расчет сырьевых смесей при получении обычных и специальных цементов, учитывать ввод в сырьевую смесь или в печь техногенных и нетрадиционных материалов [10, 11].

Программа «ROCS», по сравнению со всеми существующими у нас в стране и за рубежом программами и методами обладает рядом новых возможностей и позволяет [10, 11]:

- рассчитывать смеси с любым числом компонентов;
- учитывать ввод в сырьевую смесь или непосредственно в печь неограниченного числа добавок (компонентов с заданным расходом);
- производить расчет специальных цементов и проводить расчет по различным методикам (например, применяемым в Великобритании или США);
- оптимизировать состав сырьевой смеси и клинкера по различным характеристикам, в том числе по энергоёмкости получаемых смесей;
- выдавать рекомендации по составлению смесей на основе сырьевой базы конкретного завода [10, 11].

Кроме расчета, когда задаются характеристики с числом, на единицу меньше числа сырьевых компонентов, а рассчитанные сырьевая смесь и клинкер в точности соответствуют заданным требованиям, в программе имеется возможность оптимизации сырьевой смеси. При оптимизации требования к клинкеру или сырьевой смеси задаются следующими способами:

- точное значение; приблизительное значение (программа подбирает состав смеси так, чтобы значение характеристики было как можно ближе к заданной);
- ограничение (диапазон изменения, за пределы которого значение выйти не может); минимальное или максимальное значение.

Эти способы могут быть заданы в любой комбинации, например для оптимизации двухкомпонентной смеси возможны следующие варианты (рисунок 1).

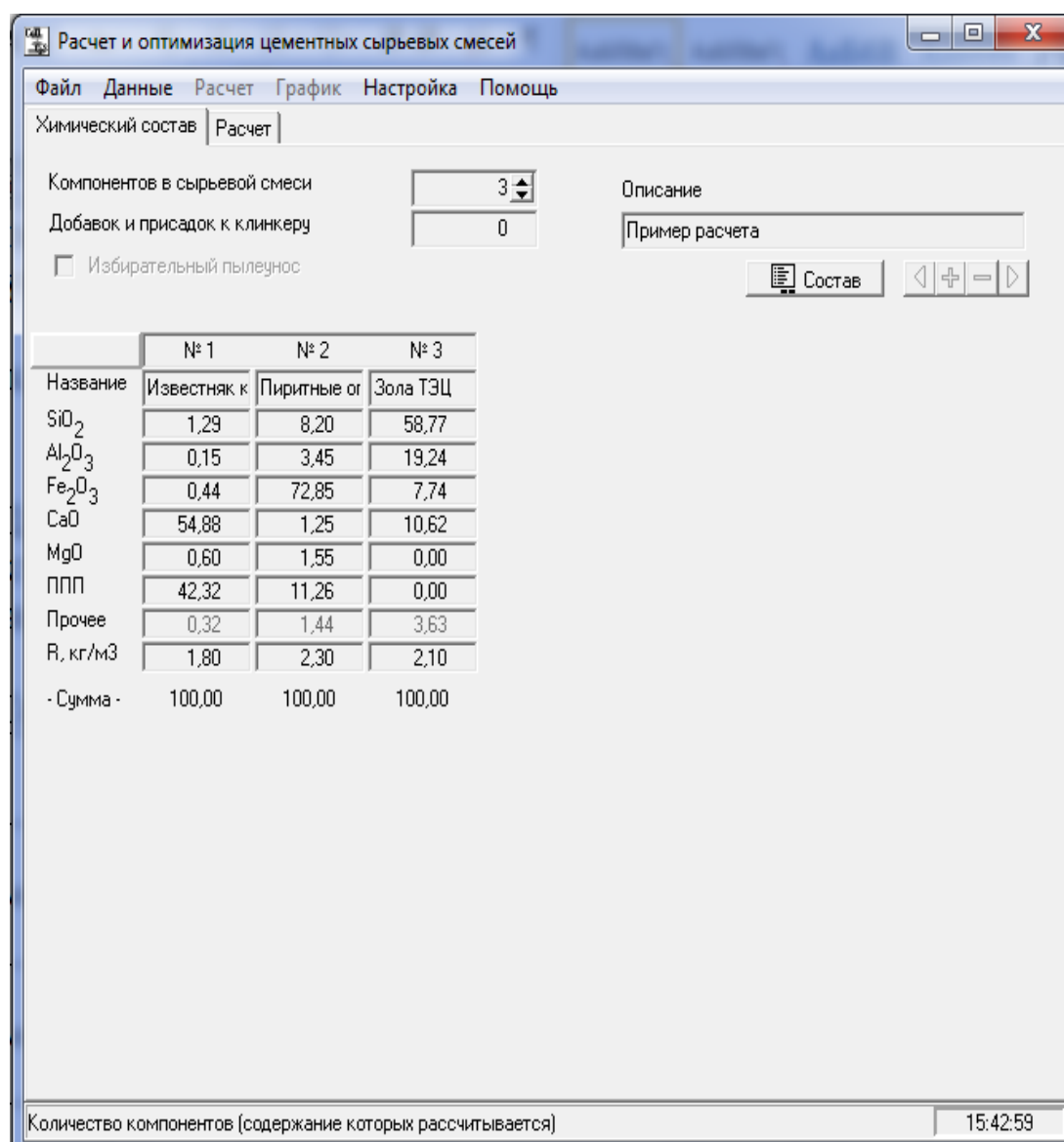


Рис.1. Интерфейс программы «ROCS» при оптимизации трехкомпонентной смеси

Для проведения оптимизации сырьевой смеси сырьевые материалы в виде известняка, лесса и пиритного огарка были взяты следующего химического состава, который приведен в таблице 1.

Таблица 1. Химический состав сырьевых материалов

Материал	Химический состав, масс. %						
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	ппп
Известняк месторождения Каракус	3,53	0,96	1,17	52,94	1,07	0,04	40,3
Лесс месторождения Отырар	40,02	8,53	2,81	21,62	3,62	0,16	19,1
Огарки	14,91	3,01	61,21	1,79	1,27	0,16	-

Результаты оптимизации сырьевой смеси и минералогического состава клинкера проведенной при помощи программного комплекса «ROCS» приведены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты оптимизации сырьевой смеси и минералогического состава клинкера проведенной при помощи программного комплекса «ROCS»

Задано: КН=0,70 n=1,80						
Химический состав сырьевых компонентов						
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	ППП
Известняк	3,53	1,96	1,17	52,94	1,07	34,30
Лёс	40,02	8,53	2,81	21,62	3,62	19,10
Пиритный огарок	14,91	3,01	61,21	1,79	1,27	-
ПОКОМПОНЕНТНЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СЫРЬЕВОЙ СМЕСИ						
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	ППП
Известняк	2,194	1,218	0,727	32,907	0,665	21,321
Лёс	13,111	2,794	0,921	7,083	1,186	6,257
Пиритный огарок	0,758	0,153	3,110	0,091	0,065	-
Сырьевая смесь	16,06	4,17	4,76	40,08	1,92	27,58
ПОКОМПОНЕНТНЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КЛИНКЕРА						
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	ПРОЧЕЕ
Известняк	3,030	1,682	1,004	45,438	0,918	4,283
Лёс	18,103	3,859	1,271	9,780	1,638	1,873
Пиритный огарок	1,046	0,211	4,294	0,126	0,089	1,064
Клинкер	22,18	5,75	6,57	55,34	2,64	7,22
ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СЫРЬЕВОЙ СМЕСИ И КЛИНКЕРА						
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	ППП
Сырьевая смесь	16,06	4,17	4,76	40,08	1,92	27,58
Клинкер	22,18	5,75	6,57	55,34	2,64	-
Модули					Сырьевая смесь	Клинкер
КН (Коэффициент насыщения известью)					0,7	0,7
n (Кремнеземный модуль)					1,8	1,8
Р (Глиноземный модуль)					0,876	0,876
ТЭК (Тепловой эффект клинкерообразования, ккал/кг)					-	254,6
Гтопл (Расход топлива на обжиг, кг усл.топл/т кл)					-	168,6
МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ						
Минералы	C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF	CaSO <sub>4</sub>	MgO кл
Мас.%	8,37	57,27	4,13	19,99	0,20	2,64
СОДЕРЖАНИЕ КОМПОНЕНТОВ						
Материалы				Сырьевая смесь		Клинкер
				Кг/кг кл	%	%
Известняк				0,8583	62,16%	56,39%
Лёс				0,4523	32,76%	36,59%
Пиритный огарок				0,0702	5,08%	7,02%
Сумма				1,3808	100,00%	100,00%

На основании проведенной оптимизации сырьевой смеси и минералогического состава цементного клинкера, следует, что оптимальным является состав сырьевых компонентов в составе известняка каракуского месторождения - 63,16%; пиритных огарков - 5,08%; Леса отгарского месторождения - 32,76%, с выходом цементного клинкера следующего минерального состава -  $C_3S$  - 8,37%;  $C_2S$  - 57,27%;  $C_3A$  - 4,13%;  $C_4AF$  - 19,99%;  $MgO_{кл}$  - 2,64%.

Таким образом, из проведенного расчета следует, что из сырьевой смеси, приведенной в таблице 2 и коэффициенте насыщения (КН) равном 0,7 возможно получение низкоосновного белитового клинкера.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] <http://info.geology.gov.kz/ru/informatsiya/spravochnik-mestorozhdenij-kazakhstanana/tverdye-poleznye-iskopaemye/item/каракуское>
- [2] Месторождения горнорудного сырья Казахстана. Справочник. В 3-х томах. Под ред. А.А. Абдулина, Х.А. Беспяева, Э.С. Воцалевского, С.Ж. Даукеева, Л.А. Мирошниченко. -Алматы: Министерство экологии и природных ресурсов РК. Т.2. 2000. -251 с.
- [3] Таймасов, Б.Т. Технология производства портландцемента: учебное пособие / Б.Т. Таймасов. – Шымкент: Изд-во ЮКГУ, 2004. –293 с.
- [4] Худякова Т.М. Специальная технология вяжущих материалов. Учеб. пособие. – Шымкент, Изд-во ЮКГУ. 2010. – 160с.
- [5] Таймасов Б.Т. Химическая технология вяжущих материалов: Учебник / - Шымкент: Южно-Казахстанский государственный университет им.М.Ауезова, 2014. - 447 с.
- [6] Методы анализа: рентгеновская спектроскопия- URL: <http://www.eurolab.ru/rentgenspektrometriya>
- [7] Компьютерная обработка рентгеновских спектров. Методические указания к выполнению лабораторных работ и научно-исследовательских работ №1224.-Белгород , 2004г.- 32с.
- [8] Гоулдштейн Дж., Ньюбери Д., Эчлин П., Джой Д., Фиори Ч., Лифшин Э. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ: В 2-х книгах. Книга 1. Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 303 с.
- [9] Никольский К.Н., Батулин А.С. Растровый электронный микроскоп. Лабораторная работа. М.: Издательство МФТИ, 2003.- 40 с.
- [10] П.А. Трубаев Программа расчета и оптимизации цементных сырьевых смесей «ROCS». БГТУ им В.Г. Шухова, Белгород, 2006г.- 60с.
- [11] Классен В.К. Технология и оптимизация производства цемента: краткий курс лекций: учеб. пособие / В.К.Классен. – Белгород: Изд: БГТУ, 2012. – 310 с.

Колесников А.С., Нармаханова А., Садыков Ж.А., Жакипбаев Б.Е., Кутжанова А.Н.,  
Изтлеуов Г.М., Естауова А.А., Колесникова О.Г., Крупа В.С., Торебекова А.М.

#### **Белит клинкерді алу үшін үш компонентті шикізат қоспасының оңтайлы параметрлерін табу.**

**Түйіндемe.** Бұл жұмыста «ROCS» бағдарламалық пакетін қолдана отырып, әктас, лес және пирит огаркадан тұратын үш компонентті шикізат қоспасын оңтайландыру бойынша зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Оңтайландыру белитті портландцемент клинкерін алу мақсатында жүргізілді. Оңтайландыру барысында құрамында 63,16% әктас, 32,76% лес және 5,08% пирит огаркалары бар шикізат қоспасының оңтайлы құрамы табылды. Сонымен қатар, портландцемент клинкерінің минералды құрамы келесі минералдармен ұсынылған:  $C_3S$  - 8,37%;  $C_2S$  - 57,27%;  $C_3A$  - 4,13%;  $C_4AF$  – 19,99%;  $MgO_{Cl}$  - 2,64%..

**Түйін сөздер:** минералды және техногендік шикізат, әктас, лес, пирит огарка, шикізат қоспасы, оңтайландыру, белитті цемент клинкері.

Kolesnikov A.S., Narmakhanova A., Sadykov ZH.A., Zhakipbaev B.E., Kutzhanova A.N.,  
Iztleuov G.M., Estauova A.A., Kolesnikova O.G., Krupa V.S., Torebekova A.M.

#### **Finding optimal parameters of three-component raw materials mixture to obtain a belite clinker**

**Summary.** This paper presents the results of studies on the optimization of a three-component raw material mixture consisting of limestone, loess and pyrite cinder using the ROCS software package. Optimization was carried out with the aim of obtaining belite Portland cement clinker. In the course of optimization, the appropriate composition of the raw material mixture was found, containing 63,16% limestone, 32,76% loess and 5,08% pyrite cinders. At this, the mineral composition of Portland cement clinker was represented by the following minerals:  $C_3S$  – 8,37%;  $C_2S$  – 57,27%;  $C_3A$  – 4,13%;  $C_4AF$  – 19,99%;  $MgO_{kl}$  – 2,64%.

**Key words:** mineral and man-made raw materials, limestone, loess, pyrite cinder, raw material mixture, optimization, belite cement clinker.



УДК 66.08

A.S. Kolesnikov, S.A. Mahat, Zh.A. Sadykov, B.Y. Zhakipbayev, A.N. Kutzhanova, G.M. Iztleuov,  
A.A. Yestauova, O.G. Kolesnikova, V.S. Krupa<sup>1</sup>, A.M. Torebekova  
(RSE on REU “South Kazakhstan State University, n.a. M.O. Aueyzov” Kazakhstan, Shymkent,  
Gymnasium №22 n.a. M. Aueyzov Kazakhstan, Kentau<sup>1</sup>, E-mail: kas164@yandex.kz)

### OPTIMIZATION OF TWO-COMPONENT RAW MATERIAL MIXTURE FOR RECEIVING A CEMENT CLINKER

**Abstract.** This paper presents the results of studies on the optimization of a two-component raw material mixture consisting of limestone and tailings of the Balkhash Concentrating Plant using the ROCS software package. Optimization was carried out with the aim of obtaining low-base Portland cement clinker. In the course of optimization, the appropriate composition of the raw material mixture was found, containing 71,36% of limestone and 28,64% of tailings in its composition. At the same time, the mineral composition of portland cement clinker was represented by the following minerals:  $C_3S$  - 10,06%;  $C_2S$  - 68,69%;  $C_3A$  - 7,54%;  $C_4AF$  - 11,90%;  $MgO_{кл}$  - 0,65%.

**Key words:** mineral and man-made raw materials, limestone, enrichment wastes, raw mixture, optimization, portlandcement clinker.

А.С. Колесников, С.А. Махат, Ж.А. Садыков, Б.Е. Жакипбаев, А.Н. Кутжанова,  
Г.М. Изтлеуов, А.А. Естауова, О.Г. Колесникова, В.С. Крупа<sup>1</sup>, А.М. Торбекова  
(РГП на ПХВ «Южно-Казахстанский государственный университет им. М.О. Ауэзова»  
Республика Казахстан, Шымкент, Школа – гимназия №22 им. М. Ауэзова Казахстан, Кентау<sup>1</sup>  
E-mail: kas164@yandex.kz)

### ОПТИМИЗАЦИЯ ДВУХКОМПОНЕНТНОЙ СЫРЬЕВОЙ СМЕСИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА

**Аннотация.** В настоящей работе приведены результаты исследований по оптимизации двухкомпонентной сырьевой смеси, состоящей из известняка и хвостов обогащения балхашской обогатительной фабрики при помощи программного комплекса «ROCS». Оптимизация проводилась с целью получения низкоосновного портландцементного клинкера. В ходе оптимизации был найден оптимальный состав сырьевой смеси, содержащей в своем составе 71,36% известняка и 28,64% хвостов обогащения. При этом минеральный состав портландцементного клинкера был представлен следующими минералами:  $C_3S$  - 10,06%;  $C_2S$  - 68,69%;  $C_3A$  - 7,54%;  $C_4AF$  - 11,90%;  $MgO_{кл}$  - 0,65%.

**Ключевые слова:** минеральное и техногенное сырье, известняк, отходы обогащения, сырьевая смесь, оптимизация, портландцементный клинкер.

Среди природно – техногенных образований, сформировавшихся под воздействием горнодобывающей промышленности, особое место занимают хвостохранилища. Техногенно - обусловленные отклонения ведущих компонентов у таких образований, безусловно, превышают амплитуду естественных колебаний [1-3].

Балхашская обогатительная фабрика, которой принадлежит хвостохранилище, обогащает медно-молибденовые руды Коунрадского и Саякского месторождений. За сутки на фабрике перерабатывается в среднем 33,7 тыс. т. коунрадских и 9,5 тыс. т. саякских руд. Отходы обогащения складированы в хвостохранилище, достигая миллионов тонн [4-6], оказывая негативное воздействие на окружающую природную среду, флору и фауну озера Балхаш.

Изучив физико-химические свойства известняка и хвостов обогащения балхашской обогатительной фабрики [7-10], с целью нахождения оптимальных составов сырьевой смеси с максимальным выходом цементного клинкера заданного минералогического состава была проведена оптимизация двухкомпонентной сырьевой смеси при помощи программного комплекса «ROCS», разработанного учеными БГТУ им. В.Г. Шухова [11, 12].

С целью разработки составов шихт и поисков оптимальных параметров получения цементного клинкера, нами была проведена оптимизация с помощью пакета программы ROCS [11, 12]. Программа «ROCS» предназначена для расчета и оптимизации многокомпонентных сырьевых смесей цементного производства. Она позволяет производить расчет сырьевых смесей при получении обычных и специальных цементов, учитывать ввод в сырьевую смесь или в печь техногенных и

нетрадиционных материалов.

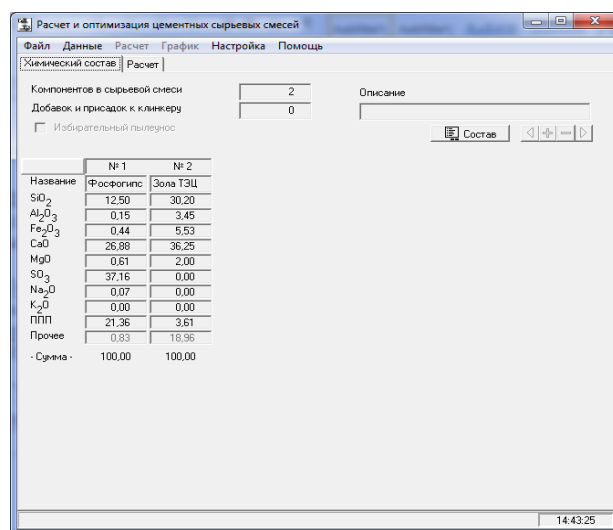
Программа «ROCS», по сравнению со всеми существующими у нас в стране и за рубежом программами и методами обладает рядом новых возможностей и позволяет:

- рассчитывать смеси с любым числом компонентов;
- учитывать ввод в сырьевую смесь или непосредственно в печь неограниченного числа добавок (компонентов с заданным расходом);
- производить расчет специальных цементов и проводить расчет по различным методикам (например, применяемым в Великобритании или США);
- оптимизировать состав сырьевой смеси и клинкера по различным характеристикам, в том числе по энергоемкости получаемых смесей;
- выдавать рекомендации по составлению смесей на основе сырьевой базы конкретного завода [11, 12].

Кроме расчета, когда задаются характеристики с числом, на единицу меньше числа сырьевых компонентов, а рассчитанные сырьевая смесь и клинкер в точности соответствуют заданным требованиям, в программе имеется возможность оптимизации сырьевой смеси. При оптимизации требования к клинкеру или сырьевой смеси задаются следующими способами:

- точное значение; приблизительное значение (программа подбирает состав смеси так, чтобы значение характеристики было как можно ближе к заданной);
- ограничение (диапазон изменения, за пределы которого значение выйти не может); минимальное или максимальное значение.

Эти способы могут быть заданы в любой комбинации, например для оптимизации двухкомпонентной смеси возможны следующие варианты (рисунок 1).



**Рис.1.** Интерфейс программы «ROCS» при оптимизации двухкомпонентной сырьевой смеси

С целью проведения оптимизации сырьевой смеси сырьевые материалы в виде известняка и хвостов обогащения балхашской обогатительной фабрики были взяты следующего химического состава, который приведен в таблице 1.

**Таблица 1. Химический состав сырьевых материалов**

Сырьевые материалы	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	п.п.п.
Известняк	1,35	0,16	0,45	54,88	0,61	42,36
Хвосты обогащения БОФ	58,90	12,10	8,03	9,12	-	9,60

Результаты оптимизации сырьевой смеси и минералогического состава клинкера проведенной при помощи программного комплекса «ROCS» приведены в таблице 2.

**Таблица 2. Расчет оптимизации двухкомпонентной сырьевой смеси и минералогического состава клинкера проведенной при помощи программного комплекса «ROCS»**

Задано: КН=0,70 n=2,0						14.11.2018 г.
<b>Химический состав сырьевых компонентов</b>						
	<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>CaO</b>	<b>MgO</b>	<b>ППП</b>
Известняк	1,35	0,16	0,45	54,88	0,61	42,36
Хвосты обогащения БОФ	58,90	12,10	8,03	9,12	-	9,60
<b>ПОКОМПОНЕНТНЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СЫРЬЕВОЙ СМЕСИ</b>						
	<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>CaO</b>	<b>MgO</b>	<b>ППП</b>
Известняк	0,963	0,114	0,321	39,163	0,435	30,228
Хвосты обогащения БОФ	16,869	3,465	2,300	2,612	-	2,749
Сырьевая смесь	17,83	3,58	2,62	41,77	0,44	32,98
<b>ПОКОМПОНЕНТНЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КЛИНКЕРА</b>						
	<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>CaO</b>	<b>MgO</b>	
Известняк	1,437	0,170	0,479	58,432	0,649	
Хвосты обогащения БОФ	25,169	5,171	3,431	3,897	-	
Клинкер	26,61	5,34	3,91	62,33	0,65	
<b>ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СЫРЬЕВОЙ СМЕСИ И КЛИНКЕРА</b>						
	<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>CaO</b>	<b>MgO</b>	<b>ППП</b>
Сырьевая смесь	17,83	3,58	2,62	41,77	0,44	32,98
Клинкер	26,61	5,34	3,91	62,33	0,65	26,61
Модули				Сырьевая смесь		Клинкер
КН (Коэффициент насыщения известью)				0,7		0,7
n (Кремнеземный модуль)				2,876		2,876
Р (Глиноземный модуль)				1,366		1,366
ТЭК (Тепловой эффект клинкерообразования, ккал/кг)				-		343,5
Гтопл (Расход топлива на обжиг, кг усл.топл/т кл)				-		192,8
<b>МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ</b>						
Минералы	<b>C<sub>3</sub>S</b>	<b>C<sub>2</sub>S</b>	<b>C<sub>3</sub>A</b>	<b>C<sub>4</sub>AF</b>	<b>CaSO<sub>4</sub></b>	<b>MgO кл</b>
Мас.%	10,06	68,69	7,54	11,90	0,00	0,65
<b>СОДЕРЖАНИЕ КОМПОНЕНТОВ</b>						
Материалы			Сырьевая смесь		Клинкер	
			Кг/кг кл	%	%	
Известняк			1,065	71,36%	61,37%	
Хвосты обогащения БОФ			0,427	28,64%	38,63%	
Сумма			1,492	100,00%	100,00%	

Таким образом, из полученных результатов проведенной оптимизации двухкомпонентной сырьевой смеси и минералогического состава порландцементного клинкера, приведенных в таблице 2, следует, что оптимальным составом сырьевой смеси является состав сырьевых компонентов в составе известняка - 71,36%, хвостов обогащения балхашской обогатительной фабрики - 28,64%, с выходом цементного клинкера следующего минерального состава - C<sub>3</sub>S - 10,06%; C<sub>2</sub>S - 68,69%; C<sub>3</sub>A - 7,54%; C<sub>4</sub>AF - 11,90%; MgO<sub>кл</sub> - 0,65%.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Сает Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды. - М.: Недра, 1990. - 334с.  
[2] Перельман А. И., Касымов Н.С. Геохимия ландшафта. М.: Астрель-2000, 1999. - 764 с.  
[3] Чигаркин А.В. Региональная геоэкология Казахстана. Алматы: Казак университеты, 2000. - 224 с.  
[4] Арбатов А.А., Астахов А.С., Лавров И.П. и др. Нетрадиционные ресурсы минерального сырья. М., Недра, 1988, 253 с.  
[5] Енбаев И.А., Руднев Б.П., Шамин А.А., Качевский А.И. Переработка отвалных хвостов фабрик и нетрадиционного сырья с применением эффективных обогатительных процессов. М., 1998, 60 с.  
[6] Оценка влияния на окружающую среду хвостохранилища к Балхашской обогатительной фабрики / Е.В. Баймакова // Вестник КазНУ. Сер. географ. – 2002. – № 2(15). – С.48-57.  
[7] Методы анализа: рентгеновская спектроскопия- URL: <http://www.eurolab.ru/rentgenspektrometriya>  
[8] Компьютерная обработка рентгеновских спектров. Методические указания к выполнению лабораторных работ и научно-исследовательских работ №1224.-Белгород, 2004г.- 32с.  
[9] Гоулдштейн Дж., Ньюбери Д., Эчлин П., Джой Д., Фиори Ч., Лифшин Э. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ: В 2-х книгах. Книга 1. Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 303 с.  
[10] Никольский К.Н., Батулин А.С. Растровый электронный микроскоп. Лабораторная работа. М.: Издательство МФТИ, 2003.- 40 с.  
[11] П.А. Трубаев Программа расчета и оптимизации цементных сырьевых смесей «ROCS». БГТУ им В.Г. Шухова, Белгород, 2006г.- 60с.  
[12] Классен В.К. Технология и оптимизация производства цемента: краткий курс лекций: учеб. пособие / В.К.Классен. – Белгород: Изд. БГТУ, 2012. – 310 с.

Колесников А.С., Махат С.А., Садыков Ж.А., Жақыпбаев Б.Е., Кутжанова А.Н., Изтілеуов Г.М.,  
Эстауова А.А., Колесникова О.Г., Крупа В.С., Төребекова А.М.

**Портландцементті клинкерді алуға арналған арналған екі құрамды шикізатты оңтайландыру.**

**Түйіндемe.** Бұл жұмыста «ROCS» бағдарламалық пакетін пайдалана отырып, Балқаш байытуфабрикасының қалдықтарын және әктас қамтитын екі компонентті шикізат қоспасын оңтайландыру бойынша зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Оңтайландыру портландтық төменнегізгі цемент клинкерін алу мақсатында жүзеге асырылды. Оңтайландыру барысында шикізатты араластырудың оңтайлы құрамы табылды, құрамында әктің 71,36% және қалдықтардың 28,64% бар. Сонымен қатар портландцемент клинкерінің минералды құрамы келесі минералдармен ұсынылған: C<sub>3</sub>S - 10,06%; C<sub>2</sub>S - 68,69%; C<sub>3</sub>A - 7,54%; C<sub>4</sub>AF - 11,90%; MgO<sub>cl</sub> - 0,65%.

**Түйін сөздер:** минералды және техногендік шикізат, әктас, байыту қалдықтары, шикізат қоспасы, оңтайландыру, портландцемент клинкері.

Kolesnikov A.S., Mahat S.A., Sadykov Zh.A., Zhakipbayev B.E., Kutzhanova A.N., Iztleuov G.M.,  
Estauova A.A., Kolesnikova O.G., Krupa V.S., Torebekova A.M.

**Optimization of two-component raw material mixture for receiving a cement clinker**

**Summary.** This paper presents the results of studies on the optimization of a two-component raw material mixture consisting of limestone and tailings of the Balkhash Concentrating Plant using the ROCS software package. Optimization was carried out with the aim of obtaining low-base Portland cement clinker. In the course of optimization, the appropriate composition of the raw material mixture was found, containing 71,36% of limestone and 28,64% of tailings in its composition. At the same time, the mineral composition of portland cement clinker was represented by the following minerals: C<sub>3</sub>S - 10,06%; C<sub>2</sub>S - 68,69%; C<sub>3</sub>A - 7,54%; C<sub>4</sub>AF - 11,90%; MgO kl - 0,65%.

**Key words:** mineral and man-made raw materials, limestone, enrichment wastes, raw mixture, optimization, portlandcement clinker.

УДК 66.08

**G.Sh. Duisenbekova, A.S. Kolesnikov, Zh.A. Sadykov, B.E. Zhakipbayev, A.N. Kutzhanova,  
G.M. Iztleuov, A.A. Yestauova, A.M. Torebekova, O.G. Kolesnikova, F. Shaimerdenova**  
(South Kazakhstan State University n.a. M.O. Auyezov » Kazakhstan, Shymkent  
E-mail: kas164@yandex.kz)

**RESEARCH OF PHOSPHOGYPSE DISPOSAL AS A SECONDARY RAW MATERIAL AS A SUPPLEMENT OF RAW MATERIAL MIXTURE WHEN RECEIVING A CEMENT CLINKER**

**Abstract.** This paper presents the results of studies on the involvement of man-made raw materials as the secondary raw materials, with finding the appropriate parameters of the raw material mixture to obtain Portland cement clinker. The limestone and loess of «Standard Cement» LLP were used as the mineral raw materials, and phosphogyp-

sum of «KazPhosphate» LLP and pyrite cinder of «Abadan» LLP were used as man-made raw materials. It was found that a maximum of 19.28% phosphogypsum can be used as an additive based on the research and calculations. It is possible to obtain high-quality cement clinker of the following mineralogical composition: C<sub>3</sub>S-58,88; C<sub>2</sub>S- 11,81; C<sub>3</sub>A-5,95; C<sub>4</sub>AF-10,37.

**Key words:** mineral and man-made raw materials, raw mixture, high-temperature synthesis, Portland cement clinker, alit, belit.

The purpose of the research conducted by us was the utilization by involving man-made phosphogypsum as an additive in the preparation of cement clinker for the cement industry [1].

Currently, the problem of using and processing phosphogypsum is becoming relevant for a number of reasons [2]:

- for quite a long time, the problems of processing and involving phosphogypsum as secondary raw materials on an industrial scale were not given sufficient attention in research and development research aimed at its industrial use, which contributed to the accumulation in the dumps of enterprises of an enormous amount of phosphogypsum;

- storage of phosphogypsum in dumps and its transportation are accompanied by significant costs of the financial and operational nature;

- during the construction of dumps for storage of phosphogypsum, significant land areas are allocated by alienation, which could be used in agriculture and which, after being stored on the surface of phosphogypsum, lose their reproductive function of fertile soils;

- carried out the storage of phosphogypsum in dumps built a long time ago, and not provided for the current volumes, even when implemented with all the rigor, according to the requirements of the dump, there is a harmful impact on the environment.

In the production of portland cement clinker, carbonate and rocks are mainly used, but also technogenic raw materials are used [3-8].

In our studies, limestone, the cement plant «Standard Cement» LLP and the man-made waste phosphogypsum «KazPhosphate» LLP were used as raw materials, and pyrite cinders of «Abadan» LLP were used as the iron-containing component.

The limestone we used consisted of calcite crystals of various sizes. The density of limestones is 2000 ... 2800 kg / m<sup>3</sup>, the limestone moisture content is 3 ... 10%, the compressive strength of limestone is 100 MPa. Phosphogypsum plant LLP "Kazphosphate" is easily combustible material of gray color with silk shine. It has a specific smell, the structure is friable, the texture is erratic, the structure is monomineral. The low moisture content is represented by lumps that form in a loose mass with interfragmental voids [3-8].

The applied loess is very fine-grained yellowish sandy-marly sediments consisting of the finest grains of sand, clay and calcium carbonate with various impurities. The porosity of loess is 40-55%. The rock is dominated by particles with sizes of 0.01-0.05 mm, and clay particles (less than 0.005 mm) are 5-30%. Large particles in the loess consist mainly of quartz and feldspar, in smaller quantities - of mica, hornblende, etc.

The chemical composition of raw materials is presented in table 1..

Table 1. Chemical composition of raw materials.

№	Component	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	SO <sub>3</sub>	MgO	L.O.I.
1	Limestone	3,53	0,96	1,17	52,94	0,04	1,07	40,3
2	Phosphogypsum	10,98	0,86	0,21	27,91	37,87	0,16	-
3	Loess	45,54	10,7	2,81	21,62	3,62	0,16	19,12
4	Pyrite cinder	14,91	3,01	61,21	1,79	0,16	1,27	0,1

The technogenic waste phosphogypsum was studied by us on the «DRON 3» x-ray phase analyzer [5]. Radiograph of phosphogypsum is shown in Fig. 1.

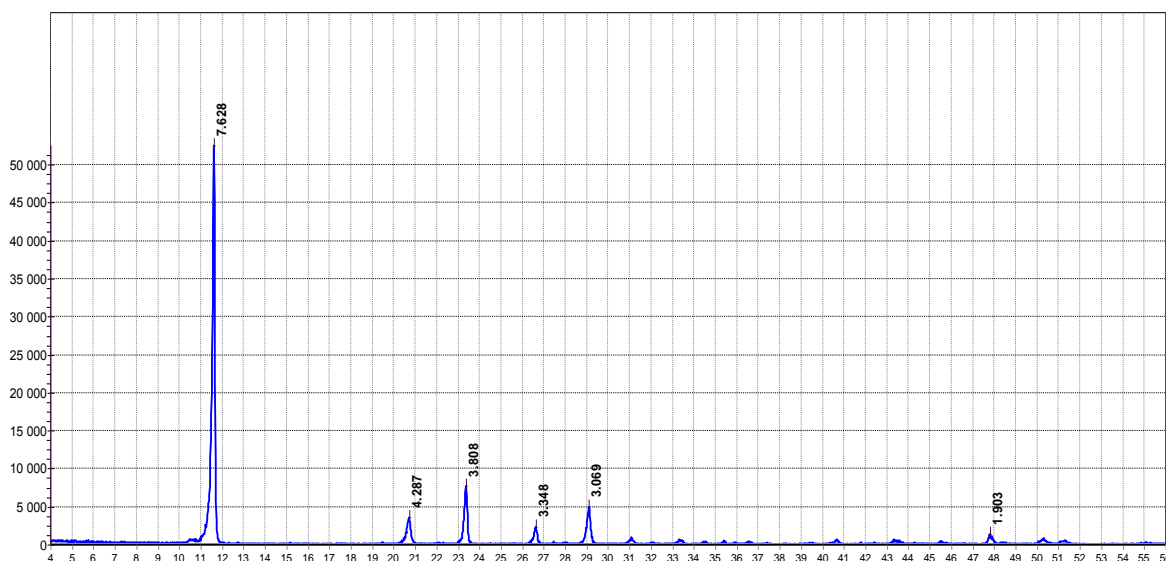


Fig. 1. Radiograph of phosphogypsum

X-ray phase analysis of the feedstock, phosphogypsum (Figure 1), made it possible to establish the presence on the radiograph of similar diffraction maxima with interplanar spacing parameters:  $d/n$  - 7,63; 4,29; 3,77; 3,06; 2,87; 2,08; 1,67; 1,62 Å. The indicated diffraction peaks are characteristic of the crystalline lattice of two-water gypsum -  $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ .

In order to identify the optimal parameters for the production of cement clinker from the above-mentioned raw materials, we applied the PCC 4 program for the calculation [9, 10].

The calculation results are shown in table 2.

Table 2. The results of the calculation at the RCC program.

Component	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	L.O.I	other	sum
Limestone	3,53	0,96	1,17	52,94	1,07	0,04	40,3	-0,01	100
Loess	45,54	10,7	2,81	21,62	3,62	0,16	19,12	-3,57	100
Phosphogypsum	10,98	1,6	0,21	29,91	0,16	33	16	8,14	100
Pyrite cinder	14,91	3,01	61,21	1,79	1,27	0,16	0,1	17,55	100

a1	-41,75438
b1	115,60466
c1	1,39542
d1	-63,42564

a2	1,795
b2	-11,765
c2	-6,455
d2	-145,64

a3	0,561
b3	-7,047
c3	-1,327
d3	-76,563

из	гл ком	4-ый ком
X=	Y=	Z=
33,6401412	11,468642	11,01402

K
1,442139

Chemical composition of raw materials, raw mix and clinker									
Component	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	ппп	sum	%
Limestone	2,08	0,57	0,69	31,18	0,63	0,02	23,73	58,89	58,89
Loess	9,14	2,15	0,56	4,34	0,73	0,03	3,84	20,08	20,07
Phosphogypsum	2,12	0,31	0,04	5,77	0,03	6,36	3,09	19,28	19,28
Pyrite cinder	0,26	0,05	1,07	0,03	0,02	0,00	0,00	1,75	1,75
raw mix	13,60	3,07	2,37	41,32	1,41	6,42	30,66	100,0	100,0
clinker	19,61	4,43	3,41	59,58	2,03	9,26		100,0	100,0
Mineralogical composition of cement clinker									
Limestone	G1	0,849	т/у						
Loess	G2	0,290	т/у						
Phosphogypsum	G3	0,278	т/у						
Pyrite cinder	G4	0,025	т/у						
							set	calculation	
C <sub>3</sub> S	58,88						КН =	0,93	0,93
C <sub>2</sub> S	11,81						n =	2,5	2,5
C <sub>3</sub> A	5,95						p =	1,3	1,3
C <sub>4</sub> AF	10,37								
sum	87,01								

Thus, from the given calculation data in table 2, we can conclude that 19,28% of phosphogypsum can be used as an additive, it is possible to obtain high-quality cement clinker of the following mineralogical composition: C<sub>3</sub>S-58,88; C<sub>2</sub>S- 11,81; C<sub>3</sub>A-5,95; C<sub>4</sub>AF-10,37.

#### REFERENCES

- [1] Государственная Программа индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2015-2019 годы. – Астана: 2015.
- [2] Колесников А.С., Даулетов М.А., Литвиненко Н.Д., Кузина А.А., Султанова А.И. Техногенный отход фосфогипс- как поликомпонентное вторичное сырье для промышленности/ XI МНПК «ZPRÁVY VEDECKÉ IDEJE», Чехия, 2015г. - С. 5-7.
- [3] Классен В. К. Техногенные материалы в производстве цемента: монография / В. К. Классен, И. Н. Борисов, В. Е. Мануйлов. - Белгород: БГТУ, 2008. - 125 с.
- [4] Тургумбаева Х.Х., Бейсекова Т.И., Лапшина И.З., Вакал С.В., Керимбаева И.Н., и др. Формирование местной сырьевой базы на основе техногенных отходов Жамбылского региона // Химический журнал Казахстана. - 2013. - № 2. - С. 151-157.
- [5] Дүйсенбекова Г.Ш., Колесников А.С., Айтуреев М.Ж., Джолдасова Ш.А., Изтлеуов Г.М., Естауова А.А., Бесбаева Н.А., Касимова Ж.Ж. Физико-химические исследование фосфогипса /Материалы за XIV международна научна практична конференция, Новината за напреднали наука - 2018 , 15-22 май 2018 г.: София.« Бял ГРАД-БГ» С. 109-112.
- [6] [http://inethub.olvi.net.ua/ftp/library/share/homelib/spec084/Ahmedov M.A., Atakuziev T.A. Fosfogips. Is-sledovanie i primenenie. \(1980\).djvu](http://inethub.olvi.net.ua/ftp/library/share/homelib/spec084/Ahmedov M.A., Atakuziev T.A. Fosfogips. Is-sledovanie i primenenie. (1980).djvu),
- [7] <http://conf.bstu.ru/shared/attachments/134818#1>.
- [8] [http://otherreferats.allbest.ru/geology/00047243\\_0.html](http://otherreferats.allbest.ru/geology/00047243_0.html)
- [9] Таймасов Б.Т. Программы расчетов сырьевых смесей РСС2, РСС3, РСС4 в технологии цемента / Б.Т. Таймасов, В.В. Бычков ; ЮКГУ им.Ауезова. - Шымкент : ЮКГУ, 2012. - 960 Кб.
- [10] Таймасов Б.Т. Бычков В.В. Методическое руководство по применению электронной вычислительной таблицы РСС «Расчет сырьевой смеси цементного завода».- Шымкент, ЮКГУ.-2005.- 7с.

Дүйсенбекова Г.Ш. Колесников А.С., Садықов Ж.А., Жақыпбаев Б.Е., Кутжанова А.Н., Изтлеуов Г.М., Эстауова А.А., Торебекова А.М., Колесникова О.Г., Шаймерденова Ф.

**Цемент клинкерін алу кезінде шикізат қоспасын қоспа ретінде қайталама шикізат ретінде фосфогипс қалдықтарын зерттеу**

**Түйіндеме.** Бұл мақалада техногендік шикізатты қайталама шикізат ретінде тарту бойынша зерттеулер нәтижелері, портландцемент клинкерін алу үшін шикізат қоспасының оңтайлы параметрлерін табу. «Стандарт Цемент» ЖШС-нің әк және минералды шикізат ретінде пайдаланылды, «Қазфосфат» ЖШС-нің фосфогипті және «Абадан» ЖШС пирит оғарқасы техногендік шикізат ретінде пайдаланылды. Зерттеулер мен есептерге сүйене отырып, аддитив ретінде 19,28% фосфогипсті максималды түрде пайдалануға болатындығы анықталды. Келесі минералогиялық құрамы жоғары сапалы цемент клинкасын алуға болады: C<sub>3</sub>S-58,88; C<sub>2</sub>S- 11,81; C<sub>3</sub>A-5,95; C<sub>4</sub>AF-10,37.

**Түйін сөздер:** минералды және техногенді материалдар, фосфогипс, пирит огаркасы, әктас, лес, шикізат қоспасы, оңтайландыру, минералды құрамы, портландцемент клинкері.

Дуйсенбекова Г.Ш., Колесников А.С., Садыков Ж.А., Жакипбаев Б.Е., Кутжанова А.Н.,  
Изтлеуов Г.М., Естауова А.А., Торебекова А.М., Колесникова О.Г., Шаймерденова Ф.

**Исследование отходов фосфогипса как вторичного сырья в качестве добавки сырьевой смеси при получении цементного клинкера**

**Резюме.** В настоящей работе приведены результаты исследований по вовлечению техногенного сырья в качестве вторичного сырья, с нахождением оптимальных параметров сырьевой смеси для получения портландцементного клинкера. В качестве минерального сырья использовали известняк и лёсс ТОО «Стандарт Цемент», а в качестве техногенного использовали фосфогипс ТОО «КазФосфат» и пиритный огарок ТОО «Абадан». На основании проведенных исследований и расчетов установлено, что можно использовать в качестве добавки максимум 19,28% фосфогипса. При этом возможно получить качественный цементный клинкер следующего минералогического состава:  $C_3S-58,88$ ;  $C_2S-11,81$ ;  $C_3A-5,95$ ;  $C_4AF-10,37$ .

**Ключевые слова:** минеральное и техногенное сырьё, фосфогипс, пиритный огарок, известняк, лес, сырьевая смесь, оптимизация, минеральный состав, портландцементный клинкер.

UDC 544.77

**A.S. Orazymbetova, M.G. Murzagaliyeva, A.K. Tanybayeva,  
K.D. Abubakirova, A.A. Rysmagambetova**  
(Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, E-mail: aina.tan@bk.ru)

## **THE STUDY OF CHEMICAL PROCESSES OF WASTEWATER TREATMENT**

**Abstract.** As a result of the spectrophotometric studies an assessment of precipitation suspensions of sorbents velocity is provided. The precipitation velocity has the maximum value for diatomite-1,4 units and minimum indexes for the zeolite - 0.8 units is registered, that is typical at choosing a sorbent for waste water treatment. To determine the particle size in the sorbents suspensions a sedimentation analysis in distilled water and wastewaters was executed. According to the results of the analysis the bentonite-montmorillonite, diatomite and zeolite in the main length composition of the particles are established to be close to each other.

**Key words:** wastewater, sedimentation, optical density.

**Introduction.** Wastewater cleaning of industrial enterprises from heavy metal ions are carried out traditionally reagent method, sorption or membrane technologies. One of the most simple, less expensive, affordable and effective methods are sorption methods of purification. However, the use of sorption technologies for the disposal of large-tonnage industrial effluents impose specific requirements on the used adsorption-active materials: they must be multifunctional to ensure the cleaning of effluents and emissions in a wide range of their composition according to the fast filter technology. An equally important issue is the subsequent disposal of the waste material.

There are no universal methods for wastewater cleaning for enterprises. A variety of technologies for the production of various products generates a variety of compositional wastewater. Based on the composition of the wastewater, one or another cleaning technology and equipment is selected.

In this paper, studies of colloid-chemical parameters during wastewater cleaning of «Kainar-AKB» LLP were conducted. As colloidal chemical parameters, it is common to understand such system properties as chemical composition, pH of solutions, particle sizes in suspensions, particle deposition rate, specific surface, etc.

To study the parameters of the adsorbent-wastewater system, natural sorbents were used as a sorbent material: diatomite (Ile field), red bentonite (Mukry field), bentonite-montmorillonite (Middle Tentek field) and zeolite (Maitobe field).

The pH of wastewater before and after cleaning with lime milk and sorbents has been established. It has been suggested that the highly acidic medium of wastewater before its purification ( $pH \approx 1$ ) is due to the presence of sulfate – ions in it, the content of which changes during cleaning with alkaline reagent due to their binding in insoluble precipitates. Cleaning of wastewater with natural sorbents does not give such an effect.

For determine the particle size in suspensions of sorbents, sedimentation analysis was carried out in distilled and wastewater. According to the analysis results, it was established that bentonite – montmorillonite, diatomite and zeolite are close to each other in terms of the basic size composition of particles; here most of the suspensions are occupied by particles whose sizes vary from  $2,5 \cdot 10^{-5}m$  to  $4,5 \cdot 10^{-5}m$ . In this series of adsor-



bents, bentonite (Mukry deposit) differs significantly in particle size, in which particles with sizes of  $15-17 \cdot 10^{-5}$  m are found on average, and the largest particles are also present here, their size reaching  $60 \cdot 10^{-5}$  m.

With sedimentation analysis of the same suspensions in wastewater, it was found that the particle sizes for bentonite – montmorillonite and red bentonite are reduced compared to those in pure water. For the first mineral, the probable diameter is  $1,5 \cdot 10^{-5}$  m, while in the case of the same suspension in distilled water it was  $2,5 \cdot 10^{-5}$  m. For red bentonite, the most probable particle diameter along the differential curve also shows the values - about  $10 \cdot 10^{-5}$  m, which is less than in distilled water ( $15-17 \cdot 10^{-5}$  m). The decrease in particle sizes for these minerals is most likely due to spontaneous dispersion, due to their layered structure, which are destroyed by the action of water molecules and ions present in the wastewater.

### RESULTS AND THEIR DISCUSSION

To study the colloid – chemical parameters in the wastewater – sorbent system, lime water, diatomite, bentonites and zeolite were used. Bentonites were taken from different deposits; therefore, for each type of clay, separate data are presented.

One of the important characteristics of the solutions is the pH value. The work also identified these indicators for wastewater before and after cleaning with lime milk. For untreated wastewater  $pH \approx 1$ , i.e. the medium is strongly acidic, which indicates a high concentration of strong acid anions. Sulfuric acid is used as an electrolyte for accumulators at the plant of «Kainar-AKB» LLP. Therefore, the presence of sulfuric acid residues in wastewater is natural. The presence of a large amount of sulfate ions in the emissions of wastewater is one of the urgent problems of cleaning. Thus, sulfate ions are another contaminating component of wastewater. The pH value determined after cleaning with milk of lime shows the change of the medium in the alkaline region, here this value is 9.98. Such a sharp change in the acidity of the medium is explained by the action of the reagent  $Ca(OH)_2$ , as a result of which the acidic anions present are bound to the  $Ca^{2+}$  ion to form an insoluble precipitate and, correspondingly, metal hydroxides present in the wastewater, which determine the high pH of the medium.

The pH of the wastewater that were purified by the tested natural sorbents was tested. The data obtained during the measurement, pH had values for all types of sorbents of about 1.3-1.6. These indicators indicate that sorbents do not bind acid residues, in other words, do not adsorb them.

The spectrophotometric studies were also carried out in the wastewater – sorbent system. These data were necessary to estimate the sedimentation rate of sorbents in wastewater, since this characteristic is important when using sorbents in wastewater cleaning. High turbidity after purification is an undesirable factor [1].

For research, we took 1 gram of each sorbent into 50 ml of waste water, then the resulting solution was stirred, poured into a cuvette and placed in a spectrophotometer. Every 30 seconds, the values displayed by the instrument were recorded, as soon as the sedimentation rate of the sorbent began to decrease, the observation time was increased to 5–10 minutes. Measurements of optical density data were carried out at a wavelength of 697 nm, since at this wavelength; the optical density of the blank solution (wastewater solution) was approximately zero.

The obtained data on the dependence of optical density on time in the wastewater – sorbent system are shown in Figure 1.

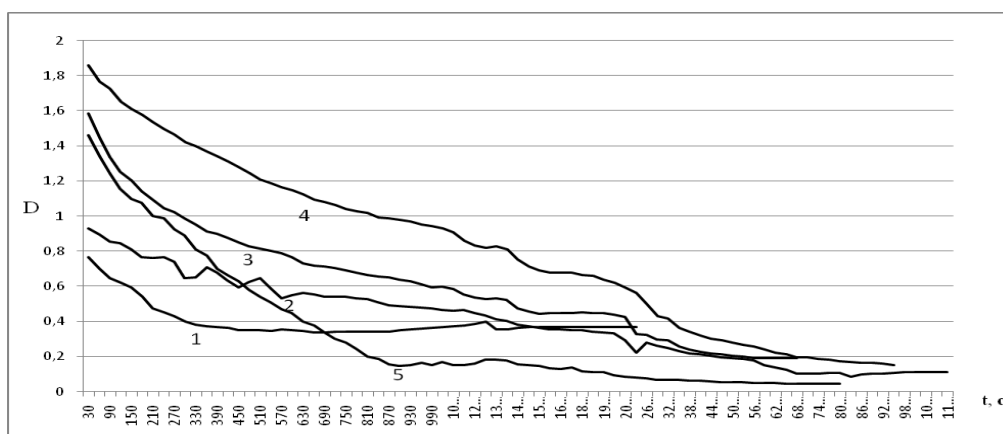


Figure 1. The dependence of the optical density of suspensions of sorbents in wastewater 1 – Lime water, 2 – red bentonite, 3 – bentonite montmorillonite, 4 – zeolite, 5 – diatomite

As can be seen from Figure 1, the optical density for different suspensions of sorbents in wastewater is very different. Initially, the measured optical density with limewater shows low D values, in contrast to all other sorbents. This is because the 5% solution of limewater is a slightly turbid solution of white color. The curve of optical density for this adsorbent shows that the maximum deposition is achieved within 400 seconds, but the density of the solution has changed by only 0.4 units. This indicates the retention of some turbidity of the solution of waste water after cleaning due to the presence of suspended particles of lime milk ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ).

Close to the initial values and the optical density related to red bentonite (Mukry field). But here precipitation takes quite a long time, maximum precipitation is observed after 2.5–3 hours. In general, the decrease in optical density reaches 0.8 units.

High values of optical density in the initial part of the curves are observed for bentonite – montmorillonite, zeolite and diatomite: here  $D > 1$ . This is explained by the rather high density (turbidity) of suspensions at the beginning of the experiment.

For montmorillonite (Middle Tentek field), as well as the example of red bentonite, the deposition takes a long time, the maximum precipitation is reached after 2 hours. The decrease in optical density by 1.5 units.

The decrease in optical density in the case of zeolite is 1.8 units. Maximum precipitation is achieved after 2.5 hours. In general, it should be noted that the curves for bentonite – montmorillonite and zeolite lie on the graph above other adsorbents, which means a slow decrease in the turbidity of the solution, respectively, the deposition rate of particles of these suspensions should have lower values and this is most likely due to the size of the dispersed phase.

More rapid subsidence is observed for diatomite suspension (Ile field). Here, the decrease in optical density quite sharply changes from 1.48 to 0.18 within 15 minutes and complete deposition occurs after 2.5 hours, and here the optical density has the lowest values (0.05) compared with other suspensions. Such a course of the curve suggests that diatomite particles are larger than other sorbents.

According to the curves, approximate calculations were made for the rate of decrease in optical density. The calculations were carried out by constructing tangents to the intersection point of the perpendicular from the randomly chosen time. The time was chosen arbitrarily; but it was calculated before the curve reached constant values. The data are shown in table 1.

Table 1. Calculated data on the rate of change of optical density in various suspensions

Adsorbent suspension	The rate of change of optical density
Limemilk	$1,50 \cdot 10^{-5}$
Bentonite red	$0,75 \cdot 10^{-5}$
Montmorillonite	$1,11 \cdot 10^{-5}$
Zeolite	$0,80 \cdot 10^{-5}$
Diatomite	$1,40 \cdot 10^{-5}$

As can be seen from table 1, the rate of change in optical density for milk of lime and diatomite are close in values and in this series, they are maximum. The lowest values of speed are bentonite red and zeolite, the intermediate value of speed belongs to montmorillonite. Based on all these data, we can say that the most rapidly precipitated sorbent of all is diatomite, despite the obtained values for lime milk. As noted earlier, in the case of the milk of lime, some turbidity of wastewater persists, which is undesirable.

In order to determine the size of particles in suspensions of sorbents, a sedimentation analysis was carried out for each of them.

Figure 2 shows the sedimentation curve of bentonite – montmorillonite (Middle Tentek field) in distilled water, which reflects the dependence of the change in the mass of sediment deposited on the cup attached to the torsion weights on time.

From the nature of the curve, it can be seen that the changes in the mass of the sediment in the initial time are insignificant. The calculations carried out according to the method [2] of the particle size (d, m) in this suspension and the relative weight of the precipitated sediment, which is the percentage of fractions (Q %) with different particle diameters, are shown in Table 2.

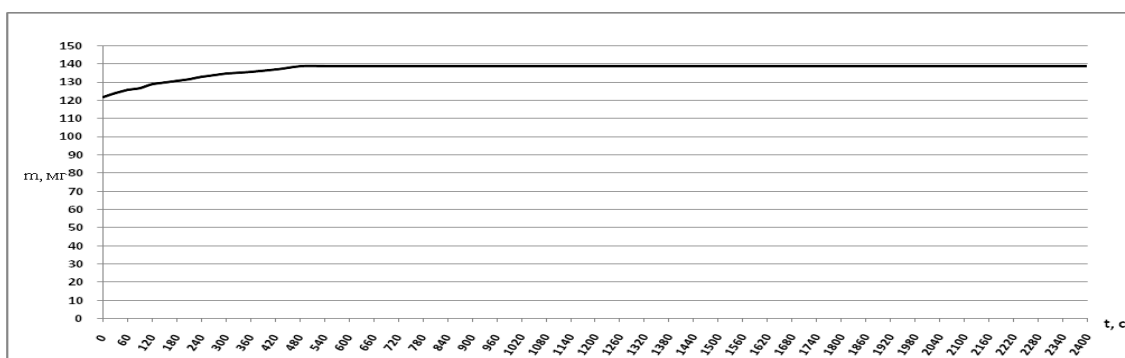


Figure 2. Sedimentation curve of bentonite - montmorillonite (Middle Tentek field) in distilled water

In a suspension of bentonite montmorillonite there are particles whose sizes vary in the range of  $1,2-11 \cdot 10^{-5}$  m. In order to get a more visual idea of the particle size distribution in the system, a differential distribution curve is constructed, which represents the mass distribution function  $F=|\Delta Q/\Delta d|$ , in the limit  $dQ/dd$ , of the particle diameter. In other words, according to this graph, it is possible to determine the most probable particle size present in a poly disperse system, as well as the smallest and maximum particle size. For montmorillonite bentonite, such a graph is presented in Figure 3.

Table 2. Calculation data on particle size and percentage fractions

Signification m, mg	Signification t, sec	d, m $10^{-5}$	Q%
30	5	11	21,7
55	30	6,7	39,8
70	60	3,8	50,7
95	90	3	68,8
110	125	2,5	79,7
128	180	2,3	92,7
130	240	1,9	94,2
135	330	1,4	97,8
137	450	1,2	99,2

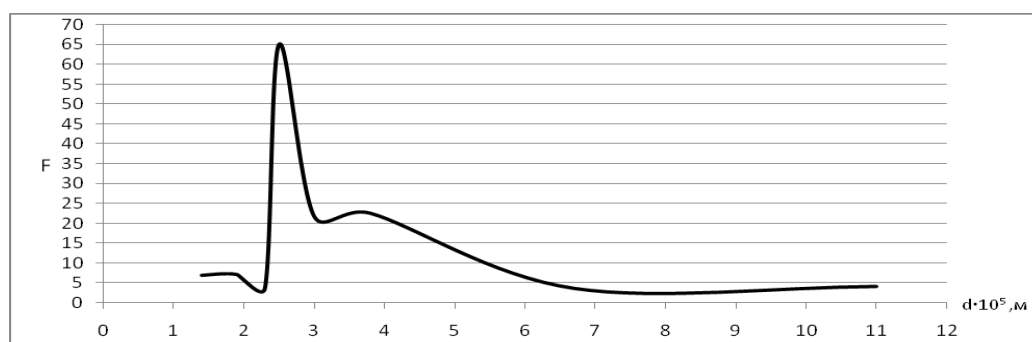


Figure 3. Differential distribution curve of particle size in the system: montmorillonite – distilled water bentonite

In montmorillonite, the most probable size on the graph is the particle diameter equal to  $2,5-3,0 \cdot 10^{-5}$  m, the minimum particle size is  $1,2-1,4 \cdot 10^{-5}$  m, and the maximum –  $11 \cdot 10^{-5}$ .

The Similar curves and calculations were obtained for other sorbents. In Figure 4, Table 3 and Figure 5 presents data on the suspension of diatomite.

Here, the sedimentation curve is more pronounced in comparison with montmorillonite: the initial part of the curve is subject to changes that are more significant. The particle sizes calculated from the sedimentation curve are larger than those of montmorillonite are. It can be seen from the differential curve (Figure 5) that most of this system consists of particles with sizes of  $3,1-4,5 \cdot 10^{-5}$  m, the minimum size is  $1,4 \cdot 10^{-5}$  m, and the maximum size is  $16 \cdot 10^{-5}$  m.

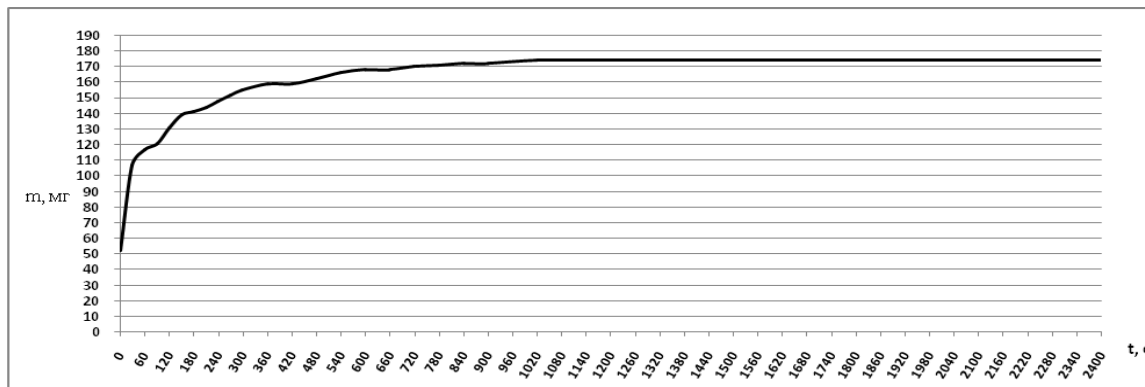


Figure 4. Sedimentation curve of diatomite (Ile field) in distilled water

Table 3. Calculation data on particle size and percentage fractions

Signification m, mg	Signification t, sec	d, $10^{-5}$	Q%
13	5	16	7,5
22	30	9,59	12,7
65	65	5,4	37,7
92	150	4,2	53,4
120	210	3,6	69,7
130	450	3,1	75,5
140	570	2,6	81,3
151	810	2	87,7
172	930	1,4	99,5

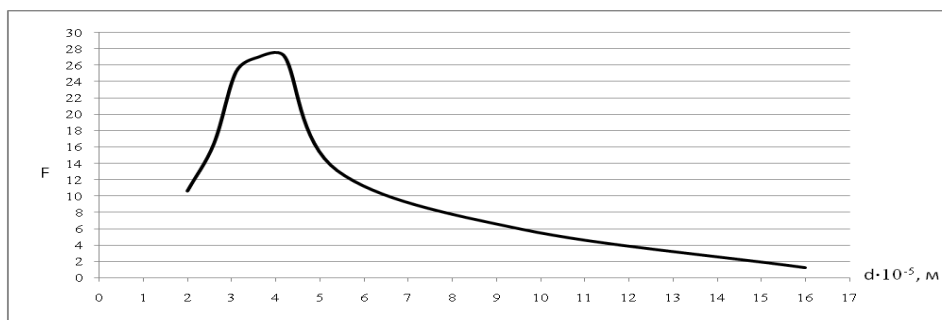


Figure 5. Differential distribution curve of particle size in the system: diatomite – distilled water

The data for bentonite are presented in Figures 6, 7 and Table 4. The initial part of the curve in Figure 6 has a short period of change in values, which indicates a very rapid precipitation at the beginning of the experiment, respectively, large particle sizes are expected to be obtained. This assumption is confirmed by calculations (table 4), according to which the detectable particle size reaches  $60 \cdot 10^{-5}$  m. The probable particle size is  $15-17 \cdot 10^{-5}$  m, the minimum is  $5 \cdot 10^{-5}$  m. These values exceed the values of diatomite about 4 times. In such a case, with spectrophotometric measurements, the curve of dependence of optical density on bentonite would have to decrease more sharply than the curve on diatomite. The probable explanation for the gradual decrease in the optical density of bentonite and montmorillonite is that this material belongs to the clay i.e. to lyophilic systems that can spontaneously disperse in water.

It is known that montmorillonite is the main component of bentonite. They belong to layered silicates, which explains their easy swelling in water. Due to the layered structure and weak coupling between the layers consisting of silicon-oxygen tetrahedra and aluminohydroxyl octahedra, various ions penetrate into the interpacket space when they swell together with water molecules. Montmorillonite has a large specific surface area (up to  $600-800 \text{ m}^2/\text{g}$ ) and a significant cation exchange capacity of  $80-150 \text{ mmoleq}/100\text{g}$  [3]. Swelling occurs gradual dispersion - complete separation of the layers, which leads to an increase in the turbidity of the solution, so we do not observe a sharp decrease in the optical density of the suspension with these clays.

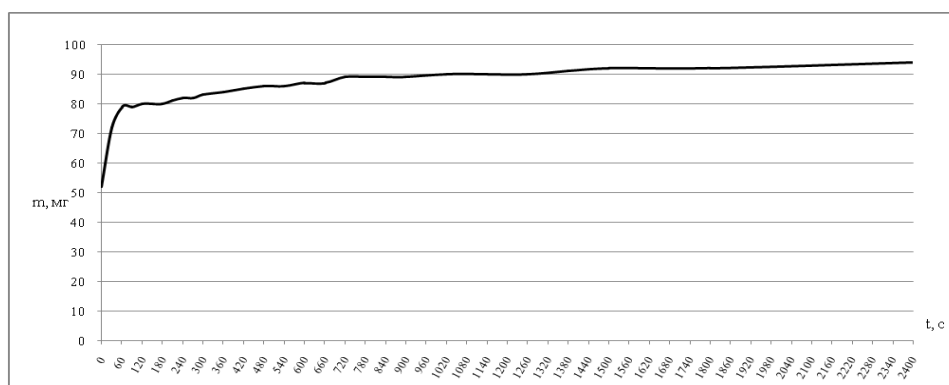


Figure 6. Sedimentation curve of red bentonite (Mukry field) in distilled water

Table 4. Calculation data on particle size and percentage fractions

Signification m, mg	Signification t, sec	d, $10^{-5}$	Q%
12	5	60	13
20	30	35	21
30	150	20	32
49	330	15	52
79	510	13	85
82	630	11	88
85	690	9	91
87	720	7	94
90	840	5	98

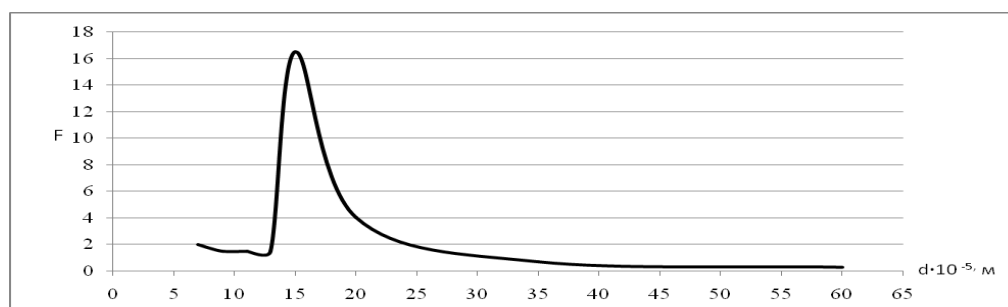


Figure 7. Differential particle size distribution in the system: red bentonite – distilled water

Figures 8, 9 and table 5 show the results of sedimentation analysis for zeolite. Here you can also note minor changes in the initial part of the curve (Figure 8). Particle sizes vary from  $1,1 \cdot 10^{-5}$  to  $34 \cdot 10^{-5}$  m, but from these data, as the differential curve shows, particles with a size of  $3,0 - 3,6 \cdot 10^{-5}$  m form the largest part of the system.

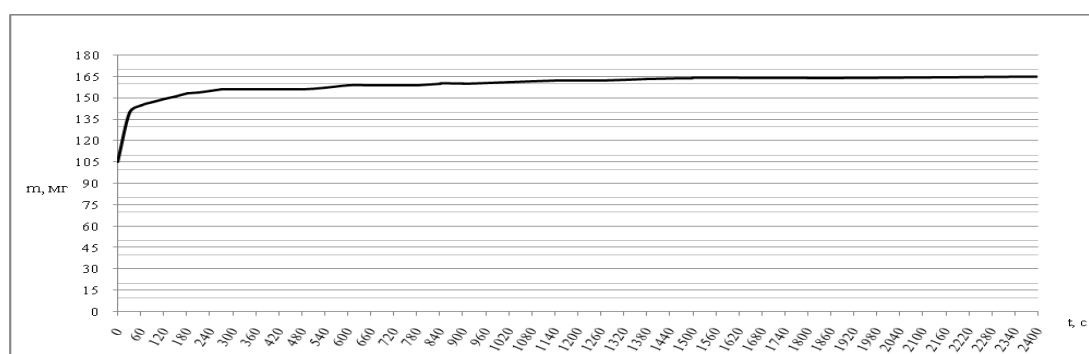


Figure 8. Sedimentation curve of zeolite (Maitobe field) in distilled water

Table 5. Calculation data on particle size and percentage fractions

Signification m, mg	Signification t, sec	d, $10^{-5}$	Q%
42	5	34	25,6
68	30	6,3	41,46
101	90	3,6	61,58
140	210	2,8	85,36
145	280	2,4	88,4
150	360	2,1	91,5
159	480	1,8	96,9
160	540	1,3	97,5
162	750	2,1	98,1

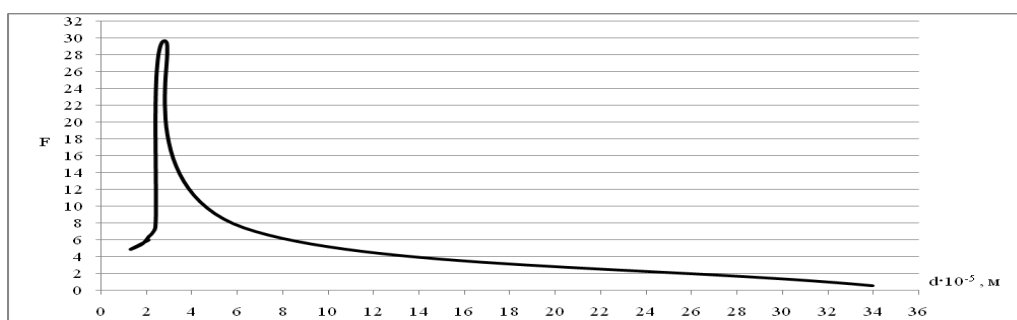


Figure 9. Differential distribution curve of particle size in the system: zeolite – distilled water

Thus, the sedimentation analysis of suspensions of bentonite – montmorillonite, diatomite, bentonite, and zeolite showed that they belong to poly disperse systems. Bentonite – montmorillonite, diatomite and zeolite are close to each other in terms of their basic size composition; here most of the suspensions are occupied by particles whose sizes vary from  $2,5 \cdot 10^{-5}$  m to  $4,5 \cdot 10^{-5}$  m. In this series of sorbents, bentonite (Mukry field) differs significantly in particle size, in which particles with sizes of  $15-17 \cdot 10^{-5}$  m are found on average, and the largest particles are also present here, their size reaching  $60 \cdot 10^{-5}$  m. However, despite the rather large particle sizes, the precipitation process could be affected by such factors as spontaneous dispersion of clay particles, which prevents the complete precipitation of the precipitate, due to the formation of small-suspended particles forming turbidity. This explains the slow decrease in optical density in previous studies.

#### REFERENCES

- [1] . O. M. Rosental, V. I. Dmitruk. Corporate quality measurement for analysis of stability of industrial water use and reliability of water control. Journal of Water Chemistry and Technology (pp. 280–283). Springer, January 2015.
- [2] . Yu. I. Tarasevich, E. V. Aksenenko. Interaction of water molecules with hydrophilic and hydrophobic surfaces of colloid particles. Journal of Water Chemistry and Technology (pp. 224–229). Springer, September 2015.
- [3] . Zayceva O.E. Cleaning of wastewater. Abstract of the dissertation thesis for candidate of medical science, - M. 2006 (In Russian) [Зайцева О.Е. Очистка сточных вод. Автореферат Дис.канд .мед. наук / Зайцева О. Е – М.,2006 г.]

Оразымбетова А.С., Мурзагалиева М.Г., Таныбаева А.К., Абубакирова К.Д., Рысмағамбетова А.А.

#### Ағын суларды химиялық тазалау процестерін зерттеу

**Аңдатпа.** Спектрофотометрлік зерттеу нәтижесінде сорбент суспензияларының тұну жылдамдығы бағаланды. Тұну жылдамдығы диатомит үшін максималды мәні 1,4-бірлікке және минималды мәні цеолит үшін 0,8-бірлікке тең болатыны және ағын суларлы тазартуда сорбентті таңдау жүйесіне сәйкес болатыны анықталды. Бөлшектердің өлшемдерін анықтау мақсатында сорбенттердің дистилденген және ағын судағы седиментациялық талдаулары жүргізілді. Талдау нәтижесінде бентонит–монтмориллонит, диатомит және цеолит бөлшектерінің негізгі құрамы өлшемдері бойынша бір-біріне жақын аудандарда ораналасқан екені анықталды.

**Түйін сөздер:** ағын сулар, седиментация, оптикалық тығыздық.

Оразымбетова А.С., Мурзагалиева М.Г., Таныбаева А.К., Абубакирова К.Д., Рысмағамбетова А.А.

#### Исследование химических процессов очистки сточных вод

**Резюме.** В результате спектрофотометрического исследования дана оценка скорости осаждения суспензий сорбентов. Показано, что скорость оседания имеет максимальные значения для диатомита-1,4 единиц и ми-

нимальные показания у цеолита - 0,8 единиц, что характерно при выборе сорбента для очистки сточной воды. Для определения размера частиц в суспензиях сорбентов был проведен седиментационный анализ в дистиллированной и сточной воде. По результатам анализов установлено, что бентонит-монтмориллонит, диатомит и цеолит по основному размерному составу частиц находятся близко друг к другу.

**Ключевые слова:** сточные воды, седиментация, оптическая плотность.

UDC 544.77

**A.S. Orazymbetova, M.G. Murzagaliyeva, A.K. Tanybayeva,  
K.D. Abubakirova, A.A. Rysmagambetova**  
(Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, E-mail: aina.tan@bk.ru)

### WASTEWATER TREATMENT OFF CHEMICAL POLLUTANTS BY NATURAL ADSORBENTS

**Abstract.** The study of X-ray analysis of the qualitative and semi-quantitative analysis of minerals was carried out, according to which the main component is a diatomite of  $\text{SiO}_2$ , in zeolite - Laumontite composition  $\text{Ca}_4\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{48} \cdot 14\text{H}_2\text{O}$  (51,3%). The bentonite basis is a beidellite-montmorillonite having an amorphous structure. Also the other inclusions are the indicated substances in these minerals typical for mineral compound of natural origin ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ ).

**Key words:** wastewaters, natural adsorbent, X-ray analysis.

**Introduction.** With the development of the industrial sector, the issue of industrial wastewater cleaning and waste disposal is becoming increasingly common. The ecological situation is worsening, because of which we are forced to tighten the requirements for the discharge of waste and wastewater from enterprises. As you know, almost no one company can operate without waste and wastewater. In the design of production, a few years ago did not particularly take into account the formation of wastewater, their further disposal and cleaning. As a rule, it was solved in an increasingly simple way; wastewater was discharged to the nearest receiving point or to a relief (reservoir). The consequences of the discharge of wastewater were not calculated.

Nowadays the situation connection with wastewater discharge is changing. They require the search and development of the most effective solutions in the field of industrial wastewater cleaning.

With the advent of modern wastewater cleaning methods, the problem of purifying discharges began to find their solutions. The diversity of the composition of the effluent determines the breadth of choice of various technological schemes and equipment for their cleaning. The range of equipment for the cleaning of industrial wastewater includes apparatus from various industries, adapted to the necessary requirements. The available range of wastewater cleaning equipment is constantly expanding with the advent of new, more efficient technologies.

As a result of wastewater cleaning studies «Kainar-AKB» LLP, bentonite montmorillonite (Middle Tentek field), red bentonite (Mukry field), zeolite (Maitobe field) and diatomite (Ili field) were chosen as natural adsorbents.

To identify the chemical composition of the objects under study, an x-ray phase analysis was performed. A qualitative and semi-quantitative analysis of the minerals was made, according to which the main component of diatomite is  $\text{SiO}_2$ , and the zeolite has the Laumontite composition  $\text{Ca}_4\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{48} \cdot 14\text{H}_2\text{O}$  (51,3%).

Studies have shown that natural minerals from the Almaty region have sorption properties that could be used for practical purposes, in particular for wastewater cleaning. Since the results obtained exceeded the Maximum Permissible Concentration (MPC) standards imposed on wastewater, it could be recommended to use these sorbents in wastewater cleaning processes along with other methods (reagent, biological, etc.).

### RESULTS AND THEIR DISCUSSION

The main objective of the research was to conduct wastewater cleaning of «Kainar-AKB» LLP using natural adsorbents. Bentonites, diatomite and zeolite were chosen as natural adsorbents. All these minerals are characterized as good adsorbents due to their structure and properties [1-3]. The adsorbents of the Almaty region were taken: bentonite montmorillonite (Middle Tentek field), red bentonite (Mukry field), zeolite (Maitobe field) and diatomite (Ili field).

To conduct research on the cleaning of wastewater from heavy metal ions, it is necessary to know the chemical composition and structure of the potential adsorbents used. For this, according to the data of minerals, an X-ray phase analysis was carried out, which clearly demonstrates the qualitative and semi-quantitative composition of the studied minerals.

Figure 1 shows the radiograph of diatomite (Ili field).

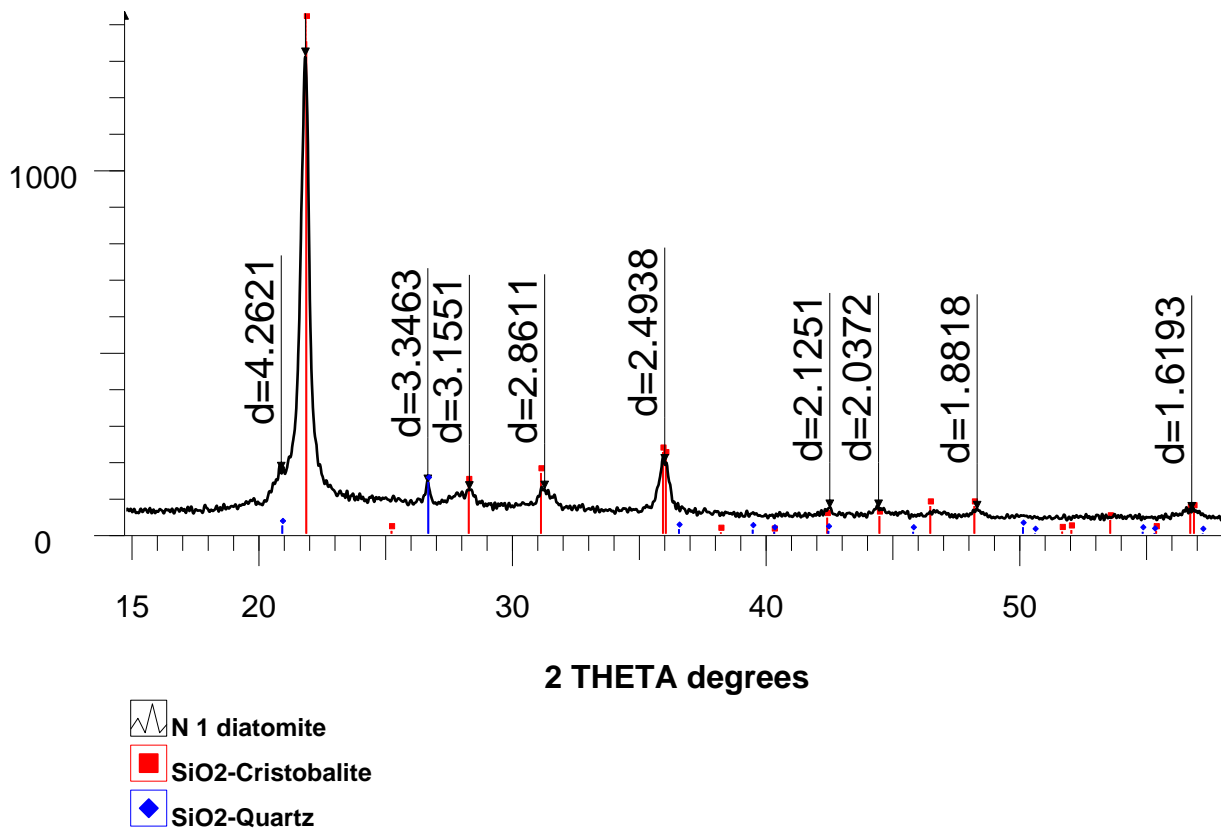


Figure 1. Radiograph of diatomite (Ili field)

Based on radiographs, a semi-quantitative analysis of this mineral were made, the data of which are given in Table 1.

Table 1. The results of semi-quantitative analysis of diatomite (Ili field):

Formula	%
SiO <sub>2</sub> -Cristobalite	95.7
SiO <sub>2</sub> -Quartz	4.3

The diatomite is silicon oxide, which is in different forms. Cristobalite is a high-temperature modification of quartz SiO<sub>2</sub>. Cristobalite is found in the form of spherulites or grapes (balls up to 1 mm in size) in obsidian (volcanic glass), as well as in voids. Sometimes with overgrown plates of tridimite on cristobalite crystals, in granular clusters of regular octahedral, rarely in the form of a complex honeycomb structure, pseudo cubic crystals (spherical crystals), massive forms. Usually it has a milky to yellowish and light brown color. It has a high hardness of 6-7, specific gravity of 2.32-2.36 g/cm<sup>3</sup>.

Thus, high mechanical hardness, resistance to high temperature, as well as aggressive environments of diatomite is provided by its composition. The adsorption properties of diatomite are mainly due to its high porosity.

The radiograph (Figure 2) and Table 2 shows the main composition of the zeolite (Maitobe field).



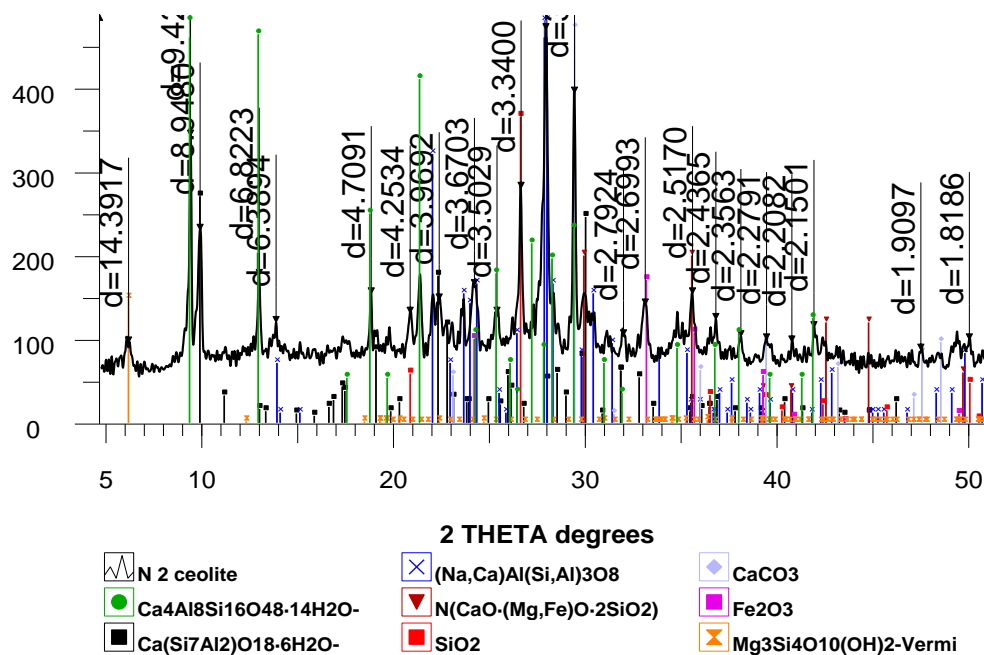


Figure 2. Radiograph of a zeolite (Maitobe field).

Table 2. Results of semi quantitative analysis of zeolite (Maitobe field):

Formula	%
$\text{Ca}_4\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{48} \cdot 14\text{H}_2\text{O}$ -Laumontite	51.3
$\text{Ca}(\text{Si}_7\text{Al}_2)\text{O}_{18} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ - Heulandite-Ca	16.1
$(\text{Na,Ca})\text{Al}(\text{Si,Al})_3\text{O}_8$ - Albite	10.1
$\text{N}(\text{CaO} \cdot (\text{Mg,Fe})\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2) \cdot (\text{Al,Fe})_2\text{O}_3$ - Augite	7.6
$\text{SiO}_2$ - Quartz	6.6
$\text{CaCO}_3$ - Calcite	6.2
$\text{Fe}_2\text{O}_3$ - Haematite	1.9
$\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ -Vermiculite	0.2

As can be seen from the radiographs and the table, zeolite itself is a complex mixture of natural minerals, which have their own characteristics and composition. For example, lomontite belongs to the group of zeolites based on aqueous calcium aluminosilicate. It has a Mohs scale of 3.5-4, a density of 2.23-2.41 g / cm<sup>3</sup>, while it is quite fragile. Heulandite is a mineral, frame silicate from the group of zeolites. Albite (lat. Albus - white) is one of the most common rock-forming minerals, white sodium feldspar of magmatic origin of the class of silicates, aluminosilicate of the plagioclase group. Augite (from the ancient Greek αὐγή - "shine, brilliance") is a rock-forming mineral from the group of wedge-pyroxenes  $\text{Ca}(\text{Mg,Fe,Al})[(\text{Si,Al})_2\text{O}_6]$ . Color from green to black. Hardness 5-6.5. It is part of andesite, basalt, diabase and other igneous rocks, mainly of a basic nature. Hematite is a widespread iron mineral  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , one of the main iron ores. Synonyms: red iron, iron shine (outdated) has a hardness of 5.5-6.5. Fragile. Density 4.9-5.3. Vermiculite is a mineral from the group of hydromica having a layered structure, hardness on a mineralogical scale of 1–1.5, density 2.4–2.7 g/cm<sup>3</sup> (exfoliated - 0.065–0.130 g/cm<sup>3</sup>).

Biologically is resistant vermiculite - is not susceptible to decomposition and rot under the action of microorganisms, is not a favorable environment for insects and rodents, and is chemically inert - neutral to the action of alkalis and acids. In general, it can be seen that zeolite (Maytobe field) mainly contains minerals that have relatively high hardness and mechanical strength. An important property of zeolites is the ability to ion exchange, due to its crystal structure, which is formed by the tetrahedral  $\text{SiO}_{2/4}$  and  $\text{AlO}_{2/4}$  groups,

united by common vertices in a three-dimensional framework, permeated with cavities and channels (windows) of 2-15 angstroms [4-5]. A similar X-ray phase analysis was carried out with two bentonites. For the first bentonite-montmorillonite radiograph is presented in Figure 3. For this sample, conducting a semi-quantitative analysis is almost impossible due to its low crystallization. Bentonite belongs to layered clays, therefore there are no pronounced crystals in its structure, and i.e. it is an amorphous material.

A similar X-ray phase analysis was carried out with two bentonites. For the first bentonite-montmorillonite radiograph is presented in Figure 3. For this sample, conducting a semi-quantitative analysis is almost impossible due to its low crystallization. Bentonite belongs to layered clays, therefore there are no pronounced crystals in its structure, and i.e. it is an amorphous material.

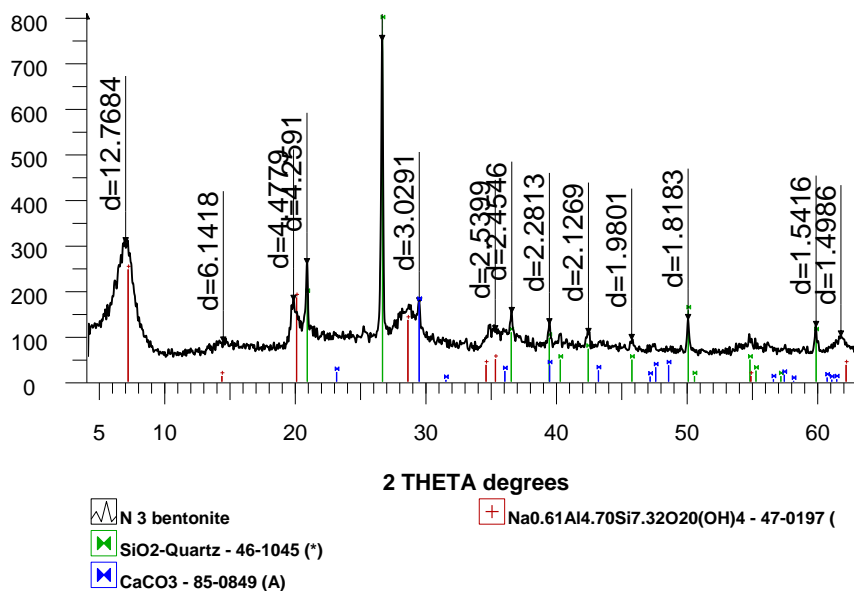


Figure 3. Radiograph of a sample of bentonite-montmorillonite (Middle Tentek field).

In general, the main component of the studied bentonite is beidellit or otherwise - montmorillonite. It is a clay mineral belonging to the subclass of layered silicates. This mineral has the ability to strongly swell due to its structure and has pronounced sorption properties (Figure 4).

Three-layer package (2:1): two layers of silicon-oxygen tetrahedral facing each other, on both sides, cover the layer of aluminum-hydroxyl octahedral. In this regard, the connection between the packages is weak, the inter packet distance is large and ions and water molecules can get into it. Because of this, the mineral swells up when wetted. The presence of isomorphous substitutions, the huge specific surface area (up to 600–800 m<sup>2</sup>/g) and the ease of penetration of ions into the interpacket space cause a significant cation exchange capacity (80–150 mmoleq/100 g).

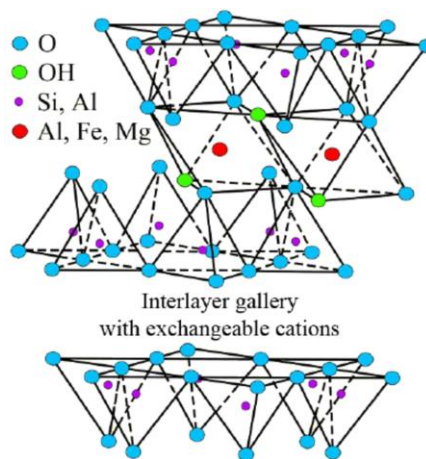


Figure 4. Structure of montmorillonite

The fourth sample has a similar composition, which is red bentonite (Mukry field) (Figure 5). The sample contains the same Beidellite-12A - montmorillonite, as in the previous case. However, the content of this smectite here is less.

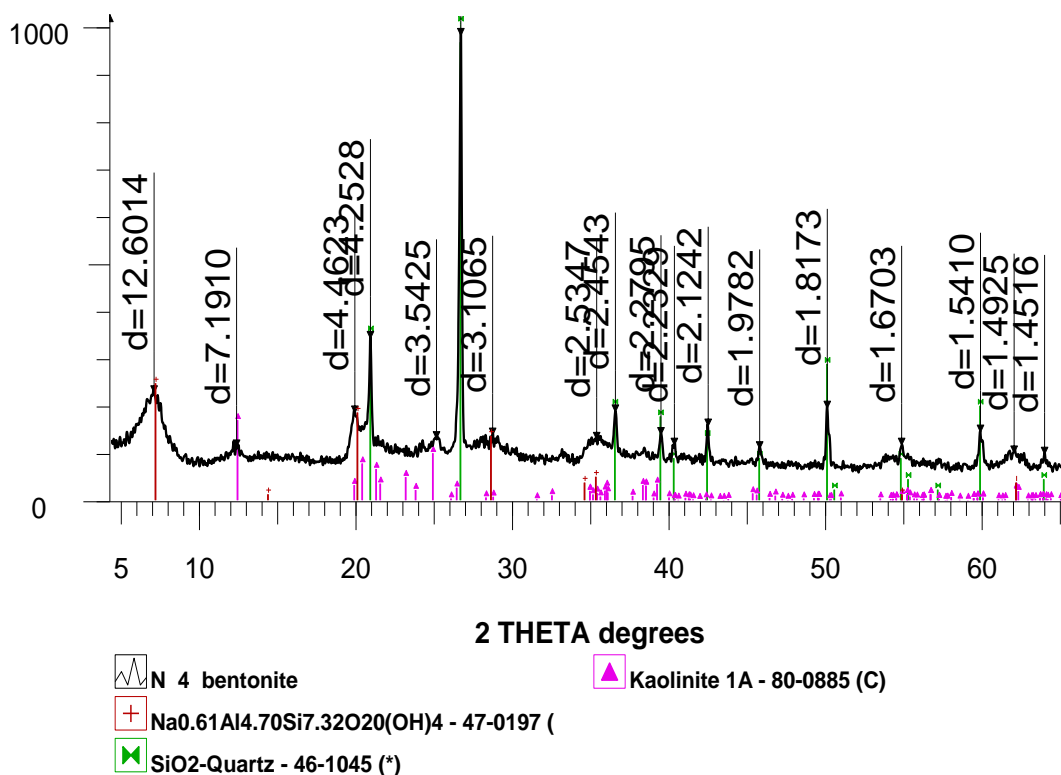


Figure 5. Radiograph of red bentonite (Mukry field).

Thus, the performed X-ray phase analysis gave a complete picture of the chemical composition of the studied materials. In general, we can expect the manifestation of the adsorption properties of these minerals, which should be provided due to the high porosity in the case of diatomite and zeolite or the penetration of ions into the inter packet space between the bentonite layers.

#### REFERENCES

- [1] . Gagik Badalians Gholikandi, Mohammad Mehdi Baneshi, Emad Dehghanifard, Saeed Salehi, Ahmad Reza Yari, Natural zeolites application as sustainable adsorbent for heavy metals removal from drinking water, Iranian Journal of Toxicology, Volume 3, № 3, Autumn 2010
- [2] . Ju; Okoli, IbeEzuma, Adsorption studies of heavy metals by low-cost adsorbents, J. Appl. Sci. Environ. Manage. September 2014 Vol.18 (3) 443-448
- [3] . Kafia M. ShareefSurchi, Agricultural Wastes as Low Cost Adsorbents for Pb Removal: Kinetics, Equilibrium and Thermodynamics, International Journal of Chemistry, Vol. 3, No. 3; August 2011
- [4] . Khadhraoui M., Watanabe T. Kuroda M. The effect of the physical structure of a porous Ca-based sorbent on its phosphorus removal capacity // Water Research. – 2002. – Vol. 36. – № 15. – P. 3711–3718.
- [5] . Khraisheh M.A., Al-GhoutiM.A., Allen S.J., Ahmad M.A. The Effect of pH, Temperature, and Molecular Size on the Removal of Dyes from Textile Effluent Using Manganese Oxides-Modified Diatomite // Water Environment Research. – 2004. – V. 76. – № 7. – P. 2655–2663.

Оразымбетова А.С., Мурзагалиева М.Г., Таянбаева А.К., Абубакирова К.Д., Рысмағамбетова А.А.

**Ағынды суларды табиғи адсорбенттермен химиялық ластағыштардан тазарту**

**Түйіндеме.** Минералдардың жартылай сандық және саапалық рентгенқұрылымдық талдау жүргізілді және нәтижесінде минерал құрамының негізгі компоненті диатомит  $\text{SiO}_2$ , цеолите ламониттігі  $\text{Ca}_4\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{48} \cdot 14\text{H}_2\text{O}$  (51,3%) құрам екені анықталды. Bentonиттің негізін аморфты құрылымға ие бейделлит-монтмориллонит құрайды. Бұл минералдың компоненттік құрамына өзіне тән құрамдас компоненттер ретінде бұдан басқа да табиғи тектес заттар ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ ) кіреді.

**Түйін сөздер:** ағын сулар, табиғи адсорбент, рентгенография.

Оразымбетова А.С., Мурзагалиева М.Г., Таныбаева А.К., Абубакирова К.Д., Рысмагамбетова А.А.

**Очистка сточных вод от химических загрязнителей природными адсорбентами**

**Резюме.** Проведено исследование рентгеноструктурного анализа качественного и полуколичественного анализа минералов, согласно которому основным компонентом является диатомит  $\text{SiO}_2$ , в цеолите - ламонитовый состав  $\text{Ca}_4\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{48} \cdot 14\text{H}_2\text{O}$  (51,3%). Основой бентонита является бейделлит-монтмориллонит, имеющий аморфную структуру. Также указанными веществами в этих минералах являются другие компоненты, характерные для минерального соединения природного происхождения ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ ).

**Ключевые слова:** сточные воды, природный адсорбент, рентгенография.

УДК 544.723

T.S. Sagyndykova, P.T. Yermenbek, A.Zh. Kenakhonova, E.K. Abdulina, G.A. Tolegen

**THE STUDY OF THE KINETICS OF POLYACRYLIC ACID AND POLY-4-VINYLPYRIDINE IN AQUEOUS MEDIA IN AN INTERCONNECTED SYSTEM.**

**Abstract.** Creating systems of poly-2-methyl-5-vinylpyridine and polyacrylic acid, which can be classified and concentrated in the study of sodium cation, which is studied in a large number of ions from the aquatic environment

**Key words:** methylacryl acid  $\text{CH}_3\text{-CH=CH-COOH}$ , acrylic acid  $\text{CH}_2\text{=CH-COOH}$ , Sodium thiosulphate ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ), Poly-2-methyl-5-vinylpyridine gel, sorption, sorbent, adsorbent, zeolite, spectrophotometry, IR-spectroscopy, CSR, spectrophotometer.

Т.С. Сагындыкова, П.Т. Ерменбек, А.Ж. Кенахонова, Е.К. Абдулина, Г.А. Төлеген

(МЕББМ Қазақстан-Ресей медициналық университеті, Алматы, Қазақстан

E-mail: Peri\_28.03.1993@mail.ru, mara\_12\_92@mail.ru)

**ПОЛИАКРИЛҚЫШҚЫЛЫ МЕН ПОЛИ-4-ВИНИЛПИРИДИН ИНТЕРГЕЛЬДІК ЖҮЙЕДЕ СУ ОРТАСЫНДА ІСІНУ КИНЕТИКАСЫН ЗЕРТТЕУ.**

**Аннотация:** Жұмыста су ортасынан көп иондардың ішінен зерттеліп отырған, натрий катионын сұрыптап бөліп алатын және шоғырлауға мүмкіндік беретін поли-2-метил-5-винилпиридин және полиакрил қышқылы интергелдік жүйелерін жасау.

**Кілт сөздер:** Метилакрил қышқылы  $\text{CH}_3\text{-CH=CH-COOH}$  акрил қышқылы  $\text{CH}_2\text{=CH-COOH}$ , Натрий тиосульфаты ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) Поли-2-метил-5-винилпиридин гелі, сорбция, сорбент, адсорбент, цеолит, спектрофотометрия, ИҚ-спектроскопия, ЯГР, спектрофотометр

Гидрогельдің ісіну дәрежесі төменгі формула бойынша есептеледі  $\alpha=(m-m_0/m_0)$  (мұндағы  $m$  және  $m_0$  кептірілген және ісінген үлгінің массасы). Ал, гидрогель үлгісінің ісіну кинетикасы  $M_t/M_\infty=kt^n$  формуласымен есептеледі, мұндағы  $M_t$  –  $t$  уақыт аралығындағы сорбцияланған сұйықтықтың массасы;  $M_\infty$  тепе-теңдік – ісінген куйге жеткенге дейінгі сорбцияланған сұйықтық массасы, яғни  $t \rightarrow \infty$  болғанда;  $k$  – гидрогельдің сипатамалық константасы;  $n$  – сипатамалық экспонент, гель көлеміндегі сұйықтықтың диффузиялық механизмін сипаттайды.

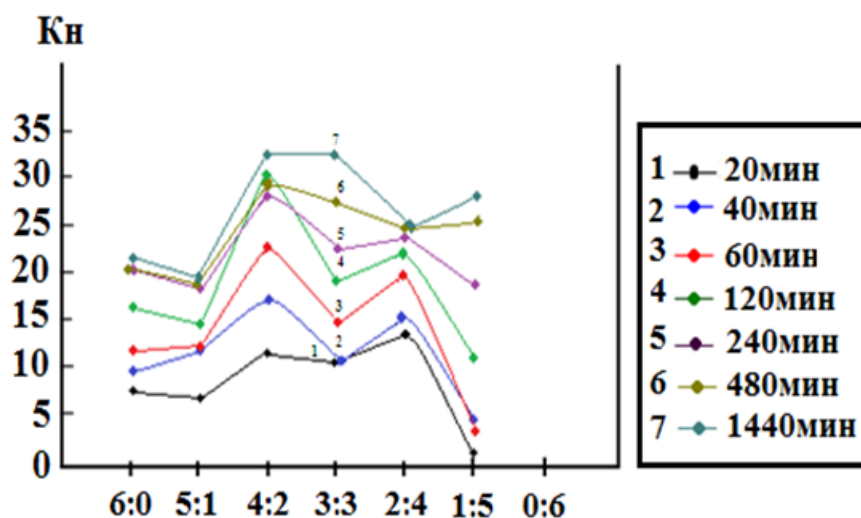
Гидрогельдердің ортаға (рН) сезімталдылығын зерттеу.

Гидрогельдің ортаға сезімталдылығын мына формулаға сәйкес анықталды:  $(m_{pH}/m_{i.g.})$  мұнда  $m_{pH}$  – рН мәніне берілген гелдің массасы;  $g$ ;  $m_{i.g.}$  – гелдің массасы (судың қатынасында ісінген гел) және гидрогельдің ісіну дәрежесінің ерітінді рН – на тәуелділік тұрғызылады.

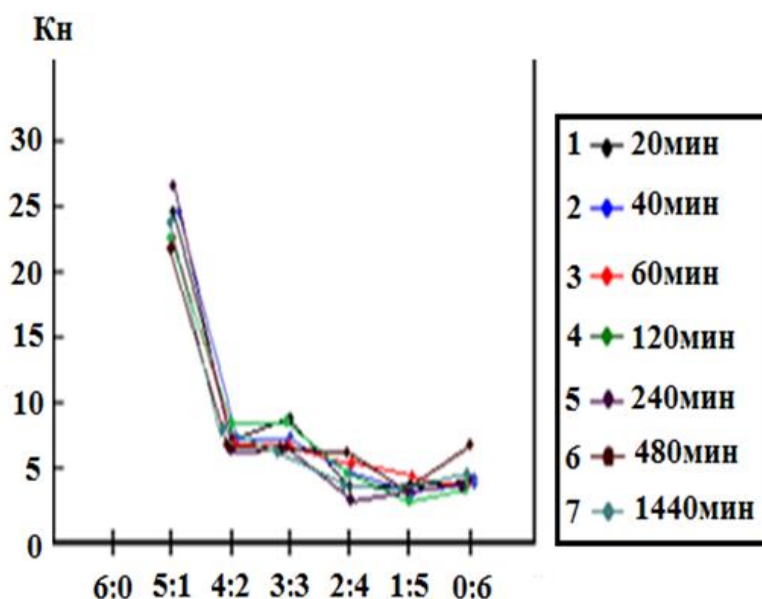
Ісінген гелдің тепе-теңдік дәрежесін анықтағаннан кейін, төмендегідей формула бойынша анықтаймыз:  $K_H=(m-m_0)/m_0$ , мұнда  $m$  – тепе-теңдікте ісінген полимердің массасы,  $g$ ;  $m_0$  – құрғақ гелдің массасына тең. Ісіну дәрежесінің мәнін үш өлшемнен кейінгі орта мәнімен анықталады.

Қашықтықтан әсер ету нәтижесінде полимер гидрогельдерде полиқышқылының  $K_1$  ісіну коэффициентінің өзгеруін көрсетеді.  $K_1$  гПАҚ:гП4ВП қатынасы тәуелділіктерінде полиқышқылдың ісінуінің әлдеқайда артуын гПАҚ:гП4ВП=4:2 қатынасында байқаймыз. Бұл нәтижелер осы қатынаста полиқышқылдың түйінаралық буындарының бойымен қышқыл гидрогельдің полимерлік тізбегінің айналуына әкелетін қышқылдық топтардың жоғары иондануынан зарядталған топтардың максималды тығыздығы пайда болатынын көрсетеді.  $K_1$  артуы 2:4 қатынасында да байқалады. Яғни, бұл нәтижелер түйінаралық буындардың конформациялық жағдайы функционалдық топтардың диссоциациясы

кезінде түзілген зарядталған топтардың концентрациясымен емес иондану дәрежесімен анықталатынын көрсетеді.



1 - сурет. Сулы ортада полиакрилқышқылы гидрогельмен поли-4-винилпиридин гидрогелінің ПАҚ және П4ВП қатынасында  $K_1$  ісіну коэффициентінің тәуелділіктері.



2 - сурет. Сулы ортада поли-4-винилпиридин гидрогелінің гель полиакрилқышқылы және гель поли-4-винилпиридин интергельді жүйесінде  $K_1$  ісіну коэффициентінің тәуелділіктері.

Сулы ортада негіздік гидрогель поли-4-винилпиридиннің полиакрилқышқылы гидрогелі қатысында  $K_1$  өзгерісін сипаттайды. Полиқышқылдың артуымен гП4ВП қосымша артуы байқалады. Бұл полинегіз буындарының қосымша белсенді күйге көшуін көрсетеді. Қисықтардың жақын орналасуынан минимум мен максимум нүктелерін табу қиын. Қисықтардың жалпы сыртқы көрінісі қышқылдық гидрогель қатысында катионды гидрогельдің  $K_1$  артатынын көрсетеді.

Поли-4-винилпиридин гелі әлсіз полинегіздер сияқты сулы ортада әлсіз ісінеді. гП4ВП  $K_1$  7,8 есе артуы винилпиридин буындарының иондануының күшті дәрежесін көрсетеді. Бұл карбоксил тобынан бөлінген протонның полинегіздің азот атомдарымен байланысуына негізделуі мүмкін.

Осылайша, алынған нәтижелер сулы ортада полиакрилқышқылы мен поли-4-винилпиридин гидрогельдері бірін-бірі белсендіре отыра және қарама-қарсы зарядталған иондармен бейтарапталмаған иондар түзе отыра өзара қашықтықтан әрекеттесетінін көрсетті.

ӘДЕБИЕТ

- [1] Б.Ержет, Т.К. Джумадилов, Ж.К. Корганбаева и др. Электрохимические и объемно-гравиметрические свойства интергелевой системы на основе гидрогелей полиакриловой кислоты и поли-4-винилпиридина // Bulletin d'EUROTALENT – FIDJIP, 2013, Volume 5.-P41-45.
- [2] Бектуров Е.А. // Полимерные электролиты, гидрогели, комплексы и катализаторы Алматы 2007г.С.140-143
- [3] Bekturov E.A., Frolova V.A., Mamytbekov G.K. Swelling of poly(2-methyl-5-vinylpyridine) gel in linear sodium poly(vinylsulfonate) solution // Macromol. Chem. Phys. – 1998. - Vol. 199. - P. 1071-1073.
- [4] 4. Т.Қ. Джумадилов, Н.О.Мырзахметова, К.А. Досжанова, О.Кеноханова, П. Ерменбек. Полимерлік гидрогельдер алу және оларды зерттеу. АКПІНАР DERGISI №52, SAYI EKI, Kasim – Aralik 2014, Yil:9 ISSN: 1306 – 3731 ЗТЛ.
- [5] Ерғожин Е.Е., Құрманалиев М.К., «Полимерлердің физикасы мен химиясы» Оқулық, Алматы, 2012
- [6] Сулейменов И.Ә., Мун Г.А., Джумадилов Т.К., Измайлов А.М., Зайтова Л.И., Тикенов Т.М., Проскура К.А. Синтез изображений с использованием стимул – чувствительных полимерных гидрогелей. Медный Всадник-Казахстан. №1. 2008. С. 21-23.
- [7] Джумадилов Т.К., Калдаева С.С., Химерсен Х. Ионное равновесие и конформационные изменения в интергелевой системе гель полиакриловая кислота-гель поли-2-метил-5-винилпиридина // Химический журнал Казахстана. – 2014. – № 2. - С.91-99.
- [8] Jumadilov T., Shaltykova D., Suleimenov I. Anomalous ion exchange phenomenon // Austrian-slovenian polymer meeting, ASPM 2013- Slovenia, 3-5 apr. –2013- Abstr.S5–P51.
- [9] Ержет Б., Жұмаділов Т.Қ., Калдаева С.С. Сирек торланған полиакрилқышқылы мен поли-4-винилпиридин гидрогелінің су ортасындағы қашықтықтан әрекеттесу ерекшеліктері // Қаз ҰПУ “жаратылыстану ғылымдарының заманауи мәселелері” конференция, –2013. 46-50б.
- [10] Кудайбергенов С.Е., Бектуров Е. А. Физическая химия растворов полимеров. – Алма-Ата: Санат, 1995. – 246 с.
- [11] Досева В.Н., Шенков С.Д., Брѣчков Хр.И., Барановский В.Ю., Димитров М.В., Ламбов Н.Г. Гидрогели на основе полиакриловой кислоты и изофторондиизоцианата // Высокомолек. соед., серия Б. –2002. - Т. 44, - № 8. - С. 1444-1449.
- [12] Корганбаева Ж.К., Бектуров Е.А., Джумадилов Т.К. Исследование комплексообразования металлофеофитина с гелем поли-4-винилпиридина в среде этилового спирта, // Изв. Научно-технического общества «КАКАХ» – 2009. №1(23). – С.37-44.
- [13] Жунусбекова Н.М., Корганбаева Ж.К., Сарова Н.Б., Джумадилов Т.К., Бектуров Е.А. Каталитические свойства полимерпорфириновых комплексов в реакции декарбокислирования щавелевой кислоты // Вестник КазГУ. Серия Биологическая. - №1 (36). - 2008 – С.33-35
- [14] Kim J.H., Lee S.B., Kim S.J., Lee Y.M. Rapid temperature/pH response of porous alginate-g-poly(N-isopropylacrylamide) hydrogels // Polymer. – 2002. - Vol. 43. - P. 7549-7558.
- [15] Сафаров Р.З., Селенова Б.С., Жармагамбетова А.К. Парциальное окисление лантанов на нанесенных полимермодифицированных Mn-Fe-содержащих катализаторах // Тез. докл. Межд. науч. школа-конф. молодых ученых «Иновационные нанотехнологии в области катализа и электрохимии». – Алматы, 2006. – С. 40.

Сагындыкова Т.С., Ерменбек П.Т., Кенахонова А.Ж., Абдулина Е.Қ., Төлеген Г.А.

**Исследование кинетики полиакриловой кислоты и поли-4-винилпиридина в водных средах во взаимосвязанной системе.**

**Резюме:** Создание систем поли-2-метил-5-винилпиридина и полиакриловой кислоты, которые можно классифицировать и концентрировать при изучении катиона натрия, который изучается в большом количестве ионов из водной среды

**Ключевые слова:** Метилакриловая кислота  $\text{CH}_3\text{-CH}=\text{CH-COOH}$  Акриловая кислота  $\text{CH}_2=\text{CH-SO}_3\text{H}$ , тиосульфат натрия ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) Поли-2-метил-5-винилпиридиновый гель, сорбция, сорбент, адсорбент, цеолит, спектрофотометрия, ИК-спектроскопия, ЯГР, спектрофотометр.

УДК 631.4

<sup>1</sup>A.D. Akbasova, <sup>2</sup>M.O. Baihamurova, <sup>1</sup>D.H. Yuldashbek

(1 Kh.A. International Kazakh-Turkish University of Yasavi, G. Turkestan, Kazakhstan.  
2 Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan, E-mail: ecology\_kz@mail.ru)

### CHEMICAL NATURE DEPENDENCY OF HUMUS ACIDS IN THE BIOHUMUS ON WORM COMPOSTING METHOD

**Abstract.** The article gives the research results of humus acid nature and fulvic acids of compost and biohumus, obtained by worm composting method. The substrates containing and non-containing a calcium peroxide were used for the research. The values of  $E_{4/6}$  coefficients were obtained based on by testing obtained electronic spectra of humus acid absorption in a visible area (from 400 to 726 nm) by calculation method. Of more condensed aromatic structure formation of humus acids was established by the value of optical density and change of value of  $E_{4/6}$  coefficients while using substrate, containing a calcium peroxide.

**Key words:** humus acids, fulvic acids, optical property, calcium peroxide, polymerization.

А.Д. Акбасова<sup>1</sup>, М.О. Байхамурова<sup>2</sup>, Д.Х. Юлдашбек<sup>1</sup>.

(<sup>1</sup>Международный казахско-турецкий университет имени Х.А. Ясави,  
г. Туркестан, Республика Казахстан.

<sup>2</sup> Казахский Национальный аграрный университет, Алматы, Республика Казахстан  
E-mail: ecology\_kz@mail.ru)

### ЗАВИСИМОСТЬ ХИМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ ГУМУСОВЫХ КИСЛОТ В БИОГУМУСЕ ОТ СПОСОБА ВЕРМИКОПОСТИРОВАНИЯ

**Аннотация** В статье приведены результаты исследований природы гуминовых кислот и фульвокислот компоста и биогумуса, полученного способом вермикомпостирования. Для исследования использованы субстраты, содержащие и не содержащие пероксид кальция. На основе экспериментально полученных электронных спектров поглощения гумусовых кислот в видимой области (от 400 до 726 нм) методом расчета получены значения коэффициентов  $E_{4/6}$ . По величине оптической плотности и изменений значений коэффициентов  $E_{4/6}$  установлено образование более конденсированных ароматических структур гумусовых кислот при применении субстрата, содержащего пероксид кальция.

**Ключевые слова:** гуминовые кислоты, фульвокислоты, оптические свойства, пероксид кальция, полимеризация.

### ВВЕДЕНИЕ

Качественный и количественный состав гумусовых кислот является важным фактором, влияющим на поведение экотоксикантов в почвенной системе. От них зависит плодородие почв и экологическая чистота получаемых сельскохозяйственных растительных продуктов. Гумусовые кислоты обладают высоким сродством ко многим химическим элементам. Образуют гуматные комплексы, гуминовые (ГК) и фульвокислоты (ФК) определяют поведение многих тяжелых металлов в почвенной системе. От категории органических кислот зависит прочность связывания и фиксации многих тяжелых металлов. В связи с этим детальный анализ природы гумусовых кислот и их свойств в компостах, биогумусе и в других органоминеральных удобрениях-мелиорантах играет важное народнохозяйственное значение [1-2].

Из литературы известно, что молекулы гумусовых кислот почв состоят из ароматических ядер, нафтеновых колец, алифатических цепей, а также из различных кислородсодержащих функциональных групп. Для оценки соотношения углерода ароматических группировок гумусовых кислот к углероду алифатических групп широко используются электронные спектры поглощения в видимой области [3-4].

Целью нашей работы является сравнительное изучение природы гуминовых и фульвокислот, содержащихся в компосте, а также в биогумусах, полученных методом вермикомпостирования с использованием различных по составу субстратов.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

В нашей работе для получения компоста и биогумуса в качестве основного компонента для субстрата использованы конский навоз и растительные отходы. Биогумус, являющийся продуктом жизнедеятельности красных калифорнийских червей, получен методом вермикомпостирования с использованием предварительно ферментированного компоста.

В качестве субстрата для ферментации использованы следующие материалы – конский навоз (85%), опилка (10%), стебли, коробочки хлопчатника, листья деревьев (5%). Ферментация проводилась в течении 4-х месяцев. Выращивание червей осуществляли на предварительно ферментированном субстрате, т.е. на компосте, с добавкой пероксида кальция (1%) и без его добавки. Ферментирование и вермикомпостирование проводилось буртовым методом (высота бурты ~70 см, ширина ~1м).

Для подготовки субстрата к заселению червей в компосте были созданы следующие условия: влажность 60-70%, температура 20-25 °С, рН в пределах 6,5-7,5. Плотность червей на каждом квадратном метре не менее 1000 штук. Для дополнительного питания червей в субстрат периодически были внесены шкурки бананов, дыни и арбузов. По мере переработки компоста черви отделяли от биогумуса с помощью вибрационного сита.

Нами из компоста и биогумуса были выделены гуминовые и фульвокислоты и для сравнительной характеристики проведены исследования по изучению их свойств на основе применения фотокориметрического способа и расчетного метода коэффициента экстинкции ( $E_{4/6}$ ). Коэффициент экстинкции представляет собой отношение значений оптических плотностей при различных длинах волн:  $E_{4/6} = D_{465} / D_{650}$ .

*Методы выделения гумусовых кислот.* Образцы компостов и биогумусов высушивают до абсолютно сухого состояния, тщательно растирают в фарфоровой ступке и просеивают для отделения от других компонентов через сито с диаметром отверстий 3 мм. От высушенных продуктов отбирают по 10 г 3 навески для параллельных опытов, затем добавляют к ним по 50 мл 0,1 М раствора HCl и проводят центрифугирование в течение 20 минут. При этом в экстракт переходят соли и карбоксигидраты, а в осадок выпадают гумусовые кислоты. Выделенный осадок высушивают и проводят определения гумусовых веществ и разделение их методом экстракции на гуминовые и фульвокислоты. Для извлечения гуминовой кислоты определенную навеску осадка обрабатывают 0,1 М раствором NaOH, контролируя рН индикаторной бумагой или на рН-метре. К данному щелочному фильтрату далее прибавляют 0,1 М раствор HCl, при этом гуминовая кислота выпадает в осадок, а фульвокислота остается в растворе. Полученные фракции переводят до сухого твердого состояния и их используют для изучения оптических свойств ГК и ФК.

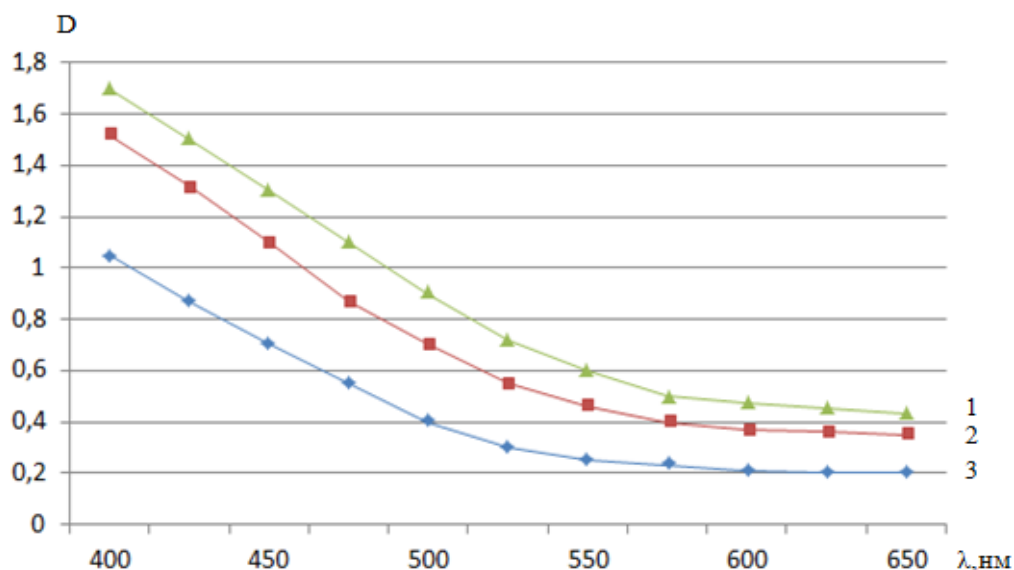
*Методы изучения оптических свойств гумусовых кислот.* Очистку препаратов ГК и ФК проводили по известной методике [5] с использованием ионообменных смол и электродиализ. Зольность полученных препаратов ГК и ФК составляла 2-4%. Для определения оптической плотности ГК и ФК были взяты навески равные 0,14 г/л. В качестве растворителя использованы 0,1 М растворы NaOH. Величину ослабления света ГК и ФК изучали на фотоэлектрическом фотометре КФК-3-01-ЗОМЗ с использованием односантиметровых кювет. При толщине просматриваемого слоя в 1 см величина оптической плотности D соответствует коэффициенту ослабления (экстинкции) света E [6].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Электронные спектры поглощения в видимой области характеризуют конденсированность ароматических структур и служат для оценки соотношения углерода ароматических группировок гумусовых веществ к углероду алифатических групп.

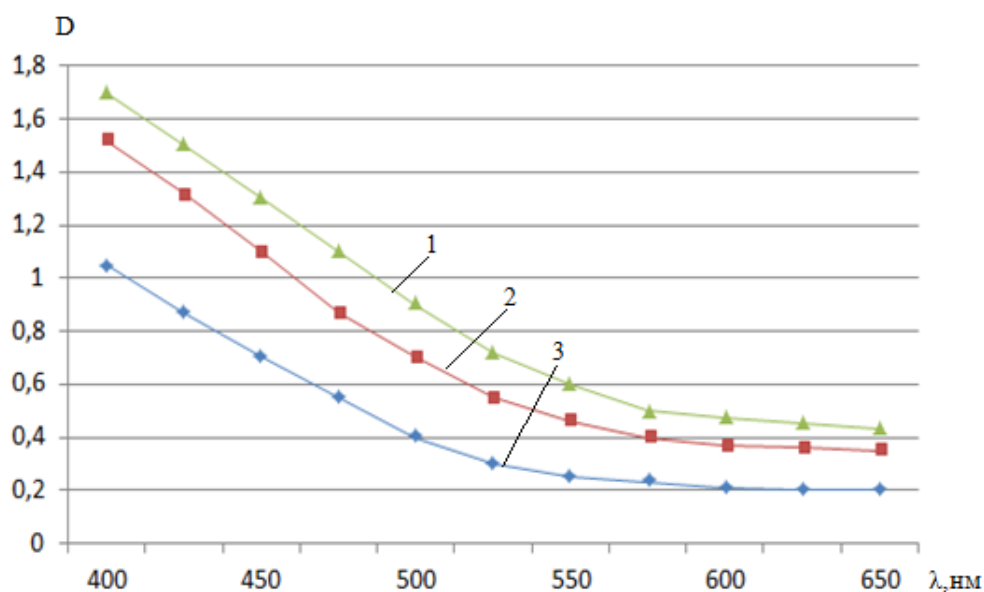
На рисунках 1-2 представлены результаты экспериментальных исследований по замеру оптических плотностей растворов гуминовых и фульвокислот, извлеченных из компоста и биогумуса, полученного с внесением и без внесения в вермикомпостируемый субстрат пероксида кальция.





1 - биогулумус (с CaO<sub>2</sub>); 2- биогулумус (без CaO<sub>2</sub>); 3- компост.

Рис. 1. Электронные спектры поглощения гуминовых кислот в видимой области.



1 - биогулумус (с CaO<sub>2</sub>); 2- биогулумус (без CaO<sub>2</sub>); 3- компост.

Рис.2. Электронные спектры поглощения фульвокислот в видимой области

Как видно из полученных данных (рисунки 1-2), величина оптической плотности растворов ГК и ФК зависит во всех случаях от длины волны  $D=f(\lambda)$  и монотонно возрастает при переходе в коротковолновую часть спектра. Кроме того величины ослабления света растворами ФК на всех длинах волн меньше по сравнению с ГК, что свидетельствует о более высокой степени конденсации гуминовых кислот.

Гуминовые и фульвокислоты, выделенные из компоста, обладают более низкой оптической плотностью по сравнению с препаратами ГК и ФК, полученными из биогулума. Самое высокое значение оптических плотностей характерно для ГК и ФК, выделенных из биогулума, полученного при вермикомпостировании субстрата, содержащего дополнительно пероксид кальция (рисунки 1-2).

Для характеристики ГК и ФК по электронным спектрам поглощения также использованы нами величины отношения коэффициентов экстинкции  $E_4:E_6$ . Значение данных коэффициентов для гуминовых кислот и фульвокислот, выделенных из компоста, соответственно, равны 5,0 и 18, а полученные

из биогумуса (без  $\text{CaO}_2$ ) и биогумуса (с  $\text{CaO}_2$ ) ГК имеют значения, соответственно, равные 4,1 и 3,62, а для ФК, соответственно, равные 15 и 10,3. Рассматриваемое отношение не зависит от концентрации раствора и толщины поглощающего слоя, характеризует относительную степень конденсированности гумусовых веществ. Как известно [7], чем больше величина отношения  $E_4:E_6$ , тем более развита периферическая часть молекулы и тем меньшую долю составляет ароматическое ядро.

Полученные данные свидетельствуют, что по сравнению с ГК и ФК, выделенными из компоста, более полимеризованными являются гумусовые кислоты биогумуса, особенно при содержании  $\text{CaO}_2$  в вермикомпостируемом субстрате. По величине убывания оптической плотности исследованные объекты, из которых были извлечены гумусовые кислоты можно расположить в следующий ряд: биогумус (с  $\text{CaO}_2$ ) > биогумус (без  $\text{CaO}_2$ ) > компост.

Таким образом, можно отметить ускорение процессов полимеризации в присутствии пероксида кальция. В результате протекания в объеме субстрата при вермикомпостировании реакции взаимодействия пероксида кальция с углекислым газом образуется кислород  $2\text{CaO}_2 + 2\text{CO}_2 = 2\text{CaCO}_3 + \text{O}_2 \uparrow$ .

Наличие дополнительного количества кислорода улучшает условия жизнедеятельности червей, что способствует повышению их работоспособности. При этих условиях, видимо, также изменяется процесс полимеризации, протекающий в организме червей, за счет образования промежуточных реакционноспособных радикалов.

*Данное предположение, основанное на полученных результатах, вполне согласуется с теорией цепных реакций [8]. В настоящее время теория цепных реакций объяснила роль пероксидов в процессах окисления и полимеризации, установив, что они являются источником радикалов, участвующих в образовании цепей [9]. При вермикомпостировании в субстрате может протекать реакция взаимодействия пероксида кальция и воды с образованием гидроксида кальция и пероксида водорода  $\text{CaO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O}_2$ . Пероксид водорода, синтезирующийся по вышеприведенной реакции, с участием каталазы далее распадается на ряд промежуточных радикалов ( $\text{O}_2^\bullet$ ,  $\text{HO}_2^\bullet$ ,  $\text{HO}^\bullet$  и др.), которые далее выступают в качестве инициаторов процессов полимеризации [10].*

## ВЫВОДЫ

1. Результаты исследований оптических свойств гумусовых кислот показали, что независимо от состава субстратов они обладают однотипным характером ослабления света. Это свидетельствует об однородности химической природы гумусовых кислот. Причем наибольшее ослабление света наблюдается в области коротких волн и наименьшее – в области длинных волн.

2. Наименьшее значение оптической плотности и наибольшее значение коэффициента экстинкции  $E_4/6$  установлено у гумусовых кислот, выделенных из компоста. По усложнению молекул гумусовых кислот исследованные объекты, из которых извлекались ГК и ФК, можно расположить в следующий ряд: биогумус (с  $\text{CaO}_2$ ) > биогумус (без  $\text{CaO}_2$ ) > компост.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Анисимов В.С., Кочетков И.В., Круглов С.В., Алексахин Р.М. Влияние органического вещества на параметры селективной сорбции кобальта и цинка почвами и выделенными из них илстыми фракциями //Почвоведение. 2011, № 6. – С. 675-684.
- [2] Ефремова С.Ю. Приемы детоксикации химически загрязненных почв //Известия Пензенского государственного педагогического университета имени В.Г. Белинского, естественные науки. 2012, № 29. – С. 379-382.
- [3] Симонов Ю.В. Оптическая плотность гумусовых веществ как показатель механизма гумусообразования //Известия Самарского научного центра РАН. 2015, № 5. – С. 62-67.
- [4] Раупова Н.Б., Содикова Г.С., Сагдуллаева Н. Физико-химические свойства гуминовых кислот типичных сероземов //Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2007, № 7(33). – С.26-27.
- [5] Полузеров Н.А., Султанбаев Е.А., Ассинг И.А., Андреева Н.П., Акбасова А.Д., Русак А.А., Кутняков А.А. Геохимия и минералогия почв сухих степей Казахстана. Алма-Ата, 1978. – 198 с.
- [6] Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв. – М., 1974. – 224 с.
- [7] Мамонтов В.Г., Гладков А.А., Кузелев М.М. Практическое руководство по химии почв: Учебное пособие /Мамонтов В.Г., Гладков А.А., Кузелев М.М. М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2012. – 123с.
- [8] Семенов Н. Н. Цепные реакции. 2-е изд., испр. и доп.- М.: Наука, 1986. - 535 с.
- [9] Справочник химика. 21. Химия и химическая технология. – М. – С. 357.
- [10] Чумаков А.А., Слизов Ю.Г., Минакова Т.С., Баталова В.Н. Обоснование механизма некаталитического диспропорционирования пероксида водорода методом анализа термодинамики одноэлектронных окислительно-восстановительных реакций //Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология, 2017. Т. 60, № 6. С. 40-44.

Акбасова А.Ж., Байхамурова М.О., Юлдашбек Д.Х.

**Биогумустағы гумус қышқылдарының химиялық табиғатының вермикомпостау әдісіне тәуелділігі.**

**Аңдатпа.** Бұл мақалада вермикомпосттау әдісімен алынған компост пен биогумустың құрамындағы гумин және фульвоқышқылдарын зерттеу нәтижелері келтірілген. Зерттеу үшін пероксидті және пероксидсіз субстрат қолданылды. Тәжірибелік зерттеулер нәтижесінде алынған көзкөгерлік аймақтағы (400 ден 726 нм дейін) гумус қышқылдарының электрондық сіңіру спекторларының  $E_{4/6}$  коэффициент мәндері есептеу әдісімен алынды. Оптикалық тығыздық мөлшері мен  $E_{4/6}$  коэффициент мәнінің өзгеруі пероксид енгізілген субстраттан алынған гумин қышқылдарының ароматикалық құрылысы күрделенетінін сипаттайды.

**Түйін сөздер:** гумин қышқылы, фульвоқышқылы, оптикалық қасиеті, кальций пероксиді, полимерлеу.

УДК 544.723

**Y.K. Abdullina, G.A. Tolegen, T.S. Sagyndykova, B.B. Myrzakhmetova, A.Zh. Kenahonova**  
(Kazakh-Russian Medicine University, Almaty, Kazakhstan, E-mail: elnura.abdulina@mail.ru)

### OBTAINING AND STUDY OF IRON FERROCYANIDE

**Abstract.** In the study, from a previously purified liquid phase of phosphoric sludge with natural zeolite under optimal conditions (pH = 3.5; 20% solution of FeSO<sub>4</sub>; 20% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; the ratio of the oil deposit of the sludge: 20% FeSO<sub>4</sub> = 100: 10, settling time 30-40 min.) blue pigment (ferrocyanide of iron) of which was used for silver sorption from the same phosphorus production was obtained.

**Key words:** ferrocyanide of iron, cottage milk, phosphoric sludge, model system “H<sub>2</sub>O - Ag + - Fe<sub>4</sub> [Fe (CN) 6] 3”, sorption, sorbent, adsorbent, zeolite, spectrophotometry, IR spectroscopy, NGR, spectrophotometer.

**Е.Қ. Абдулина, Г.А. Төлеген, Т.С. Сагындыкова, Б.Б. Мырзахметова, А.Ж. Кенахонова**  
(МЕББМ Қазақстан-Ресей медициналық университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы  
E-mail: elnura.abdulina@mail.ru)

### ТЕМІР ФЕРРОЦИАНИДІНІҢ СИНТЕЗІ ЖӘНЕ ОНЫҢ СОРБЦИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

**Аннотация:** Жұмыста фосфорлы шламның сұйық фазасынан темір ферроцианидi (көк пигментi) алынды, көк пигменттің (темір ферроцианидiнің Fe<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]<sub>3</sub>) күміс Ag<sup>+</sup> катиондарымен өзара әрекеттесу мүмкіндіктері анықталды, көк пигменттің араластыру және тұндыру жағдайларындағы күміс катиондарын сорбциялау қабілеттілігі зерттелді.

**Кілт сөздер:** темір ферроцианидi, коттрель сүті, фосфорлы шлам, «H<sub>2</sub>O – Ag<sup>+</sup> – Fe<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]<sub>3</sub>» модельді жүйесі, сорбция, сорбент, адсорбент, цеолит, спектрофотометрия, ИҚ-спектроскопия, ЯГР, спектрофотометр.

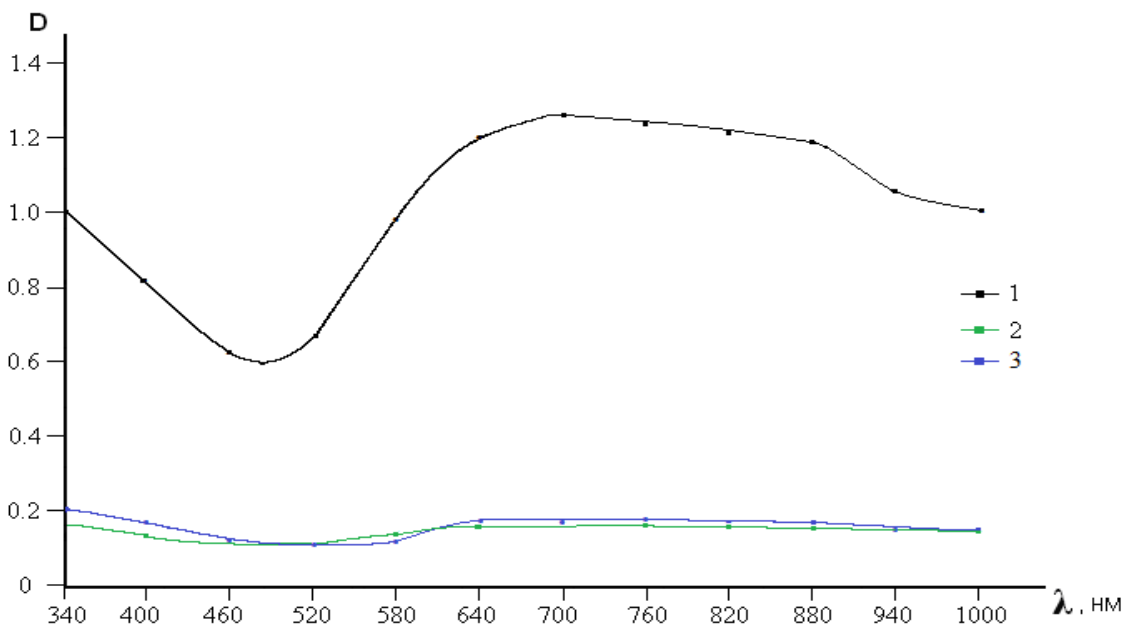
Зерттеу жұмыстарының нәтижелеріне сүйенсек, сұйық фазалы фосфор шламының тұндыруынан пайда болған темір ферроцианидi күмісті концентрлейді. Бұндай қорытындыға келу үшін темір ферроцианидiнің мыс, никель, калий және т.б. осы сияқты катиондармен комплекс түзгіш, тұндырғыш және сорбциялық қасиет көрсететіндігі есепке алынған [1-2]. Сулы-тұзды жүйеде Ag катионы қатысында темір ферроцианидiнің тұну қабілетін түсіндіру үшін олардың өзара әсерлері зерттелді. «Fe<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]<sub>3</sub> – Ag<sup>+</sup>» және «K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] – FeSO<sub>4</sub>\*7H<sub>2</sub>O – Ag<sup>+</sup>» сулы-тұзды жүйелерін зерттеу «х.ч.» маркалы тұзды қолдану арқылы тікелей спектрофотометрлік әдіспен жүргізілді.

Сәулеленген құрам бөліктерін анықтау мақсатында изомолярлы сериялы және молярлы қатынастағы Остромысленді-Жоб (үздіксіз алмасулар әдісі) әдісі қолданды [3].

Ең бастысы, екінші компонент күмістің азот қышқылды ерітіндісі AgNO<sub>3</sub> болып келетін «Fe<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]<sub>3</sub> – Ag<sup>+</sup>» сипаттағы моделді жүйесі зерттелді. Бастапқы компоненттердің сәулелену аймағын анықтау үшін калий ферроцианидiнің Fe<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]<sub>3</sub> және AgNO<sub>3</sub> ерітінділерінің 340 және 1000 нм аралығындағы барлық сәулелену спектрлері белгіленіп отырды (1-сурет). Анықталып отырған аймақта күмістің сәулелену спектрі жоқ болып шықты. 1-суретте темір ферроцианидiнің 2·10<sup>-3</sup> моль/л, 5·10<sup>-3</sup> моль/л және 2·10<sup>-2</sup> моль/л концентрациядағы сәулелену спектрлері көрсетілген.

Fe<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]<sub>3</sub> ерітіндісінің төменгі концентрациялары үшін сәулелену қисықтары әлсіз түсірілген толқын тәріздес сипатқа ие (1, 2-қисықтары). Темір ферроцианидiнің концентрациясын 2·10<sup>-2</sup> моль/л дейін көтеру 680 нм өлшемдегі максимумның пайда болуына алып келеді. Дегенмен, 340 нм аймақтағы шкалада жарықтық сәулелену қисығы максимумға жеткен.

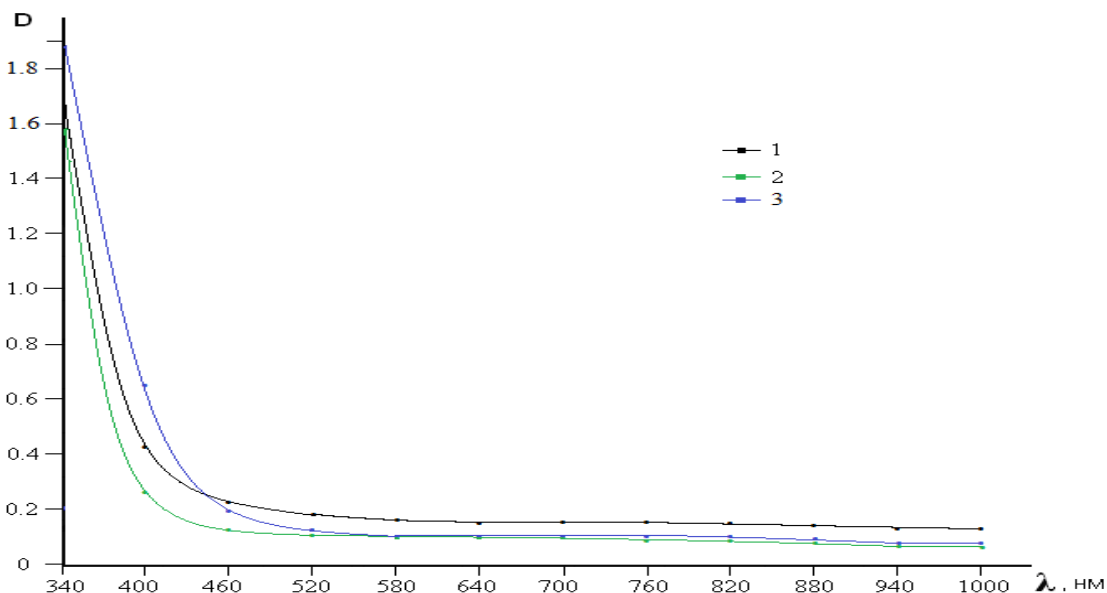
$C=2 \cdot 10^{-2}$  моль/л, 2)  $C=2 \cdot 10^{-3}$  моль/л, 3)  $C=5 \cdot 10^{-3}$  моль/л



1-сурет.  $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$  ерітіндісінің сәулелену спектрі

Концентрация  $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$ : 1)  $C=2 \cdot 10^{-2}$  моль/л, 2)  $C=2 \cdot 10^{-3}$  моль/л, 3)  $C=5 \cdot 10^{-3}$  моль/л

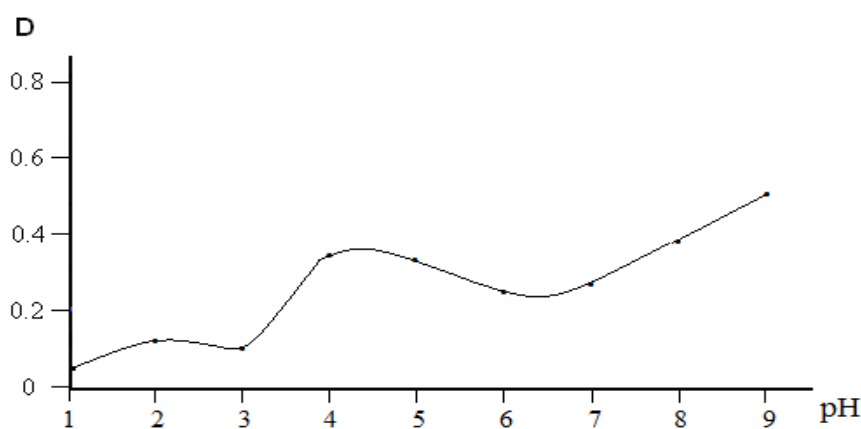
[6] жұмыста келтірілгендей, комплекс түзуді үздіксіз ауыспалы әдіспен сипаттағанда тек компонентке тән концентрация ғана емес, абсолютті концентрацияның да алар маңызы зор. Сондықтан зерттеу жұмыстары ерітіндінің әр түрлі концентрацияларында жасалды (2-сурет). Мәліметтерде келтірілгендей, зерттеліп отырған жүйенің концентрация мәніне қарамастан минимум жарықтық сәулелену 420-440 нм аймақтарында орын алған.



2-сурет.  $Fe_4[Fe(CN)_6]_3-AgNO_3$  жүйесі ерітінділерінің сәулелену спектрлері

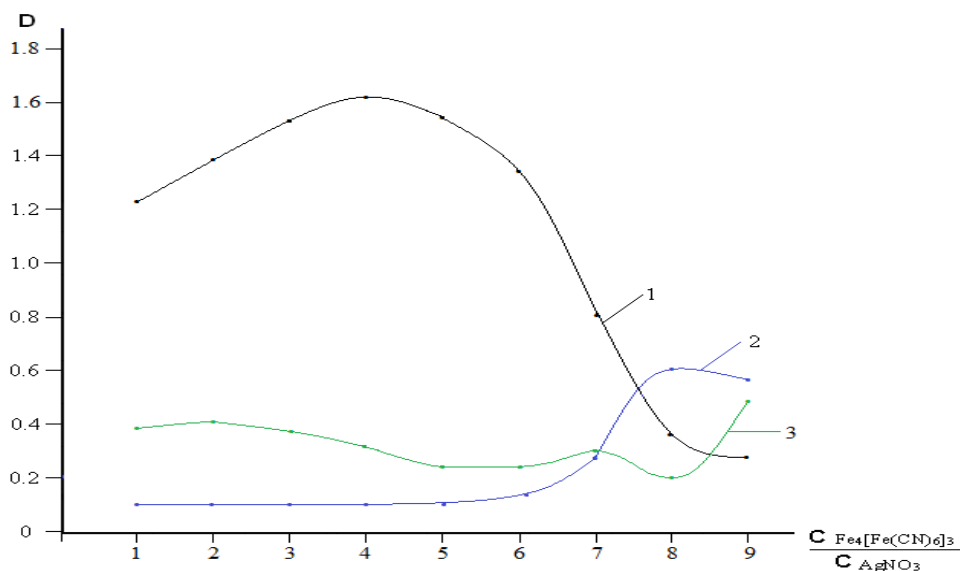
[5] әдебиеттен белгілі ортаның қышқылдығы комплекс түзуге айтарлықтай әсерін тигізеді. Комплекс түзуде оптималды рН мәнін анықтау үшін толқын ұзындығының максималды мәні 420 нм ұзындықта, зерттеліп отырған ерітіндінің оптикалық тығыздығының рН мәніне тәуелділігі қаралды. Ерітіндіде рН қажетті мәндері қышқыл ( $0,1NHNO_3$ ) немесе сілті (10% KOH) қосу арқылы қалыптасып

отырды. 3-сурет  $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3 - \text{AgNO}_3$  қоспа ерітіндісінің рН 1:1 ( $C_{\text{общ.}} = 4 \cdot 10^{-2}$ ) қатынаста алынған кездегі оптикалық тығыздығы көрсетілген. Суретте көріп отырғанымыздай оптикалық тығыздық толқын тәріздес сипатқа ие және күшті қышқылдық ортада (рН 2,0), сонымен қатар рН 4,3 болған кезде максималды мәнге ие болады.



3-сурет.  $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3 - \text{AgNO}_3$  жүйедегі ерітіндісінің оптикалық тығыздығының рН ортаға тәуелділігі

Калий ферроцианидiнiң өзiне тән сәулелену қабiлетi болғандықтан,  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6] - \text{AgNO}_3$  жүйесiнде түзiлетiн комплекстiң құрамын анықтау үшiн үзiксiз алмасу әдiсi қолданылды.  $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  және  $\text{AgNO}_3$  ерiтiндiлерiнiң бiрдей концентрациясынан дайындалған ерiтiндi жүйесiнiң оптикалық тығыздығы толқын ұзындығы  $\lambda = 340-680$  нм және рН 2 ортада анықталды. Алынған мәлiметтерден байқағанымыздай, көбiне толқын ұзындығы 340 нм тең (4-сурет) ұзындықта барлық қисықтар кеңейтiлген максимуммен сипатталады. Бұдан зерттелiп отырған жүйеде комплекс түзiледi, алайда комплекстi қосылыстардың құрылысы ауыспалы деген қорытындыға келемiз.



4-сурет. 1- $\lambda = 340$  нм; 2- $\lambda = 420$  нм; 3- $\lambda = 680$  нм

4-сурет.  $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3 - \text{AgNO}_3$  жүйесiндегi қисықты толықтырылулар

« $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6] - \text{Ag}^+$ » зерттелiн жүйеден пайда болатын қосылыстың нақты құрамын молярлы қатынас әдiсi арқылы қалыптастыру кезiнде онда толықтырудың шегiне жетпейтiндiгiн көрсеттi.  $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3 : \text{AgNO}_3 = 1 : 2$  және  $1 : 6$  (7) қатынастарында жүйеде жаңа қосылыс пайда болады. Жүйеде құрылатын комплекстер қаттылығы төмен немесе жүйеде бiр-бiрiмен қатарласатын комплекс түзу, тұндыру, сорбциялану немесе комбинация сияқты бiр уақытта бiрнеше процесс орындалады деп болжасақ болады. Сондықтан олардың құрамдарын молярлы қатынастағы диаграмма тұрғызу арқылы анықтау қиынға түседi.

Осы уақытқа дейінгі көптеген мәліметтерге сүйене отырып, алу әдістерінің ішіндегі ең тиімдісі темір ферроцианидін фосфор өндірісінің қалдығы коттрель сүтінің сұйық фазасынан алу болып табылатындығына көз жеткізілді. Бірақ бұл әдісте қымбат реактивтер мен тотықтырғыштар қолданылады, ал негізінен темір (III) фосфаты түріндегі соңғы өнім суда еритін және ерімейтін қоспалардан қосымша тұз қышқылды тазалауды талап етеді. Аталған қоспалардың темір көгілдірінде болуы заттарды бояғанда жылтыр түс бере отырып, оның сапасын төмендетеді. Осыған байланысты коттрель сүтінің сұйық фазасынан жоғары сапалы темір ферроцианидін алудың тиімді әдісінің негізін химико-технологиялық өңдеу қажеттілігі туындайды. Бұл қоспалардан, ең бастысы сұйытылған (20%) күкірт қышқылы және темір (II) сульфаты сияқты металлургиялық өндіріс өнімдерінің қалдықтарына арзан және қол жетімді тұндырғыштарды қолдану және тотықтырғыш пен тұндырғышты алмастыруды қолдану арқылы фосфаттардан коттрель сүтінің сұйық фазасын алдын-ала тазалау арқылы жүзеге асыруға болатындығына көз жеткізілді.

#### ӘДЕБИЕТ

- [1] Предпатент РК № 18463. Способ получения ферроцианида калия / Абетаева С.А., Джусипбеков У.Ж., Чернякова Р.М.; Джунусбекова Г.Б.; опуб.18.12.2007.Бюл.№12.
- [2] ГОСТ 21121-75. Лазурь железная. Технические условия. – Москва: Стандартинформ, 2006. – 7с.
- [3] Anirudhan T.S., Suchithra P.S. Adsorption characteristics of humic acid- immobilized amine modified polyacrylamide/bentonite composite for cationic dyes in aqueous solutions // Journal of environmental sciences. – 2009. – №21. – P. 884-891.
- [4] Кашинская Т.Я., Гаврильчик А.П., Шевченко Н.В., Стригуцкий В.П. Механохимические превращения гуминовых веществ торфа //Химия твердого топлива. – 2003. – № 1. – С. 21-29.
- [5] Кожобекова Н.Н., Чернякова Р.М. Очистка технической серной кислоты от железа, меди и восстанавливающих веществ природным цеолитом // Мат. Всерос. научн. конф. молодых ученых «Наука и технология инновации». – Новосибирск: Наука, 2010. – С. 289-291.
- [6] G.Sh. Sultanbayeva, R.M.Chernyakova, U.Zh.Jussipbekov. Purification of slime phosphoric acid from Fe<sup>2+</sup> cations by natural zeolite // International Porouse and Poudere Materials Symposium and Exhibition (PPM 2013). – Cesme Izmir, Turkey, 2013. – P. 511-513.

Абдулина Е.Қ., Төлеген Г.А., Сагындыкова Т.С., Мырзахметова Б.Б., Кенахонова А.Ж.

#### **Получение и исследование ферроцианида железа**

**Резюме:** В работе из предварительно очищенной жидкой фазы фосфорного шлама природным цеолитом в оптимальных условиях (рН = 3.5; 20% раствор FeSO<sub>4</sub>; 20% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; соотношение ж.ф. шлама : 20% FeSO<sub>4</sub> = 100 : 10, время отстаивания 30-40 мин.) получен синий пигмент (ферроцианид железа) которого использовали для сорбций серебра из тех же отходов фосфорного производства.

**Ключевые слова:** ферроцианид железа, коттрельное молоко, фосфорный шлам, модельная система «H<sub>2</sub>O – Ag<sup>+</sup> – Fe<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]<sub>3</sub>», сорбция, сорбент, адсорбент, цеолит, спектрофотометрия, ИК-спектроскопия, ЯГР, спектрофотометр.

УДК 355.01

**B.M. Tursunov, I.S. Asanov, G.P. Rysbayeva, Y.Sh. Dikanbayev, A.A. Shapovalov**  
(Academy of Border Guard Service Almaty, Kazakhstan, E-mail: rgp\_81@mail.ru)

## **PRINCIPLES FOR THE VIRTUAL MACHINES USE IN THE EDUCATIONAL PROCESS OF THE NSC BORDER GUARD ACADEMY OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

**Abstract.** This article presents current problems faced by students and faculty members in organizing the educational process at the National Security Committee Border Guard Academy of the of the Republic of Kazakhstan. The possibilities and advantages of virtual machines that can be used to solve these problems are considered.

**Key words:** educational process, information technologies, virtual machines, operating system, computer programs, compatibility, information security

**Б.М. Турсунов, И.С. Асанов, Г.П. Рысбаева, А.А. Шаповалов, Е.Ш. Диканбаев**  
(Қазақстан Республикасы ҰҚК Шекара қызметінің Академиясы  
Алматы, Қазақстан Республикасы)

## **ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҰҚК ШЕКАРА ҚЫЗМЕТІ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ ОҚУ ҮРДІСІНДЕ ВИРТУАЛДЫ МАШИНАЛАРДЫ ҚОЛДАНУ БАСЫМДЫҚТАРЫ**

**Түйіндеме.** Мақалада Қазақстан Республикасы ҰҚК Шекара қызметі академиясының оқу үрдісінде виртуалды машиналарды қолдану мәселелері қарастырылған. Оқу үрдісін ұйымдастыруда орын алатын өзекті мәселелер келтірілген және ол мәселелерді виртуалды машиналарды қолданумен шешу басымдықтары ашылып айтылған.

**Тірек сөздер:** оқу үрдісі, ақпараттық технологиялар, виртуалды машиналар, операциялық жүйе, компьютерлік бағдарламалар, үйлесімділік, ақпарат қауіпсіздігі.

Бүгінгі күні виртуалды машиналарды пайдалану ауқымы, осы виртуалды машиналардың мүмкіндіктеріндей өте кең. Виртуалды машиналарды алынбалы сақтау құрылғыларына көшіргеннен кейін үйде де, басқа мекемелерде де пайдалануға болады, тек виртуалды машинамен қолданылатын виртуалдандыру платформасы физикалық компьютерде орнатылған платформамен сәйкес болуы қажет.

Заманауи оқу үрдісінде ақпараттық технологияларды қолдануына, сондай-ақ олардың жедел даму жағдайына байланысты, кейбір қолданатын бағдарламалар операциялық жүйелердің қазіргі заманғы нұсқаларымен үйлеспеуі мүмкін. Осыған байланысты оқу үрдісінде виртуалды машиналарды қолдану қажеттілігі туындайды [1].

Оқу үрдісінде виртуалды машиналарды пайдалану, нақты компьютердің операциялық жүйесіне ұзақ уақыт қызмет етуге көмектеседі, компьютер жадысын қажетсіз файлдармен толығынан сақтайды.

Виртуалды машиналарды қолдану, оқулық мәселелер спектрін кеңейтуге және білім алушылардың даярлық сапасын жетілдіруге мүмкіндік береді.

Бүгінгі күнде білім беру саласында компьютерлерді қолдану, оқу үрдісінің ажыратылмас бөлігі болып табылады. Компьютерлер қазіргі таңда ақпараттық және коммуникациялық технологиялар мамандарын даярлауға ғана емес, сонымен қатар түрлі профильді мамандарды даярлауда қолданылады. Мысалы, техникалық құрылғылармен жұмыс істеу ретін үйрету үшін, сонымен қатар түрлі оқулық жағдайларды имитациялау үшін тренажерлар, симуляторлар, техникамен жұмыс жасау бағдарламалары және т.б. қолданады. Жалпы білім беру ортасы дербес компьютерлерді кеңінен қолдануды талап етеді.

Ақпараттық технологиялардың кеңінен дамуына байланысты, заманауи компьютерлерде операциялық жүйелердің жаңа нұсқалары қолданады. Ескі нұсқаларды қолдану тиімді емес болып табылады.

Бірақ, әрдайым операциялық жүйелердің жаңа нұсқалары бізге қажетті қосымшалармен үйлесімді бола келмейді. Үйлестіру проблемасын шешу виртуалды машиналарды қолданумен іске асырылады.

Виртуалды машиналар оқу үрдісінде түрлі пәндерді оқытуда қолданыла алады. Мысалы, Қазақстан Республикасы Ұлттық қауіпсіздік комитеті Шекара қызметі академиясында байланыс және ақпараттық технологиялар, шекара кузетін инженерлік қамтамасыз ету, шекаралық бақылау, шет және мемлекеттік тіл кафедраларында қолдануға болады. Қазіргі таңда нарық көптеген оқу бағдарламаларымен толыққан. Виртуалды машиналар файл болып табылады, оларды қажетті компьютерлерге көшіру, әрбір компьютерге оқулық бағдарламаны орнатуды қажет етпейді.

Виртуалды машинаға операциялық жүйе және қажетті қосымшалар орнатылады. Курсанттар түрлі пәндерді зерделеу барысында тәжірибелік сабақтарда тиісті виртуалды машинаны іске қосып, ол машинада орнатылған қосымшалармен жұмыс істей алады. Жұмыс барысында құрылған барлық файлдар виртуалды машинада сақталады, бұл шынайы компьютерді осы файлдарды сақтаудан босатады.

Нақты компьютердің операциялық жүйесі істен шыққан жағдайда, оны қайта орнату қажеттілігі туындайды. Операциялық жүйемен бірге қажетті қосымшалар да қайта орнатылады. Виртуалды машиналар көмегімен бұл проблема оңай шешіледі, себебі виртуалды машинаны қайта қалпына келтіруге болады. Ол үшін тиісті гипервизорды орнатып, қажетті виртуалды машинаның көшірмесін жүктеу жеткілікті.

Оқу үрдісін ұйымдастыруда виртуалды машиналардың қажеттілігін дәлелдеу үшін тағы бір мысал келтіруге болады. Кәсіби қызметте ақпараттық технологиялар пәнін зерделеу барысында академия курсанттары PGP Desktop бағдарламасы көмегімен қызметтік ақпаратты қорғау тәсілдерін үйренеді. Компьютерлер мен бірге операциялық жүйелердің жаңаруына байланысты, жаңа үлгідегі операциялық жүйеде осы уақытқа дейін қолданылып келе жатқан PGP Desktop бағдарламасы жұмыс істемейді. Сондықтан аталған бағдарламаның жаңа үлгісін орнатуға тура келеді. Әдетте жаңа үлгідегі қосымшалар қымбат тұрады, мысалы PGP Desktop бағдарламасының PGP Desktop Professional атты жаңа нұсқасының бір лицензиясы бір жылда 112 000 теңгені құрайды. Есептеуіш техника сыныптарындағы жалпы компьютерлердің саны шамамен 100-ге тең болғандықтан, жылына 11 200 000 теңге жұмсауға тура келеді [4]. Ал виртуалды машиналарға операциялық жүйелердің түрлі нұсқаларын орнату мүмкіндігі болғандықтан, қажетті қосымшаларды ешбір қиындықсыз қолдана беруге болады.

Виртуалды машиналарды оқу үрдісінде қолдану өте ыңғайлы, себебі виртуалды машина істен шыққан болса, оны қалпына келтіру қиын болмайды. Ол үшін виртуалды машинаның түп нұсқалы бірнеше файлын көшіру жеткілікті. Бұл нақты компьютерде операциялық жүйені қайта орнатқаннан, әлдеқайда жылдам және тиімді.

Виртуалды машиналарды қолдану компьютерлерді басқаруға қажетті адам және материалдық ресурстарды үнемдеуге мүмкіндік береді [1]. Бүгінгі күні нарықта оқулық компьютерлерде қолданылатын бағдарламалардың өте үлкен таңдауы бар. Ал виртуалды машиналар тек қана файлдар болып табылады, сондықтан оларды (виртуалды машиналарды) басқа компьютерлерге көшіру, әр компьютерге қажетті бағдарламалық жасақтаманы тікелей орнатудан босатады.

Оқу үрдісінде виртуалды машиналарды қолдану көптеген проблемаларды шешуге мүмкіндік береді [2]:

курсанттардың дұрыс емес іс-әрекеттерінен болатын салдар қаупін төмендетеді [2];

виртуалды машинаның істен шығу жағдайында, қалпына келтіру жеңіл және тез орындалады [2];

виртуалды машиналарды конфигурациялау және пайдаланудың қарапайымдылығы [2];

қосымшалар мен операциялық жүйе үйлесімділігіне қатысты мәселелерді шешеді [2].

Қазіргі уақытта виртуалды машиналар дербес компьютермен жұмыс істеуге байланысты көптеген өндірістік, оқулық және техникалық мәселелерді шешуге мүмкіндік береді.

Мысалы, өз кеңістігін ақпараттандыруда новацияларды кеңінен қолданатын ұйымдарда, орталық серверлерде жұмыс істейтін жаңа жүйені орнату, тексеру және жұмыс процесіне енгізу қажеттілігі туындайды. Жаңа жүйенің құжаттамасында осы бағдарламаны енгізуге қатысты кейбір аспектілердің болмауы мүмкін. Осы бағдарламаны енгізумен айналысатын орындаушыға жүйе қателіктерімен қақтығысуға, кейде тәуекелге баруға тура келеді. Ал бұл әрекеттер серверлік



жабдықтардың өнімділігі мен функционалдық мүмкіндіктерін нашарлатады. Сондықтан, жаңа бағдарламаларды компьютер жүйесіне ешбір зияндылығын келтірмей тексеру үшін виртуалды машиналарды қолданған жөн. Виртуалды машина нақты компьютерге тәуелді болмағандықтан, тексеру барысында орын алған қателіктерді түзету үшін, виртуалды машинаны нақты компьютердің жабдықтарына ешбір зиян келтірмей қалпына келтіруге болады [3].

Оқу үдерісінде компьютерлік техниканың жұмыс қабілеттілігіне әсер ететін түрлі жағдайлар болуы мүмкін. Мысалы, білім алушы өзінің тәжірибесінің аздығына немесе өз жұмысын дұрыс орындамауына байланысты операциялық жүйеге және жалпы компьютерге зиян келтіруі мүмкін.

Осындай жағдайлар орын алмауы үшін, әдетте операциялық жүйеде қарастырылған топтық саясат немесе құқықты шектеу құралдарын қолданады. Бірақ топтық саясатты қолдану үшін желілік басқару сұрақтарын білу қажет, ал топтық саясатты жергілікті түрде қолдануда, осы саясатты әрбір жаңа компьютерде қайта орнату қажет болады.

Осы мәселеге байланысты келесі альтернатива туындайды: қолданушылардың жүйеге қол жеткізуіне толық мүмкіндік беру (операциялық жүйенің істен шығу күйін жоғарылатады) немесе қауіпсіз болып саналатын, қолданушылар құқығын шектеу әдісін қолдану. Виртуалды машиналарды пайдалану осы альтернативадан бас тартуға көмектеседі.

Егер әр білім алушыға жеке виртуалды машина құрылатын болса, олардың бір-бірімен ақпарат алмасу процесстері қауіпсіз желілік ортада орындалады. Бұл әдіс операциялық жүйеде қарастырылған ақпараттық қауіпсіздікті қамтамасыз ету құралдарына қосымша қорғаныс құралы болып табылады.

Сонымен қатар, виртуалды машиналар қосымшалар мен операциялық жүйелердің өзара әрекеттесу мәселесін шешеді. Аталған проблема қазіргі таңда өзекті болып саналады, себебі ақпараттық технологиялардың жылдам дамуы жағдайында заманауи компьютерлерде моральды тұрғыда ескірген операциялық жүйелерді қолдану дұрыс емес, ал қолданыста бар қосымшалар операциялық жүйелердің жаңа үлгілерімен үйлесімді болмауы мүмкін. Бұл мәселе де виртуалды машина көмегімен шешіледі.

Виртуалды машина құрылғаннан кейін, осы машинаға оқу үдерісінде қолданатын қосымшалармен үйлесімді операциялық жүйе орнатылады, кейін осы жүйеге бізге қажетті бағдарламалардың барлығы жүктеледі. Осылайша, бағдарламалардың операциялық жүйемен бірлесіп жұмыс істеу мәселесі шешіледі.

Құрылған виртуалды машинаны компьютер жадысында сақтап, қажет болған жағдайда басқада нақты компьютерлерге көшірсе болады. Кейін әрбір пайдаланушы осы виртуалды машинамен тек өзінің компьютерінде жұмыс істей алады.

Виртуалды машиналар білім алушыларға, оқытушыларға және ақпараттық технологиялар саласындағы мамандарға көп басымдықтар береді, олар: жоғары қауіпсіздік деңгейін қамтамасыз ету; бағдарламаларды жүйеге зиян келтірмей тестілеу; білім алушыларды компьютерлік сауаттылыққа оқыту және т.б. Виртуалды машиналарды қолдану ақпараттық технологиялардың дамуына қатысты объективті себептерге байланысты, олар дербес компьютерлердің есептеу қуаттылығының өсуі, компьютер көмегімен шешілетін мәселелер тізімінің кеңейуі [3].

Осылайша, виртуалды машиналарды Қазақстан Республикасы Ұлттық қауіпсіздік комитеті Шекара қызметі академиясының оқу үрдісінде қолдану, жоғарыда келтірілген басымдықтарға қол жеткізе қоймай, жалпы білім беру процесін оңтайландыруға, білім сапасын жоғарылатуға, білім алушылардың жан-жақтылығын кеңейтуге, олардың ақпараттық сауаттылығы мен мәдениетін қалыптастыруға себеп болады. Сонымен қатар, оқытушылар мен техникалық персоналдың күнделікті жұмысын жеңілдетіп, қызметтік уақытын үнемдеуге мүмкіндік береді, олармен рационалды шешім қабылдауға көмек береді.

#### ӘДЕБИЕТ

[1]. Гилев В.М. Виртуальные машины: сущность, возможности и применение [Электронды ресурс] // Мастерство online. 2015. 1(2). – URL: <http://ripo.unibel.by/index.php?id=699>.

[2]. Гилев В.М. Место и роль виртуальных машин в образовании / В. М. Гилев // Культура и образование: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 15-летию социально-гуманитарного факультета, 25-летию кафедры культурологии БГПУ им. М. Акмуллы и 60-летию профессора В.Л.Бенина 28-29 ноября 2014г. г. Уфа / под ред. В.Л. Бенина. – Уфа, 2014. – С. 444-446.

[3]. Гилев В.М. Некоторые аспекты использования виртуальных машин / В. М. Гилев // Молодежь – будущее России: материалы VII заочной Международной научно-практической конференции с участием студентов и аспирантов (Омск, 30 марта – 10 апреля 2015 г.). – Омск: Изд-во Ом. гос. университета, 2015. – С. 24-26.

[4]. PGP Software [Электронный ресурс] // Веб-сайт продаж программного обеспечения [Официальный сайт]. – URL: <http://ecoshop.biz/?action=918>.

Турсунов Б.М., Асанов И.С., Рысбаева Г.П., Шаповалов А.А., Диканбаев Е.Ш.

**Принципы использования виртуальных машин в учебном процессе Академии Пограничной службы КНБ Республики Казахстан**

**Резюме.** В данной статье приведены актуальные проблемы, с которыми сталкиваются обучаемые и профессорско-преподавательский состав при организации учебного процесса в Академии Пограничной службы КНБ Республики Казахстан. Рассмотрены возможности и преимущества виртуальных машин, которые могут быть использованы для решения данных проблем.

**Ключевые слова:** учебный процесс, информационные технологии, виртуальные машины, операционная система, компьютерные программы, совместимость, безопасность информации.

**НАПУТСТВИЕ МОЛОДЫМ ГЕОЛОГАМ  
(Из выступления К.И. Сатпаева на встрече со студентами-геологами  
КазГМИ и КазГУ 18 марта 1950 г.)**

14 лет КазГМИ выпускает своих питомцев. Они - в Казахстане, в других республиках СССР. Они в общем не подкачали, оправдали добрую репутацию КазГМИ. Они - на рудниках, в геологоразведочных организациях, в АН КазССР. Вы - подрастающая смена геологов Казахстана. Какие пожелания я сделал бы вам:

а) *Учиться* и учиться. Учиться *упорно*, учиться *добротнo*. С юношеским энтузиазмом и любознательностью, с упорством и целеустремленностью патриота.

б) Учиться и овладевать знаниями не формально, а *фактически*, не "проглатывать" зачеты, а "переваривать" полученные знания *творчески*, критически осмысливая их.

в) Помнить всегда, что школьное знание, в том числе и вузовское, вводит вас в курс лишь самых общих истин и выводов в науке, указывает методику работы над первоисточниками, чтобы постигнуть ее отдельные детали.

Наряду с научной и учебной *литературой*, для геолога основным первоисточником является *Великая книга* природы, представляющаяся в виде разрезов, обнажений, как естественных, так и создаваемых волей человека в виде буровых скважин, канав, шурфов, шахт, различных горных и горно-эксплуатационных выработок. Эта книга природы на первый взгляд бывает не такой полной и стройной, как, например, натуральные печатные книги. Часто в ней бывает много пропусков, стертых страниц, неясных мест, различного рода загадок и шарад.

г) Поэтому помимо зоркой наблюдательности к фактам геолог должен обладать также немалой *силой творческого воображения*, чтобы из этих разрозненных, подчас сложных и неясных фрагментов воссоздать первоначальный, истинный текст отдельных страниц этой Великой книги природы. Геолог не должен быть слепым фиксатором фактов, он должен их осмысливать и связывать в единое стройное целое. Труд геолога такой же творческий, как труд архитектора, воссоздающего на основе разрозненных фрагментов общий ансамбль какого-либо архитектурного сооружения в целом. "Геолог должен обладать определенной дозой фантазии - говорил академик М.И.Усов,- чтобы создавать рабочую гипотезу явления."

д) Но гипотезы геолога должны строго соответствовать фактам и изменяться в соответствии с данными новых фактов. Нельзя становиться *работом* предвзятой гипотезы.

е) Для геологии, как и для всякой естественной науки, основной базой, аргументом должны быть реальные факты, а не гипотезы, пусть самые модные и на последние. Уметь сочетать теорию с фактами - большое искусство для геолога. Сколько геологов стало жертвой неумелого сочетания их?

ж) Геологу нужно начать с производства. Без производственного стажа геолог - не геолог, не инженер, а тепличный цветок. Аспирантура - после производства.

з) Труд у нас коллективен. Тем более коллективен труд в производстве. Успех - в организации. Геолог на производстве должен быть прежде всего организатором:

1) Он должен организовать коллектив; готовить, выращивать кадры на месте, зажигать их энтузиазмом в работе. Уважать труд каждого. Быть душой коллектива. Для этого нужно *справедливое*, ровное и требовательное отношение к людям. Панибратство, заискивание не менее вредны, чем крикливость и зазнайство.

2) Укреплять всемерно дисциплину производства, авторитет нижестоящих звеньев.

3) Заражать коллектив своим личным примером. Не чураться черновой работы. Быть *скромным* в быту и в работе.

4) Организация производственного процесса. Комплексное ведение работ, вплоть до тонких научных исследований на месте. Создавать научно-исследовательские ячейки на месте.

5) Комплексный охват всей геологии и полезных ископаемых района своей деятельности. Не быть односторонним в исследовании. Диалектический подход к исследованию.

6) Не терять связи с КазГМИ, с профессурой, с АН КазССР. Запросто обращаться к ним в затруднительных случаях. Наладить с научными кадрами нормальные взаимоотношения.

7) Для рудничных геологов - охрана недр от хищничества; обслуживать эксплуатацию; научные результаты эксплуатации рудников.

8) Быть широко образованным человеком, не замыкаться только в узком кругу своей специальности.

*Язык, стиль* не менее важны для геолога. Их можно постигнуть только на основе чтения художественной литературы, особенно классиков.

9) Быть настоящим инженером - *не пасовать* перед трудностями, преодолевать их, *быть настойчивым* в достижении цели, *маневренным* в методах преодоления трудностей.

Впереди - грандиозные задачи.

Генплан: 50 млн т чугуна, 60 млн т стали, 500 млн т угля; эти цифры, в свою очередь, определяют объем добычи цветных, редких металлов и другого минерального сырья.

В реализации этой исторической задачи геологи стоят на передовой линии. Они должны быть достойны поставленных перед вами исторических задач. Для этого геологи должны быть принципиальными, твердыми и волевыми людьми, не боящимися трудностей.

*Академик К. И. Сатпаев*

## МАЗМҰНЫ

### Жер туралы ғылымдар

<i>Кулумбетова Г.Е.</i> КАСПИЙ МАҢЫ ОЙПАТЫНЫҢ ШЫҒЫС ЖИЕГІНІҢ ТЕРРИГЕНДІК ЖИНАУЫШТАРЫНЫҢ ҚАЛЫПТАСУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ.....	3
<i>Сапаров Қ.Т., Сергеева А.М., Көшім А.Ф.</i> МАҢҒЫСТАУ ОБЛЫСЫНЫҢ ТУРИСТІК-РЕКРЕАЦИЯЛЫҚ ӨЛЕУЕТІНЕ КЕШЕНДІ БАҒА БЕРУ.....	6
<i>Абдуова А.А., Есенгелді А., Сатаев М.И., Курриянов А.Н., Мошкалов Б.М.</i> СЫРДАРИЯ-ТҮРКІСТАН МЕМЛЕКЕТТІК Өңірлік Табиғи Паркінің Сирек Және Сәндік Өсімдіктердің Өсу Жерлерін Зерттеу.....	12
<i>Сапарбекова А.А., Мамаева Л.А., Муталиева Б. Ж., Сейдахмет И.А., Сакиева З.Ж.</i> ДЕКОРАТИВТІ ҚАЛАЛЫҚ ӨСІМДІКТЕРДІ ТОПЫРАҚТАН АУЫР МЕТАЛДАРМЕН ЛАСТАНҒАН АЙМАҚТАРДЫ ТАЗАЛАУҒА ҚОЛДАНУ.....	17
<i>Кулумбетова Г.Е.</i> КАСПИЙ МАҢЫ СИНЕКЛИЗАСЫНЫҢ ШЫҒЫСЫНДА КТ-II НЕГІЗГІ ӨНІМДІ ЖЕР ҚЫРТЫСЫНЫҢ ҚАЛЫҢ ҚАБАТЫНЫҢ ҚҰРЫЛУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ МЕН ТАРАЛУЫ.....	21
<i>Мынбаева Б.Н., Бекахмет Г.Б., Ерубаетова Г.К.</i> ІЛЕ-АЛАТАУ МЕМЛЕКЕТТІК Ұлттық Табиғи Паркіндегі Үлкен Алматы Шатқалына Рекреациялық Жүктемені Орнату.....	28
<i>Урымбаева А.А., Базарбаева Т.А., Умбетбеков А.Т.</i> АЛМАТЫ ОБЛЫСЫНЫҢ АТМОСФЕРАЛЫҚ АУАСЫН ЛАСТАЙТЫН ТҰРАҚТЫ ЖӘНЕ ЖЫЛЖЫМАЛЫ КӨЗДЕРДІ БАҒАЛАУ (ТАЛДЫҚОРҒАН Қ. МЫСАЛЫ РЕТІНДЕ).....	40
<i>Қуатбеков Б. Н., Тулентаева Г. С., Абылова М. К.</i> ТҮРКІСТАН ҚАЛАСЫ ЖЕРАСТЫ СУЫНЫҢ СҮЗГІЛЕНУІНІҢ КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛІ.....	46
<i>Байбатшиа А.Б., Сатибекова С.Б.</i> ҚАРАҒАНДЫ АЛАБЫ КӨМІРСЫЙЫСТЫРУШЫ ТАУЖЫНЫСТАРЫНЫҢ ФИЗИКАЛЫҚ-МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ГЕОЛОГИЯЛЫҚ-ГЕОФИЗИКАЛЫҚ МӘЛІМЕТТЕР БОЙЫНША БАҒАЛАУ.....	51
<i>Амангелди О., Құсайынов С.А.</i> ҚАЗАҚСТАННЫҢ ОҢТҮСТІК-ШЫҒЫС АУМАҒЫНЫҢ НЕОТЕКТОНИКАЛЫҚ ҚОЗҒАЛЫСТАРЫНЫҢ ЗЕРТТЕУ ӘДІСТЕРІ.....	57

### Техникалық ғылымдар

<i>Ахметов Б.С., Гнатюк С.А., Охрименко Т.А., Кинзерявий В., Юбузова Х.И.</i> ДЕТЕРМИНИСТІК КВАНТТЫҚ ЖӘНЕ КРИПТОГАФИЯЛЫҚ ХАТТАМА БОЙЫНША АҚПАРАТ АЛМАСУ КЕЗІНДЕ БӨГЕУЛГЕ ТҰРАҚТЫ РИДА-СОЛОМОН КОДЫНЫҢ ГАЛУА $GF(3^2)$ ӨРІСІНДЕ ТҮЗЕТУШІЛІК ҚАБІЛЕТТЕРІН ЭКСПЕРИМЕНТТІК ЗЕРТТЕУ.....	61
<i>Ешжанов А.А., Волненко А.А., Хусанов Ж.Е., Торский А.О., Жумадуллаев Д.К.</i> РЕТТІ-ҚАЛЫҚТАМАЛЫ САПТАМАЛЫ КОМБИНИРЛЕНГЕН АППАРАТТА ШАҢҰСТАУ.....	69
<i>Мырзахметов Б.А.</i> ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ӨНЕРКӘСІБІН ИННОВАЦИЯЛЫ ДАМУДЫ ІСКЕ АСЫРУ БАРЫСЫНДАҒЫ ҒЫЛЫМ МЕН ӨНДІРІСТІҢ ӨЗАРА ҚАТЫНАСУ МӘСЕЛЕЛЕРІ.....	74
<i>Сакиева З.Ж., Жолмырзаева Р.Н., Дабжанова С.Т., Джумагалиева Г.</i> КҮНБАҒЫСТЫҢ АУРУЛАРҒА ТӨЗІМДІ ТҮРЛЕРІНІҢ БИОХИМИЯЛЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ.....	78
<i>Куликов В.П., Қазанбаева А.С.</i> АДАПТИВТІ ТЕСТІЛЕУДІ ТАЛДАУ МӘСЕЛЕСІ ТУРАЛЫ.....	82
<i>Әбен А.С., Жакыпбек Ы.</i> АЛМАТЫ МЕТРОПОЛИТЕНІ ҚҰРЫЛЫСЫ КЕЗІНДЕГІ ҚАЛАНЫҢ ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ ТОРАБЫН ҚАЙТА ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУДІҢ МАҢЫЗДЫЛЫҒЫН ТАЛДАУ.....	88
<i>Есбенбетова Ж.Х., Шайхы Р.Т.</i> ЕҢБЕКТІ ҚОРҒАУДАҒЫ КӘСІБИ ТӘУЕКЕЛДЕРДІ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІНЕ АУЫСУДЫҢ НЕГІЗДЕРІН ҚАЛЫПТАСТЫРУ.....	92
<i>Әшімов У.Б., Кубеков Б.С., Утегенова А.У., Науменко В.В., Аленова Р.А.</i> ИНЖЕНЕРЛІК ОҚЫТУДЫҢ БІЛІМ БЕРУ ИННОВАЦИЯЛЫҚ МОДЕЛІ.....	95
<i>Баязиева М.Н., Маханова З.А., Қожабекова П.А., Мамекова С.Қ.</i> КАДРЛАР БӨЛІМІ ЖҰМЫСЫНЫҢ МАҢЫЗДЫЛЫҒЫ.....	101
<i>Достияров А.М., Умышев Д.Р., Дүйсенбек Ж.С., Яманбекова А.К.</i> МИКРОФАКЕЛЬНО АЗИЯДАҒЫ НИТРОГЕН ОКСИДІНДІ ПАЙДАЛАНУҒА НЕГІЗГІ ПАРАМЕТРЛЕРДІҢ АНЫҚТАУЫ.....	103

<i>Баймаханов Г.А., Байрамбаев А.</i>	
САПА МЕНЕДЖМЕНТИ ЖҮЙЕСІН ЖЕТІЛДІРУДІҢ ҮДЕРІСТІК ТӘСІЛІ .....	109
<i>Шагымгереева С.А., Тілеуберді Е., Уалиев Ж.Р., Оңғарбаев Е.Қ.</i>	
ҚАБАТТЫҢ ГИДРАВЛИКАЛЫҚ ЖАРЫЛУЫН МОДЕЛЬДЕУ .....	113
<i>Жантасов К.Т., Байболов К.С., Лавров Б.А., Исмаилов Б.А., Досалиев К.С.</i>	
МИНЕРАЛДЫ ТЫҢАЙТҚЫШТАРДЫ ӨНДІРУГЕ АРНАЛҒАН ОБЪЕКТІЛЕРДІҢ ҚАУІПСІЗДІГІН ЖОСПАРЛАУ ЖӘНЕ БАСҚАРУ .....	118
<i>Щеглов В.А., Болатбеков Р.Б., Аманжолова С.Т., Басири К.</i>	
КӘСПОРЫНДАҒЫ ВРМ ЖҮЙЕЛЕРІНДЕГІ SOA ЭВОЛЮЦИЯСЫ .....	121
<i>Жаксылық А., Иманбекова Т.Д.</i>	
AUTOCAD-ТА 3-D МОДЕЛІН ЖАСАҒАНДА ЛОФТ ЖӘНЕ ЖЫЛЖЫТУ КОМАНДАЛАРЫН ҚОЛДАНУ НЕГІЗДЕРІ.....	124
<i>Досалиев К.С., Исмаилов Б.А., Заурбеков Т.Т., Босак В.Н., Жұматаева С.Б.</i>	
ӘРТҮРЛІ ӨНДІРІС ҚАЛДЫҚТАРЫН ЖОЛҚОЗҒАЛЫС АЛДЫҒЫ БЕЛГІЛЕРГЕ ҚОЛДАНУ МҮМКІНДІКТЕРІН ЗЕРТТЕУ .....	127
<i>Иманбекова Т.Д., Жаксылық А., Жаркымбекова М. Б.</i>	
MATLAB КӨМЕГІМЕН ТҰЙЫҚТАЛҒАН СЫЗЫҚТЫ ЕМЕС ЖТ-АҚ ЖҮЙЕСІНІҢ ОРНЫҚТЫЛЫҒЫН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ КОМПЬЮТЕРДЕ МОДЕЛДЕНУІ .....	131
<i>Болатбеков Р.Б., Аманжолова С.Т., Басири К.</i>	
КӘСПОРЫН СЕРВИСТІК ШИНАЛАРЫН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ БАҒАЛАУ .....	135
<i>Ахметжанов А., Ораз Б., Ахметжанова Г., Асирбек Н.</i>	
СҮЗУ-СЫЙЫМДЫЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН БОЛЖАУ ҮШІН СЕЙСМИКАЛЫҚ ДЕРЕКТЕРДІ ДИНАМИКАЛЫҚ ИНТЕРПРЕТАЦИЯЛАУ .....	140
<i>Елемесов Қ. К., Бортебаев С. А., Басқанбаева Д. Д., Сыдықбекова С. Т.</i>	
ОРТАДАН ТЕПКІШ СОРҒЫЛАРДЫҢ КОРПУСТАРЫН ДАЙЫНДАУ ҮШІН ФИБРОБЕТОННЫҢ ОҢТАЙЛЫ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ .....	146
<i>Конырбаева Г.Х., Сатаева С.С.</i>	
МҰНАЙ ШЛАМДАРЫН ЖОЛ ҚҰРЫЛЫСЫНДА ҚОЛДАНУ ҮШІН ЗЕРТТЕУ .....	150
<i>Мамырбаев О.Ж., Мекебаев Н.О., Тұрдалыұлы М., Ахметов И.</i>	
MFSS НЕГІЗІНДЕГІ ДИКТОРДЫ АНЫҚТАУ ЖҮЙЕСІ.....	155
<i>Тулегенова М.А., Гусейнов Н.Р., Ильин А.М., Билл Г., Қуанышбеков Т.Қ.</i>	
Ga <sup>+</sup> ИОН ТӨМЕН ЭНЕРГИЯМЕН СӘУЛЕЛЕНДІРУ АРҚЫЛЫ АЛЫНҒАН Ga-ГРАФЕН КОМПОЗИТІНІҢ ТҮЗІЛУІ .....	160
<i>Найзабаева Л., Туркен Г., Максұтова Б., Оразбеков Ж., Алимбаева Б.</i>	
SAS АНАЛИЗ ЖҮЙЕСІН ПАЙДАЛАНЫП, СТАТИСТИКАЛЫҚ ГИПОТИЗДІ ТЕСТІЛЕУ.....	166
<i>Тасанова Л., Жармагамбетова А., Апендина А., Орынбасар Р., Бекешев А.</i>	
ЖОҒАРЫ МОЛЕКУЛАЛЫ АЦЕТИЛЕН СПИРТТЕРІН ГИДРЛЕУГЕ АРНАЛҒАН ЕРІГІШ ПОЛИМЕРЛЕРМЕН ТҰРАҚТАНДЫРЫЛҒАН ПАЛЛАДИЙ КАТАЛИЗАТОРЛАРЫ .....	171
<i>Серикбай А.К., Батырбаева А.М., Тенгельбаева А.А., Манап Қ.Р., Серикқызы М.С.</i>	
НАН ТОҚАШ ӨНІМДЕРІНІҢ САПАСЫ МЕН ҚАУІПСІЗДІГІ.....	177
<i>Демин В.Ф., Демичук Г.В., Демина Т.В., Кайсаров А.А., Мұхамеджанов С.Д.</i>	
ПОДДЮТАНЫҢ АЛДЫН АЛУ ҮШІН ТОПЫРАҚТЫҢ ІСІНУІ ЖӘНЕ АҒЫН СХЕМАЛАРЫ.....	181
<i>Абзалбекұлы Б., Джумабекова Г.Б., Умирзакова Б.М.</i>	
ТҰРҒЫНДАРДЫҢ ТАБАН ӨЛШЕМДЕРІН 3D ТЕХНОЛОГИЯМЕН ЗЕРТТЕУ .....	188
<i>Абзалбекұлы Б., Джумабекова Г.Б., Мунасипов С.Е.</i>	
АЯҚ КИІМ ҚАЛЫПТАРЫН 3D ТЕХНОЛОГИЯРДЫ ҚОЛДАНЫП ЖОБАЛАУ .....	193
<i>Оразбаев Б.Б., Кенжебаева Т.С., Шангитова Ж.Е., Оразбаева К.Н., Курмангазиева Л.Т.</i>	
КЛАУС РЕАКТОРЫ ЖҰМЫС РЕЖИМДЕРІН ОПТИМИЗАЦИЯЛАУДА ҚОЛДАНЫЛАТЫН КҮКІРТ ӨНДІРУ ПРОЦЕСІННІҢ ФАКТОРЛАР ӨЗ-АРА ӘСЕРЛЕРІ ДИАГРАММАЛАРЫ НЕГІЗІНДЕГІ МОДЕЛЬДЕРІ .....	196
<i>Смайлов Н.К., Батыргалиев А.Б.</i>	
ОТАНДЫҚ ЖӘНЕ ШЕТЕЛДІК ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК КЕҢІСТІКТІК ШУ ГЕНЕРАТОРЛАРЫНЫҢ СИПАТТАМАЛАРЫН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ .....	202
<i>Нұрланұлы А., Дауренбаева Н.А.</i>	
ВEMS-ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ БІРІ – ЗИЯТКЕРЛІ ТЕРМОСТАТТАР.....	208
<i>Даулетбаева М.М., Джамилова С.М., Сатарбаева А.С., Умбетбеков А.Т., Бергенева Н.С.</i>	
АНТРОПОГЕНДІ ФАКТОРЛАРҒА ТОЛЕРАНТТЫ ӨСІМДІКТЕР ҚАУЫМДАСТЫҒЫ.....	212
<i>Козак Е.А., Курмашев И.Г.</i>	
ТАЛДАУ ҚОЛДАНУ ТИІМДІЛІГІН МОБИЛЬДІ ҚҰРЫЛҒЫЛАР МЕН ТЕХНОЛОГИЯЛАР.....	216
<i>Курмашев И.Г., Никишина О.А.</i>	
ДЕМОГРАФИЯЛЫҚ БОЛЖАМЫ НЕГІЗІНДЕ АНЫҚ ЕМЕС ЛОГИКА.....	222

<i>Лобач Н.В., Демьяненко А.В.</i> ҚОЛДАУ ЖҮЙЕСІ ШЕШІМ ҚАБЫЛДАУ КЕЗІНДЕ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ПРОЦЕСТЕ ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУ ҚАЛАҚТАРЫНЫҢ, ТУРБИНАЛАРДЫҢ ӘДІСІМЕН ПЛАЗМАЛЫҚ ТОЗАҢДАТУ .....	226
<i>Тешебаева К.К., Басири К.</i> АВТОМАТИЗАЦИЯЛЫҚ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІ АЯСЫНДА ЖОҒАРЫ ОҚЫ ОРЫНДАРЫНДАҒЫ БИЗНЕС ПРОЦЕСТЕРДІ ОҢТАЙЛАНДЫРУ .....	230
<i>Зубова О.А., Оразбаев Ә.Е., Воронова Н.В., Мұқанова Г.А.</i> ЖЭО КҮЛ-ҚОЖДЫ ҚАЛДЫҚТАРЫН ҚАЙТА ӨНДЕУДЕГІ ПЕРМПЕКТИВТІ ӘДІСТЕР .....	233
<i>Умбетбеков А.Т., Мәжит Ж.Б., Даулетбаева М.Е., Исанбекова А.Т., Сраж Н.М.</i> БАЛАМАЛЫ ЭНЕРГИЯ КӨЗДЕРІН ПАЙДАЛАНУДАҒЫ ҚР ЭНЕРГЕТИКА САЛАСЫНЫҢ ЖАЙ- КҮЙІ МЕН ДАМУ КЕЛЕШЕГІН ТАЛДАУ .....	240
<i>Кайбасова Л.Л. Ла, Д.Ж.</i> ДЕРЕКТЕРДІ ЗИЯТКЕРЛІК ТАЛДАУҒА АРНАЛҒАН БЕЛГІЛІК ТӘУЕЛДІЛІКТЕРДІ АНЫҚТАУДАҒЫ АССОЦИАТИВТІ ЕРЕЖЕЛЕР .....	247
<i>Ахметбеков Р.Д., Есмаганбетов А.А., Нусупов Д.Д., Гинаяттов Т.М., Досымбек Д.Д.</i> ҰЯЛЫ БАЙЛАНЫС ЖЕЛІЛЕРІНІҢ ӨТКІЗУ ҚАБІЛЕТІН КЕҢІСТІК ЖӘНЕ УАҚЫТ БОЙЫНША КОДТАУ ӘДІСІМЕН АРТТЫРУ .....	251
<i>Куликова В.П., Икласова К.Е.</i> ИНДИКАТИВТІК КӨРСЕТКІШТЕРДІ БОЛЖАУ МӘСЕЛЕСІ ТУРАЛЫ .....	255
<i>Тойганбаева Н.А., Нурсеитов Д.Б., Жунусова Ж.Х.</i> ОҚУ МАТЕРИАЛДАРЫН БЕЙІМДІ МЕҢГЕРУГЕ АРНАЛҒАН ПЛАТФОРМАЛАРҒА ШОЛУ .....	261
<i>Жамалов А.А., Жұман А.И.</i> БИРОТОРЛЫ ГИДРОГЕНЕРАТОРДЫҢ ПАРАМЕТРЛЕРІН ЕСЕПТЕУДІҢ ТЕОРИЯЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ .....	265
<i>Утепбергенов И.Т., Ахмедиярова А.Т., Қуандықова Д.Р., Қасымова Д.Т.</i> ДЕРЕКТЕР ҚОЙМАСЫН МОДЕЛЬДЕУГЕ ТҰЖЫРЫМДАМАЛЫҚ ТӘСІЛДЕР .....	271
<i>Кудубаева С. А., Жусупова Б. Т.</i> ОТАНДЫҚ ЖӘНЕ ШЕТЕЛДІК ТӘЖІРИБЕДЕГІ СУРДОАУДАРМА ЖҮЙЕЛЕРІН ҚҰРУДАҒЫ ЗАМАНАУИ ТӘСІЛДЕРІН ШОЛУ .....	280
<i>Жаксылық А.</i> КОМПЬЮТЕРЛІК ГРАФИКАНЫ ЖОҒАРЫ ОҚУ ОРЫНДАРЫНДА ОҚЫТУДЫҢ ЗАМАНАУИ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ .....	286
<i>Черикбаева Л.Ш.</i> АЛГОРИТМДЕРДІҢ ТОПТЫҚ ШЕШІМІН ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП ТИІМДІ КЛАССИФИКАТОРДЫ ІЗДЕУ .....	289
<i>Калижанова А.У., Айтқұлов Ж.С., Козбакова А.Х.</i> СЫМЗЫЗ СЕНСОРЛЫҚ ЖЕЛІЛЕРДІ ҚҰРУДЫҢ ЗАМАНАУИ ТЕНДЕНЦИЯЛАРЫ .....	292
<i>Айтимов А., Амиргалиев Б., Абдикерим А.</i> ДЕНЕ ІС-ҚИМЫЛЫН ТАҢУ ЕСЕПТЕРІ .....	301
<i>Моминова С.М., Копжасаров Б.Т., Ким К.Д.</i> ТАБИҒИ ЖӘНЕ БАЙЫТЫЛҒАН ПОЛИМИНЕРАЛДЫ ШАҒЫЛ ҚҰМДАРДЫҢ ТҮЙІРШІКТІК ҚҰРАМЫНЫҢ ҚОЖ ТҮТҚЫР МАТЕРИАЛ НЕГІЗІНДЕГІ ГАЗДЫ СИЛИКАТ БЕТОННЫҢ БЕРІКТІКТІК ҚАСИЕТІНЕ ӘСЕРІ .....	307
<i>Шинтасова С.М., Мамеров М.М., Байгазиева Г.И.</i> ИОН-ОЗОНДЫҚ ЖАРЫЛЫС КАВИТАЦИЯСЫНЫҢ ЫҚПАЛЫМЕН ҚҰРАМДАҒЫ В- ГЛЮКАНДЫ АЗАЙТУ ЕСЕБІНЕН УЫТТЫҢ ЦИТОЛИТИКАЛЫҚ БЕЛСЕНДІЛІГІНІҢ ӨСУІ .....	311
<i>Секида Д.С., Жаркевич О.М., Жунуспеков Д.С.</i> ТАСПАЛЫ КОНВЕЙЕРЛЕР ӨНДІРІСІН ДАМЫТУ .....	316
<i>Қартбаев Т.С., Ляхно В.А., Тұрғынбаева А.А., Маликова Ф.Ө.</i> КӘСІПОРЫНДАРДЫ ЦИФРЛАНДЫРУ САЛАСЫНДАҒЫ ИНВЕСТИЦИЯЛЫҚ ЖОБАЛАРДЫ БАҒАЛАУ БОЙЫНША ШЕШІМДЕР ҚАБЫЛДАУДЫ ҚОЛДАУ ЖҮЙЕЛЕРІН ДАМЫТУ .....	320
<i>Жантасов К.Т., Жантасова Д.М., Исмаилов Б.А., Карпенко В.А., Зият А.Ж.</i> ПОТЕНЦИАЛДЫ-ҚАУІПТІ НЫСАНДАР ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ӨМІРГЕ ҚАУІПСІЗ ӨНДІРІСТІК АЙМАҚҚА ӘСЕРІ .....	326
<i>Сатыбалдин М.Б., Жамбыл Н.Е., Омашев Н.Н.</i> БАЙЛАНЫСҚАН ХАОСТЫҚ ОСЦИЛЛЯТОРЛАРДЫҢ СИНХРОНИЗАЦИЯСЫ ЖӘНЕ ОНЫҢ АҚПАРАТ ҚОРҒАУДА ПАЙДАЛАНУ .....	330
<i>Кунелбаев М., Амиргалиев Б.Е., Калижанова А.У., Козбакова А.Х., Мерембаев Т.</i> ТЕРМОСИФОНДЫҚ АЙНАЛЫМЫ БАР КОЛЛЕКТОРЛАРҒА АРНАЛҒАН БАҚЫЛАУШЫЛАРДЫ БАСҚАРУДЫҢ КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛІ .....	334
<i>Қуанышбай Д., Кожжахмет К., Шойынбек А.</i> ЭМОЦИЯЛАРДЫ КЛАССИФИКАЦИЯЛАУДА ТЕРЕҢ НЕЙРОНДЫ ЖЕЛІЛЕРІ ҮШІН ЕКІ СӨЙЛЕУ СИГНАЛДАРЫНЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІН САЛЫСТЫРУ .....	343

<i>Вершинин А.Ю., Мукажанов Н.К., Басири К.</i> ҚАЗАҚ ТІЛІНІҢ МОРФОЛОГИЯЛЫҚ МОДЕЛІ, СӨЗ НЕГІЗІН ТАБУДЫҢ НЕГІЗДЕРІ, СТЕММИНГ ЖӘНЕ ЛЕММАТИЗАЦИЯ .....	350
<i>Вершинин А.Ю., Мукажанов Н.К., Басири К.</i> ҚАЗАҚСТАНДА ІЗДЕУ ЖҮЙЕСІ .....	353
<i>Абдуали Б.А., Әмірова Д.Т., Рахимова Д.Р., Кәрібаева А.С.</i> ҚАЗАҚ ТІЛІНДЕГІ МӘТІНДІК РЕСУРСТАР МЕН ҚҰЖАТТАРДЫ АНАЛИТИКАЛЫҚ ӨНДЕУ .....	356
<i>Жаксыбаева Э.Ж., Диханбаева Ф.Т., Смаилова Ж., Жунусова Г.</i> ГЕРОДИЕТАЛЫҚ ТАМАҚТАНУҒА АРНАЛҒАН СҰЙЫҚ ЙОГУРТТЫҢ МИКРОБИОЛОГИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІН ЗЕРТТЕУ .....	362
<i>Умышев Д.Р., Достияров А.М., Наурыз Б.К., Туманов М.Е.</i> ТҰРАҚТАНДЫРУДА ҚАРСЫ-БҰРАЛҒАН ТӘСІЛМЕН ЖАНАРҒЫДАН КЕЙІНГІ ЖАНУ ПРОЦЕСІН САНДЫҚ МОДЕЛДЕУ .....	366
<i>Алдияров А.У., Ақылбаева А.К., Соколов Д.Ю., Стржмечный Ю.М.</i> ИҚ-СПЕКТРОФОТОМЕТРИЯ САЛАСЫНДАҒЫ ӨЛШЕУДІҢ ӘДІСТЕРІН ЖЕТІЛДІРУ .....	372
<i>Ускенбаев Д.Е., Ногай А.С., Айнакулов Э.Б., Исабекова Б.Б.</i> СУДЫ ЭЛЕКТРФИЗИКАЦИЯЛЫҚ ӘДІСПЕН ӨНДЕУ ҚҰРЫЛҒЫЛАРЫ .....	377
<i>Вуйцик В., Калижанова А.У., Кисала П., Кашаганова Г.Б., Цецик С., Козбакова А.Х., Оразбеков Ж.</i> СИГНАЛДАРДЫ ИНТЕРРОГАЦИЯЛАУ ЖҮЙЕСІНІҢ ӨЛШЕУШІ ЖӘНЕ СҰРАУ САЛУ ЭЛЕМЕНТТЕРІ ҮШІН ТИІМДІ ПАРАМЕТРЛЕРІН ТАҢДАУ .....	382
<i>Жаркевич О.М., Дандыбаев Е. С., Михеев С.С.</i> ШӨМШ-САПТЫҢ ТОПСАЛЫ ҚОСЫЛЫСЫ САУСАҒЫНЫҢ ДИАМЕТРІН ӨЗГЕРУІНЕН ПАРАМЕТРЛЕРДІҢ КЕРНЕУЛІ-ДЕФОРМАЦИЯЛАНҒАН КҮЙІНІҢ ТӘУЕЛДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ .....	389
<i>Ешжанов А., Волненко А., Торский А., Жумадуллаев Д., Абжапбаров А.</i> КАМБИНИРЛЕНГЕН ТҰРАҚТЫ-ҚАЛЫҚТАМАЛЫ САПТАМАСЫ БАР АППАРАТТАРДЫҢ ЖҰМЫС РЕЖИМДЕРІ .....	396
<i>Қабылбекова Қ.Ш., Нурмуханова А.З.</i> САНДЫҚ ФЛЮОРОГРАФИЯ ҚҰРЫЛҒЫЛАРЫ: ҚАЗІРГІ АХУАЛЫ МЕН КЕЛЕШЕК МОДЕРНИЗАЦИЯСЫ, ДЕКЛАРАЦИЯЛАУ ҚАҒИДАЛАРЫ .....	402
<i>Жамалов А.Ж., Әлімхан</i> БИОГАЗ ЭНЕРГИЯ Б.Қ. РЕСУРСТАРЫН АНЫҚТАУ ӘДІСТЕМЕСІ .....	408
<i>Аскарова А.С., Болегенова С.А., Мауленов Д., Дүйсенбаева Х.Б., Жакин Н.С.</i> ПК-39 ҚАЗАНДЫҚТЫҢ ЖАНУ КАМЕРАСЫНДА КӨМІРТЕГІ ДИОКСИДІ СО2 КОНЦЕНТРАЦИЯСЫ ӨРІСТЕРІН ҚАЛЫПТАСТЫРУ ТУРАЛЫ ЗАҢДАРДЫ ЗЕРТЕУ БОЙЫНША ЕСЕПТІК ЭКСПЕРИМЕНТТЕР .....	412
<i>Хомоненко А.Д., Қасымова Д.Т., Қуандықова Д.Р., Ахмедиярова А.Т.</i> ҮЛКЕН ДЕРЕКТЕРДЕГІ ҚАЙШЫЛЫҚТАРДЫ ЖОЮ МӘСЕЛЕЛЕРІ .....	418
<i>Амиргалиев Е.Н., Мусабаев Т.Р., Қуанышбай Д., Кенишимов Ш.</i> РОБОТТЫҚ-ВЕРБАЛЬДЫ ЖҮЙЕЛЕРДЕ ҚОЛДАНУ ҮШІН НЕГІЗГІ ТОН НЕГІЗІНДЕГІ КОНТУРДЫҢ СТАТИСТИКАСЫН ПАЙДАЛАНУ АРҚЫЛЫ ДИКТОРДЫҢ ДЫБЫСТЫҚ ИДЕНТИФИКАЦИЯЛАНУЫН ЖАСАУ .....	424
<i>Мубарақова С., Курос Басири</i> ОҚЫТУДЫҢ ЗИЯТКЕРЛІК ЖҮЙЕЛЕРІ .....	433
<i>Кисала П., Калижанова А.У., В. Вуйцик, Кашаганова Г.Б., Оразбеков Ж.</i> ОРТАНЫҢ ӨЗГЕРУ КӨРСЕТКІШІН ӨЛШЕУ ҮШІН ЖАҢА ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ЖАСАУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ .....	440
<i>Сазамбаева Б.Т., Тогызбаева Б.Б., Ибраева А.А., Маханов М.</i> КӨП ФУНКЦИОНАЛДЫ БІР ШӨМШТІ ГИДРАВЛИКАЛЫҚ ЭКСКАВАТОРДЫҢ ДИНАМИКАЛЫҚ ЖҮЙЕСІН МАТЛАВ-ТА МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ .....	448
<i>Арипбаева А.Е., Степанов С.Г., Қалдыбаев Р.Т., Мирзамуратова Р.Ш.</i> ҚЫСЫМДЫ ӨРТ СӨНДІРУ ЖЕҢДЕРІНДЕ ҮЗІЛУ ҚЫСЫМЫН ЕСЕПТЕУ ҮШІН ФОРМУЛАНЫ ШЫҒАРУ .....	454
<i>Сырманова К.К., Агабекова А.Б., Тилеуов Г.Е., Жумаханова Г.А., Қалдыбекова Ж.Б., Байжанова Ш.Б.</i> БИТУМ НЕГІЗІНДЕ ЛАКБОЯУ МАТЕРИАЛДАРЫН АЛУ ТЕХНОЛОГИЯСЫНЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ .....	458
<i>Сырманова К.К., Алипбекова Ж.К., Сакибаева С.А., Қалдыбекова Ж.Б., Байжанова Ш.Б.</i> БИТУМДАР МЕН АСФАЛЬТБЕТОНДАРДЫҢ САПАЛАРЫН АРТТЫРУ ҮШІН ҚОЛДАНЫЛАТЫН РЕЗИНА ҰНТАҒЫНЫҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ .....	463



## Физика-математика ғылымдары

<i>Койшыбаев А.Б., Велямов Т.Т.</i> ОБЪЕКТІЛЕРДІ ӨЗІРЛЕУДІҢ САНДЫҚ ИМПУЛЬСТІК БАСҚАРУ МОДУЛЯЦИЯСЫН МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ .....	467
<i>Абдуллин Х.А., Калкозова Ж.К., Мукашев Б.Н., Мухамедшина Д.М., Серикканов А.С.</i> НАНОҚҰРЫЛЫМДАЛҒАН МЫРЫШ ОКСИДІН СИНТЕЗДЕУДІҢ ӘДІСІН ЖАСАУ ЖӘНЕ ФОТОКАТАЛИЗАТОРЛАР ҮШІН МАТЕРИАЛДАР АЛУ .....	472
<i>Сармасаев М., Айтан Н., Жанабекова Ж., Мукиат С.</i> ЖОҒАРЫ САПАЛЫ ДЕНЕ ШЫНЫҚТЫРУДЫ ҚАЛЫПТАСТЫРУДЫҢ ДИДАКТИКАЛЫҚ- ӘДІСТЕМЕЛІК ПРИНЦИПТЕРІ ТУРАЛЫ.....	480
<i>Сармасаев М., Айтан Н., Жанабекова Ж., Мукиат С.</i> «БІЛІМ БЕРУ СТАНДАРТЫНЫҢ МАЗМҰНЫНЫҢ САПАСЫН ЖӘНЕ ОНЫҢ «БАҚЫЛАУ ЖӘНЕ БАҒАЛАУ МАТЕРИАЛДАРЫНЫҢ» ФИЗИКАЛЫҚ БІЛІМ БЕРУ САПАСЫ.....	485
<i>Мукушев Б.А., Алимкулова Э. Ж., Жокижанова С.К., Ибатаев Ж.А., Нургазина Г.М., Нурғалиева Д.А., Сыдыкова Ж.К., Ерженбек Б.</i> «БАЙЛАНЫС ЭНЕРГИЯСЫ» ҰҒЫМЫН ҚАЛЫПТАСТЫРУДАҒЫ САБАҚТАСТЫҚ.....	491
<i>Мукушев Б.А., Абельдина Ж.К., Жанайдарова Ж.Х., Нурбатырова Т.С., Шакерхан Н., Сыдыкова Ж.К., Ерженбек Б.</i> ПОТЕНЦИАЛДЫҚ ЭНЕРГИЯ ҰҒЫМЫН ҚАЛЫПТАСТЫРУ .....	496
<i>Касымбек Н.М., Маткерим Б., Иманкулов Т.С., Ахмед-Заки Д.Ж.</i> PLU (0) -GMRES ӘДІСІМЕН ПУАССОН ТЕНДЕУІНІҢ САНДЫҚ ШЕШІМІН ТАЛДАУ.....	500
<i>Сакабеков А.С., Мадалиева С.Н.</i> БОЛЬЦМАННЫҢ СТАЦИОНАР БІРӨЛШЕМДІ СЫЗЫҚТЫ МОМЕНТТІК ТЕНДЕУЛЕР ЖҮЙЕСІНІҢҮШІНШІ ЖУЫҚТАУЫ ҮШІН ВЛАДИМИРОВ-МАРШАК ШЕКАРАЛЫҚ ШАРТЫН ҚАНАҒАТТАНДЫРАТЫН ШЕТТІК ЕСЕПТІ АҚЫРЛЫ АЙЫРЫМ ТӘСІЛІМЕН ШЕШУ .....	507
<i>Кенжебек Е.Ф.</i> БІР ӨЛШЕМДІ ЖЫЛУ ТЕНДЕУІ ҮШІН ЯНЕНКО АЛГОРИТМІ.....	512
<i>Вуйцик В., Калижанова А.У., Кисала П., Кашиганова Г.Б., Козбакова А.Х.</i> БРЭГТ ТАЛШЫҚТЫ ТОРЫНЫҢ НЕГІЗІНДЕ ТАЛШЫҚТЫ-ОПТИКАЛЫҚ ДАТЧИКТЕРДІ ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ӨЛШЕУ ЖҮЙЕСІ.....	517
<i>Калижанова А.У., Ахметов С.С., Набиева Г.С.</i> МӘЛІМЕТТЕРДІ ӨНДЕУ ЖҮЙЕСІН ЖОБАЛАУДЫҢ МОДЕЛДЕРІ МЕН ӘДІСТЕРІ.....	524
<i>Нестеренкова Л.А., Нестеренков П. А.</i> ИЗОТЕРМИЯЛЫҚ ЕМЕС МҰНАЙ ҚҰБЫРЫНДАҒЫ ЖҰМЫС ҚҰНЫН ТӨМЕНДЕТУ .....	528
<i>Мұстафин М.</i> ҒАЛЫМ МҰСТАФИН ЖӘНЕ ОНЫҢ АЛГЕБРАЛЫҚ ГЕОМЕТРИЯ САЛЫМ.....	535
<i>Оразбаев Б.Б., Кенжебаева Т.С., Шангитова Ж.Е., Оразбаева К.Н., Курмангазиева Л.Т.</i> ҚЛАУС РЕАКТОРЫ ЖҰМЫС РЕЖИМДЕРІН ОПТИМИЗАЦИЯЛАУДА ҚОЛДАНЫЛАТЫН КҮКІРТ ӨНДІРУ ПРОЦЕСІННІҢ ФАКТОРЛАР ӨЗ-АРА ӘСЕРЛЕРІ ДИАГРАММАЛАРЫ НЕГІЗІНДЕГІ МОДЕЛЬДЕРІ.....	537
<i>Ибраев А.Т.</i> КОМПОЗИВТІ ВЕКТОРЛАРДЫ ҚҰРАСТЫРУ ЖӘНЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК ӨРІСТЕРДІ ЗЕРТТЕУ ҮШІН ПАЙДАЛАНУ .....	542
<i>Исатаев А.С., Жуматов С.С.</i> БЫЛЫҒЫ ЕСЕБІНДЕГІ ЛЯПУНОВТЫҢ ЕКІНШІ ӘДІСІ.....	548
<i>Молдакалыкова А.Ж., Наурызбаева А.И., Бижанова А.С.</i> ЕСЕПТЕУ ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ТҮЙІНДЕРІНДЕ ҚОЛДАНБАЛЫ БАҒДАРЛАМАЛАР МЕН ДЕРЕКТЕР БАЗАСЫНЫҢ МАССИВТЕРІН ҮЛЕСТІРУ ЕСЕБІ.....	555

## Химия-металлургия ғылымдары

<i>Назарбек Ұ.Б., Абдуразова П.А., Үшкемпіров А.Г., Әбдібаева Е.У.</i> АММОФОС САПАСЫНЫҢ ПОЛИКОМПОНЕНТТІ ОРГАНОМИНЕРАЛДЫ ТЫҢАЙТҚЫШЫН АЛУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ӨЗІРЛЕУ.....	562
<i>Колесников А.С., Жақыпбаев Б.Е., Садықов Ж.А., Кутжанова А.Н., Изтілеуов Г.М., Эстауова А.А., Торебекова А.М., Тауасарова Д.Е., Колесникова О.Г.</i> ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ КЛИНКЕРІН АЛУ БОЙЫНША ЗЕРТТЕУЛЕР.....	565
<i>Исмаилова Г.А., Колесников А.С., Жақыпбаев Б.Е., Садықов Ж.А. Кутжанова А.Н., Изтілеуов Г.М., Эстауова А.А., Зултихар З., Колесникова О.Г., Торебекова А.М.</i> ПОРТЛАНДЦЕМЕНТТІ КЛИНКЕРДІ АЛУҒА АРНАЛҒАН ҮШ ҚҰРАМДЫ ШИКІЗАТТЫҢ ҚҰРАМЫН ОҢТАЙЛАНДЫРУ .....	568

<i>Колесников А.С., Нармаханова А., Садыков Ж.А., Жакипбаев Б.Е., Кутжанова А.Н., Изтлеуов Г.М., Эстауова А.А., Колесникова О.Г., Крупа В.С., Торебекова А.М.</i>	
БЕЛИТ КЛИНКЕРДІ АЛУ ҮШІН ҮШ КОМПОНЕНТТІ ШИКІЗАТ ҚОСПАСЫНЫҢ ОҢТАЙЛЫ ПАРАМЕТРЛЕРІН ТАБУ.....	572
<i>Колесников А.С., Махат С.А., Садықов Ж.А., Жақыпбаев Б.Е., Кутжанова А.Н., Изтлеуов Г.М., Эстауова А.А., Колесникова О.Г., Крупа В.С., Торебекова А.М.</i>	
ПОРТЛАНДЦЕМЕНТТІ КЛИНКЕРДІ АЛУҒА АРНАЛҒАН АРНАЛҒАН ЕКІ ҚҰРАМДЫ ШИКІЗАТТЫ ОҢТАЙЛАНДЫРУ.....	577
<i>Дүйсенбекова Г.Ш. Колесников А.С., Садықов Ж.А., Жақыпбаев Б.Е., Кутжанова А.Н., Изтлеуов Г.М., Эстауова А.А., Торебекова А.М., Колесникова О.Г., Шаймерденова Ф.</i>	
ЦЕМЕНТ КЛИНКЕРІН АЛУ КЕЗІНДЕ ШИКІЗАТ ҚОСПАСЫН ҚОСПА РЕТІНДЕ ҚАЙТАЛАМА ШИКІЗАТ РЕТІНДЕ ФОСФОГИПС ҚАЛДЫҚТАРЫН ЗЕРТТЕУ.....	580
<i>Оразымбетова А.С., Мурзағалиева М.Г., Танябаева А.К., Абубакирова К.Д., Рысмағамбетова А.А.</i>	
АҒЫН СУЛАРДЫ ХИМИЯЛЫҚ ТАЗАЛАУ ПРОЦЕСТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	584
<i>Оразымбетова А.С., Мурзағалиева М.Г., Танябаева А.К., Абубакирова К.Д., Рысмағамбетова А.А.</i>	
АҒЫНДЫ СУЛАРДЫ ТАБИҒИ АДСОРБЕНТТЕРМЕН ХИМИЯЛЫҚ ЛАСТАҒЫШТАРДАН ТАЗАРТУ.....	591
<i>Сағындықова Т.С., Ерменбек П.Т., Кенахонова А.Ж., Абдулина Е.Қ., Төлеген Г.А.</i>	
ПОЛИАКРИЛҚЫШҚЫЛЫ МЕН ПОЛИ-4-ВИНИЛПИРИДИН ИНТЕРГЕЛЬДІК ЖҮЙЕДЕ СУ ОРТАСЫНДА ІСІНУ КИНЕТИКАСЫН ЗЕРТТЕУ.....	596
<i>Ақбасова А.Ж., Байхамурова М.О., Юлдашибек Д.Х.</i>	
БИОГУМУСТАҒЫ ГУМУС ҚЫШҚЫЛДАРЫНЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ТАБИҒАТЫНЫҢ ВЕРМИКОПОСТАУ ӘДІСІНЕ ТӘУЕЛДІЛІГІ.....	599
<i>Абдулина Е.Қ., Төлеген Г.А., Сағындықова Т.С., Мырзахметова Б.Б., Кенахонова А.Ж.</i>	
ТЕМІР ФЕРРОЦИАНИДІНІҢ СИНТЕЗІ ЖӘНЕ ОНЫҢ СОРБЦИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	603

#### Әскери ғылымдар

<i>Турсунов Б.М., Асанов И.С., Рысбаева Г.П., Шаповалов А.А., Диканбаев Е.Ш.</i>	
ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҰҚК ШЕКАРА ҚЫЗМЕТІ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ ОҚУ ҮРДСІНДЕ ВИРТУАЛДЫ МАШИНАЛАРДЫ ҚОЛДАНУ БАСЫМДЫҚТАРЫ.....	607
<b>Ғалым құрметіне.....</b>	<b>611</b>

## Науки о Земле

<i>Кулдумбетова Г.Е.</i> ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕРРИГЕННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ВОСТОЧНОГО БОРТА ПРИКАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ.....	3
<i>Сапаров К.Т., Сергеева А.М., Көшім А.Ф.</i> КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА МАНГЫСТАУСКОЙ ОБЛАСТИ.....	6
<i>Абдуова А.А., Есенгелді А., Сатаев М.И., Куприянов А.Н., Мошкалов Б.М.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ МЕСТ ЛОКАЛИЗАЦИИ РЕДКИХ И ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ СЫРДАРЬЯ-ТУРКЕСТАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГИОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКА.....	12
<i>Сапарбекова А.А., Мамаева Л.А., Муталиева Б.Ж., Сейдахмет И.А. Сакиева З.Ж.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЕКОРАТИВНЫХ ГОРОДСКИХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ.....	17
<i>Кулдумбетова Г.Е.</i> ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ОСНОВНОЙ ПРОДУКТИВНОЙ ТОЛЩИ КТ-II НА ВОСТОКЕ ПРИКАСПИЙСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ.....	21
<i>Мынбаева Б.Н., Бекахмет Г.Б., Ерубаетова Г.К.</i> УСТАНОВЛЕНИЕ РЕКРЕАЦИОННЫХ НАГРУЗОК НА БОЛЬШОЕ АЛМАТИНСКОЕ УЩЕЛЬЕ В ИЛЕ-АЛАТАУСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ НАЦИОНАЛЬНОМ ПРИРОДНОМ ПАРКЕ.....	28
<i>Урымбаева А.А., Базарбаева Т.А., Умбетбеков А.Т.</i> ОЦЕНКА СТАЦИОНАРНЫХ И ПЕРЕДВИЖНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА АЛМАТИНСКОЙ ОБЛАСТИ (НА ПРИМЕРЕ Г. ТАЛДЫКОРГАН).....	40
<i>Куатбеков Б.Н., Тулентаева Г.С., Абылова М.К.</i> КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД Г. ТУРКЕСТАНА.....	46
<i>Байбатшиа А.Б., Сатибекова С.Б.</i> ОЦЕНКА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ УГЛЕВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД КАРАГАНДИНСКОГО БАССЕЙНА ПО ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ.....	51
<i>Амангелди О., Кусайынов С.А.</i> МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕОТЕКТОНИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЗОНЕ КАЗАХСТАНА.....	57

## Технические науки

<i>Ахметов Б.С., Гнатюк С.А., Охрименко Т.А., Кинзерявый В., Юбузова Х.И.</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРЕКТИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОМЕХОУСТОЙЧИВЫХ КОДОВ РИДА СОЛОМОНА НАД ПОЛЕМ ГАЛУА $GF(3^2)$ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ИНФОРМАЦИИ ПО ДЕТЕРМИНИСТИЧЕСКОМУ КВАНТОВО- КРИПТОГРАФИЧЕСКОМУ ПРОТОКОЛУ.....	61
<i>Ешжанов А., Волненко А., Хусанов Ж., Торский А., Жумадуллаев Д.</i> ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИЕ В АППАРАТЕ С КОМБИНИРОВАННОЙ РЕГУЛЯРНО-ВЗВЕШЕННОЙ НАСАДКОЙ.....	69
<i>Мырзахметов Б.А.</i> ПРОБЛЕМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НАУКИ И ПРОИЗВОДСТВА В РЕАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН.....	74
<i>Сакиева З.Ж., Жолмырзаева Р.Н., Дабжанова С.Т., Джумагалиева Г.</i> БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВИДОВ ПОДСОЛНЕЧНЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ УСТОЙЧИВОСТЬ К ЗАБОЛЕВАНИЯМ.....	78
<i>Куликов В.П., Казанбаева А.С.</i> К ВОПРОСУ АНАЛИЗА АДАПТИВНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ.....	82
<i>Әбен А.С., Жакытбек Ы.</i> АНАЛИЗ РЕКОНСТРУКЦИИ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ ГОРОДА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АЛМАТИНСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА.....	88
<i>Есбенбетова Ж.Х., Шайхы Р.Т.</i> ФОРМИРОВАНИЕ ОСНОВ ПЕРЕХОДА К СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМИ РИСКАМИ В ОХРАНЕ ТРУДА.....	92
<i>Ашимов У.Б., Кубеков Б.С., Утегенова А.У., Науменко В.В., Аленова Р.А.</i> ИННОВАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ОТОБРАЖЕНИЯ ЗНАНИЙ ИНЖЕНЕРНОГО ОБУЧЕНИЯ.....	95
<i>Баязиева М.Н., Маханова З.А., Кожабекова П.А., Мамекова С.К.</i> ЗНАЧИМОСТЬ РАБОТЫ ОТДЕЛА КАДРОВ.....	101

<i>Достияров А.М., Умышев Д.Р., Дуйсенбек Ж.С., Яманбекова А.К.</i> ВЛИЯНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ОБРАЗОВАНИЕ ОКСИДОВ АЗОТА ПРИ МИКРОФАКЕЛЬНОМ СЖИГАНИИ.....	103
<i>Баймаханов Г.А., Байрамбаев А.</i> ПРОЦЕССНЫЙ ПОДХОД СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА	109
<i>Шагымгереева С.А., Тлеуберды Е., Уалиев Ж.Р., Онгарбаев Е.К.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА.....	113
<i>Жантасов К.Т., Байболов К.С., Лавров Б.А., Исмаилов Б.А., Досалиев К.С.</i> ПЛАНИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ОБЪЕКТОВ ПО ПРОИЗВОДСТВУ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ.....	118
<i>Щеглов В.А., Болатбеков Р.Б., Аманжолова С.Т., Басири К.</i> ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ И ФАКТОРЫ УСПЕХА РЕАЛИЗАЦИИ ВРMS.....	121
<i>Жаксылык А., Иманбекова Т.Д.</i> ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОМАНД ЛОФТ И СДВИГ ПРИ СОЗДАНИИ 3 d МОДЕЛЕЙ В AUTOCAD.....	124
<i>Досалиев К.С., Исмаилов Б.А., Заурбеков Т.Т., Босак В.Н., Жуматаева С.Б.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОТХОДОВ РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВ В ТОЩИХ БЕТОНАХ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ.....	127
<i>Иманбекова Т.Д., Жаксылык А., Жаркымбекова М. Б.</i> КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И УСТОЙЧИВОСТЬ ЗАМКНУТОЙ НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ ПЧ – АД С ПОМОЩЬЮ MATLAB.....	131
<i>Болатбеков Р.Б., Аманжолова С.Т., Басири К.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА СЕРВИСНЫХ ШИН ПРЕДПРИЯТИЯ.....	135
<i>Ахметжанов А., Ораз Б., Ахметжанова Г., Асирбек Н.</i> ДИНАМИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОГНОЗА ФИЛЬТРАЦИОННО-ЕМКОСТНЫХ СВОЙСТВ.....	140
<i>Елемесов К. К., Бортебаев С. А., Басканбаева Д.Д., Сыдыкбекова С. Т.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА ФИБРОБЕТОНА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРПУСОВ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ.....	146
<i>Коньрбаева Г.Х., Сатаева С.С.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ НЕФТЯНЫХ ШЛАМОВ , ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	150
<i>Мамырбаев О.Ж., Мекебаев Н.О., Тұрдалыұлы М., Ахметов И.</i> СИСТЕМА ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДИКТОРА НА ОСНОВЕ MFCC.....	155
<i>Тулегенова М.А., Гусейнов Н.Р., Ильин А.М., Билл Г., Қуанышбеков Т.Қ.</i> ОБРАЗОВАНИЕ КОМПОЗИТА Ga-ГРАФЕН ПУТЕМ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО Ga <sup>+</sup> -ИОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ.....	160
<i>Найзабаева Л., Туркен Г., Максүтова Б., Оразбеков Ж., Алимбаева Б.</i> ТЕСТ СТАТИЧЕСКОГО ГИПОТЕЗА С СИСТЕМОЙ SAS АНАЛИЗА.....	166
<i>Гастанова Л., Жармагамбетова А., Апендина А., Орынбасар Р., Бекешев А.</i> СТАБИЛИЗИРОВАННЫЕ РАСТВОРИМЫМИ ПОЛИМЕРАМИ НАНЕСЕННЫЕ ПАЛЛАДИЕВЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ПАРЦИАЛЬНОГО ГИДРИРОВАНИЯ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ АЦЕТИЛЕНОВЫХ СПИРТОВ.....	171
<i>Серикбай А.К., Батырбаева А.М., Тенгельбаева А.А., Манап Қ.Р., Сериккызы М.С.</i> БЕЗОПАСНОСТЬ И КАЧЕСТВО ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ.....	177
<i>Демин В.Ф., Демичук Г.В., Демина Т.В., Кайсаров А.А., Мухамеджанов С.Д.</i> ПУЧЕНИЕ ПОЧВЫ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЕЕ ПОДДУТИЯ.....	181
<i>Абзалбекулы Б., Джумабекова Г.Б., Умирзакова Б.М.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМА-РАЗМЕРОВ СТОП НАСЕЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ 3D ТЕХНОЛОГИИ.....	188
<i>Абзалбекулы Б., Джумабекова Г.Б., Мунасилов С.Е.</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБУВНЫХ КОЛОДОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ 3D ТЕХНОЛОГИИ.....	193
<i>Оразбаев Б.Б., Шангитова Ж.Е., Кенжебаева Т.С., Оразбаева К.Н., Курмангазиева Л.Т.</i> МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА СЕРЫ НА ОСНОВЕ ДИАГРАММЫ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ РЕАКТОРА КЛАУСА.....	196
<i>Смайлов Н.К., Батыргалиев А.Б.</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ЗАШУМЛЕНИЯ.....	202
<i>Нұрланұлы А., Дауренбаева Н.А.</i> ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕРМОСТАТЫ КАК ОДИН ИЗ ВИДОВ ВEMS-СИСТЕМ.....	208
<i>Даулетбаева М.М., Джамилова С.М., Сатарбаева А.С., Умбетбеков А.Т., Бергенева Н.С.</i> АССОЦИАЦИЯ РАСТЕНИЙ, ТОЛЕРАНТНЫХ К АНТРОПОГЕННЫМ ФАКТОРАМ.....	212

<i>Козак Е.А., Курмашев И.Г.</i>	
АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ И ТЕХНОЛОГИЙ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ВУЗА .....	216
<i>Курмашев И.Г., Никишина О.А.</i>	
ДЕМОГРАФИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ.....	222
<i>Лобач Н.В., Демьяненко А.В.</i>	
СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЛОПАТОК ТУРБИН МЕТОДОМ ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ.....	226
<i>Тешебаева К.К., Басири.К.</i>	
ОПТИМИЗАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ВУЗА В УСЛОВИЯХ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ.....	230
<i>Зубова О.А., Оразбаев А.Е., Воронова Н.В., Муканова Г.А.</i>	
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ ПЕРЕРАБОТКИ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЭС .....	233
<i>Умбетбеков А.Т., Мэжит Ж.Б., Даулетбаева М.Е., Исанбекова А.Т., Сраж Н.М.</i>	
АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ РК ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ.....	240
<i>Ла Л.Л., Кайбасова Д.Ж.</i>	
АССОЦИАТИВНЫЕ ПРАВИЛА ПРИ ПОИСКЕ ПРИЗНАКОВЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ.....	247
<i>Ахметбеков Р.Д., А.А. Есмаганбетов, Д.Д. Нусупов, Т.М. Гинаятов, Д.Д. Досымбек</i>	
ПОВЫШЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СЕТЕЙ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ МЕТОДОМ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО КОДИРОВАНИЯ.....	251
<i>Куликова В.П., Икласова К.Е.</i>	
К ВОПРОСУ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИНДИКАТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ.....	255
<i>Тойганбаева Н.А., Нурсеитов Д.Б., Жунусова Ж.Х.</i>	
ОБЗОР ПЛАТФОРМ ПО АДАПТИВНОМУ ИЗУЧЕНИЮ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА .....	261
<i>Жамалов А.А., Жуман А.И.</i>	
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И МЕТОДЫ РАСЧЕТА И ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ БИРОТОРНОГО ГИДРОГЕНЕРАТОРА.....	265
<i>Утепбергенов И.Т., Ахмедиярова А.Т., Куандыкова Д.Р., Касымова Д.Т.</i>	
КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ХРАНИЛИЩ ДАННЫХ .....	271
<i>Кудубаева С. А., Жусупова Б. Т.</i>	
ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ПОДХОДОВ К РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМ СУРДОПЕРЕВОДА В ОТЕЧЕСТВЕННОЙ И ЗАРУБЕЖНОЙ ПРАКТИКЕ.....	280
<i>Жаксылык А.</i>	
ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ В ВУЗе В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ .....	286
<i>Черикбаева Л. Ш.</i>	
ПОИСК ЭФФЕКТИВНОГО КЛАССИФИКАТОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРУППОВЫХ РЕШЕНИЙ АЛГОРИТМОВ.....	289
<i>Калижанова А.У., Айткулов Ж. С., Козбакова А.Х.</i>	
О СОВРЕМЕННЫХ ТЕНДЕНЦИЯХ ПОСТРОЕНИЯ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ.....	292
<i>Айтимов А., Амиргалиев Б., Абдикерим А.</i>	
ЗАДАЧИ РАСПОЗНАВАНИЯ ЖЕСТОВ.....	301
<i>Моминова С.М., Копжасаров Б.Т., Ким К.Д.</i>	
ВЛИЯНИЕ ЗЕРНОВОГО СОСТАВА ПРИРОДНЫХ И ОБОГАЩЕННЫХ ПОЛИМИНЕРАЛЬНЫХ БАРХАННЫХ ПЕСКОВ НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ГАЗОСИЛИКАТОБЕТОНА НА ОСНОВЕ ШЛАКОВОГО ВЯЖУЩЕГО МАТЕРИАЛА.....	307
<i>Шинтасова С.М., Маемеров М.М., Байгазиева Г.И.</i>	
НАРАСТАНИЕ ЦИТОЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СОЛОДА ЗА СЧЕТ УМЕНЬШЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ $\beta$ -ГЛЮКАНА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИОНООЗОННОЙ ВЗРЫВКАВИТАЦИИ.....	311
<i>Секида Д.С., Жаркевич О.М., Жунуспеков Д.С.</i>	
РАЗВИТИЕ ПРОИЗВОДСТВА ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ.....	316
<i>Картбаев Т.С., Лахно В.А., Тургынбаева А.А., Маликова Ф.У.</i>	
РАЗВИТИЕ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ОЦЕНКЕ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В СФЕРЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	320
<i>Жантасов К.Т., Жантасова Д.М., Исмаилов Б.А., Карпенко В.А., Зият А.Ж.</i>	
ПОТЕНЦИАЛЬНО – ОПАСНЫЕ ОБЪЕКТЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА.....	326
<i>Сатыбалдин М.Б., Жамбыл Н.Е., Омашев Н.Н.</i>	
СИНХРОНИЗАЦИЯ СВЯЗАННЫХ ХАОТИЧЕСКИХ ОСЦИЛЛЯТОРОВ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ.....	330

<i>Кунелбаев М., Амиргалиев Б.Е., Калижанова А.У., Козбакова А.Х., Мерембаев Т.</i> КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ КОНТРОЛЕРАМИ ДЛЯ КОЛЛЕКТОРОВ С ТЕРМОСИФОННОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ.....	334
<i>Кожжахмет К., Куаньшибай Д., Шойынбек А.</i> СРАВНЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ДВУХ РЕЧНЫХ СИГНАЛОВ ДЛЯ ГЛУБОКИХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ЭМОЦИЙ.....	343
<i>Вершинин А.Ю., Мукажанов Н.К., Басири К.</i> МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КАЗАХСКОГО ЯЗЫКА, АЛГОРИТМЫ НАХОЖДЕНИЯ ОСНОВЫ СЛОВА, СТЕММИНГ И ЛЕММАТИЗАЦИЯ.....	350
<i>Вершинин А.Ю., Мукажанов Н.К., Басири К.</i> ПОИСКОВЫЕ СИСТЕМЫ В КАЗАХСТАНЕ.....	353
<i>Абдуали Б.А., Әмірова Д.Т., Рахимова Д.Р., Кәрібаева А.С.</i> АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ТЕКСТОВЫХ РЕСУРСОВ И ДОКУМЕНТОВ НА КАЗАХСКОМ ЯЗЫКЕ.....	356
<i>Жаксыбаева Э. Ж., Диханбаева Ф.Т., Смаилова Ж., Жунусова Г.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПИТЬЕВОГО ЙОГУРТА ДЛЯ ГЕРОДИЕТИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ.....	362
<i>Умышев Д.Р., Достияров А.М., Наурыз Б.К., Туманов М.Е.</i> ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ ЗА ГОРЕЛКОЙ СО ВСТРЕЧНО- ЗАКРУЧЕННЫМ СПОСОБОМ СТАБИЛИЗАЦИИ.....	366
<i>Алдияров А.У., Акылбаева А.К., Соколов Д.Ю., Стржмечный Ю.М.</i> МЕТОДЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ В ОБЛАСТИ ИК-СПЕКТРОФОТОМЕТРИИ....	372
<i>Ускенбаев Д.Е., Ногай А.С., Айнакулов Э.Б., Исабекова Б.Б.</i> УСТРОЙСТВО ОБРАБОТКИ ВОДЫ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИМ СПОСОБОМ.....	377
<i>Вуйцик В., Калижанова А.У., Кисала П., Кашаганова Г.Б., Цещик С., Козбакова А.Х., Оразбеков Ж.</i> ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ И ОПРАШИВАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ ИНТЕРРОГАЦИИ СИГНАЛОВ.....	382
<i>Жаркевич О.М., Дандыбаев Е. С., Михеев С. С.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПАРАМЕТРОВ НАПРЯЖЕННО- ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ОТ ИЗМЕНЕНИЯ ДИАМЕТРА ПАЛЬЦА ШАРНИРНОГО СОЕДИНЕНИЯ КОВШ – РУКОЯТЬ.....	389
<i>Ешжанов А., Волненко А., Торский А., Жумадуллаев Д., Абжапбаров А.</i> РЕЖИМЫ РАБОТЫ АППАРАТОВ С КОМБИНИРОВАННОЙ РЕГУЛЯРНО-ВЗВЕШЕННОЙ НАСАДКОЙ.....	396
<i>Қабылбекова Қ.Ш., Нурмуханова А.З.</i> ОБОРУДОВАНИЕ ЦИФРОВОЙ ФЛЮОРОГРАФИИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ МОДЕРНИЗАЦИИ, ПРИНЦИПЫ ДЕКЛАРИРОВАНИЯ.....	402
<i>Жамалов А.Ж., Әлімхан Б.Қ.</i> МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ ЭНЕРГИИ БИОГАЗА.....	408
<i>Аскарова А.С., Болегенова С.А., Мауленов Д., Дуйсенбаева Х.Б., Жакин Н.С.</i> ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПО ФОРМИРОВАНИЮ КОНЦЕНТРАЦИОННЫХ ПОЛЕЙ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА CO <sub>2</sub> В ТОПОЧНОЙ КАМЕРЕ КОТЛА ПК-39.....	412
<i>Хомоненко А.Д., Касьмова Д.Т., Куандыкова Д.Р., Ахмедиярова А.Т.</i> ПРОБЛЕМЫ УСТРАНЕНИЯ ПРОТИВОРЕЧИЙ В БОЛЬШИХ ДАННЫХ.....	418
<i>Амиргалиев Е.Н., Мусабаев Т.Р., Куаньшибай Д., Кеншимов Ш.</i> РАЗРАБОТКА ГОЛОСОВОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДИКТОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАТИСТИК КОНТУРА ОСНОВНОГО ТОНА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В РОБОТО-ВЕРБАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ.....	424
<i>Мубаракова С., Курос Басири</i> ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ.....	433
<i>Кисала П., Калижанова А.У., В. Вуйцик, Кашаганова Г.Б., Оразбеков Ж.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ СРЕДЫ.....	440
<i>Сазамбаева Б.Т., Ибраева А.А., Тогизбаева Б.Б., Маханов М.</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ОДНОКОВШОВОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЭКСКАВАТОРА НА MATLAB.....	448
<i>Арипбаева А.Е., Степанов С.Г., Калдыбаев Р.Т., Мирзамуратова Р.Ш.</i> ВЫВОД ФОРМУЛЫ ДЛЯ РАСЧЕТА РАЗРЫВНОГО ДАВЛЕНИЯ В НАПОРНЫХ ПОЖАРНЫХ РУКАВАХ.....	454

<i>Сырманова К.К., Агабекова А.Б., Тилеуов Г.Е., Жумаханова Г.А., Калдыбекова Ж.Б., Байжанова Ш.Б.</i> ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ БИТУМА.....	458
<i>Сырманова К.К., Алипбекова Ж.К., Сакибаева С.А., Калдыбекова Ж.Б., Байжанова Ш.Б.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РЕЗИНОВОЙ КРОШКИ, ИСПОЛЪЗУЕМОЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА БИТУМОВ И АСФАЛЬТОБЕТОНОВ.....	463

#### Физико-математические науки

<i>Койшыбаев А.Б., Велямов Т.Т.</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЦИФРОВОГО ИМПУЛЬСНОГО УПРАВЛЕНИЯ МОДУЛЯЦИЕЙ, РАЗРАБОТАННЫХ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ.....	467
<i>Абдуллин Х.А., Калкозова Ж.К., Мукашев Б.Н., Мухамедшина Д.М., Серикканов А.С.</i> РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ СИНТЕЗА НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО ОКСИДА ЦИНКА И ПОЛУЧЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ФОТОКАТАЛИЗАТОРОВ.....	472
<i>Сармасаяев М., Айтан Н., Жанабекова Ж., Мукиат С.</i> О ДИДАКТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ПРИНЦИПАХ ПОСТРОЕНИЯ КАЧЕСТВЕННОГО ФИЗИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ.....	480
<i>Сармасаяев М., Айтан Н., Жанабекова Ж., Мукиат С.</i> К ВОПРОСУ КАЧЕСТВА СОДЕРЖАНИЙ «СТАНДАРТА ОБРАЗОВАНИЯ» И ЕГО «КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ» ПО ФИЗИЧЕСКОМУ ОБРАЗОВАНИЮ.....	485
<i>Мукушев Б.А., Алимкулова Э. Ж., Жокижанова С.К., Ибатаев Ж.А., Нургазина Г.М., Нургалеева Д.А., Сыдыкова Ж.К., Ерженбек</i> ПРЕЕМСТВЕННОСТЬ В ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПОНЯТИЯ «ЭНЕРГИЯ СВЯЗИ».....	491
<i>Мукушев Б.А., Абельдина Ж.К., Жанайдарова Ж.Х., Нурбатырова Т.С., Шакерхан Н., Сыдыкова Ж.К., Ерженбек Б.</i> ФОРМИРОВАНИЕ ПОНЯТИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ.....	496
<i>Касымбек Н.М., Маткерим Б., Иманкулов Т.С., Ахмед-Заки Д.Ж.</i> АНАЛИЗ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ ПУАССОНА МЕТОДОМ ILU(0)-GMRES.....	500
<i>Сакабеков А.С., Мадалиева С.Н.</i> РЕШЕНИЕ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ СТАЦИОНАРНОЙ ЛИНЕЙНОЙ ОДНОМЕРНОЙ СИСТЕМЫ МОМЕНТНЫХ УРАВНЕНИЙ БОЛЬЦМАНА В ТРЕТЬЕМ ПРИБЛИЖЕНИИ ПРИ ОБОБЩЕННЫХ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ВЛАДИМИРОВА-МАРШАКА КОНЕЧНО-РАЗНОСТНЫМ МЕТОДОМ.....	507
<i>Кенжебек Е.Г.</i> АЛГОРИТМ ЯНЕНКО ДЛЯ ОДНОМЕРНОГО УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ.....	512
<i>Вуйцик В., Калижанова А.У., Кисала П., Кашаганова Г.Б., Козбакова А.Х.</i> ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ С ВОЛОКОННОЙ РЕШЕТКОЙ БРЭГГА.....	517
<i>Калижанова А.У., Ахметов С.С., Набиева Г.С.</i> МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ.....	524
<i>Нестеренкова Л.А., Нестеренков П.А.</i> МИНИМИЗАЦИЯ СТОИМОСТИ РАБОТЫ НЕИЗОТЕРМИЧЕСКОГО НЕФТЕПРОВОДА.....	528
<i>Мустафин М.</i> ГАЛИМ МУСТАФИН И ЕГО ВКЛАД В АЛГЕБРАИЧЕСКУЮ ГЕОМЕТРИЮ.....	535
<i>Оразбаев Б.Б., Шангитова Ж.Е., Кенжебаева Т.С., Оразбаева К.Н., Курмангазиева Л.Т.</i> МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА СЕРЫ НА ОСНОВЕ ДИАГРАММЫ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ РЕАКТОРА КЛАУСА.....	537
<i>Ибраев А.Т.</i> СОСТАВЛЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОЗИТНЫХ ВЕКТОРОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ.....	542
<i>Исатаев А.С., Жуматов С.С.</i> ВТОРОЙ МЕТОД ЛЯПУНОВА В ЗАДАЧЕ ОБ УСТОЙЧИВОСТИ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО КОНТУРА.....	548
<i>Молдакалыкова А.Ж., Наурызбаева А.И., Бижанова А.С.</i> ЗАДАЧА О РАСПРЕДЕЛЕНИИ МАССИВОВ БАЗ ДАННЫХ И ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ В УЗЛАХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ.....	555

## Химико-металлургические науки

<i>Назарбек У.Б., Абдуразова П.А., Ушкempiров А.Г., Абдибаева Е.У.</i> РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИКОМПОНЕНТНОГО ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ КАЧЕСТВА АММОФОСА.....	562
<i>Колесников А.С., Жакипбаев Б.Е., Садыков Ж.А., Кутжанова А.Н., Изтлеуов Г.М., Естауова А.А., Торебекова А.М., Тауасарова Д.Е., Колесникова О.Г.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА.....	565
<i>Исмайлова Г.А., Колесников А.С., Жакипбаев Б.Е., Садыков Ж.А., Кутжанова А.Н., Изтлеуов Г.М., Естауова А.А., Зулпыхар З., Колесникова О.Г., Торебекова А.М.</i> ОПТИМИЗАЦИЯ ТРЕХКОМПОНЕНТНОЙ СМЕСИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА.....	568
<i>Колесников А.С., Нармаханова А., Садыков Ж.А., Жакипбаев Б.Е., Кутжанова А.Н., Изтлеуов Г.М., Естауова А.А., Колесникова О.Г., Крупа В.С., Торебекова А.М.</i> НАХОЖДЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СЫРЬЕВОЙ ТРЕХКОМПОНЕНТНОЙ СМЕСИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БЕЛИТОВОГО КЛИНКЕРА.....	572
<i>Колесников А.С., Махат С.А., Садыков Ж.А., Жакипбаев Б.Е., Кутжанова А.Н., Изтлеуов Г.М., Естауова А.А., Колесникова О.Г., Крупа В.С., Торебекова А.М.</i> ОПТИМИЗАЦИЯ ДВУХКОМПОНЕНТНОЙ СЫРЬЕВОЙ СМЕСИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА.....	577
<i>Дуйсенбекова Г.Ш., Колесников А.С., Садыков Ж.А., Жакипбаев Б.Е., Кутжанова А.Н., Изтлеуов Г.М., Естауова А.А., Торебекова А.М., Колесникова О.Г., Шаймерденова Ф.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ОТХОДОВ ФОСФОГИПСА КАК ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ В КАЧЕСТВЕ ДОБАВКИ СЫРЬЕВОЙ СМЕСИ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА.....	580
<i>Оразымбетова А.С., Мурзагалиева М.Г., Таныбаева А.К., Абубакирова К.Д., Рысмагамбетова А.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД.....	584
<i>Оразымбетова А.С., Мурзагалиева М.Г., Таныбаева А.К., Абубакирова К.Д., Рысмагамбетова А.А.</i> ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ ХИМИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ ПРИРОДНЫМИ АДСОРБЕНТАМИ .....	591
<i>Сагындыкова Т.С., Ерменбек П.Т., Кенахонова А.Ж., Абдулина Е.Қ., Төлеген Г.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ПОЛИАКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ И ПОЛИ-4-ВИНИЛПИРИДИНА В ВОДНЫХ СРЕДАХ ВО ВЗАИМОСВЯЗАННОЙ СИСТЕМЕ.....	596
<i>Акбасова А.Д., Байхамурова М.О., Юлдашбек Д.Х.</i> ЗАВИСИМОСТЬ ХИМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ ГУМУСОВЫХ КИСЛОТ В БИОГУМУСЕ ОТ СПОСОБА ВЕРМИКОПОСТИРОВАНИЯ.....	599
<i>Абдулина Е.Қ., Төлеген Г.А., Сагындыкова Т.С., Мырзахметова Б.Б., Кенахонова А.Ж.</i> ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ФЕРРОЦИАНИДА ЖЕЛЕЗА.....	603

## Военные науки

<i>Турсунов Б.М., Асанов И.С., Рысбаева Г.П., Шаповалов А.А., Диканбаев Е.Ш.</i> ПРИНЦИПЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ МАШИН В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ АКАДЕМИИ ПОГРАНИЧНОЙ СЛУЖБЫ КНБ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН.....	607
<b>Памяти ученого.....</b>	611



## Earth sciences

<i>Kulumbetova G.Y.</i>	
THE FEATURES OF TERRIGENOUS RESERVOIRS DEVELOPMENT OF THE EASTERN EDGE OF THE PRECASPIAN BASIN.....	3
<i>Saparov K.T., Sergeyeva A.M., Koshim A.G.</i>	
COMPLEX EVALUATION OF THE TOURISM AND RECREATIONAL POTENTIAL OF THE MANGYSTAU OBLAST.....	6
<i>Abduova A.A., Yessengeldi A., Satayev M.I., Kupriyanov A.N., Moshkalov B.M.</i>	
RESEARCH OF LOCALIZATION PLACES OF RARE AND ADORNMENT PLANTS OF SYRDARYA-TURKESTAN STATE REGIONAL NATURAL PARK.....	12
<i>Saparbekova A.A., Mamayeva L.A., Mutaliyeva B.Zh., Seydahmet I.A., Sakiyeva Z.Zh</i>	
THE USE OF ADORNMENT PLANTS IN THE CITY TO RESTORE SOIL CONTAMINATED BY HEAVY METALS.....	17
<i>Kulumbetova G.Y.</i>	
A STRUCTURE FEATURE AND EXTENTION OF THE MAIN STRATA KT-II AT THE EASTERN PRECASPIAN SYNECLISE.....	21
<i>Mynbayeva B.N., Bekahmet G.B., Yerubayeva G.K.</i>	
RECREATIONAL LOADS INSTALLATION ON THE BIG ALMATY GORGE IN THE ILE-ALATAU STATE NATIONAL NATURAL PARK.....	28
<i>Urymbayeva A.A., Bazarbayeva T.A., Umbetbekov A.T.</i>	
ASSESSMENT OF STATIONARY AND MOBILE SOURCES OF AIR POLLUTION IN THE ALMATY REGION (TAKE TALDYQORGAN AS AN EXAMPLE).....	40
<i>Kuatbekov B.N., Tulentayeva G.S., Abylova M.K.</i>	
COMPUTER SIMULATION OF THE UNDERGROUND WATERS FILTRATION IN TURKESTAN.....	46
<i>Baibatsha A., Satibekova S.</i>	
ESTIMATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF COAL COUNTRY ROCK IN THE KARAGANDA BASIN BY GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL DATA.....	51
<i>Amangeldi O., Kusaiynov S.A.</i>	
RESEARCH METHODS OF NEOTECTONIC MOVEMENTS IN THE SOUTH-EASTERN ZONE OF KAZAKHSTAN.....	57

## Technical Sciences

<i>Akhmetov B., Gnatyuk S., Okhrimenko T., Kinzeryavyy V. V., Yubuzova Kh.</i>	
EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE CORRECTIVE ABILITY OF INTERFERENCE STABLE REED-SOLOMON CODES OVER THE $GF(3^2)$ GALUIS FIELD AT TRANSFERING INFORMATION ON A DETERMINISTIC QUANTUM AND CHRISTOCOLOGICAL CODE.....	61
<i>Yeshzhanov A., Volnenko A., Khusanov Zh., Torsky A., Zhumadullayev D.</i>	
DUST COLLECTION IN THE APPARATUS WITH A COMBINED REGULAR-WEIGHTED NOZZLE.....	69
<i>Myrzakhmetov B.A.</i>	
THE PROBLEMS OF INTERACTION BETWEEN SCIENCE AND MANUFACTURE IN IMPLEMENTATION OF INNOVATIVE DEVELOPMENT OF INDUSTRY OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN.....	74
<i>Sakiyeva Z.Zh., Zholmyrzayeva R.N., Dabzhanova S.T., Djumagaliyeva G.</i>	
THE BIOCHEMICAL FEATURES OF SUNFLOWER PLANTS AND THEIR RESISTANCE TO DISEASES.....	78
<i>Kulikov V.P., Kazanbayeva A.S.</i>	
TO THE QUESTION OF ADAPTIVE TESTING ANALYSIS.....	82
<i>Aben A.S., Zhakypbek Y.</i>	
SIGNIFICANCE STUDY OF THE CITY GEODETIC NETWORK RECONSTRUCTION DURING THE CONSTRUCTION OF THE ALMATY SUBWAY.....	88
<i>Yesbenbetova Zh. Kh., Shaikhy R.T.</i>	
GROUNDWORKS OF TRANSITION TO THE OCCUPATIONAL RISK MANAGEMENT SYSTEM IN LABOR SAFETY.....	92
<i>Ashimov U.B., Kubekov B.S., Utegenova A.U., Naumenko V.V., Alenova R.A.</i>	
INNOVATIVE COGNITION DISPLAY MODEL OF LEARNING ENGINEERING.....	95
<i>Bayaziyeva M.N., Makhanova Z.A., Kozhabekova P.A., Mamekova S.K.</i>	
THE IMPORTANCE OF THE HUMAN RESOURCES DEPARTMENT.....	101
<i>Dostiyarov A.M., Umyshev D.R., Duissenbek Zh.S., Yamanbekova A.K.</i>	
THE INFLUENCE OF THE MAIN PARAMETERS ON THE NITROGEN OXIDES FORMATION DURING MICRO-FLAME BURNING.....	103

<i>Baymakhanov G. A., Bairambayev A.</i>	
PROCESS APPROACH OF QUALITY MANAGEMENT SYSTEM IMPROVEMENT.....	109
<i>Shagymgereyeva S.A., Tileuberdi Y., Yaliev Z.R., Ongarbayev Y.K.</i>	
MODELLING OF LAYER HYDRAULIC FRACTURING .....	113
<i>Zhantasov K.T., Baibolov K.S., Lavrov B.A., Ismailov B.A., Dosaliyev K.S.</i>	
PLANNING AND MANAGING THE SAFETY OF MINERAL FERTILIZER PRODUCTION FACILITIES.....	118
<i>Chsheglov V.A., Bolatbekov R.B., Amanzholova S.T., Basiri K.</i>	
INTRODUCTION FEATURES AND SUCCESS FACTORS FOR THE BPMS IMPLEMENTATION.....	121
<i>Zhaksylyk A., Imanbekova T.D.</i>	
APPLICATION BASES OF LOFT AND SHIFT COMMANDS AT CREATING 3d MODELS IN AUTOCAD.....	124
<i>Dosaliyev K.S., Ismailov B.A., Zaurbekov T.T., Bosak V.N., Zhumatayeva S.B.</i>	
STUDYING A CAPABILITY OF APPLYING VARIOUS INDUSTRIAL WASTES IN THE LEAN CONCRETE PAVEMENT.....	127
<i>Imanbekova T.D., Zhaksylyk A., Zharkymbekova M.B.</i>	
COMPUTER SIMULATION AND STABILITY OF CLOSED NONLINEAR FC-AM SYSTEM USING MATLAB.....	131
<i>Bolatbekov R.B., Amanzholova S.T., Basiri K.</i>	
RESEARCH AND RATING OF THE ENTERPRISE SERVICE BUSES.....	135
<i>Akhmetzhanov A., Oraz B., Akhmetzhanova G., Assirbek N.</i>	
DYNAMIC INTERPRETATION OF SEISMIC DATA TO FORECAST POROSITY AND PERMEABILITY PROPERTIES.....	140
<i>Yelemessov K.K., Bortebayev S.A., Baskanbayeva D.D., Sydykbekova S.T.</i>	
THE STUDY OF FIBRE CONCRETE APPROPRIATE COMPOSITION FOR MANUFACTURE OF ROTARY PUMP HOUSINGS.....	146
<i>Konyrbayeva G.Kh., Satayeva S.S.</i>	
THE RESEARCH OF OIL SLURRY TO BE APPLIED IN ROAD CONSTRUCTION.....	150
<i>Mamyrbayev O.J., Mekebayev N.O., Turdalyuly M., Akhmetov I.</i>	
A SPEAKER IDENTIFICATION SYSTEM ON THE BASIS OF MFCC.....	155
<i>Tulegenova M.A., Guseinov N.R., Ilyin A.M., Beall G., Kuanyshbekov T.K.</i>	
Ga-GRAPHENE COMPOSITE FORMATION VIA LOW-ENERGY Ga <sup>+</sup> -ION-IRRADIATION.....	160
<i>Naizabayeva L., Turken G., Maksutova B., Orazbekov Zh., Alimbayeva B.</i>	
STATISTICAL HYPOTHESIS TEST WITH SAS ANALYSIS SYSTEM.....	166
<i>Tastanova L., Zharmagambetova A., Apendina A., Orynassar R., Bekeshev A.</i>	
APPLIED PALLADIUM CATALYSTS OF PARTIAL HYDROGENATION OF HIGH-MOLECULAR ACETYLENIC ALCOHOLS STABILIZED BY SOLUBLE POLYMERS.....	171
<i>Serikbai A.K., Batyrbayeva A.M., Tengelbayeva A.A., Manap K.R., Serikkyzy M.S.</i>	
SAFETY AND QUALITY OF BAKERY PRODUCTS .....	177
<i>Demın V.F., Demichshuk G.V., Demina T.V., Kaisarov A.A., Muhamedjanov S.D.</i>	
EARTH HEAVING AND PROCESS FLOW SHEET FOR BLOWING PREVENTION .....	181
<i>Abzalbekuly B., Jumabekova G.B., Umirzakova B.M.</i>	
RESEARCH OF THE POPULATION FOOT SIZES USING 3D TECHNOLOGIES.....	188
<i>Abzalbekuly B., Jumabekova G.B., Munasipov S.Y.</i>	
SHOE LASTS DESIGNING USING 3D TECHNOLOGY.....	193
<i>Orazbayev B.B., Kenzhebayeva T.S., Shangitova Zh.Y., Orazbayeva K.N., Kurmangaziyeva L.T.</i>	
MODELS OF SULFUR PRODUCTION BASED ON DIAGRAM OF MUTUAL INFLUENCE OF FACTORS FOR OPTIMIZING OPERATING MODES OF CLAUS REACTOR.....	196
<i>Smailov N.K., Batyrgaliyev A.B.</i>	
COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CHARACTERISTICS OF DOMESTIC AND FOREIGN ELECTROMAGNETIC SPATIAL NOISE GENERATORS.....	202
<i>Nurlanuly A., Daurenbayeva N.A.</i>	
SMART TEMPERATURE REGULATOR AS ONE OF BEMS-SYSTEMS.....	208
<i>Dauletbayeva M.M., Dzhamilova S.M., Satarbayeva A.S., Umbetbekov A.T., Bergeneva N.S.</i>	
PLANTS ASSOCIATION RESISTANT TO MAN-MADE FACTORS.....	212
<i>Kozak Y.A., Kurmashev I.G.</i>	
ANALYSIS OF MOBILE DEVICES EFFECTIVE USE AND TECHNOLOGIES WITHIN THE PROCESS OF EDUCATION AT THE UNIVERSITY.....	216
<i>Kurmashev I.G., Nikishina O.A.</i>	
DEMOGRAPHIC FORECAST ON THE BASIS OF FUZZY LOGIC.....	222
<i>Lobach N.V., Demyanenko A.V.</i>	
A DECISION SUPPORT SYSTEM OF RESTORING TURBINE BLADES BY THE PLASMA SPRAYING METHOD.....	226

<i>Teshebayeva K.K., Basiri K.</i> BUSINESS PROCESS OPTIMIZATION OF A UNIVERSITY IN THE CONTEXT OF AN AUTOMATED MANAGEMENT SYSTEM INTRODUCTION .....	230
<i>Zubova O.A., Orazbayev A.Y., Voronova N.V., Mukanova G.A.</i> PERSPECTIVE METHODS OF TPP ASH-SLAG WASTES TREATMENT.....	233
<i>Umbetbekov A.T., Mazhit Zh.B., Dauletbayeva M.Y., Isanbekova A.T., Srazh N.M.</i> ANALYSIS OF THE SITUATION AND POWER INDUSTRY PROSPECTS OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN AND RENEWABLE ENERGY SOURCES USE .....	240
<i>La L.L., Kaibassova D.Zh.</i> CONTENT ADDRESSABLE RULES WHEN SEARCHING FOR DISTINCTIVE-FEATURE DEPENDENCIES WITH RESPECT TO THE MINING A DATABASE.....	247
<i>Akhmetbekov R.D., Yesmagambetov A.A., Nussupov D.D., Ginayatov T.M., Dossymbek D.D.</i> TRAFFIC CAPACITY IMPROVEMENT OF MOBILE NETWORKS BY THE METHOD OF SPATIAL- TIME CODING.....	251
<i>Kulikova V.P., Iklassova K.Y.</i> TO THE FORECASTING OF THE INDICATIVE PARAMETERS.....	255
<i>Toyganbayeva N.A., Nurseitov D. B., Zhunussova Zh.Kh.</i> OVERVIEW OF THE ADAPTIVE LEARNING PLATFORM OF LEARNING MATERIAL.....	261
<i>Zhamalov A.A., Zhuman A.I.</i> THE THEORY AND ANALYTIC METHODS AND PARAMETERS OF THE BI-ROTARY HYDROGENERATOR .....	265
<i>Utepbergenov I.T., Akhmediyarova A.T., Kuandykova D.R., Kassymova D.T.</i> CONCEPTUAL APPROACHES TO MODELING DATA STORAGE.....	271
<i>Kudubayeva S.A. , Zhusupova B.T.</i> REVIEW OF MODERN APPROACHES TO THE DEVELOPMENT OF SIGN LANGUAGE INTERPRETATION SYSTEMS IN THE DOMESTIC AND FOREIGN PRACTICE.....	280
<i>Zhaksylyk A.</i> THE SPECIFICS OF CONTEMPORARY COMPUTER GRAPHICS TEACHING AT THE UNIVERSITIES .....	286
<i>Cherikbayeva L.Sh.</i> SEARCH FOR AN EFFECTIVE CLASSIFIER BY USING GROUP SOLUTIONS OF ALGORITHMS.....	289
<i>Kalizhanova A. U., Aitkulov Zh. S., Kozbakova A.H.</i> MODERN TENDENCIES OF CONSTRUCTION OF WIRELESS SENSOR NETWORKS .....	292
<i>Aitimov A., Amirgaliyev B.A., Abdikerim A.</i> GESTURE RECOGNITION REVIEW .....	301
<i>Mominova S.M., Kopzhasarov B.T., Kim K.D.</i> INFLUENCE OF GRANULOMETRIC COMPOSITION OF NATURAL AND ENRICHED POLYMINERAL BLOWN SANDS ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF GAS SILICATE CONCRETE BASED ON SLAG BINDING MATERIAL.....	307
<i>Shintassova S.M., Mayemerov M.M., Baigazyeva G.I.</i> THE MALT CYTOLYTIC ACTIVITY ESCALATION DUE TO $\beta$ -GLUCAN CONTENT DECREASE AFFECTED BY ION-OZONE EXPLOSIVE CAVITATION.....	311
<i>Yeshzhanov A., Volnenko A., Khusanov Zh., Torsky A., Zhumadullayev D.</i> DUST COLLECTION IN THE APPARATUS WITH A COMBINED REGULAR-WEIGHTED NOZZLE	316
<i>Sekida D.S., Zharkevich O.M., Zhunuspekov D.S.</i> BELT CONVEYORS OUTPUT DEVELOPMENT .....	320
<i>Kartbayev T.S., Lakhno V.A., Turgynbayeva A.A., Malikova F.U.</i> SYSTEMS DEVELOPMENT OF DECISIONS SUPPORT ON THE EVALUATION OF INVESTMENT PROJECTS IN THE FIELD OF DIGITALIZATION OF ENTERPRISES.....	326
<i>Zhantasov K.T., Zhantasova D.M., Ismailov B.A., Karpenko V.A., Ziyat A. Zh.</i> POTENTIALLY - HAZARDOUS FACILITIES AND THEIR IMPACT ON THE SAFETY OF THE INDUSTRIAL REGION.....	330
<i>Satybalidin M.B., Zhambyl N.Y., Omashev N.N.</i> SYNCHRONIZATION OF RELATED CHAOTIC OSCILLATORS AND ITS APPLICATION FOR INFORMATION SECURITY .....	334
<i>Kunelbayev M., Amirgaliyev B.Y., Kalizhanova A.U., Kozbakova A.H., Merembayev T.</i> A COMPUTER MODEL OF THE SUPERVISORS MANAGEMENT FOR THE COLLECTORS WITH A THERMOSYPHON CIRCULATION .....	343
<i>Kuanyshebay D., Kozhakhmet K., Shoiynbek A.</i> COMPARISON OF TWO SPEECH SIGNAL FEATURES FOR DEEP NEURAL NETWORKS TO CLASSIFY EMOTIONS.....	350

<i>Vershinin A.Y., Mukazhanov N.K., Basiri K.</i> MORPHOLOGICAL MODEL OF THE KAZAKH LANGUAGE, WORD STEM DETERMINING ALGORITHMS, STEMMING AND LEMMATIZATION.....	353
<i>Vershinin A.Y., Mukazhanov N.K., Basiri K.</i> RETRIEVAL SYSTEMS IN KAZAKHSTAN.....	356
<i>Abduali B.A., Amirova D.T., Rakhimova D.R., Karibayeva A.S.</i> THE TEXT ANALYTICS AND DOCUMENTS IN THE KAZAKH LANGUAGE.....	362
<i>Zhaksybayeva E.Zh., Dikhanbayeva F.T., Smailova J., Zhunusova G.</i> STUDY OF MICROBIOLOGICAL FACTORS OF YOGHURT DRINK FOR GERODIETETIC NUTRITION.....	366
<i>Umyshev D.R., Dostiyarov A.M., Nauryz B.K., Tumanov M.Y.</i> NUMERICAL SIMULATION OF THE COMBUSTION PROCESS BEHIND THE BURNER WITH A COUNTER-TWISTED STABILIZATION METHOD.....	372
<i>Aldiyarov A.U., Akylbayeva A.K., Sokolov D.U., Strzhmechnyi U.M.</i> METHODS FOR IMPROVING MEASUREMENTS IN THE FIELD OF IR SPECTROPHOTOMETRY ...	377
<i>Uskenbaev D.Y., Nogay A.S., Aynakulov E.B., Issabekova B.B.</i> WATER TREATMENT EQUIPMENTS BY ELECTROPHYSICAL METHOD.....	382
<i>Wójcik W., Kalizhanova A.U., Kisala P., Kashaganova G.B., Cięszczyk, S., Kozbakova A.H., Orazbekov Zh.</i> SELECTION OF OPTIMAL PARAMETERS FOR MEASURING AND INTERROGATED ELEMENTS OF THE SIGNAL INTERROGATION SYSTEM.....	389
<i>Zharkevich O.M., Dandybayev Y.S., Mikheev S.S.</i> THE DEPENDENCE STUDY OF THE STRESS STRAIN STATE PARAMETERS BY CHANGING THE DIAMETER OF A SHAFT SWIVEL BUCKET – HANDLE.....	396
<i>Kabyzbekova K.Sh., Nurmukhanova A.Z.</i> DIGITAL X-RAY UNIT: MODERN CONDITION AND PERSPECTIVES OF MODERNIZATION, PRINCIPLES OF DECLARATION.....	402
<i>Zhamalov A.Zh. , Alimkhan B.K.</i> THE METHODS OF DETERMINING BIOGAS ENERGY RESOURCES.....	408
<i>Askarova A.S., Bolegenova S.A., Maulenov D., Duissenbaeva Kh.B., Zhakin N.S.</i> SIMULATION EXPERIMENTS TO STUDY THE LAWS ON THE CONCENTRATION FIELDS FORMATION OF CARBON DIOXIDE CO <sub>2</sub> IN THE COMBUSTION CHAMBER OF THE PK- 39BOILER .....	412
<i>Khomonenko A.D., Kassymova D.T., Kuandykova D.R., Akhmediyarova A.T.</i> PROBLEMS OF CONTRADICTIONS ELIMINATING IN THE BIG DATA.....	418
<i>Amirgaliyev Ye.N., Musabaev T.R., Kuanyshbai D., Kenshimov Sh.</i> DEVELOPING VOICE IDENTIFICATION OF A SPEAKER USING THE BASIC TONE CONTOUR STATISTICS FOR APPLICATION IN ROBOT-VERBAL SYSTEMS.....	424
<i>Mubarakova S., Kuros Basiri</i> INTELLECTUAL TUTORING SYSTEMS.....	433
<i>Kisala P., Kalizhanova A., Wojcik W., Kashaganova G., Orazbekov Zh.</i> RESEARCH AND DEVELOPMENT NEW TECHNOLOGIES FOR MEASURING THE REFRACTIVE INDEX OF THE MEDIUM.....	440
<i>Sazambaeva B. T. , Togizbaeva B.B. , A. A. Ibrayeva., M. Makhanov</i> MATHEMATICAL MODELING DYNAMIC SYSTEM OF MULTIFUNCTIONAL HYDRAULIC EXCAVATOR IN MATLAB.....	448
<i>Aripbayeva A.E., Stepanov S.G., Kaldybaev R.T., R. Mirzamuraatova SH.</i> CONCLUSION OF THE FORMULA FOR THE CALCULATION OF THE BURST PRESSURE IN THE PRESSURE FIRE HOSES.....	454
<i>Syrmanova K.K., Agabekova A.B., Tileuov G.E., Zhumakhanova G.A., Kaldybekova Zh.B., Baizhanova Sh.B.</i> FEATURES OF THE TECHNOLOGY FOR PRODUCING PAINTING MATERIALS BASED ON BITUMEN.....	458
<i>Syrmanova K.K., Alipbekova Zh.K., Sakibayeva S.A., Kaldybekova Zh.B., Baizhanova Sh.B.</i> RESEARCH OF PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF RUBBER CRUM, USED TO IMPROVE THE QUALITY OF BITUMEN AND ASPHALT CONCRETE.....	463

#### Physico-mathematical sciences

<i>Koishybayev A.B., Velyamov T.T.</i> MATHEMATICAL MODELING OF DIGITAL PULSE-FREQUENCY MODULATION CONTROL SYSTEMS DEVELOPED FOR OBJECTS.....	467
<i>Abdullin Kh.A. , Kalkozova Zh.K. , Mukashev B.N., Mukhamedshina D.M., Serikkanov A.S.</i> THE DEVELOPMENT OF SYNTHESIS METHODS OF NANOSTRUCTURED ZINC OXIDE AND OBTAINING MATERIALS FOR PHOTOCATALYSTS.....	472

<i>Sarmasayev M., Aytan N., Zhanabekova J., Mukiat S.</i> ABOUT DIDACTIC AND METHODOLOGY CONCEPTS TO ACHIEVE PROPER LEARNING OF PHYSICS .....	480
<i>Sarmasayev M., Aytan N., Zhanabekova J., Mukiat S.</i> SPEAKING OF SUBJECT MATTER QUALITY OF “STANDARDS OF EDUCATION” AND ITS “CONTROL AND TESTING MATERIALS” IN LEARNING PHYSICS.....	485
<i>Mukushev B.A., Alimkulova E.Zh., Zhokizhanova S.K., Ibatayev Zh. A., Nurgazina G.M., Nurgaliyeva D.A., Sydykova Zh.K., Yerzhenbek B.</i> CONTINUITY IN THE PROCESS OF «BINDING ENERGY» CONCEPT FORMATION.....	491
<i>Mukushev B.A., Abeldina Zh.K., Zhanaydarova Zh.H., Nurbatyrova T.S., Shakerkhan N., Sydykova Zh.K., Yrzhnenbek B.</i> POTENTIAL ENERGY CONCEPT FORMATION.....	496
<i>Kassymbek N.M., Matkerim B., Imankulov T.S., Akhmed-Zaki D.Zh.</i> ANALYSIS OF NUMERICAL SOLUTION OF POISSON EQUATION BY ILU (0)-GMRES METHOD... <i>Sakabekov A.S., Madaliyeva S.N.</i>	500
A BOUNDARY VALUE PROBLEM SOLUTION FOR A STATIONARY LINEAR ONE- DIMENSIONAL SYSTEM OF BOLTZMANN QUICK EQUATIONS IN THE THIRD APPROXIMATION UNDER THE GENERALIZED VLADIMIROV-MARSHAK BOUNDARY CONDITIONS BY THE FINITE-DIFFERENCE METHOD.....	507
<i>Kenzhebek Y.G.</i> THE YANENKO ALGORITHM FOR THE ONE-DIMENSIONAL HEAT CONDUCTIVITY EQUATION.....	512
<i>Wójcik W., Kalizhanova A.U., Kisala P., Kashaganova G.B., Kozbakova A.H.</i> A MEASURING SYSTEM USING FIBER-OPTIC SENSORS WITH THE FIBER BRAGG GRATINGS.....	517
<i>Kalizhanova A.U., Akhmetov S.S., Nabyeva G.S.</i> MODELS AND METHODS OF DESIGNING DATA PROCESSING SYSTEMS.....	524
<i>Nesterenkova L.A., Nesterenkov P.A.</i> LOWERING THE OPERATING COST OF A NON-ISOTHERMAL OIL PIPELINE.....	528
<i>Mustafin M.</i> GALIM MUSTAFIN AND HIS CONTRIBUTION TO THE ALGEBRAIC GEOMETRY.....	535
<i>Orazbayev B.B., Kenzhebayeva T.S., Shangitova Zh.Y., Orazbayeva K.N., Kurmangaziyeva L.T.</i> MODELS OF SULFUR PRODUCTION BASED ON DIAGRAM OF MUTUAL INFLUENCE OF FACTORS FOR OPTIMIZING OPERATING MODES OF CLAUS REACTOR.....	537
<i>Ibrayev A.T.</i> DESIGNING AND USING OF COMPOSITE VECTORS TO STUDY ELECTROMAGNETIC FIELDS.....	542
<i>Issatayev A.S., Zhumatov S.S.</i> SECOND METHOD OF LYAPUNOV IN THE TASK ON STABILITY OF PARAMETRICAL CONTOUR.....	548
<i>Moldakalykova A., Nauryzbayeva A., Bizhanova A.</i> CALCULATION OF THE DISTRIBUTION OF THE ARRAYS OF APPLICATIONS AND DATABASES IN THE NODES OF THE COMPUTING SYSTEM.....	555

### Chemical and metallurgical sciences

<i>Nazarbek U.B., Abdurazova P.A., Ushkempirov A.G., Abdibayeva Y.U.</i> A TECHNOLOGY DEVELOPMENT FOR OBTAINING MULTICOMPONENT ORGANIC FERTILIZER OF AMMOPHOS QUALITY.....	562
<i>Kolesnikov A.S., Zhakipbayev B.E., Sadykov Zh.A., Kutzhanova A.N., Iztleuov G.M., Yestauova A.A., Torebekova A.M., Kolesnikova O.G., Krupa V.S., Tauasarova D.E.</i> RESEARCH ON PORTLAND CEMENT CLINKER.....	565
<i>Ismayilova G.A., Kolesnikov A.S., Zhakipbayev B.E., Sadykov Zh.A., Kutzhanova A.N., Iztleuov G.M., Yestauova A.A., Zulpykhar Z., Kolesnikova O.G., Torebekova A.M.</i> Optimization of a three-component raw material mixture for receiving a cement clinker.....	568
<i>Kolesnikov A.S., Narmakhanova A., Sadykov ZH.A., Zhakipbaev B.E., Kutzhanova A.N., Iztleuov G.M., Estauova A.A., Kolesnikova O.G., Krupa V.S., Torebekova A.M.</i> FINDING OPTIMAL PARAMETERS OF THREE-COMPONENT RAW MATERIALS MIXTURE TO OBTAIN A BELITE CLINKER.....	572
<i>Kolesnikov A.S., Mahat S.A., Sadykov Zh.A., Zhakipbayev B.E., Kutzhanova A.N., Iztleuov G.M., Estauova A.A., Kolesnikova O.G., Krupa V.S., Torebekova A.M.</i> OPTIMIZATION OF TWO-COMPONENT RAW MATERIAL MIXTURE FOR RECEIVING A CEMENT CLINKER.....	577

<i>Duisenbekova G.Sh., Kolesnikov A.S., Sadykov Zh.A., Zhakipbayev B.E., Kutzhanova A.N., Iztleuov G.M., Yestauova, A.A. Torebekova A.M., Kolesnikova O.G., Shaimerdenova F.</i>	
RESEARCH OF PHOSPHOGYPSE DISPOSAL AS A SECONDARY RAW MATERIAL AS A SUPPLEMENT OF RAW MATERIAL MIXTURE WHEN RECEIVING A CEMENT CLINKER.....	580
<i>Orazymbetova A.S., Murzagaliyeva M.G., Tanybayeva A.K., Abubakirova K.D., Rysmagambetova A.A.</i>	
THE STUDY OF CHEMICAL PROCESSES OF WASTEWATER TREATMENT.....	584
<i>Orazymbetova A.S., Murzagaliyeva M.G., Tanybayeva A.K., Abubakirova K.D., Rysmagambetova A.A.</i>	
WASTEWATER TREATMENT OFF CHEMICAL POLLUTANTS BY NATURAL ADSORBENTS.....	591
<i>Sagyndykova T.S., Yermenbek P.T., Kenakhonova A.Zh., Abdulina E.K., Tolegen G.A.</i>	
THE STUDY OF THE KINETICS OF POLYACRYLIC ACID AND POLY-4-VINYLPYRIDINE IN AQUEOUS MEDIA IN AN INTERCONNECTED SYSTEM.....	596
<i>Akbasova A.D., Baihamurova M.O., Yuldashbek D.H.</i>	
CHEMICAL NATURE DEPENDENCY OF HUMUS ACIDS IN THE BIOHUMUS ON WORM COMPOSTING METHOD .....	599
<i>Abdullina Y.K., Tolegen G.A., Sagyndykova T.S., Myrzakhmetova B.B., Kenakhonova A.Zh.</i>	
OBTAINING AND STUDY OF IRON FERROCYANIDE.....	603
<b>Military science</b>	
<i>Tursunov B.M., Asanov I.S., Rysbayeva G.P., Dikanbayev Y.Sh., Shapovalov A.A.</i>	
PRINCIPLES FOR THE VIRTUAL MACHINES USE IN THE EDUCATIONAL PROCESS OF THE NSC BORDER GUARD ACADEMY OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN.....	607
<b>The memory of the scientist .....</b>	<b>611</b>

Редакторы:

*Н.Ф. Федосенко*

Верстка на компьютере:

*Л. Касжанова*

Подписано в печать 25.03.2019 г.

Формат 60x84 1/8. Усл. п.л 39,3.

Тираж 500 экз. Заказ № 226.

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