

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН



ҚазҰТЗУ ХАБАРШЫСЫ _____

_____ **ВЕСТНИК КазННТУ**

VESTNIK KazNRTU _____

№6 (130)

Главный редактор
И. К. Бейсембетов – ректор

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

Отв. секретарь
Н.Ф. Федосенко

Редакционная коллегия:

С.Б. Абдыгаппарова, Б.С. Ахметов, З.С. Абишева- акад. НАНРК, Л.Б. Атымтаева, Ж.Ж. Байгунчеков- акад. НАНРК, А.Б. Байбатша, А.О. Байконурова, В.И. Волчихин (Россия), К. Дребенштед (Германия), Г.Ж. Жолтаев, Р.М. Искаков, С.Е. Кудайбергенов, 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), Т.А. Чепуштанова, Г.Ж. Елигбаева, Б.У. Куспангалиев

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. 616, тел. 292-63-46
Nina. Fedorovna. 52 @ mail.ru

УДК 553.493.5'041

**M.Sh. Omirserikov¹, L.D. Isaeva¹, S.K. Asubaeva², M.K. Kembayev²,
K.S. Togizov²**

(¹Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, ²Satbayev University,
Almaty, Kazakhstan, e-mail: k.maksat@mail.ru)

THE ROLE OF THREE-DIMENSIONAL MODELS OF DEPOSIT AND THERMODYNAMIC CONDITIONS OF ITS FORMATION AT SELECTING AND EVALUATING RESOURCES OF PERSPECTIVE SITES

Abstract. The state program "Digitalization of Kazakhstan" considers the accelerated introduction of modern information technology in various spheres of our life. In the geological industry, particularly in geological science, these technologies allow creating an accurate, geo-referenced spatial database of geological objects of various scales, and it represents a necessary condition for consistent, holistic, system-differentiated research of objects, which allows efficient and rational solve practical problems.

The introduction of modern digital information technology to the geological study of the bowels of Kazakhstan presents new opportunities, and the ways of solving the tasks posed require the improvement of the methodological basis of modern geological research. The basis for the improvement of this methodology is the creation of a single interconnected (with local and regional geographical coordinates) digital scientific information base of the studied mineral resources (including minerals) of Kazakhstan, regardless of the scale of geological research.

Below, the example of the Bakennoye deposit will show the creation of its scientific and information base, and on this basis, the improvement of the methodology of geological research will be shown.

Key words: Rudo-controlling factors, ore-bearing environment, rare metal deposits, molybdenum, tungsten, 3D model of deposits, perspective zones.

М.Ш. Омирсериков¹, Л.Д. Исаева¹, С.К. Асубаева², М.К. Кембаев², К.С. Тогизов²

(¹Казахский университет технологии и бизнеса, Астана, Казахстан, ²Satbayev University,
Алматы, Республика Казахстан, e-mail: k.maksat@mail.ru)

РОЛЬ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ЕГО ФОРМИРОВАНИЯ ПРИ ВЫДЕЛЕНИИ И ОЦЕНКЕ РЕСУРСОВ ПЕРСПЕКТИВНЫХ УЧАСТКОВ

Аннотация. Государственная программа «Цифровизация Казахстана» рассматривает ускоренное внедрение современной информационной технологии в различные сферы нашей жизни. В геологической отрасли, в частности в геологической науке эти технологии позволяют создать точной, привязанной к геологической среде пространственной цифровой базы данных об изучаемых геологических объектах различных масштабов, и она представляет необходимое условия для последовательного, целостного, системно – дифференцированного исследования объектов, позволяющие эффективно и рационально решать практические задачи.

Внедрение современной цифровой информационной технологии в геологическое изучение недр Казахстана представляет новые возможности, и пути решения поставленных задач требует совершенствования методологической основы современных геологических исследований. Основой совершенствования указанной методологии является создание единой взаимосвязанной (с местными и региональными географическими координатами) цифровой научно - информационной базы (основы) изучаемых объектов недр (в том числе, полезных ископаемых) Казахстана, вне зависимости от масштаба геологических исследований.

Ниже на примере месторождения Бакенное будет показано создание его научно – информационной базы, и на этой основе будет показано совершенствование методологии геологических исследований.

Ключевые слова: ГИС-технология, ArcGIS–10, Micromine, 3D модели месторождения, рудоконтролирующие факторы, рудо вмещающая среда, редкометалльные месторождения, пегматитовое поле, пятиоксидом тантала, перспективная площадь.

Расширение минерально-сырьевой базы важнейших стратегических элементов таких, как тантал и ниобий, является сверхактуальной задачей для Республики Казахстан, так как они определяют инновационный прогресс в области высоких технологий.

Все промышленные месторождения тантал-ниобиевых руд сосредоточены в Восточном регионе нашей Республики. Одним из ярких представителей подобных объектов является месторождение Бакенное, расположенное в рудном пегматитовом поле Огневско-Бакенное.

Месторождение расположено в Восточно-Казахстанской области. Первые пегматитовые жилы месторождения открыты в 1948 г. В.А.Филипповым, а последующие – группой геологов под руководством Ю.А.Садовского. Рудное поле находится на северном фланге Центрального блока Калба-Нарымской зоны и приурочено к Гремячинско-Киинскому региональному разлому II порядка, в эндоэкзоконтакте Прииртышского гранитного массива. В геологическом строении месторождения принимают участие осадочно-метаморфические отложения верхнего девона и нижнепермские гранитоиды калбинского комплекса. Вмещающие породы состоят из алевролитов, песчаников и углистоглинистых сланцев. Они смяты в линейно-вытянутые складки, ундулирующие в общей структуре поперечных перегибов. Гранитоиды представлены преимущественно биотитовыми среднекрупнозернистыми гранитами I - фазы (гранит-гранодиоритовая субформация) и их жильными производными: аплитами, аплит-пегматитами и пегматитами. С гранитами I - фазы генетически связывается редкометалльно-пегматитовое оруденение (рис.1) [1,2,3].

В структурном отношении Бакенное и Огневское месторождения представляют собой одно целое, разделяются по специфике оруденения: первое комплексно-танталовое и второе колумбит-берилловое, непромышленное [6].

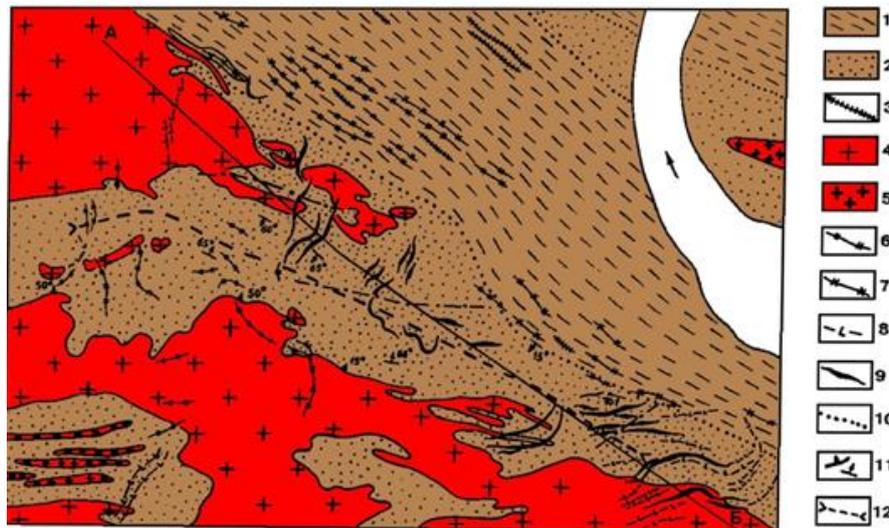


Рис. 1. Огневско-Бакенное рудное поле. По Ю.А. Садовскому[].

1 – роговики; ороговикованные сланцы и 2 – мигматизированные породы такырской свиты; 3 – гранит-порфиры, плагиогранит-порфиры кунушского комплекса (?); 4-9 калбинский комплекс: 4 – среднекрупнозернистые граниты I фазы и 5 – мелко-среднезернистые граниты II фазы; 6 – жильные аплитовидные граниты; 7 – аплиты, аплит-пегматиты; 8 – пегматиты олигоклаз-микроклиновые безрудные; 9 – редкометалльные пегматиты; 10 – граница постепенных переходов пород в зоне метаморфизма; 11 – элементы залегания контактов гранитов (а), осадочных пород (б); 12 – оси продольных складок.

Трехмерные модели месторождения Бакенное. Цифровая трехмерная модель месторождения построена с помощью компьютерной программы **Micromine** [4,5].

Геоинформационную базу составляла 730 единиц информации, введенные в компьютерную базу по свитам жил I, II, III и VI [7].

Каркасная модель (рис.2). Полученная каркасная модель полностью визуализирует структурно-морфологическую особенность месторождения, где все свиты рудного поля имеют «ступенчатое» выклинивания на глубину на горизонтах 200 и 300м, с небольшим заходом друг за другом. На

участках между свитами концентрация пегматитовых жил падает, а сами они незначительные по размерам. Преобладающая форма жил неправильно плитообразная, в отдельных случаях плитообразная, некоторые линзообразные. На месторождении насчитывается более 100 пегматитовых жил, причем 21 из них несут промышленное оруденение. Основные промышленные запасы месторождения сосредоточены в свитах I (жила Сподуменовая I) и II (жила Сподуменовая IV), так как в них наблюдается высокая концентрация пегматитовых рудных жил [6].

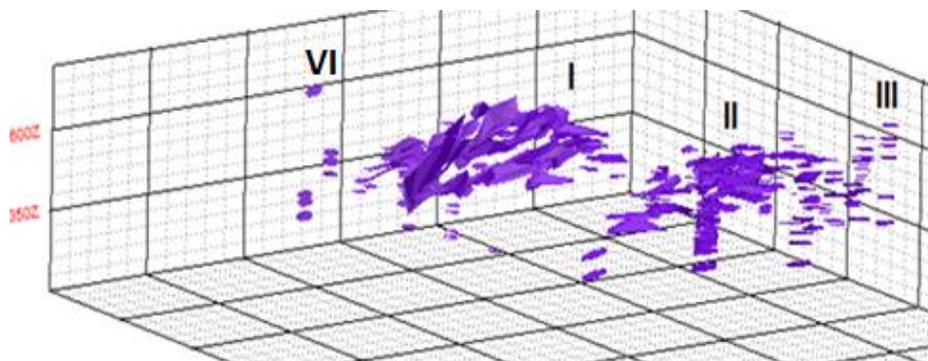


Рис. 2. Трехмерная каркасная модель месторождения Бакенное (I, II, III, VI – номера свит)

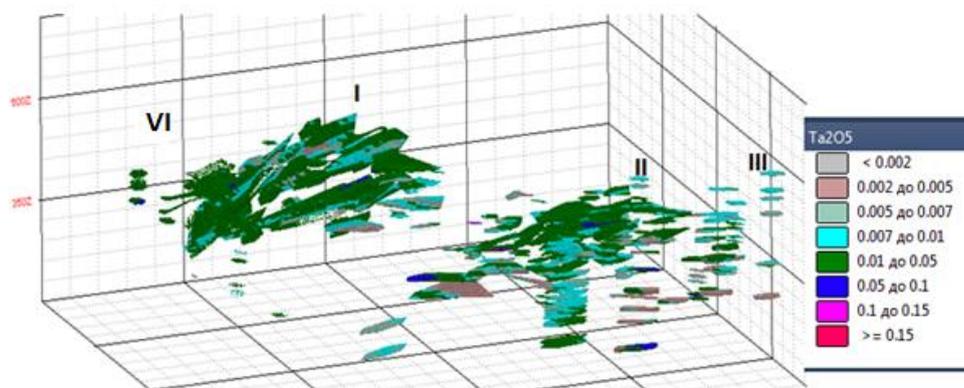


Рис. 3. Трехмерная блочная модель месторождения Бакенное (I, II, III, VI – номера свит)

Блочная модель (рис.3,4). Она визуализирует распределение содержаний пятиокси тантала в пределах месторождения, так как основным рудным минералом является колумбит-танталит.

В целом, сделаны следующие выводы:

- содержание пятиокси тантала меняется в пределах от 0,002 до 0,15%;
- по месторождению наибольшее распространение имеет содержание пятиокси тантала от 0.007 до 0.05%;
- наблюдается довольно отчетливая тенденция понижения содержания пятиокси тантала к периферическим частям жил до 0,007% и ниже. С падением концентрации оруденения наблюдается выклинивание руд практически с переходом пегматитов в безрудные жилы с содержанием в них рудных компонентов ниже извлекаемого;
- отдельные максимумы содержаний тантала в пределах от 0.10 до 0.15% располагаются как в нижних по падению, так и верхних по восстанию участках жил I и II свиты;
- участки с низким содержанием тантала от 0.002 до 0.005% встречаются в нижних горизонтах пегматитовых жил всех свит;
- особенно отличается III свита, где в ее верхней части визуализируется низкое содержание тантала, а в нижних частях – оно достигает до 0.10%. Это связано с тем, что верхняя часть данной свиты относится к Огневскому месторождению с колумбит-берилловым оруденением, нижние горизонты, кулисообразно заходящие за II свиту жил, несут оруденение тантала, олова, бериллия, лития;
- первая жила Каменушинской (VI) свиты представлена альбитизированными пегматитами, содержание пятиокси тантала достигает до 0.013%.
- среднее содержание пятиокси тантала по расчету компьютерного моделирования определялось в пределах 0,01184%;

Анализ визуализации распределения содержаний танталового оруденения привёл к тому, что по месторождению в основном преобладает содержание пятиоксида тантала от 0.007 до 0.05%. Высокие его содержания (от 0.10 до 0.15%) имеют ограниченное распространение, но они могут встречаться как в верхних, так и в нижних горизонтах некоторых свит месторождения (рис.4).

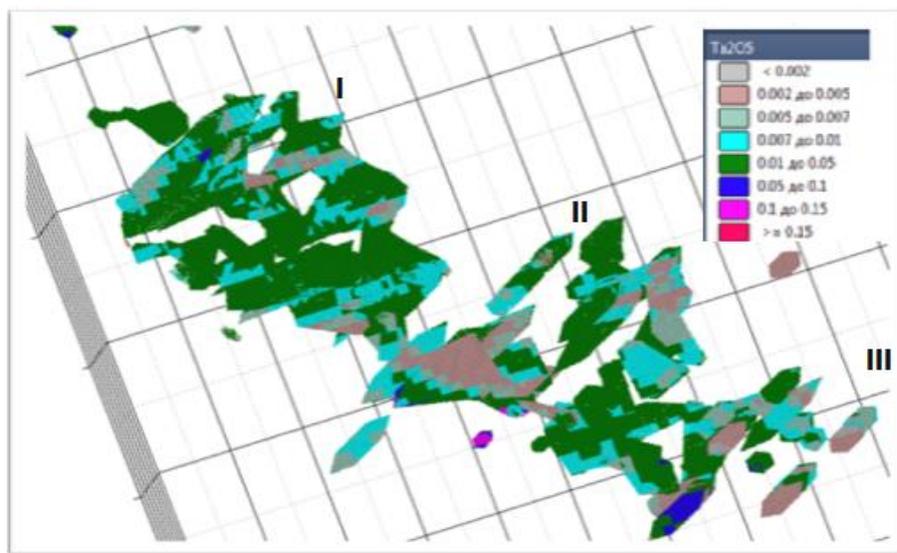


Рис. 4. Трехмерная блочная модель месторождения Бакенное, вид снизу.

Так как актуальной проблемой является оценка перспектив глубоких горизонтов месторождения, результаты его трехмерных моделей сопоставляем с данными термометрии и количественного моделирования рудообразующих систем [8].

Месторождение Бакенное приурочено к западной части Прииртышского плутона, который на данном участке представляет собой гранитоидную плиту мощностью более 7 км. Внедрение интрузивного массива с мощностью до 6-7 км и с температурой в пределах 850-900⁰С приведет к перераспределению температуры во вмещающей среде, приводящим к прогреванию экзоконтактовых слоев пород, а также к понижению температуры эндоконтактовой части массива [8,9]. Поэтому резкое понижение температуры в эндоконтактовой области рудоносного массива способствует формированию структурных элементов, где с появлением пологой системы трещиноватости связывается этап пегматитообразования, и безрудные пегматиты (700-560⁰С) на месторождении Бакенное формировались в этом *прогрессивном этапе* охлаждения интрузии.

Кроме того, данный этап охлаждения интрузии характеризуется развитием процессов контактового метаморфизма, где образуются ороговикованные породы, при интервалах температур 640-450⁰С (исходя из температуры отложения кордиерита, граната). Ореол ороговикованных пород достигает 750 м по вертикали, и его положением можно оконтуривать область рудообразования.

Тепловое поле рудоносного массива - градиентное, и оно способствует формированию рудной зональности на месторождении. По данным термометрии, рудообразование протекало в интервалах температур 480-260⁰С. Образовались не только руды редких и редкоземельных элементов, но и редкометалльных (олово, бериллий). Отложение редких земель, ниобия и тантала протекало в интервалах температур 480-390⁰С, и сконцентрировано в прикупольных контактовых зонах, где рудообразующие и рудо локализирующие системы находились в условиях тепловой равновесности. Редкометалльные руды (олова) отлагались при температурах 380-260⁰С в надкупольной зоне рудоносной интрузии, где была установлена тепловая неравновесность между рудообразующими и рудо локализирующими системами.

Анализ термодинамических условий формирования месторождения рассматриваем в разрезе месторождения. Как известно, месторождение сложено пологопадающими жилами, расположенными в пределах стометровой ослабленной зоны вдоль контакта. Редкометалльные пегматиты распределены в поле неравномерно и группируются в шести свитах, разобценных участками со значительно меньшей концентрацией жил, из них три относятся к Бакенному месторождению (I, II, VI) и три к Огневскому (III, IV, V). Простираение жил меняется от субширотного (Огневка) до субмеридионального (свита Каменушинская месторождение Бакенное). (рис.5).

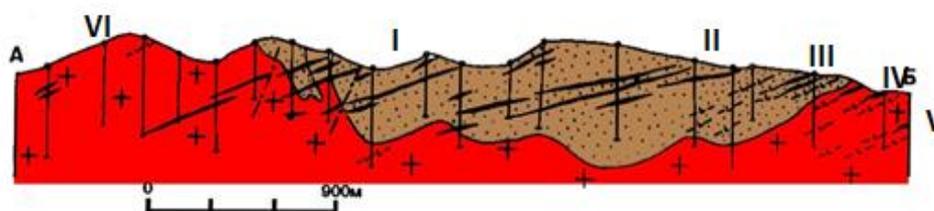


Рис. 5. Геологический разрез Огневско-Бакенного рудного поля (I, II, III, IV, V, VI свиты)

Данный геологический разрез Огневско-Бакенного рудного поля показывает, что рудные пегматитовые жилы в некоторых свитах локализованы не только в прикупольных, но и в эндоконтактовых зонах рудоносного массива (VI, IV, V часть I), а в некоторых свитах (II, III и часть I) пегматитовые жилы занимают только его прикупольные зоны (рис.5).

Если учесть, что наиболее благоприятное термодинамическое условие для отложения высокотемпературных рудных элементов создается в эндоконтактовой области рудоносного массива, то глубокие горизонты свит II, III и I представляют практический интерес для обнаружения редкометалльной минерализации. Кроме того, температура отложения основных рудных минералов свидетельствует о метасоматической природе редкометалльного оруденения в пегматитах, а метасоматическая природа образования редкометалльных минералов предполагает возможность обнаружения редкометалльной минерализации и вне пегматитовых жил.

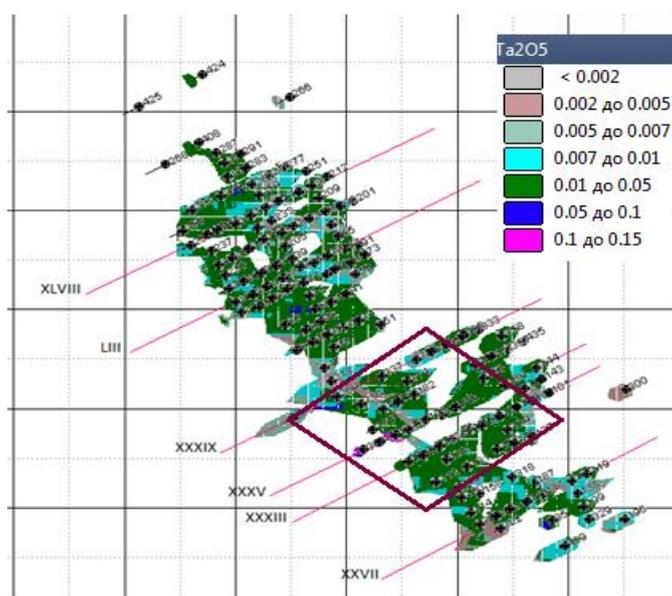


Рис. 6. Выделение перспективного участка на блочной модели месторождения Бакенное

Итак, анализ трехмерных моделей месторождения и термодинамических условий его формирования позволяет выделить в районе месторождения Бакенное два перспективных участка и подтвердить их с геологическими данными.

Первый участок - это глубокие горизонты II свиты между профилями XXVIII и XXXIX, охватывающие жилы глубоких горизонтов III свиты. Параметры участка -длина 500м, ширина 500м, глубина 5 м (рис.6). Выделенный участок соответствует положению продуктивных участков, выделенных на геолого-промышленной модели месторождения [10].

Второй участок - это глубокие горизонты I свиты между профилями LXVIII и LX, он подтвержден апробированием скважин №№283, 260, 254 и 245. Параметры участка -длина - 500, ширина 200м, глубина 20м (рис.7).

На глубоких горизонтах I свиты выявлена жила № 100, которая по составу относится к лепидолитовому типу пегматитов, содержание в ней пятиокси тантала по геологическим данным составляет более 200г/т, а простирание жилы субмеридиональное, что позволяет предполагать наличие в ней литиевых пегматитов на нижних горизонтах (рис.8).

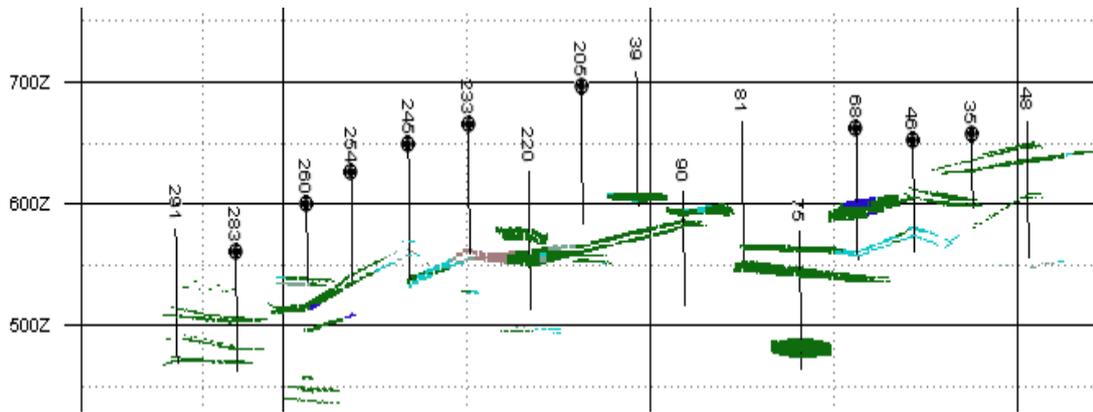


Рис. 7. Продольный 2D срез блочной модели по линии №8 (месторождение Бакенное)

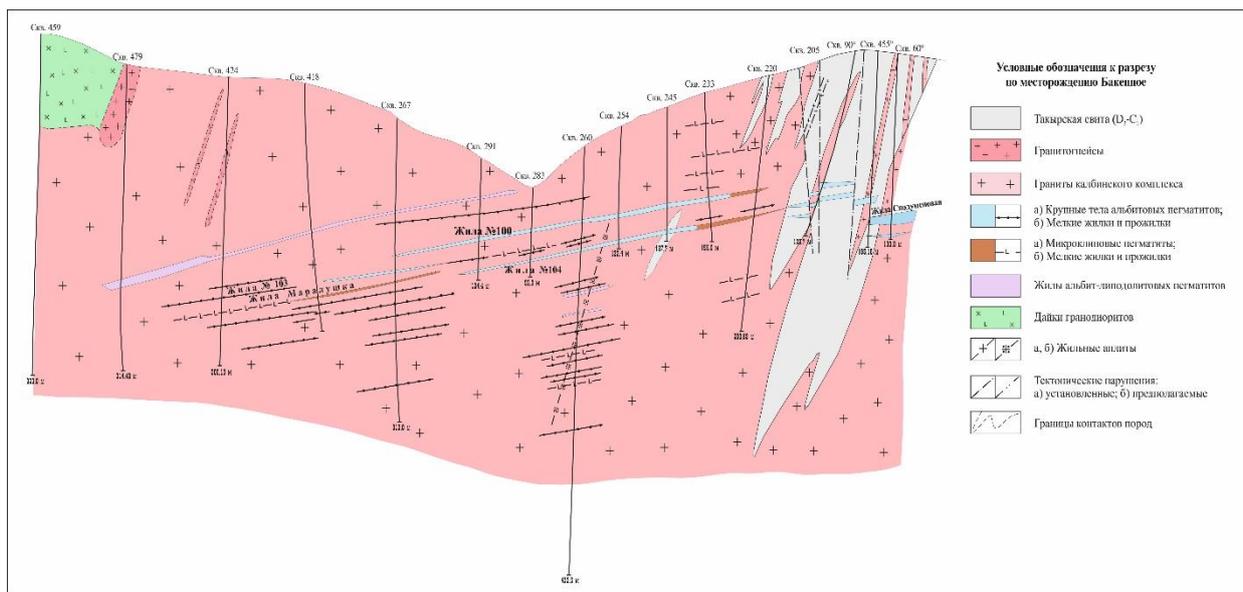


Рис. 8. Продольный геологический разрез по линии №8 (месторождение Бакенное)

Обоснованные представления о размерах и об условиях залегания перспективных участков в пределах месторождения Бакенное позволили дать количественную оценку на их потенциальные ресурсы (таблица 1).

Таблица 1. Подсчет прогнозных ресурсов перспективных участков месторождения Бакенное

Положение рудных зон, месторождений, участков	Размеры прогнозных участков			Бортовое содержание, г/т	Категория ресурсов	Величина ресурсов, т
	Длина, м	Ширина, м	Глубина подсчета, м			
Участок Переходный между профилями XXVIII и XXXIX	500	500	5	125 г/т Ta ₂ O ₅	P ₁	284,375
Первая свита между профилями LVIII и LX	500	100	20	125 г/т Ta ₂ O ₅	P ₁	227,5

ЛИТЕРАТУРА

[1] Щерба Г.Н., Лаумулин Т.М., Кудряшов А.В. и др. Геолого-генетические модели главных типов эндогенных редкометалльных месторождений Казахстана // Генетические модели эндогенных рудных формаций. – Новосибирск: Наука, 1983. – Т.2. – С.3-14.
 [2] Дьячков Б.А., Полянский Н.В., Сапаргалиев Е.М. Выявление закономерностей рудообразования в рудных поясах Восточного Казахстана с выделением продуктивных минерагенических уровней и структур,

перспективных на обнаружение месторождений цветных, редких металлов и нерудных полезных ископаемых // Известия НАН РК: Сер. геологическая, 2009. – №1,2. – С.55-59.

[3] Губайдулин Ф. Г., Омирсериков М. Ш. Перспективы редкоземельного оруденения «Большого Алтая» // Конференция «Большой Алтай». – Усть-Каменогорск, 2010.

[4] Закревский К.Е. Геологическое 3D моделирование. – Москва: ООО «ИПЦ» «Маска», 2009 – 376 с.

[5] Goovaerts P. Geostatistics for Natural Resources Evaluation. Oxford University Press, 1997.

[6] Справочник. Месторождения редких металлов и редких земель Казахстана. – Алматы, 1998. – 136 с.

[7] Садовский Ю.А. Г Бакенное танталовое месторождение в Центральной Калбе (геология, и сводный подсчет запасов тантала, бериллия и других компонентов по состоянию на 01.11.1959 г.): отчет о геолого-разведочных работах. – Кокчетав, 1959. – 337с.-Инв № 0014819.

[8] Омирсериков М.Ш., Исаева Л.Д., Губайдуллин Ф. Г. «Геолого-динамическая модель рудообразования и локальные прогнозные критерии (на примере месторождения Верхнее Эспе)». Сборник, Геология XXI века. – Алматы, 2011.

[9] M. Omirserikov, L. Isaeva. Toward a theory of rare metal ore formation illustrated by rare metal fields in Central Kazakhstan. Lambert Academic Publishing, 2015. – P.46.

[10] Степаненко Н.И. Редкометалльное оруденение Калба-Нарымской металлогенической зоны и его связь с особенностями формирования гранито-гнейсовых куполов. Доклады совещания // Большой Алтай-уникальная редкометалльно-золото-полиметаллическая провинция Центральной Азии. – Усть-Каменогорск, 2015. – С.186-193

Омирсериков М.Ш., Исаева Л.Д., Асубаева С.К., Кембаев М.К., Тогизов К.С.

Перспективті аймақтардың ресурстарын таңдауда және бағалауда кенорынның термодинамикалық жағдайларының қалыптасуы мен үшөлшемді модельдерінің рөлі

Түйіндеме. «Қазақстанның цифрландыру» мемлекеттік бағдарламасы біздің заманымыздың түрлі салаларында заманауи ақпараттық технологияларды жедел енгізуді қарастырады. Геологиялық салада, әсіресе геологиялық ғылымдарда, бұл технологиялар түрлі масштабтағы геологиялық объектілердің кеңістіктік, геоэкологиялық деректер базасын құруға мүмкіндік береді және бұл объектілерді дәйекті, біртұтас, жүйелік-дифференциалды зерттеуге қажетті жағдайды білдіреді, бұл тиімді практикалық мәселелерді ұтымды шешу.

Қазақстанның жер қойнауын геологиялық зерттеуге заманауи цифрлық ақпараттық технологияларды енгізу жаңа мүмкіндіктерді ұсынады және қойылған міндеттерді шешу жолдары заманауи геологиялық зерттеулердің әдіснамалық негізін жетілдіруді талап етеді. Осы әдіснаманы жетілдірудің негізі геологиялық зерттеулер масштабына қарамастан зерттелетін минералды ресурстардың (соның ішінде минералдардың) сандық ғылыми-ақпараттық базасының бірыңғай өзара байланысын (жергілікті және аймақтық географиялық координаттары бар) құру болып табылады.

Төменде Бакенное кен орнының үлгісі оның ғылыми-ақпараттық базасын құруды көрсетеді және осы негізде геологиялық зерттеулер әдіснамасын жетілдіретін болады.

Түйін сөздер: Рудо-бақылаушы факторлар, рудалық орта, сирек кездесетін металл кен орындары, молибден, вольфрам, кенорындардың 3D моделі, болашағы бар аймақтар.

Omirserikov M.Sh., Isaeva L.D., Asubayeva S.K., Kembayev M.K., Togizov K.S.

The role of three-dimensional models of deposit and thermodynamic conditions of its formation at selecting and evaluating resources of perspective sites

Summary. The state program "Digitalization of Kazakhstan" considers the accelerated introduction of modern information technology in various spheres of our life. In the geological industry, particularly in geological science, these technologies allow creating an accurate, geo-referenced spatial database of geological objects of various scales, and it represents a necessary condition for consistent, holistic, system-differentiated research of objects, which allows efficient and rational solve practical problems.

The introduction of modern digital information technology to the geological study of the bowels of Kazakhstan presents new opportunities, and the ways of solving the tasks posed require the improvement of the methodological basis of modern geological research. The basis for the improvement of this methodology is the creation of a single interconnected (with local and regional geographical coordinates) digital scientific information base of the studied mineral resources (including minerals) of Kazakhstan, regardless of the scale of geological research.

Below, the example of the Bakennoye deposit will show the creation of its scientific and information base, and on this basis, the improvement of the methodology of geological research will be shown.

Key words: Rudo-controlling factors, ore-bearing environment, rare metal deposits, molybdenum, tungsten, 3D model of deposits, perspective zones.

B. Zhassymbekov, M. Kembayev

(Kazakh National Research Technical University after K.I. Satpayev,
Almaty, Kazakhstan. E-mail: baktikerey@mail.ru)

GEOLOGICAL AND STRUCTURAL FEATURES OF THE LOCATION AND CONDITIONS FOR THE FORMATION OF URANIUM ORE AT THE TORTKUDUK DEPOSIT

Abstract. Kazakhstan is a storehouse of minerals. And one of its valuable components are uranium and its natural accumulators - uranium ore. To date, 145 uranium deposits of various types have been identified within the territory of our state. Considering such factors as commonness of geological positions, genetic features, territorial segregations and other associative information by geologists of Kazakhstan, six uranium ore provinces are identified and classified: Shu-Sarysu, Syrdarya, Ili, Pribalkhash, Caspian and North Kazakhstan. The basis of the mineral resource base of natural uranium of the Republic of Kazakhstan is exogenous infiltration deposits. So, Uvanas, Mynkuduk, Kanzhugan, Moinkum, Tortkuduk, Akdala, Budenovskoye and Inkai, where the extraction is conducted by underground borehole leaching, belong to the Shu-Sarysu province. Uranium mineralization is confined to regional frontal zones of formation oxidation. The object of the article is the Tortkuduk deposit of the hydrogenous type of deposit, localized at a depth of 260-335 meters. The purpose of this article is to determine the geotechnological conditions of ore mining by the method of underground leaching by the method of exploration by vertical boreholes with the carrying out of a complex of geophysical, hydrogeological, engineering-geological and analytical studies. Based on the research, the geotechnological conditions of the Tortkuduk deposit are estimated as very favorable for ore mining by the method of underground leaching.

Key words: zone of reservoir oxidation, experience of underground leaching, uranium, associated useful components, exploration, technological and hydrogeological wells.

Б.Е. Жасымбеков, М.К. Кембаев

(Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева,
Алматы, Республика Казахстан. baktikerey@mail.ru)

ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ УРАНОВЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТОРТКУДУК

Аннотация. Казахстан – это кладовая полезных ископаемых. И одним из ценных ее компонентов являются уран и его природные аккумуляторы – урановые руды. На настоящий момент, в пределах территории, нашего государства, выявлено 145 месторождений урана различных типов. Учитывая, такие факторы, как общность геологических позиций, генетические признаки, территориальные обособления и другие ассоциативные сведения геологами Казахстана выделено и классифицировано 6 урановорудных провинций – это Шу-Сарысуйская, Сырдарьинская, Илийская, Прибалхашская, Прикаспийская, Северо-Казахстанская. Основу минерально-сырьевой базы природного урана Республики Казахстан составляют экзогенные инфильтрационные месторождения. Так, Уванас, Мынкудук, Канжуган, Моинкум, Торкудук, Акдала, Буденовское и Инкай, где добыча ведется подземным скважинным выщелачиванием относятся к Шу-Сарысуйской провинции. Урановое оруденение здесь приурочено к региональным фронтальным зонам пластового окисления [1]. Объектом статьи является месторождение Торткудук гидрогенного типа месторождения, локализованный на глубине 260-335 метров. Целью данной статьи является определение геотехнологических условий отработки руд способом подземного выщелачивания методом разведки вертикальными буровыми скважинами с проведением комплекса геофизических, гидрогеологических, инженерно-геологических и аналитических исследований. На основании исследований геотехнологические условия месторождения Торткудук оцениваются как весьма благоприятные для отработки руд способом подземного выщелачивания.

Ключевые слова: зона пластового окисления, опыт подземного выщелачивания, уран, попутные полезные компоненты, разведочные, технологические и гидрогеологические скважины.

Месторождение Торткудук, расположено в Сузакском районе Южно-Казахстанской области. В 1976 году поисковыми работами, проведенными экспедицией № 5 в северной части песчаного массива Моинкум, выявлено рудопроявление Торткудук, приуроченное к песчаным отложениям уюкского горизонта нижнего эоцена. Детальная разведка участка начата в 1989 году, но не была завершена в связи с прекращением финансирования. Она была продолжена фирмой "Кожема" в 2000-2003г.. Результаты изучения показали, что урановые руды на участке Торткудук характеризуются относительно богатым содержанием урана [2].

Месторождение Торткудук расположено в южной части Чу-Сарысуйской депрессии, которая представляет собой крупную эпикаледонскую структурную впадину. В геологическом строении депрессии и её горного Каратауского обрамления участвуют образования трех структурных этажей:

нижнего (складчатого каледонского фундамента), среднего (промежуточного полуплатформенного) и верхнего (мезозойско-кайнозойского платформенного чехла) [3].

В Сузакской впадине мезозойско-кайнозойский чехол представлен отложениями мела, палеогена, неогена и антропогена (рис. 1). Возраст выделенных стратиграфических подразделений установлен на основании фаунистических, микрофаунистических и палинологических определений, выполненных в лабораториях объединений Южказгеология и ВСЕГЕИ методом разведки вертикальными буровыми скважинами с проведением комплекса геофизических, гидрогеологических, инженерно-геологических и аналитических исследований [4].

Отложения палеогена на участке Торткудук, как и в целом на месторождении Моинкум и районе, распространены повсеместно и представлены следующими горизонтами: "пестрым" нижнего палеоцена, канжуганским верхнего палеоцена, кызылчинским и уюкским нижнего эоцена, иканским среднего эоцена и морскими глинами верхнего эоцена [6].

Пестрый горизонт (P_1^1ps) залегает с размывом на отложениях верхнего мела, либо непосредственно на палеозойских образованиях.

Горизонт представлен отложениями аллювиальной равнины, включающей русловую и пойменную фациальные зоны, преимущественно пестроцветными известковистыми глинами, алевролитами и кварц-полевошпатовыми песками с незначительной примесью слюд. Пески, занимающие в разрезе 25-30% мощности горизонта и тяготеющие к нижней его части, состоят преимущественно из мелкозернистых разностей белесого и голубовато-белесого цвета (за счет повышенного содержания карбонатов и каолинита) [7].

Канжуганский горизонт (P_1^2kn) с незначительным размывом залегает на отложениях "пестрого" горизонта, и в пределах месторождения подразделяется на два подгоризонта.

Верхний подгоризонт ($P_1^2kn^2$), основной рудовмещающий, представлен прибрежно- и подводно-дельтовыми фациями, где выделяются русловые песчаные отложения, пойменные алевролиты и глинистые пески, тонко-, горизонтально- и косослоистые, с отпечатками листьев и остатками растительности, а также черные глины, обогащенные углеродистым веществом, углистые алевролиты [8].

В пределах месторождения в верхнеканжуганском подгоризонте внутри верхних водоупорных глин нередко появляются линзы и струи мелко-среднезернистых песков, которые на ряде участков картируются в виде протяженных русел среди глинисто-алевритистых образований мощностью до 20-30 м. Глубина залегания от 265 до 350 м.

Нижнеканжуганский ($P_1^2kn^1$) подгоризонт представлен преимущественно мелко- и тонкозернистыми песками, фациально переходящими в глины и алевролиты. Пески полевошпат-кварцевые состава, преобладают белесые и светло-серые. Мощность песков – до 10-20 м. Рудоносность подгоризонта изучена недостаточно [9].

Кызылчинский горизонт (P_2^1kz) с размывом залегает на палеоценовых отложениях. В низах разреза повсеместно встречается пачка зеленых глин с линзами тонкозернистых мучнисто-белых и зеленоватых песков. Центральную часть горизонта слагают серые и черные (углистые) глины, которые на отдельных участках переходят в мучнистые, образующие линзы размером от десятков до первых сотен метров и мощностью до 0,8 м. Верхняя часть разреза сложена пачкой шоколадных (до кирпично-красных) алевропелитов и глин с ходами роющих, заполненных песком; эта пачка часто замещается зеленовато-серыми тонкозернистыми песками с чешуйчатым гематитом [10].

В целом, горизонт сложен водоупорными породами и используется как маркирующий. Мощность горизонта до 5-10 м.

Уюкский горизонт (P_2^1uk) представлен мелководно-морскими, прибрежно- и подводно-дельтовыми фациями. Горизонт делится на две пачки: нижнюю – существенно песчаную (продуктивная часть) и верхнюю – глинисто-алевритовую (верхний водоупор). Глубина залегания кровли продуктивной части разреза на месторождении Торткудук – от 240 до 314 метров.

Пески по составу существенно кварцевые, средне-мелкозернистые, средней сортировки, малоглинистые. Внутри продуктивного горизонта встречаются линзы непроницаемых пород, представленные алевролитами, глинами, глинистыми песками. Мощность этих линз достигает нескольких метров, иногда до 10 м [11].

Верхняя граница продуктивного горизонта с водоупорной пачкой часто неровная, так как глины, алевролиты, глинистые пески нижней части пачки фациально переходят в мелко-среднезернистые пески, за счет чего мощность продуктивной части горизонта колеблется от 10 до 28 м. Общая мощность уюкского горизонта на месторождение Торткудук – около 30 м.

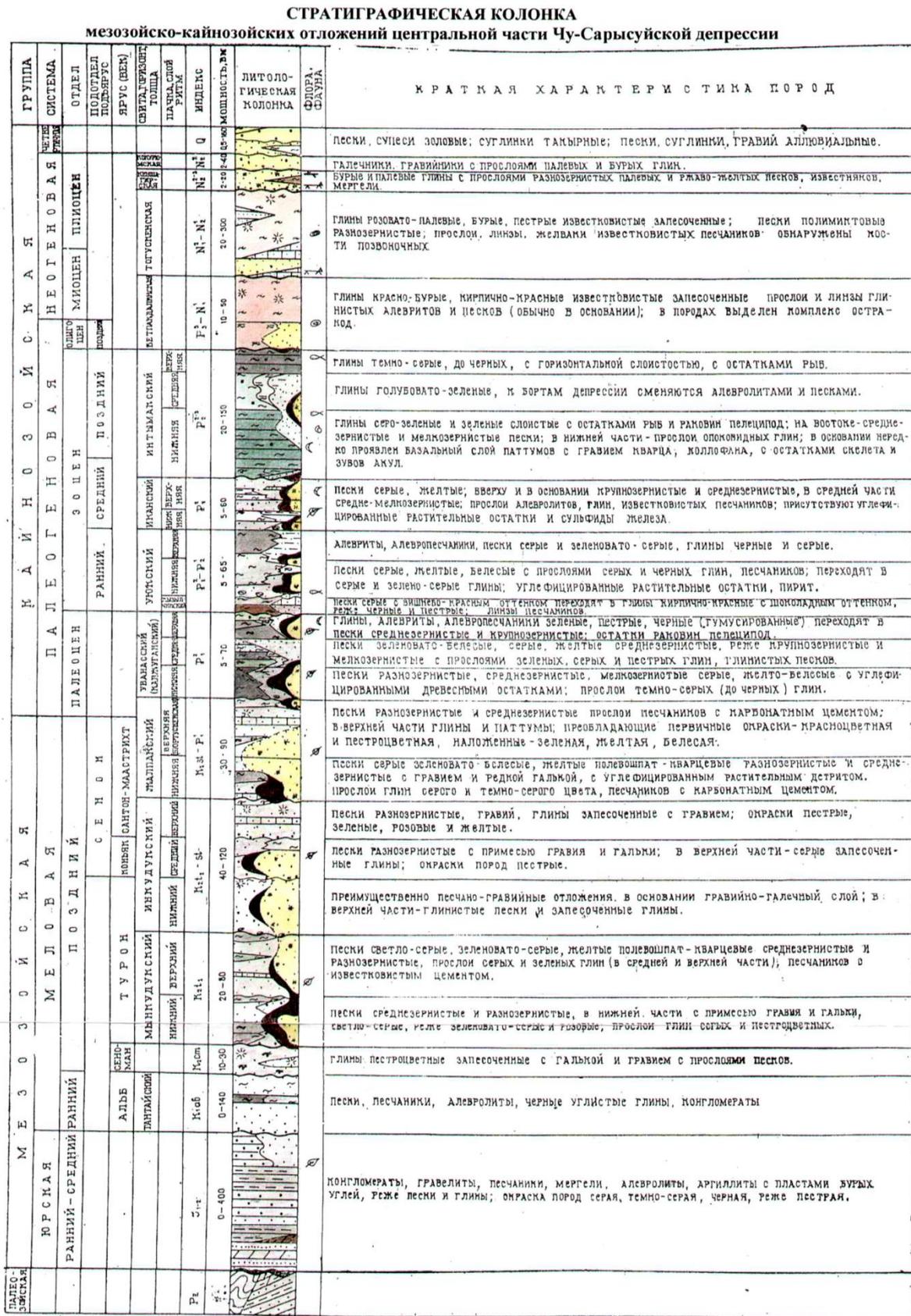


Рис. 1.

Иканский горизонт (P₂^{ik}) залегает на отложениях уюкского горизонта с размывом. На месторождение Торткудук отложения иканского горизонта практически выклиниваются [12].

Горизонт делится на две пачки (подгоризонта). В нижней части преобладают мелко- и среднезернистые пески хорошей и средней сортировки, существенно кварцевого состава. В верхней части

преимущественным распространением пользуются плохо отсортированные разномерные, участками гравелистые косо- и диагонально-слоистые существенно кварцевые пески с линзами алевроитов, глин, обрывками глин, мелким углистым детритом [13].

Верхнеэоценовые отложения (P_2^3) залегают на нижележащих отложениях с угловым несогласием. В основании толщи повсеместно залегает базальный горизонт, представленный разномерными, иногда глинистыми песками с гравием и галькой, часто фосфоритового состава, с фауной гастропод, зубами акул и фосфатизированными костными остатками рыб. Выше базального горизонта залегает довольно мощная толща морских листоватых глин, алевроитов и аргиллитов серовато-зеленого и серого цвета. В средней части этой пачки иногда отмечается прослой глинистых песков. На месторождение Торткудук мощность толщи составляет 23-38 м [14-15].

Вывод: На всех стадиях разведки применялось бурение вертикальных скважин по профилям. В структурном плане месторождение приурочено к опущенному блоку, отделенному от поднятого Сузакским глубинным разломом субширотного северо-западного простирания. Водопроницаемыми снизу вверх являются канжуганский, уюкский и иканский горизонты, разделенные водоупорами, соответственно, кызылчинского и верхов уюкского горизонта.

Продуктивным горизонтом является уюкский горизонт, мощность которого колеблется от 10 до 40м, составляя в среднем 20 м.

Продуктивные горизонты представлены преимущественно мелко- и среднезернистыми песками, реже крупнозернистыми песками, включают в себя прослой глин, алевроитов, лигнитов, катуны и обрывки глин. Пески первичные сероцветные, хорошо проницаемые. Оруденение приурочено к зоне выклинивания пластового окисления субмеридионального северо-восточного простирания.

Рудные тела в плане имеют лентообразную форму, ширина залежей – от несколько десятков до сотен метров. В разрезе рудные тела представлены типичными роллообразными залежами с хорошо проявленной мешковой частью и нижним крылом. Урановое оруденение на месторождении является гидрогенным во всех продуктивных горизонтах, отчетливо контролируется границами зоны пластовой лимонитизации.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] <http://infonedra.kz/item/uran-kazakhstan>
- [2] Бровин К.Г., Грабовников В. А., Шумилин Н.В., Язиков В.Г. Прогноз, поиски, разведка и промышленная оценка месторождений урана для отработки подземным выщелачиванием. – А., Ғылым, 1997, 384с.
- [3] Веригин Н.Н. Методы определения фильтрационных свойств горных пород. М., 1962.
- [4] Железнов Е.П. Инженерно-геологическая классификация горных пород Южного Казахстана. А., 1977, техническая библиотека ВПГО.
- [5] Ломтадзе В. Д. Инженерная геология. Специальная инженерная геология. Л., Недра, 1978.
- [6] Прокофьев А.П. Основы поисков и разведки месторождений твердых полезных ископаемых. М., Недра, 1973, 320с.
- [7] Инструкции по отбору, документации, обработке, хранению и ликвидации керна скважин колонкового разведочного бурения. М., 1973.
- [8] Аубакиров Х.Б., Максимова М.Ф. Редкие и рассеянные элементы на урановом месторождении Торткудук. Сб. «Геология месторождений урана, редких и редкоземельных металлов», вып. 124, М., 1990.
- [9] Аубакиров Х. Б., Пятилетов В. В., Панков А. Ю. и др, Отчет о детальной разведке Моинкумского уранового месторождения в Чимкентской обл. Каз. ССР за период работ 1979-1987гг. с подсчетом запасов по состоянию на 01.01.87г. А., 1987.
- [10] Жексембаев Ю.М., Русанов И.С. и др. Отчет о детальной разведке подземных вод для орошения земель группы совхозов Сузакского района Чимкентской области (по работам за 1972-75г.г.). ПГО «Южказгеология». А., 1975.
- [11] Жексембаев Ю. М. и др. Отчет о детальной разведке подземных вод для орошения земель группы совхозов Сузакского района Чимкентской области (по работам за 1975-1980гг.). Фонды КГГО. А., 1980.
- [12] Максимова М.Ф., Маринов Б.Н., Шугина Г.А., Феофанова М.Н. Изучение вещественного состава руд, геохимии урана и попутных полезных компонентов в природных и технологических образованиях на месторождениях Чу-Сарысуьской провинции применительно к задачам подготовки запасов к эксплуатации способом ПВ. Отчет ВИМСа, М., 1991.
- [13] Шумилин М.В., Муромцев Н.Н. Разведка месторождений урана для отработки методом подземного выщелачивания. М., 1985.
- [14] Аубакиров Х.Б., Максимова М.Ф. Редкие и рассеянные элементы на урановом месторождении Торткудук. Сб. «Геология месторождений урана, редких и редкоземельных металлов», вып. 124, М., 1990.

[15] Фазлуллин М.И., Кочетков В.И., Носов В.Д. и др. Сообщение по теме 1-00.15-06.89-0966Р (533-С2). Минералого-технологические исследования руд и рудовмещающих пород с опытного участка ОПВ-3 (участок Торткудук). П/я А-1997, М., 1990, 22с.

Жасымбеков Б.Е., Кембаев М.К.

Геолого-структурные особенности размещения и условия формирования урановых руд месторождения Торткудук

Түйіндеме. Қазақстан пайдалы қазбалардың қоймасы болып табылады. Оның құнды құрамдас бөлігі - уран және оның табиғи аккумуляторлары - уран кені. Бүгінгі күні мемлекетіміздің аумағында әртүрлі 145 уран кен орны анықталды. Геологиялық ұстанымдардың, генетикалық ерекшеліктердің, аумақтық бөлімшелердің және Қазақстанның геологтарының басқа да ассоциативті ақпаратының жалпыға ортақ екендігін ескере отырып, Шу-Сарысу, Сырдария, Іле, Прибалхаш, Каспий және Солтүстік Қазақстан сияқты алты уран рудалық провинциясы анықталды. Қазақстан Республикасының табиғи уранының минералды-шикізат базасының негізі экзогенді инфильтрациялық шоғырлар болып табылады. Уванас, Мыңқұдық, Қанжуған, Мойынкұм, Төртқұдық, Ақдала, Буденовское және Инкай Шу-Сарысу провинциясына жатады. Уранның минералдануы аймақтық фронтальды тотығу аймақтарымен шектеледі. Мақаланың мақсаты - 260-335 метр тереңдікте орналасқан кенорынның гидрогендік типіндегі Төртқұдық кен орны. Осы мақаланың мақсаты геофизикалық, гидрогеологиялық, инженерлік-геологиялық және аналитикалық зерттеулер кешенін жүргізу арқылы тік ұңғымалармен барлау әдісімен жерасты шаймалау әдісімен кенді өндірудің геотехнологиялық жағдайларын анықтау болып табылады. Зерттеу нәтижелері бойынша Төртқұдық кен орнының геотехнологиялық шарттары жерасты шаймалау әдісімен руда өндіру үшін қолайлы деп бағаланады.

Кілтті сөздер: жер қойнауының тотығу аймағы, жер асты шаймалау тәжірибесі, уран, пайдалы пайдалы компоненттер, барлау, технологиялық және гидрогеологиялық ұңғымалар.

UDC 504.54

K.M. Janaleyeva, G.Z. Mazhitova, Y.S. Kabiev
(L.N.Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan
E-mail: mazhitova_gulnur@mail.ru)

METHODOLOGICAL APPROACHES AND PRINCIPLES FOR IDENTIFICATION AND MAPPING OF AGROLANDSCAPES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Abstract. The article deals with one of the most relevant aspects of agricultural landscape research – identification of agrogenic landscapes and their mapping. The paper presents the results of research aimed at developing approaches to identify and map agrogenic agricultural landscapes of the Republic of Kazakhstan regions for formation of ecologically balanced agricultural landscapes and optimization of agricultural environmental management. The article is written on the basis of data of field research conducted in the territory of North Kazakhstan and Atyrau regions. The work improved the previously developed methodological approaches to identifying of agricultural landscapes. On their basis, new approaches and principles of identifying agricultural landscapes in relation to the studied regions have been developed and adapted. As the main approaches to the identification of agricultural landscapes we defined the following: analysis of the main stages of agricultural development, consideration of geomorphological, basin, and landscape differentiation of the territory, composition and structure of agricultural land, the nature and characteristics of agricultural industry. Hereby we propose approaches for agrolandscapes mapping and developing the maps of agrogenic landscapes. We should emphasize the necessity of further development and improvement of principles and approaches to identification and mapping of agricultural systems in the framework of applied regional agrolandscape studies.

Key words: landscape, agrolandscape, mapping, principle, approach, agricultural natural management.

Introduction

Identification of agricultural landscapes, the correct and reasonable drawing of their boundaries is one inescapable link of agricultural landscape research. The analysis of the works with a focus to this issue showed that this direction is not sufficiently developed and is at the stage of formation. In order to optimize and ensure sustainable and efficient agricultural production, agricultural enterprises require regional recommendations for placement of agricultural land, taking into account the peculiarities of landscape organization of the given territory. In this regard, it is necessary to develop and improve methodological principles and approaches to identifying of agricultural landscapes, to determine qualitative and quantitative criteria for such identification and to specify the boundaries on the landscape basis [1, 2].

Mapping of agricultural landscapes and development of agricultural landscape maps as well take pride of place in agrolandscape research. The development of this line is of great practical importance, as the map-

ping of agricultural landscapes is one of the most effective methods of studying their morphological structure and dynamics [1].

Geographic information systems (GIS) currently play a significant role in development of approaches to mapping and agrogenic landscapes maps creating. However, agrolandscape studies conducted at regional and local levels use such technologies in isolated cases and need developing of new approaches and techniques. Issues related to the methodology of mapping, development and creation of sectoral agrolandscape maps and their models, maps of agrolandscape zoning, and operational creation of cartographic databases and those of attribute agrolandscape information require further improvement and development.

The above mentioned problems determine the relevance of the studies undertaken.

Based on this, the **purpose** of the research is to improve principles and approaches of agrolandscapes identification and mapping of and their practical application on the example of the Republic of Kazakhstan regions.

Object of the research. Two following regions were selected for the study – North Kazakhstan and Atyrau regions which differ significantly in their natural and climatic conditions and resources, agricultural potential, features of landscape structure, the nature of agricultural development of the territory, organization, structure and specialization of agricultural production.

Materials and approaches of the research

The methodological basis of the work included works in the field of agrolandscape and agroecological studies of the following authors: V.A. Nikolayev, K.N. Dyakonov, A.G. Isachenko, V.M. Chupakhin, F.N. Milkov, L.I. Kurakov, K.V. Zvorykin, V.I. Bulatov, V.M. Yatsukhno, V.I. Kiryushin, M.I. Lopyrev, M.A. Altieri, A.Wesel, S.Bellon, B.R. Stinner et al, T.Dore, E.Makowski, D.Chelaru et al, S.Maudgal [3-20] and others. Carrying out of geoinformation mapping of agrogenic landscapes was carried out on the basis of works of A.M. Berlyant, V.G. Kryuchkov, V.S. Tikunov, Y.V. Kotsur, M.N. Veselova, S.Y. Perfilyev [21-24] and others.

As the initial information base of the study we used cartographic [25-30], stock and published data [31-36], satellite images of Landsat 8 for the vegetational season of 2016 and the materials of their interpretation, the records of field studies of the work authors for 2016-2017.

The study applied the following methods: historical, comparative-geographical, cartographic, landscape and field methods, system and associated analysis, extrapolation, and modeling.

According to V.N. Nikolayev [3], the landscape involved in agricultural production is a fundamentally new formation, a very special genetically independent category of natural-agricultural geosystems formed and functioning as a result of constant interaction of agricultural industry and natural environment. In the scientist's opinion, an agrolandscape is an integral, internally heterogeneous natural and agricultural geosystem including both cultivated land and land of a different functional profile.

The analysis and generalization of the works of domestic and foreign scientists in the field of agrolandscape and agroecological studies [1-20] allowed us to determine basic principles and approaches to identify agrolandscapes and their mapping, as well as to improve and adapt them to the peculiarities of natural conditions and the specifics of agricultural industry in the regions under study. Principles and approaches to identify agricultural landscapes of the regions are given below.

1. *Retrospective analysis* of the history of agricultural reclamation and development of the study area. Historical analysis allows to identify the main stages of agricultural development and involvement of natural landscapes in agricultural production, and the trends of their transformation, as well as to determine the nature and gradation of use and agricultural transformation in different periods. It is worthwhile to say that the study of agrolandscapes should cover, if possible, the entire period of their development from the moment of occurrence, as many properties of modern agricultural systems depend on previous periods of their development and the nature of agricultural environmental management.

2. *Study of the main components of agrolandscapes.* Agricultural landscapes form complicated complexes consisting of inherent (natural) and economic (production) subsystems. The natural subsystem acts as an environmental milestone and consists of natural components of the landscape. The economic subsystem includes agricultural production, agricultural infrastructure and technologies [37]. The study of the components of agricultural systems, the nature of internal relationships and interdependencies between them is necessary to identify the features of the spatial organization of agricultural landscapes.

3. *Study of agrolandscapes formation factors* allows identifying of regional spatial and temporal patterns and features of agrolandscape genesis which determines the current state and development of agrogeosystems, their spatial location and boundaries. Identification of agrolandscapes involves study and record of

both natural and anthropogenic factors of their formation (terrain, groundwater, soil-forming rocks, population displacement, agricultural infrastructure, the level of development of agricultural technology, etc.).

4. *Spatial analysis of agricultural land management system* includes the study of agricultural land use, composition and structure of agricultural land, dissection of its borders and area ratios. It is based on the data of land balance, land explication, maps and plans of agricultural land management and schemes of agricultural land of individual farms.

5. *Analysis of the main indicators of agricultural production* is based on the study of parameters of the structural organization of agricultural industry, specialization and industry structure, the composition of cultivated crops in crop rotations, livestock, grazing regimes, productivity indicators, applied agricultural technologies and reclamation techniques, as well as the manifestation of negative agrogenically stimulated processes (soil erosion, pasture digression, etc.).

6. *Nature of the terrain* and consideration of geomorphological features of the territory differentiation. Terrain has a significant impact on redistribution of heat (solar energy) and moisture (precipitation), formation of hydrothermal conditions, process of soil formation, migration of elements and substances, manifestation of erosion processes, etc. Nature of the terrain influences the placement of agricultural land, the use of certain methods of soil treatment and agricultural engineering. Selection of agrolandscapes is related to the slope of the terrain, the degree of surface dissection, exposure and morphology of the slopes, various meso- and micro-forms of terrain, etc.

7. Study of *hydrographic network peculiarities and the organization of the local river basin* includes the analysis of river valleys structure and morphology, local river network pattern, dried up and temporary streams river beds, ravines and lines of local watersheds and thalwegs. A river basin is the most environmentally sound territory which is incorporated by flows of matter and energy. Chemical elements and their compounds are transferred and accumulated and the main geochemical flows are enclosed within the boundaries of river basins.

8. *Features of landscape organization and geosystems hierarchy*. When identifying agricultural landscapes, the primary consideration is about the peculiarities of landscape territory differentiation, the nature of the landscape outlines and their natural boundaries. In this regard, the basis for identification of agrolandscapes should be a detailed landscape map of the territory. At the same time, when identifying agrolandscapes, it is necessary to take into account the schemes of physical-geographical and landscape zoning of the territory and its taxonomic categories.

9. Study of agricultural landscapes and their identification should be based on the data of *field studies*, which should cover typical farms of specific areas determined according to the landscape heterogeneity and zonal-regional features of the study area. Reference sites and experimental farms shall undergo large-scale key and routing study with the subsequent interpolation of the data obtained in areas with similar landscape-geographical conditions and nature of agrogenesis.

10. Identification of agrolandscapes suggests the *involvement of a vast information database and modern computer programs*. Agrolandscape research is based on a comprehensive review of literary, multi-temporal statistical and cartographic data, satellite images and their interpretation records, use of modern computer products, GIS technologies, materials of field expeditions, and involvement of stock records, including paleogeographic, archaeological and historical sources. Allocation and mapping of agroecosystems are impossible without satellite images and their decryption data. The RSD serve as a reliable source of objective information on the structure and dynamics of agricultural land, crops, and state of the soil cover.

Mapping of agrolandscapes is carried out in several stages and consists of a number of techniques and approaches. The initial stage involves the acquisition of required graphic and cartographic materials (topographic and thematic maps, maps and plans of land use of the study area, space images), the subsequent transformation of the reference materials by scanning into a bitmap format, bringing in the appropriate map projection. If necessary, the connection of maps, large-scale satellite images, made on separate parts of the study area, in a single composition, a cartographic model.

The next step is to convert a bitmap image into a digital vector format, to process a digital image and to create a set of information layers through the use of graphics and mapping program packages.

An important stage of mapping is decoding and interpretation of satellite images using direct and expert method based on available software packages. During the decoding the contours of natural and economic objects and phenomena depicted on them can be distinguished, including the boundaries of agricultural lands and preliminary separation of the agrolandscape contours.

On the basis of topographic maps and decoding materials of space images there can be constructed a digital terrain model with a set of basic morphometric parameters, surface curvature, terrain elements, structural lines and hydrographic network.

Identification of agrolandscapes and bordering their contours can be carried out through combined analysis, overlay of land management and agricultural land schemes, digital terrain model and tracing of hydraulic network within the natural landscapes.

The final stage is the creation of a database that includes quantitative and qualitative parameters of agrolandscapes and main components of landscape environment and agricultural production unit.

Results and discussion

Agrolandscapes of North-Kazakhstan region mainly contain of arable modifications. Grazing and haying agricultural landscapes are significantly inferior to arable agrolandscapes.

Arable agrolandscapes of the region occupy mainly those landscapes of watersheds. Pasture agrolandscapes were spread mostly near settlements. The agricultural landscapes of the Yesil river valley and lake depressions are represented by natural meadows and hayfields. Natural forage lands are characterized by high enough productivity.

Within the Kokshetau uplands the most leveled areas are used under arable land. In the regions with hilly and hummocky terrain there are natural pastures.

Favorable natural conditions contribute to the development of agricultural industry in the region. Most of the region territory consists of flat terrain with weak surface dissection and small slopes. The soils are distinguished by high enough natural fertility, favorable water-physical and agrochemical properties. The limiting factor in agricultural production is highly variable precipitation, both in months, seasons and years.

Within the territory of North Kazakhstan region the following agricultural landscapes can be depicted (Figure 1):

1. North Yesil upland fine-outlined arable landscape with a predominance of cereal crops, vegetable and potatoes in combination with arrays of natural grassland (spring-summer-autumn) on lacustrine-alluvial plains with a grass-forb vegetation on leached chernozem, common chernozem and meadow-chernozem soils.

2. Presnovsky upland ridge-depression-plain arable landscape with a predominance of cereal crops in combination with hay-pasture (spring-summer-autumn) arrays on lacustrine-alluvial plains with rich forb - red feather grass vegetation on ordinary chernozems with fragments of meadow-marshy soils.

3. Yesil-Kamyshlovskiy upland depression-plain arable-haying landscape with a predominance of cereal and leguminous crops and patches of natural grassland on lacustrine-alluvial plains with rich forb - red feather grass and meadow saxifrage - red feather grass vegetation on ordinary, sometimes alkaline chernozems in combination with solonetz and meadow-chernozem soils.

4. Kamyshlovskiy valley-basin pasture (spring-summer-autumn) landscape on ancient river valleys with wheat grass – sedge – reed grass vegetation combined with niterbush - sagebrush and salt grass groups on alkaline meadow soils with meadow solonetz in combination with meadow-marshy soils.

5. Obagan-Yesilskiy upland plain-depression arable landscape with a predominance of cereal and forage crops, and large patches of pasture-haying (spring-summer-autumn) lands in lacustrine-alluvial plains with rich motley-grass – red feather grass vegetation with goldilocks –fescue and sagebrush groups on ordinary, sometimes alkaline chernozems with spots of steppe and meadow-steppe solonets soils.

6. Shagalalytenizskiy upland basin-plain arable landscape with crops of cereals, legumes and oilseeds with small patches of grassland on lacustrine-alluvial plains with rich forb – meadow saxifrage - red feather grass vegetation on ordinary, sometimes alkaline chernozem soils.

7. Ulkenkaroykskiy upland flat-wavy-basin arable landscape with cereal, legume and forage crops and large patches of grassland in lacustrine-alluvial plains with feather grass – forb vegetation with psammophytic elements on ordinary, calcareous and meadow chernozem soils. 7.

8. Kyzyltuskiy upland depression-plain arable-haying landscape with a predominance of cereal crops in lacustrine-alluvial plains with forb - red feather grass vegetation on southern often alkaline chernozem soils and forb sandy needle grass - red feather grass vegetation on southern calcareous chernozems together with steppe and meadow-steppe solonets soils.

9. Karasuskiy upland depression-plain arable landscape with a predominance of cereal, oil-bearing and vegetable crops in lacustrine-alluvial plains with forb - red feather grass, red feather grass – sandy needle grass vegetation on southern, often calcareous chernozems.

10. Kalmakkolsko-Kolutonskiy slope-hilly arable-haying landscape with a predominance of cereal crops, oilseeds and patches of pastures on denudation plains with forb - red feather grass, fescue – sandy needle grass vegetation on southern calcareous chernozem soils.

11 Kokshetauskiy slope-hilly fine-outlined arable landscape with a predominance of cereal crops and leguminous plants, and patches of natural grassland (spring-summer-autumn) on denudation plains with areas of hilly and rocky hills with rich forb - red feather grass vegetation on ordinary, sometimes gravelly underdeveloped chernozems.

12. Koksengirsorskiy hollow-hilly arable-pasture landscape with cereal crops and with a predominance of natural grassland (spring-summer-autumn) in gently inclined embedded plains with hilly and rocky hills alternating with forb - feather grass and forb – oat grass - red feather grass vegetation and goldilocks-fescue-sagebrush associations on southern, sometimes alkaline chernozem soils with steppe solonets and fragments of underdeveloped chernozem soils.

13. Seletytenizskiy basin-plain pasture (spring-summer-autumn) landscape in lacustrine-alluvial plains with feather-fescue and cattail-red feather vegetation with sagebrush-grass and halophytic-forb-grass groups in dark chestnut alkaline, meadow, meadow-steppe alkaline and solonetz soils.

14. Seletinskiy hilly-undulating pasture-haying (spring-summer-autumn) landscape on denudation plains with areas of rocky and hilly uplands with fescue-oat grass-feather grass vegetation on dark chestnut, mainly alkaline soils in combination with solonets soils.

15. Priyesilskiy slope upland-terraced arable landscape with cereals and leguminous crops, potatoes, vegetables, and patches of pasture and hay (spring-summer-autumn) areas on lacustrine-alluvial plains with rich forb-red feather vegetation on ordinary chernozem soils in complex with meadow-chernozem and meadow-marshy soils.

16. Yesil valley floodplain-terrace haying with areas of pastures (spring-summer-autumn) landscape of river valleys with forb-grass polydominant meadows and willow thickets on floodplain meadow, meadow-marshy, meadow-chernozem soils.

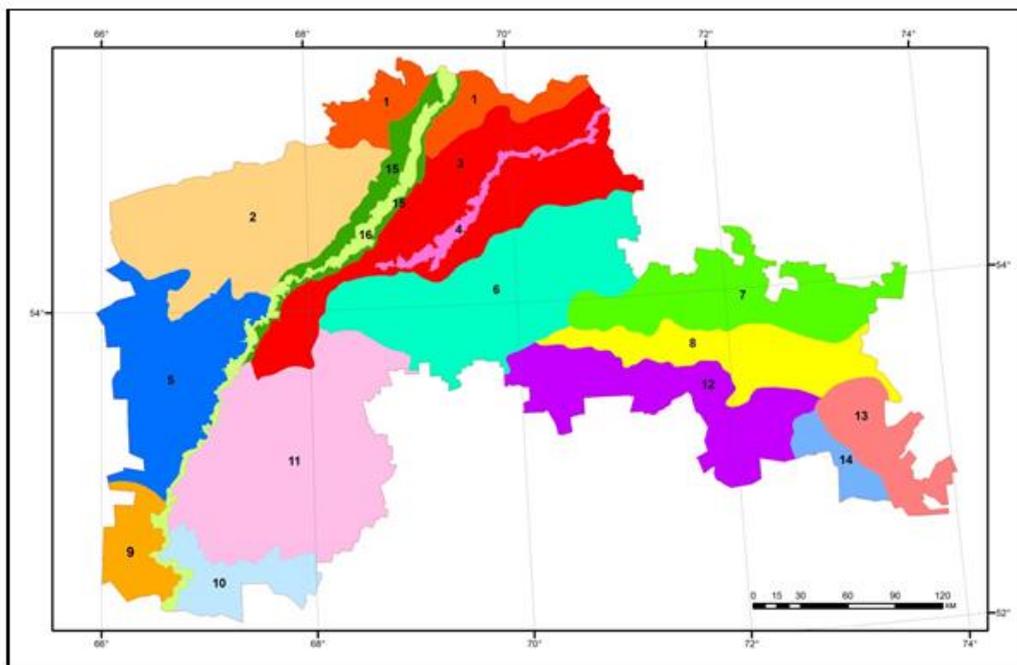


Fig. 1. A Schematic Map of North Kazakhstan Region Agrolandscapes

The territory of Atyrau region is vastly developed by pasture agricultural landscapes. Arable and haying agrolandscapes are significantly inferior to pasture. Arable agrolandscapes are represented mainly by irrigated modifications.

Due to unfavorable natural and climatic conditions, a significant part of the region is unsuitable for agricultural development. Despite the abundance of heat, the development of agriculture is impeded by arid climate and low rainfall. The soils of the region are characterized by a low level of fertility and weak formation, unfavorable physical and chemical properties, a high degree of salinity, widespread of solonets and saline soils.

Natural landscapes are used mainly as pastures. Hayfields are mostly located in the Zhayik river valley. Areas of irrigated lands and grasslands are in close proximity to the regional center. A large area is occupied by landscapes of little or unsuitable for use in agriculture (outputs of the salt domes, oil fields, etc.). In general, the region is characterized by a small proportion of natural landscapes of the best or good quality and low productivity of natural forage lands.

Within Atyrau region the following agricultural landscapes can be highlighted (Figure 2).

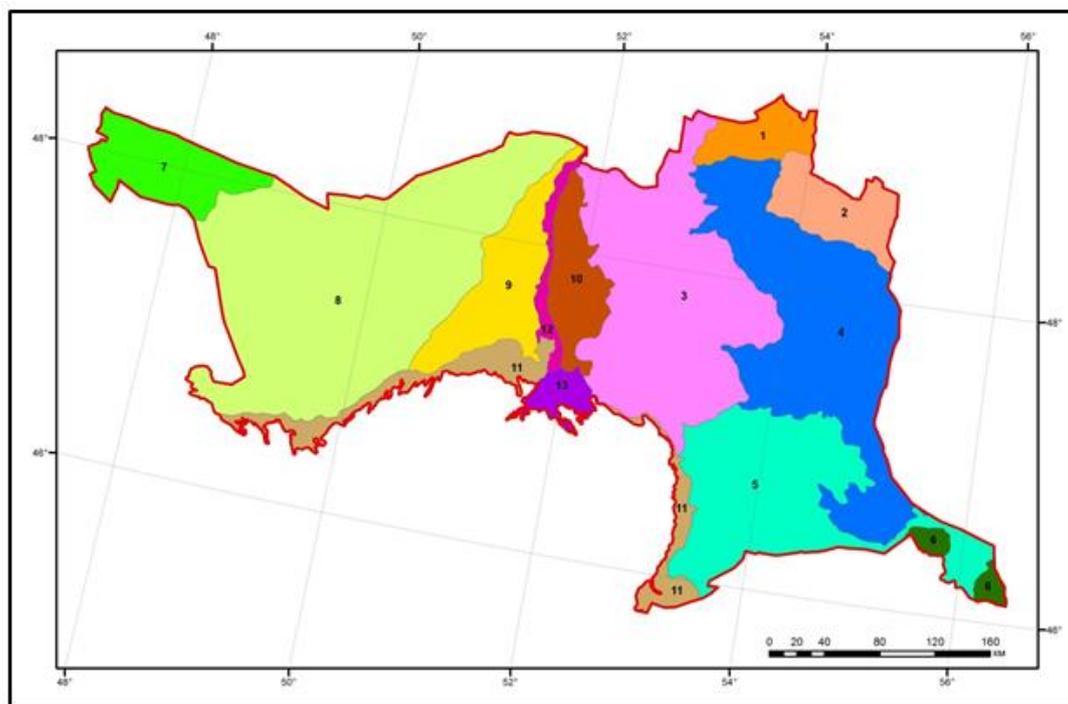


Fig. 2. A Schematic Map of Atyrau Region Agrolandscapes

1. Oyiilskiy sandy-watershed pasture (summer-autumn) landscape with arable plots with potato, vegetable and cereal crops on alluvial plains with forb-bluegrass-sagebrush, wheatgrass-white sagebrush vegetation on light chestnut normal soils with inclusions of meadow soils.

2. Miyalinskiy watershed pasture (spring-summer-autumn) landscape with plots of arable land with crops of potatoes and vegetables on denudation plains with snow grass-artemisia-barnyard grass vegetation on light chestnut alkaline soils in combination with meadow-chestnut soils.

3. Zhayik-Primorskiy watershed pasture (summer-autumn, mostly autumn) landscape on marine plains with biyurgun-tasbiyurgun-black sagebrush vegetation on solonets and alkali soils with brown and gray-brown alkaline soils.

4. Kaynar-Aktalogayskiy watershed pasture (summer-autumn, mostly autumn) landscape on denudation plains with grass-grey sagebrush vegetation with forb-bluegrass-sagebrush associations on brown normal and alkaline soils with sands and solonets soils.

5. Nizhnezhem-Karakumskiy pastures (summer-autumn, mostly autumn) landscape on marine, sometimes eolated plains with bluegrass-wormwood vegetation on sands combined with brown alkaline soils.

6. North Ustirtskiy watershed pasture (year-round, mostly winter) landscape on denudation hummocky plains with perennial salt grass-sagebrush vegetation with spots of tasbiyurgun, grass-sagebrush, black sagebrush-grass-salt grass and fat-hen vegetation on brown alkaline, gravelly underdeveloped and meadow-brown soils.

7. Khakinsky sandy-watershed pasture (spring-summer-autumn) landscape on marine plains with fescue vegetation on light chestnut soils with solonets patches.

8. Narynkumskiy sandy-watershed pasture (spring-summer-autumn) landscape on marine eolated plains with perennial salt grass-sagebrush vegetation on solonets soils combined with brown and gray-brown alkaline soils and sands.

9. Zhayikskiy left-bank valley pasture-haying (summer-autumn) landscape on alluvial plains with biyurgun-sagebrush vegetation on brown saline soils in combination with takyr and solonets spots.

10. Zhaiykowskiy right-bank valley pasture-haying (summer-autumn) landscape on alluvial plains with biyurgun-sagebrush vegetation on brown saline soils in combination with takyr and solonets spots.

11. Prikaspiyskiy seaside pasture-haying (spring-summer-autumn) landscape with patches of arable land with vegetables and melons crops in the primary marine plains with Baer knolls with sea coast vegetation on inundable meadow soils in combination with solonets and salt marshes.

12. Zhaiykowskiy floodplain-valley pasture-haying (summer-autumn) landscape with arrays of arable land for vegetable crops on alluvial plains with shrub-poplar-oleaster, forb-grass, biyurgun and reed vegetation on floodplain meadow and meadow-marshy soils together with meadow-brown alkaline soils.

13. Priatyranskiy pasture-haying (summer-autumn) landscape with arable patches of vegetables and melons, on weakly sloping alluvial-deltaic plains with forb-grass vegetation dominated by perennial salt grass and shrubs on floodplain meadow desertificated alkaline and solonchak-like soils with ordinary solonchaks subject to secondary salinization and meadow solonchaks.

Conclusions

Despite the accumulated data and experience of agricultural landscape research, the principal provisions on identification and mapping of agricultural landscapes are not fully developed and require further theoretical and methodological development.

When identifying agrolandscapes and their mapping the features of geomorphological, basin-hydrographic and landscape territory differentiation should be taken into account. The most important principles of agrolandscape identification are the analysis of agricultural land management and agricultural land allocation system, conducting a retrospective analysis of the main stages of the territory agricultural development and the parameters of agricultural industry structural organization. The mapping of agrolandscapes and the development of agrolandscape maps is based on the combined analysis of results of field route studies, a series of topographic, thematic, landscape maps and satellite images.

The proposed approaches and principles can be used in order to study natural-agricultural complexes of other regions, to make decisions on optimization of agricultural land structure with the aim to improve the efficiency of agricultural production and ensure the sustainable state of agrolandscapes.

The developed electronic maps of agricultural landscapes of the studied regions and the formed data bank of cartographic and attribute information can be used to create a set of derived industry maps and to develop a comprehensive regional GIS.

REFERENCES

- [1] Lopyrev M.I. Basic Principles of Agrolandscape Science: Work book. – Voronezh: Publishing House of Voronezhskiy University, 1995. – 180 p.
- [2] Kiryushin V.I., Ivanov A.L. Agroecological assessment of land, design of adaptive landscape systems of agriculture and agricultural technologies. Methodological guidance. – M.: FNSI Rosinformagrotech, 2005. – 784 p.
- [3] Nikolayev V.A. Agrolandscape Concept // Vestnik MGU. Series 5. Geography. – 1987. – No. 2. – P. 22-27.
- [4] Nikolayev V.A. Agrolandscape studies in North Kazakhstan // Abstracts of II Conference of Geographical Society of Kazakhskaya SSR. – Alma-Ata: PH. “Nauka” KazSSR, 1985. – P. 5-6.
- [5] Agrolandscape studies: methodology, approaches, regional issues: Col. Works. / Under the editorship of V.A. Nikolayev. – M.: MSU PH, 1992. – 120 p.
- [6] Dyakonov K.N. Anthropogenic landscapes and geotechnical decisions // 2-nd Regional Conference Proceedings. “Anthropogenic landscapes of Chernozem Regions and adjacent territories”. – Voronezh: Publishing House of VSU, 1975. – P. 9-11.
- [7] Isachenko A.G. Methods of applied landscape research. – L.: Nauka, 1980. – 222 p.
- [8] Chupakhin V.M. Landscape typology and zoning - the basis of agricultural territory organization // Abstracts of II Conference of Geographical Society of Kazakhskaya SSR. – Alma-Ata: PH. “Nauka” KazSSR, 1985. – P. 3-4.
- [9] Milkov F.N. Agricultural landscapes, their characteristics and classification // Geography Issues. – M.: Mysl. – 1984. – №124. – P. 24-34.
- [10] Kurakov L.I. Modern landscapes and business activities. – M.: Prosvetscheniye, 1983. – 159 p.
- [11] Zvorykin K.M. Agrogeographical study of land resources // Geography Issues. Natural complexes and agriculture. – M.: Mysl. – 1984. – №124. – P. 11-24.
- [12] Bulatov V.I. Natural organization of environment and agricultural production // Geography Issues. Natural complexes and agriculture. – M.: Mysl. – 1984. – №124. – P. 34-42.
- [13] Bulatov V.I. Ways and approaches of agrolandscape researches // General and regional problems of landscape geography of the USSR. – Voronezh: VSU, 1988. – P. 54-63.
- [14] Yatsukhno V.M., Mander Y.E. Formation of agrolandscapes and protection of natural environment. – Minsk, 1995. – 122 p.

- [15] Altieri M.A. Agroecology A new research development paradigm for world agriculture // *Ecosystems Environm.* – 1989. – Vol. 27. – №1/4. – P. 37-46.
- [16] Wesel A., Bellon S., Dort T., Francis C., Vallon D., David C. Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agron Sust Dev.* – 2009. – 29. – P. 503-515.
- [17] Stinner B.R., Lorenzoni G.G. and Maurizio G. Paoletti. Agricultural ecology and the environment // *Agriculture, Ecosystems and Environment.* – 1989. – 27. – P. 1-2.
- [18] Dore T., Makowski E., Munier-Jolain, Tchamitchian M., Tiftonell P. Facing up to the paradigm of ecological intensifications in agronomy: revisiting methods, concepts and knowledge. *Eur J. Agron.* doi: 10.1016/j.eja.2011.02.006.
- [19] Chelaru D., Ursu A., Mihai F.C. The analysis of agricultural landscape change using GIS techniques. Case study: Podoleni, Romania / *Lucrări tiin ifice. Seria Agronomie.* – 2011. – Vol. 54. – №1. – P 73-76.
- [20] Maudgal S. Basin Approach to Environmental Management and Sustainable Development // *Environmental Management in Hydro Electric Projects Proceedings of the National Seminar held at India International Centre.* – New Delh. – 2000. – P. 28-35.
- [21] Berlyant A.M. GIS mapping / A.M. Berlyant. – M.: MSU, 1997. – 64 p.
- [22] Kryuchkov V.G., Tikunov V.S. Typology of agricultural land use in Moscow region based on application of automatic classification algorithm // *Vestnik MGU. Ser. 5: Geography.* – 1987. – №5. – P. 19-22.
- [23] Kotsur Y.V., Veselova M.N. Application of ГИС MapInfo Professional when creating an agrolandscape map (using the example of Pavlogradskiy District of Omskiy Region) // *Vestnik OmGAU. Series of Science and Land.* – 2016. – №2 (22). – P. 121-127.
- [24] Perfilyev S.Y. Technologies of geosystem and ecological mapping of agrolandscapes of Central Siberia (Krasnoyarskiy Krai) // *Geography and Natural Resources.* – 2008. – №3. – P. 127-133.
- [25] National Collection of Maps of the Republic of Kazakhstan. Vol. 1. – Almaty: Institute of Geography, 2006. – 125 p.
- [26] National Collection of Maps of the Republic of Kazakhstan. Vol. 2. – Almaty: Institute of Geography, 2006. – 128 p.
- [27] Collection of Maps of North Kazakhstan. – M.: GUGK, 1970. – 208 p.
- [28] Collection of Maps of Atyrau Region. – Almaty: Institute of Geography, 2015. – 161 p.
- [29] Collection of Maps of the KazSSR. Natural conditions and resources. Vol. 1. – M.: GUGK, 1982. – 82 p.
- [30] Collection of Maps of Agriculture of the USSR. Exec. ed. A.I. Tulupnikov. – M.: GUGK, 1960. – 309 p.
- [31] Geldiyeva G.V., Veselova L.K. Landscapes of Kazakhstan. – Alma-Ata: Gylym, 1992. – 176 p.
- [32] Nikolayev V.A. Landscapes of Asian Steppe. – M.: Publishing House of MSU, 1999. – 288 p.
- [33] Geography of North-Kazakhstan Region. Work book. – Petropavlovsk, NKSU, 2006. – 159 p.
- [34] Faizov K.S. Soils of the desert zone of Kazakhstan. – Alma-Ata, 1983. – 239 p.
- [35] Diarov M.D., Gilazhev Y.G., Dimeyev L.A., Bolshov A.A., Zhmykhov A.A., Yergaliyev T.Z., Diarova M.A. Ecology and Oil and Gas Industry. Monograph in 5 volumes. Vol. 2. Soil and vegetation cover. – Almaty: Gylym, 2003. – 444 p.
- [36] Toleubayeva L.S. Water supply of the Republic of Kazakhstan: state and prospects / *Water Resources of Kazakhstan: Evaluation, Estimates, Management (30-volume monograph).* – Almaty, 2012. – 238 p.
- [37] Agroecological substantiation of agricultural production on reclaimed long-used, disturbed and contaminated lands: monograph. – Ryazan: FGBOU VPO RGATU, 2014. – P. 5-113.

Джаналеева К.М., Мажитова Г.З., Кабиев Е.С.

Қазақстан Республикасының агроландшафттарын анықтау және картографиялаудың әдістемелік тәсілдері мен принциптері

Резюме. Мақалада агрогендік ландшафттарды анықтау және картографиялаудың әдістемелік тәсілдері мен принциптері қарастырылған. Солтүстік Қазақстан және Атырау облыстарына бейімделген және жақсы жетілген агроландшафттарды анықтау, шекараларын белгілеу және картографиялау бойынша зерттеулер мен жарияланымдар қарастырылды және талданды.

Түйін сөздер: ландшафт, агроландшафт, картографиялау, принцип, тәсіл, ауылшаруашылық табиғатты пайдалану.

Джаналеева К.М., Мажитова Г.З., Кабиев Е.С.

Методологические подходы и принципы выявления и картографирования агроландшафтов Республики Казахстан

Резюме: В статье рассматриваются методологические принципы и подходы выявления и картографирования агрогенных ландшафтов. Изучены и проанализированы результаты исследований и публикации по вопросам выявления агроландшафтов, проведения их границ и картографирования, которые усовершенствованы и адаптированы на применительно к Северо-Казахстанской и Атырауской областям.

Ключевые слова: ландшафт, агроландшафт, картографирование, принцип, подход, сельскохозяйственное природопользование.

Zh. Ozgeldinova¹, Y. Ussalinov¹, Zh. Mukayev²
(Eurasian National University named after LN Gumilev, Astana, Kazakhstan¹
Shakarim State University, Semey, Kazakhstan², ozgeldinova@mail.ru)

LANDSCAPE DIVERSITY EVALUATION OF THE TERRITORY OF PAVLODAR REGION

Abstract. Main results of landscape diversity evaluation of the territory of Pavlodar Region performed using GIS. Landscape diversity evaluation performed using series of landscape diversity indices: uniqueness, relative wealth, landscape mosaic, landscape complexity, landscape fragmentation and the entropy measure of the complexity of landscape drawing (The Shannon index). The factors that determine the landscape diversity of the study region are considered. The results of cartographic analysis of the landscape diversity of the region are presented. A map of the landscape diversity of the Pavlodar region calculated using the Shannon diversity index was compiled.

Key words: landscape, landscape map, landscape diversity, indicators of landscape diversity, nature use structure.

Ж.О. Озгелдинова¹, Е.Б. Усалинов¹, Ж.Т.Мукаев²
(Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева¹, Астана, Республика Казахстан
Государственный университет им. Шакарима², Семей, Республика Казахстан
ozgeldinova@mail.ru)

ОЦЕНКА ЛАНДШАФТНОГО РАЗНООБРАЗИЯ ТЕРРИТОРИИ ПАВЛОДАРСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. Приведены основные результаты оценки ландшафтного разнообразия территории Павлодарской области, выполненной с использованием ГИС. Оценка ландшафтного разнообразия региона исследования проведена с помощью серии индексов: уникальности, относительного богатства, ландшафтной мозаичности, ландшафтной дробности, ландшафтной сложности, ландшафтной раздробленности и энтропийная мера сложности ландшафтного рисунка (коэффициент Шеннона). Рассматриваются факторы, обуславливающие ландшафтное разнообразие региона исследования. Приводятся результаты картографирования и картографического анализа ландшафтного разнообразия региона. Составлена карта ландшафтного разнообразия Павлодарской области по индексу разнообразия Шеннона.

Ключевые слова: ландшафт, ландшафтная карта, ландшафтное разнообразие, показатели ландшафтного разнообразия, структура природопользования.

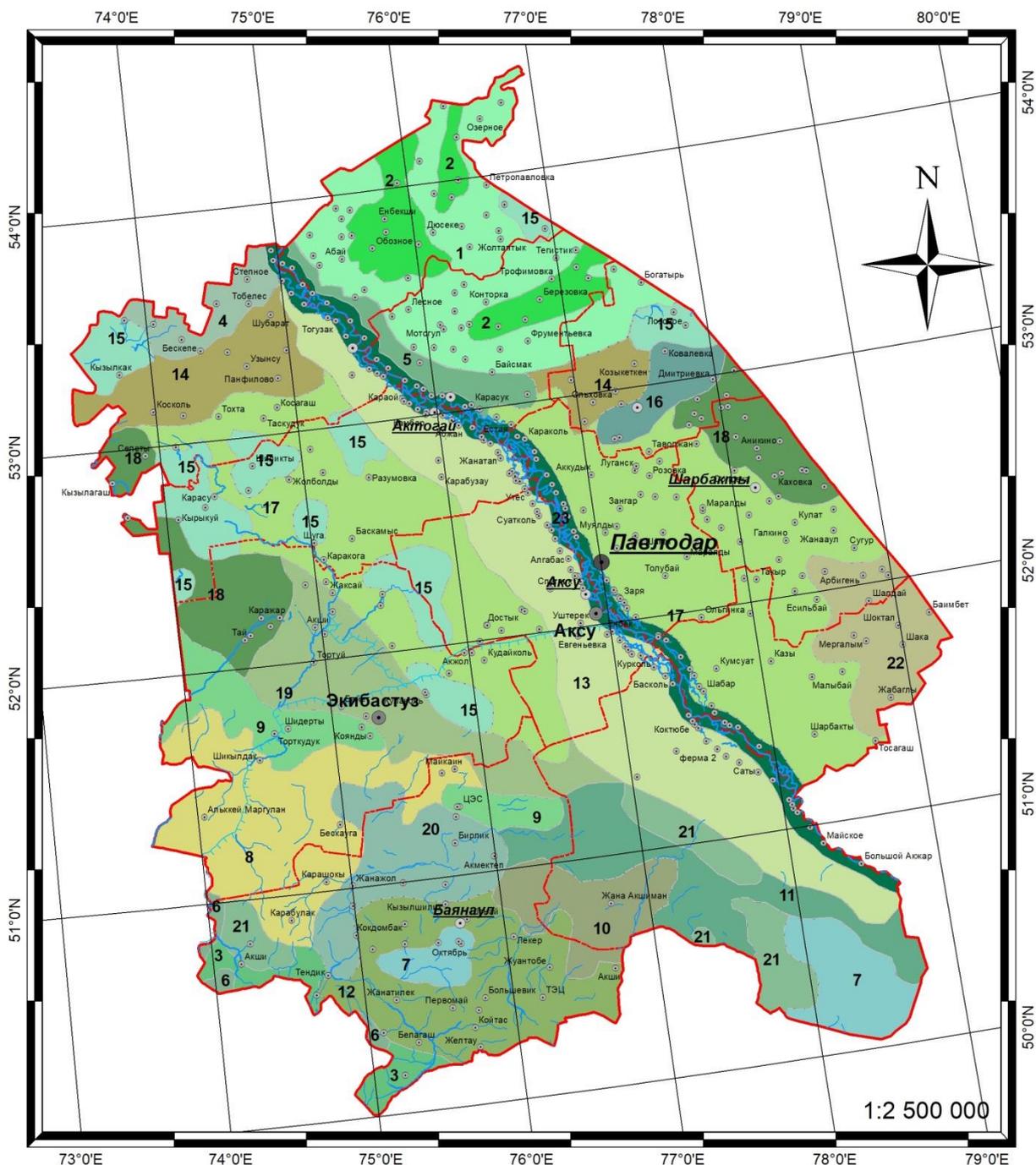
Введение

В конце XX в. появились новые теоретические проблемы, связанные с ускорением процессов деградации природных комплексов и экосистем, загрязнением окружающей среды, стабильным снижением ландшафтного и биологического разнообразия, а также повсеместным ухудшением экологической ситуации. В ландшафтоведении наступил новый этап развития - экологический. Проблемы учёта, оценки и сохранения ландшафтного разнообразия, как необходимого условия жизнедеятельности человека и других живых организмов биосферы, обрели первостепенную важность. Пришло понимание, что именно ландшафтное разнообразие является основой сохранения биологического разнообразия и условием устойчивого развития территории [1-9].

Наиболее известными и основополагающими работами в области ландшафтного разнообразия являются труды Гродзинского М.Д [10], Пузаченко Ю.Г., Дьяконова К.Н. [11], Соколова А. С. [12], Ганзея К.С. [13] и др.

В настоящее время для решения вопросов структуризации природопользования необходимо знание ландшафтного разнообразия территории. Разработанная оптимальная структура природопользования с учетом ландшафтного разнообразия дает возможность пространственно увязать и регулировать хозяйственную деятельность, регулировать место размещения объектов хозяйственной деятельности, определять специфику природопользования. При этом считается, что оптимальная структура природопользования не приводит к негативным последствиям, не снижает средо- и ресурсоформирующие свойства геосистем, и, наоборот, несовершенная структура природопользования, сформированная без учета ландшафтного разнообразия территории, ведет к нарушению и деградации.

Методы. В нашей работе для оценки ландшафтного разнообразия территории Павлодарской области операционной единицей исследования выступает ландшафт. За основу взята ранее выполненная нами среднемасштабная (1:500 000) ландшафтная карта Павлодарской области (рисунок 1), где выделено 22 индивидуальных ландшафтов, которые в результате их типологической группировки, а затем структурно-генетической классификации, упорядочены в иерархическую систематику: класс (равнинные ландшафты), типы (лесостепных и степных ландшафтов), подтипы (северостепных и южностепных ландшафтов).



Условные обозначения
Ландшафты: РАВИННЫЕ
ЛЕСОСТЕПНЫЕ ЛАНДШАФТЫ

- 1 - Озерно-аллювиальная равнина с березовыми и осиновыми лесами в сочетании с разнотравно-злаковой луговой растительностью на серых лесных почвах, черноземах обыкновенных, лугово-черноземных почвах и сосновом лесом на песках
- 2 - Аллювиальная равнина с разнотравно-краснощелевой растительностью, с березовыми колками на черноземных южных нормальных почвах с участием лугово-черноземных солонцеватых почв

СТЕПНЫЕ
Северостепные

- 3 - Мелкосопочник с кустарниково-типчаково-краснощелевой растительностью на черноземных южных карбонатных и темно-каштановых солонцеватых почвах
- 4 - Озерно-аллювиальная равнина с разнотравно-краснощелевой растительностью на черноземных обыкновенных солонцеватых почвах с солонцами
- 5 - Аллювиальная равнина с разнотравно-злаковой растительностью на лугово-черноземных почвах
- 6 - Дельтавиально-пролювиальная равнина с кустарниково-овсево-краснощелевой растительностью на черноземных карбонатных

Южностепные

- 7 - Мелкосопочник с кустарниково-полынно-тырсовой растительностью на каштановых карбонатных и малоразвитых почвах
- 8 - Мелкосопочник с кустарниково-овсево-тырсовой растительностью на каштановых нормальных почвах
- 9 - Денудационная равнина с кустарниково-овсево-тырсовой растительностью на темно-каштановых почвах с солонцами
- 10 - Денудационная равнина с полынно-тырсовой, белополынно-типчаково-житняком... растительностью на каштановых нормальных и малоразвитых почвах
- 11 - Денудационная равнина с кустарниково-полынно-тырсовой растительностью на каштановых почвах
- 12 - Денудационная равнина с кустарниково-хлоридно-соляно-злаковой растительностью на темно-каштановых малоразвитых почвах
- 13 - Озерно-аллювиальная равнина с разнотравно-полынно-тырсовой растительностью и лугами на темно-каштановых почвах с солонцами
- 14 - Озерно-аллювиальная равнина с разнотравно-типчаково-овсево... растительностью на темно-каштановых нормальных почвах с участием лугово-каштановых с солонцами почв

ДОЛИННЫЕ

- 15 - Озерно-аллювиальная равнина с чиевыми, волосоцековыми, акризовыми лугами, полыньями и типчаково-полынными группировками на солонцах луговых и солончаках с участием темно-каштановых почв
- 16 - Озерно-аллювиальная равнина с разнотравно-новолыново-краснощелевой растительностью на темно-каштановых солонцеватых с солонцами почвах
- 17 - Озерно-аллювиальная равнина с разнотравно-перисто-новолыновой растительностью на темно-каштановых почвах
- 18 - Озерно-аллювиальная равнина с полынно-новолыново-тырсовой растительностью на темно-каштановых почвах
- 19 - Аллювиально-пролювиальная равнина с полынно-кочкарно-тырсовой растительностью и лугами на темно-каштановых почвах
- 20 - Дельтавиально-пролювиальная равнина с кустарниково-овсево-тырсовой растительностью на темно-каштановых почвах с солонцами
- 21 - Дельтавиально-пролювиальная равнина с разнотравно-полынно-тырсовой растительностью на каштановых нормальных почвах
- 22 - Дельтавиально-пролювиальная равнина с белополынно-типчаково-житняком... растительностью на темно-каштановых карбонатных почвах и участием лугово-каштановых с солонцами почв

23 - Пойма реки

Рис. 1. Ландшафтная карта Павлодарской области

Выбранные индексы из большого выбора показателей ландшафтного разнообразия представлены в таблице 1. Все выбранные индексы представляют собой метрические характеристики ландшафта.

Таблица 1. Показатели оценки ландшафтного разнообразия (составлено по данным [10-15])

Показатель	Формула	Обозначение
Энтропийная мера сложности ландшафтного рисунка (коэффициент Шеннона)	$H = -\frac{S_i}{S} \ln \frac{S_i}{S}$	N - количество родов ландшафтов в пределах административного района;
Индекс уникальности	$I_o = \frac{\sum S_i}{S_i}$	N0 - количество родов ландшафтов в области;
Индекс относительного богатства	$I_r = \frac{N}{N_0}$	n - количество ландшафтных выделов в пределах административного района;
Индекс ландшафтной мозаичности	$I_p = 1 - \frac{N}{n}$	S - площадь административного района (общая площадь ландшафтных выделов);
Индекс ландшафтной дробности	$I_d = 100 \cdot \frac{n}{S}$	S0 - средняя площадь ландшафтных выделов;
Индекс ландшафтной сложности	$I_c = 10 \cdot \frac{n}{S_0}$	si - суммарная площадь выделов i-го рода ландшафта в районе;
Индекс ландшафтной раздробленности	$I_{fr} = 1 - \frac{S_0}{S}$	Si - суммарная площадь выделов i-го рода ландшафта в области.

Результаты

В результате проведенной работы было создано картографическое отображение оценки ландшафтного разнообразия региона исследования (рисунок 2) и получены следующие результаты.

Коэффициент Шеннона, перешедший в ландшафтоведение из биологии, измеряет разнообразие, основанное на двух компонентах: встречаемость и равномерность, т. е. число типов выделов в ландшафте (композиционный компонент), и их равномерное распределение среди исследуемой области (структурный компонент). Если данный показатель равен нулю, то вся территория содержит только одну разновидность ПТК (один контур). Возрастание значения индекса связано с пропорциональным увеличением числа контуров или их распределения.

Индекс уникальности показывает степень представленности различных родов ландшафтов на территории административного района. Его величина тем больше, чем выше доля площади каждого рода ландшафтов в пределах района от площади этих же родов в целом по области. Индекс относительного богатства показывает долю числа родов ландшафтов в пределах административного района от числа родов ландшафтов на территории области. Индекс ландшафтной мозаичности отражает среднее количество выделов на один род, полученное число отнимается от единицы, чтобы увеличение разнообразия сопровождалось, как и для других индексов, увеличением значения показателя. Индекс ландшафтной дробности показывает среднее количество выделов на 100 км² территории района, индекс ландшафтной сложности - среднее количество выделов на 10 км² территории одного рода ландшафтов. Индекс ландшафтной раздробленности отражает долю средней площади контура от площади всей территории, данный показатель не зависит от площади территории, а исключительно от количества контуров по формуле $y=1-1/x$, где x - количество контуров.

Для показа результатов расчётов по каждому частному показателю разнообразия были созданы карты, с шестью выделенными диапазонами значений. Изучая карту административных районов Павлодарской области дифференцированных по значению индекса Шеннона (Таблица 2), можно заметить, что наибольшие значения сосредоточены на юго-западе области (Экибастузский, Майский и Баянаульский - районы с индексом выше 1.75). Это связано, прежде всего, с нахождением этих районов частично на территории Казахского мелкосопочника и соответственным усложнением ландшафтного рисунка. Кроме того, заметна значительная разница в значениях индекса между районами Левобережья и Правобережья. Районы восточнее реки Иртыш в целом имеют значительно более низкие значения (индексы 4-х из 6-ти административных районов - менее 1.00), это объясняется относительно малым количеством ландшафтных выделов и их крупными размерами. К районам с наиболее высокими значениями относятся Баянаульский (2.01), Майский (1.79), Иртышский (1.78), Экибастузский (1.75) и Успенский (1.74). Районы с самым низким значением - Павлодарский (0.45), Лебяжинский (0.88), Железинский и Щербактинский (0.93).

Таблица 2. Энтропийная мера сложности ландшафтного рисунка (индекс Шеннона)

Район	Энтропийная мера сложности ландшафтного рисунка (индекс Шеннона)
Иртышский район	1.78
Железинский район	0.93
Качирский район	1.35
Актогайский район	1.34
Успенский район	1.74
Павлодарский район	0.45
Щербактинский район	0.93
Аксуский район	1.06
Экибастузский район	1.75
Лебяжинский район	0.88
Майский район	1.79
Баянаульский район	2.01

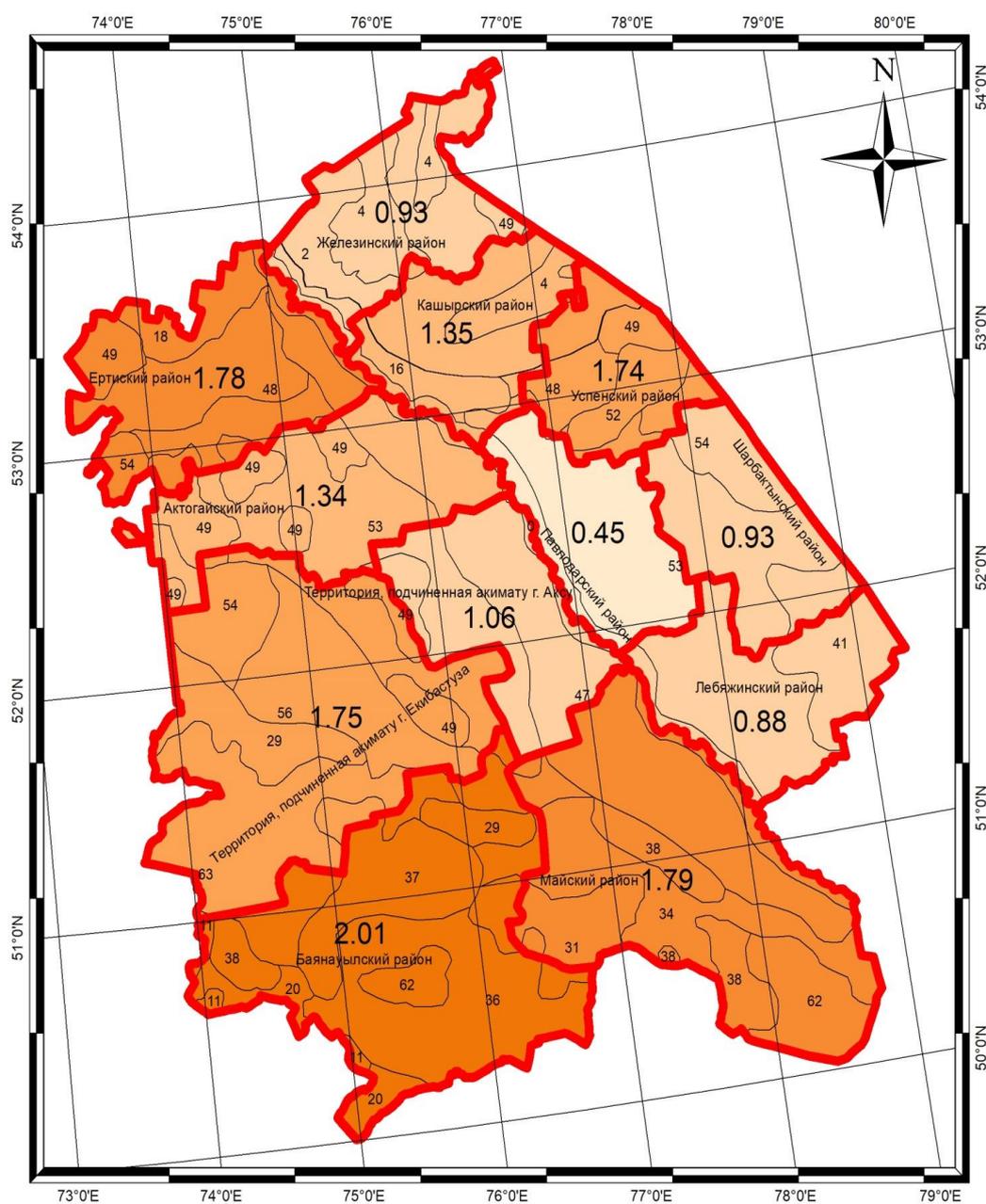


Рис. 2. Карта ландшафтного разнообразия (индекс Шеннона) по районам Павлодарской области

По показателю уникальности распределение районов примерно соответствует распределению по индексу Шеннона. Районы с самыми высокими значениями индекса уникальности - Экибастузский (0.39), Майский (0.42), Баянаульский (0.44). Все они расположены на юго-западе Павлодарской области. В центральной части области выделяются два района с самыми низкими показателями уникальности - Павлодарский (0.10) и Аксуский (0.11) районы. Так же, как и в случае с индексом Шеннона, на карте выделяются более низкие значения в районах правобережья реки Иртыш (0.1 - 0.29).

По показателю относительного богатства (Таблица 3) выделяются юго-западные районы Павлодарской области. Баянаульский район имеет самое высокое значение (0.54), далее следуют Майский (0.41) и Экибастузский (0.36) районы. Районы с наиболее низкими значениями расположены в восточной и юго-восточной части области. Самый наименьший индекс относительного богатства имеет Щербактинский район (0.13).

Таблица 3. **Индекс относительного богатства**

Район	Кол-во видов ландшафтов в районе	Общее кол-во ландшафтов в области	Индекс относительного богатства
Иртышский район	7	22	0.31
Железинский район	5	22	0.22
Качирский район	7	22	0.31
Актогайский район	5	22	0.22
Успенский район	7	22	0.31
Павлодарский район	4	22	0.18
Щербактинский район	3	22	0.13
Аксуский район	5	22	0.22
Экибастузский район	8	22	0.36
Лебяжинский район	4	22	0.18
Майский район	9	22	0.41
Баянаульский район	12	22	0.54

Индекс ландшафтной сложности (Таблица 4) на территории Павлодарской области колеблется от 0.01 до 0.15. Наиболее сложными являются Качирский (0.15) и Баянаульский (0.12) районы. Индексы всех остальных районов не больше 0.1. Северные районы области имеют относительно высокие значения - уже упомянутый Качирский район, а также Иртышский, Актогайский (оба 0.1), Успенский (0.09) и Железинский (0.08) районы. Наиболее низкими показателями обладают районы Щербактинский (0.01), Павлодарский, Лебяжинский (оба 0.02) и Аксуский (0.03).

Таблица 4. **Индекс ландшафтной сложности**

Район	Кол-во ландшафтных выделов в районе	Средняя площадь ландшафтов (км ²)	Индекс ландшафтной сложности
1	2	3	4
Иртышский район	10	1021.13	0.10
Железинский район	8	955.64	0.08
Качирский район	10	680.32	0.15
Актогайский район	10	975.09	0.10
Успенский район	7	778.34	0.09
Павлодарский район	4	1602.41	0.02
Щербактинский район	3	2301.84	0.01
Аксуский район	5	1531.12	0.03
Экибастузский район	11	1760.04	0.06
Лебяжинский район	4	2002.66	0.02
Майский район	11	1639.75	0.07
Баянаульский район	15	1238.21	0.12

Ландшафтная мозаичность (Таблица 5) определяется разобщенностью выделов одного вида ландшафта на территории района, то есть чем больше выделов соответствуют одному виду ландшафта, тем выше будет индекс. По этому показателю наибольшие цифры у Актогайского района (индекс 0.5, 10 выделов при 5 видах ландшафта). При этом почти у половины районов Павлодарской области

показатель индекса равен нулю (Успенский, Павлодарский, Щербактинский, Аксуский и Лебяжинский районы), это означает, что каждый вид ландшафта имеет по одному выделу в данных районах.

Таблица 5. **Индекс ландшафтной мозаичности**

Район	Кол-во видов ландшафтов в районе	Кол-во ландшафтных выделов	Индекс ландшафтной мозаичности
Иртышский район	7	10	0.30
Железинский район	5	8	0.38
Качирский район	7	10	0.30
Актогайский район	5	10	0.50
Успенский район	7	7	0.00
Павлодарский район	4	4	0.00
Щербактинский район	3	3	0.00
Аксуский район	5	5	0.00
Экибастузский район	8	11	0.27
Лебяжинский район	4	4	0.00
Майский район	9	11	0.18
Баянаульский район	12	15	0.20

Данные по индексам ландшафтной дробности (таблица 6) и раздробленности (таблица 7) для всех районов достаточно однородные. Амплитуда от самого низкого до самого высокого показателя составляет 0.09 (от 0.04 в Щербактинском и Экибастузском районах, до 0.13 в Успенском)

Таблица 6. **Индекс ландшафтной дробности**

Район	Кол-во ландшафтных выделов в районе	Площадь района (км ²)	Индекс ландшафтной дробности
Иртышский район	10	10211.38	0.07
Железинский район	8	7645.15	0.07
Качирский район	10	6803.27	0.10
Актогайский район	10	9750.99	0.05
Успенский район	7	5448.39	0.13
Павлодарский район	4	6409.66	0.06
Щербактинский район	3	6905.54	0.04
Аксуский район	5	7655.64	0.07
Экибастузский район	11	19360.49	0.04
Лебяжинский район	4	8011.06	0.05
Майский район	11	18037.31	0.05
Баянаульский район	15	18573.18	0.06

Таблица 7. **Индекс ландшафтной раздробленности**

Район	Средняя площадь ландшафтов (км ²)	Площадь района (км ²)	Индекс ландшафтной раздробленности
Иртышский район	1021.13	10211.38	0.07
Железинский район	955.64	7645.15	0.07
Качирский район	680.32	6803.27	0.10
Актогайский район	975.09	9750.99	0.05
Успенский район	778.34	5448.39	0.13
Павлодарский район	1602.41	6409.66	0.06
Щербактинский район	2301.84	6905.54	0.04
Аксуский район	1531.12	7655.64	0.07
Экибастузский район	1760.04	19360.49	0.04
Лебяжинский район	2002.66	8011.06	0.05
Майский район	1639.75	18037.31	0.05
Баянаульский район	1238.21	18573.18	0.06

Обсуждение

Таким образом, исследуя проблемы разнообразия природных ландшафтов, мы провели оценку ландшафтного разнообразия Павлодарской области с использованием 7 различных индексов, предложенных разными авторами. Эксперимент показал, что, используя различную методику, мы в ряде случаев получаем сходные результаты. Установлено, что высокие показатели индексов разнообразия характерны для Баянаульского, Экибастузского и Майского районов, что связано с их расположением на границах физико-географических районов. Наименее разнообразными являются внутренние районы Павлодарской области – Павлодарский и Аксуский районы. Не соответствуют общей закономерности показатели ландшафтной мозаичности и дробности/раздробленности, где наибольшими значениями выделяются северо-западные и северо-восточные районы.

Проведенная оценка ландшафтного разнообразия позволила выявить районы с различными потенциалами разнообразия. Полученные результаты позволяют выявить пространства монофункционального и разнообразного использования, в том числе найти конкретные места для организации охраняемых и рекреационных зон.

Результаты оценки ландшафтного разнообразия приобретает ведущее значение в обосновании хозяйственной деятельности и является необходимой составляющей проектирования современного природопользования.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Кочуров Б. И. Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории. Смоленск, 1999. 154с.
- [2] Марцинкевич Г. И. Разнообразие национального ландшафта Беларуси //Теоретические и прикладные проблемы геоэкологии. Мн., 2001. С. 9-11.
- [3] Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерения. М.: Мир,1992.195 с.
- [4] Николаев В. А., Ивашутина Л. И. Контрастность ландшафтной структуры и некоторые аспекты ее изучения // Вестник Московского университета. Сер. География. 1971, № 5. С. 70-77.
- [5] Крауклис А.А. Проблемы экспериментального ландшафтоведения. – Новосибирск: Наука, 1979. – 233 с.
- [6] Bonfanti P., Fregonese A., Sigura M. Landscape analysis in areas affected by land consolidation// Landscape and Urban Planning. 1997. Vol. 37. PP 91-98. 17. Jackson J., Landscape as Theatre // Landscape. 1979. Pt.1. PP 3-7.
- [7] Turner M.G., Gardner R.H., O'Neill R.V. Landscape Ecology in Theory and Practice: Pattern and Process. – Springer, 2001. – 393 p.
- [8] Chorley R.L., Kennedy B.A. Physical geography, a system approach. – London: Prentice-Hall International Inc., 1971. – 127 p.
- [9] Позаченюк Е. А. Ландшафтное разнообразие Крыма // Ученые записки Крымского федерального университета. География. Геология. 2015. Т. 1 (67). № 4. С. 37–50.
- [10] Гродзинский М.Д. Вимірки та показники ландшафтного різноманіття // Journal of Education, Health and Sport. 2015. № 5. С. 283–291.
- [11] Пузаченко Ю. Г., Дьяконов К. Н., Алещенко Г. М. Разнообразие ландшафта и методы его измерения // География и мониторинг биоразнообразия. М.: Изд-во НУМЦ, 2002. С. 76–170.
- [12] Соколов А. С. Ландшафтное разнообразие: теоретические основы, подходы и методы изучения // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2014. Т. 10. Вып. 1. С. 208–213.
- [13] Ганзей К. С., Иванов А. Н. Ландшафтное разнообразие Курильских островов // География и природные ресурсы. 2012. № 2. С. 87–94.
- [14] Николаев В. А., Ивашутина Л. И. Контрастность ландшафтной структуры и некоторые аспекты ее изучения // Вестник Московского университета. Сер. География. 1971, № 5. С. 70-77.
- [15] Jaeger J.A.G. Landscape division, splitting index and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation. Landscape Ecology, 2000. Vol 15 PP. 115-130.

Өзгелдинова Ж.О., Усалинов Е.Б., Мұқаев Ж.Т.

Павлодар облысы аумағының ландшафтық алуантүрлілігін бағалау

Түйіндемe. ГАЖ көмегімен Павлодар облысы аумағының ландшафтық алуантүрлілігін бағалаудың негізгі нәтижелері келтірілген. Зерттеу аумағының ландшафтық алуантүрлілігін бағалау бірқатар индекстер көмегімен жасалды: бірегейлік, салыстырмалы байлық, ландшафт теңбілдігі, ландшафтық бөлшектік, ландшафтық күрделілік, ландшафтық бытыраңқылық және ландшафтық суреттің энтропиялық күрделілік өлшемі (Шеннон коэффициенті). Зерттеу аумағының ландшафтық алуантүрлілігін анықтаушы факторлар қарастырылады. Аймақтың ландшафтық алуантүрлілігін картографиялау және картографиялық талдау нәтижелері келтірілген. Шеннон алуантүрлілігі индексы бойынша Павлодар облысының ландшафтық алуантүрлік картасы құрастырылған.

Кілт сөздер: ландшафт, ландшафтық карта, ландшафтық алуантүрлілік, ландшафтық алуантүрлілік көрсеткіштері, табиғат пайдалану құрылымы.

УДК 622 (076)

D.Zh. Abdeli¹, A.S. Yskak¹, W.Bae², A. Novriansyah²

¹Satbayev University, Almaty, Kazakhstan,

²Sejong University, Seoul, South Korea,

e-mail: ardak_y78@mail.ru)

MODELING OF WATER SHUT-OFF TECHNOLOGY IN THE BOTTOM HOLE OF OIL WELLS USING LIQUID GLASS

Abstract. The article considers the possibilities of increasing the efficiency of water shut-off technology in the bottom-hole of oil wells. Modeling and comparison of two variants of water shut-off technology in bottomhole of oil wells by application of gel-forming oil-well cementing materials on the basis of liquid glass: with preliminary injection and without injection of nitrogen into an aquifer are carried out.

The results of modeling the cone formation of the bottom water in the bottomhole formation zone using the STARS™ software module showed that the use of oil-based plugging materials for water shut-off significantly reduces the inflow of reservoir water to the bottom of the production wells. At the same time, the best parameters showed the process of water shut-off technology without first injecting nitrogen into the aquifer.

Key words: deposit, bottom water, water coning, water-oil contact, pressure gradient, sodium silicate (liquid glass).

In conditions of increasing costs for oil production from depleted deposits, it is important to improve the efficiency of water shut-off technologies for the face of production wells. In the world about 33 million m³ of water is produced every day, along with every 12 million m³ of oil. Oil companies extract three tons of water for each ton of oil extracted from depleting layers. More than \$ 40 billion is spent annually on preparation and utilization of produced water [1].

The complexity of the extraction process depends on the conditions of occurrence in the oil and gas reservoir, which differ in composition, physical properties, and the presence of bottom water [2,3].

The presence of formation water can complicate the process of oil and gas production under certain conditions, which leads to the problem formation of synchronous inflow of different fluids to the well. Since the bottom water can break into the well during its operation, it becomes necessary to simultaneously withdraw oil and water [4]. Simultaneous withdrawal is possible with certain geological characteristics of the deposit.

The low water viscosity contributes to its mobility and often leads to the displacement of oil from the bottom hole of well. This contributes to the formation of lateral and water coning. An important role in the formation water is played by surface tension, which depends on the chemical composition. This tension represents the washing ability of water, which must be taken into account and regulated in case of deposits' flooding [5].

Some researchers [6] believe that the causes of overflows and high water cut of production wells are the creation of a large draw-down pressure in the reservoir, exceeding the limit value of water free production rate and pulling the water cone in an isotropic productive reservoir. Also in work [7] the author claims that the ascending movement of the water cone depends on the potential of the vertical gradient, the activity of the aquifer, vertical permeability, the drainage radius, the radius of the well, the difference in the density of water and oil.

The analysis of the application of various gel-forming make-ups and compositions [8-11] highlighted the prospects for the development of new water shut-off technologies and repair insulation on their basis.

When choosing a waterproofing composition, it is necessary to reliably determine the cause and place of the water inflow, as well as to study the features of the geological structure of the deposit. For example, many oil fields in Russia and Kazakhstan are characterized by low permeability of productive lodgments and high heterogeneity. To obtain effective results from carrying out waterproofing operations in such geological conditions, it is necessary to use compositions capable of penetrating deeply into water-saturated interlayer's and forming screens with reduced filtration properties [12].

A Canadian (Calgary) CMG (computer modeling program) simulator [13,14] was chosen to build a model for the inhomogeneous formation and evaluate the effect of the proposed waterproofing technology. Simulation at the CMG allowed the development of curves for the formation of the cone of plantar water in the borehole and to perform a comparative analysis when pumping nitrogen and gelling silicate of sodium into the well. Geological data of the formation (permeability, reservoir thickness) and formation water properties used in the model belong to the Kumkol fields.

To simulate the formation of cone formation of bottom water, the STARS™ software module was used [15,16,17] (fig.1)

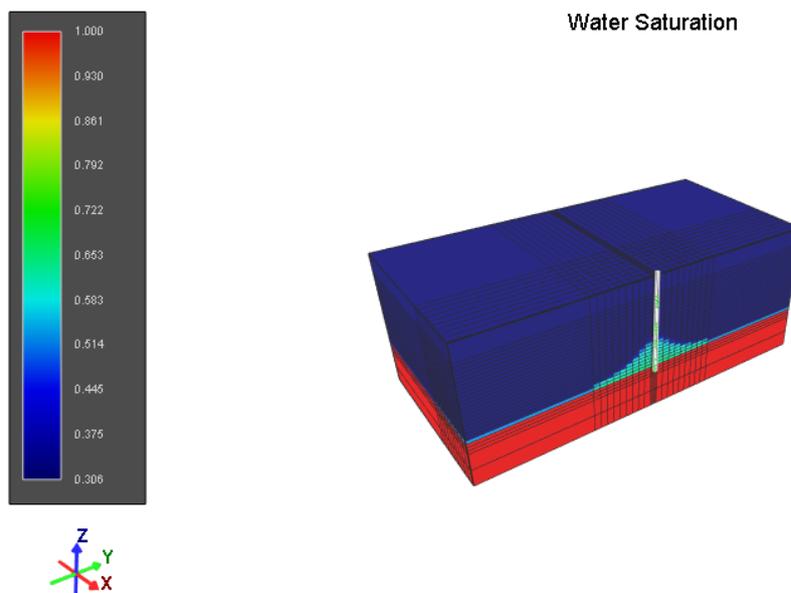


Figure 1. The model of water coning (3D)

Based on the physical properties of the reservoir and fluids (Table 1), the simulation of the formation of the cone of plantar water in the production well and the technology of pumping liquid glass in two versions are performed. The beginning of the operational period 01/01/2016. Estimated operating time to 01.01.2020 g (4 years). The model of cone formation of bottom water for the current year and the prospective period is shown in Fig.2-4.

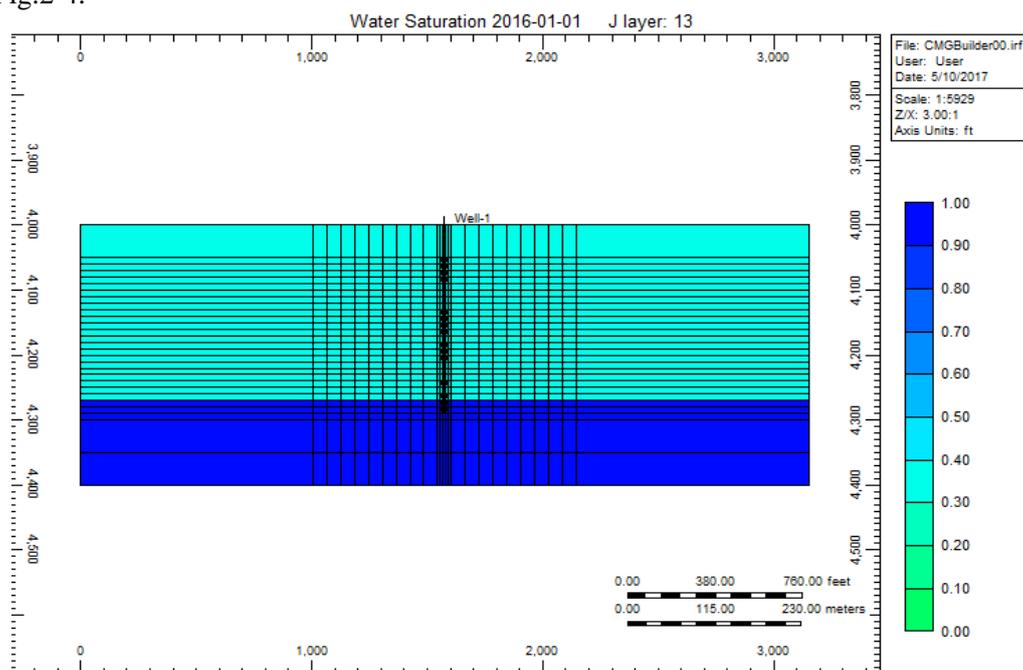


Figure 2. Model of cone formation of bottom water at the beginning of the extraction process

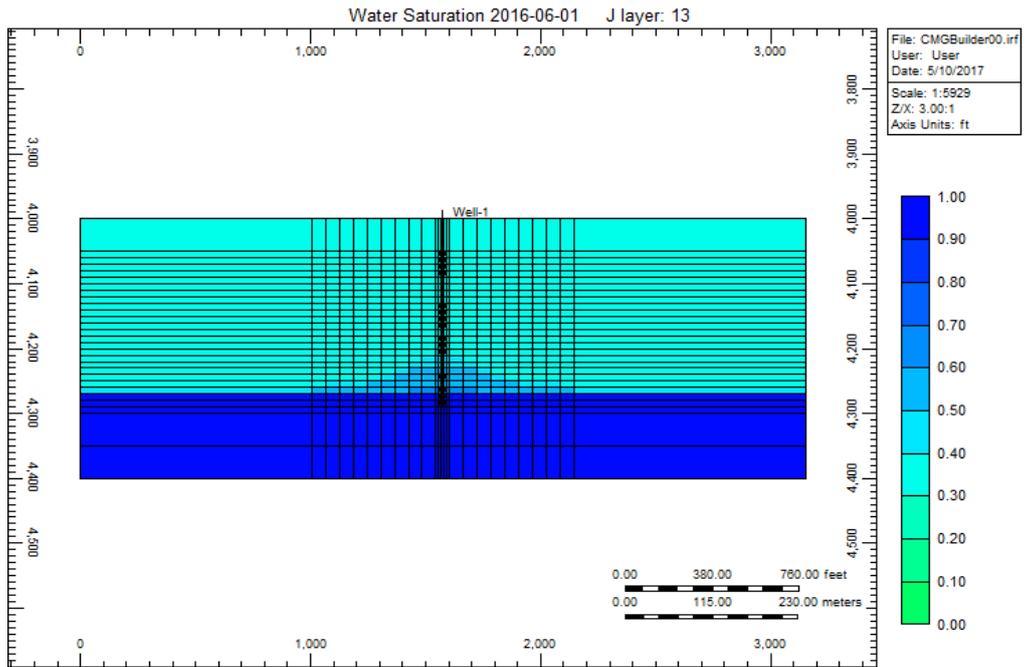


Figure 3. Model of cone formation of bottom water in the second half of 2016

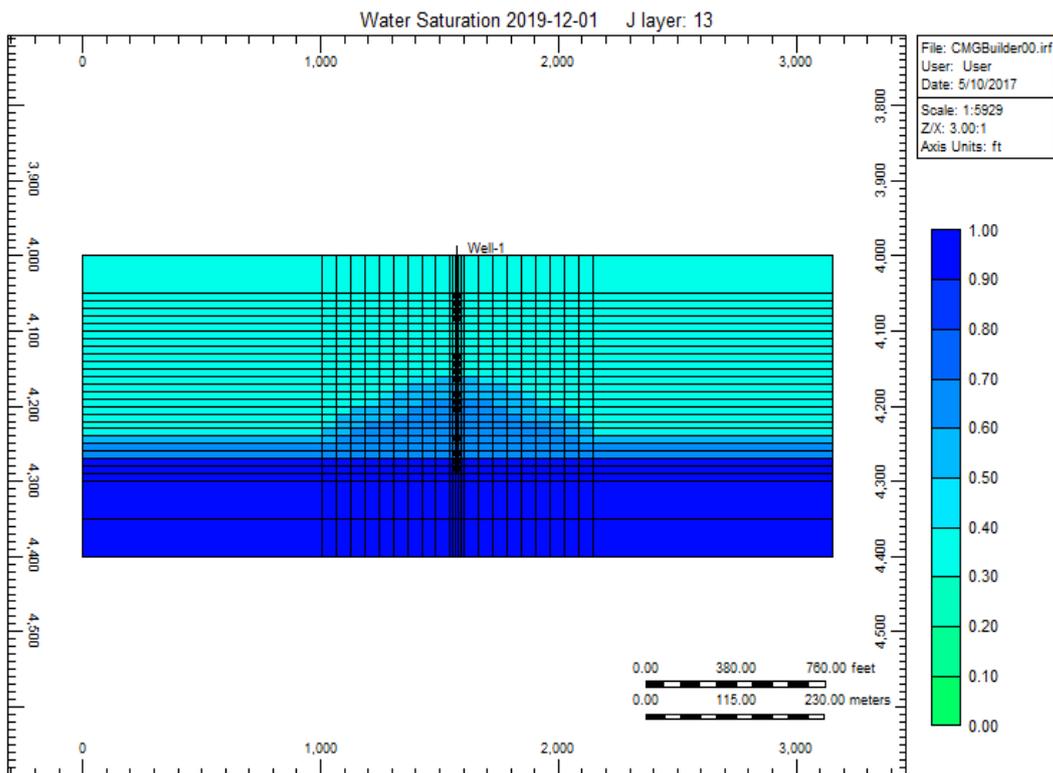


Figure 4. Model of cone formation after 3 years

To study the propagation of the injected gelling material prior to the in-depth placement, an aqueous phase, called pre-gel Na-silicate, is determined, with the physical properties listed in Table 2. The Na-silicate solution has an initial water-viscous viscosity; However, when adjusting the pH, the viscosity gradually increases with a linear trend to about 8 cps, when gelation begins (gel setting time). This increase in viscosity will affect the propagation of the injected solution during deeper placement and may lead to a deviation from the water flow path and penetration into the matrix. Thus, in numerical simulation, the viscosity of the injected pre-gel solution is set to 4 cP, which is the average viscosity of Na-silicate prior to gelation time. This value also corresponds to the average viscosity of other gelling materials [18,19].

Table 2. Physical properties of the reservoir and fluids used for simulation.

RESERVOIR PROPERTIES		FLUID PROPERTIES	
<i>Reservoir dimensions, ft:</i>		<i>Fluid viscosities, μ, cp, mPa*sec :</i>	
Length, L	1000	Water (μ_w)	1
Width, W	30	Na -silicate (μ_o)	61
Thickness, H	90	Nitrogen	$8760 \cdot 10^{-6}$
<i>Grid definition</i>		<i>Fluid densities, ρ, lbm/ft³</i>	
NX	25	Water (ρ_w)	62,4
NY	25	Na -silicate (ρ_o)	0.062
NZ	28	Na-silicate solution	70
Porosity	0.25	Nitrogen	0.078
Initial Pressure, P, psi	1250	<i>Residual saturation</i>	
Initial Temperature, T, F(°C)	104 (40)	s_{wc}	0.25

Implementation of water shut-off technology using liquid glass is made by creating a waterproofing screen by pumping solutions into the pre-made perforations below the water-oil contact lines. For the simulation, the data for well No. 2029 of the Jurassic horizon-II are taken, in which the interval of the perforations is 1284-1296 m at the roof of the reservoir 1268 m, the sole is 1300 m.

The simulation results are shown in graphs 5-7.

The graph in Figure 5 shows the difference between these technologies, where the well flow rates vary slightly, since the waterproofing screen is created in the aquifer below the OWC.

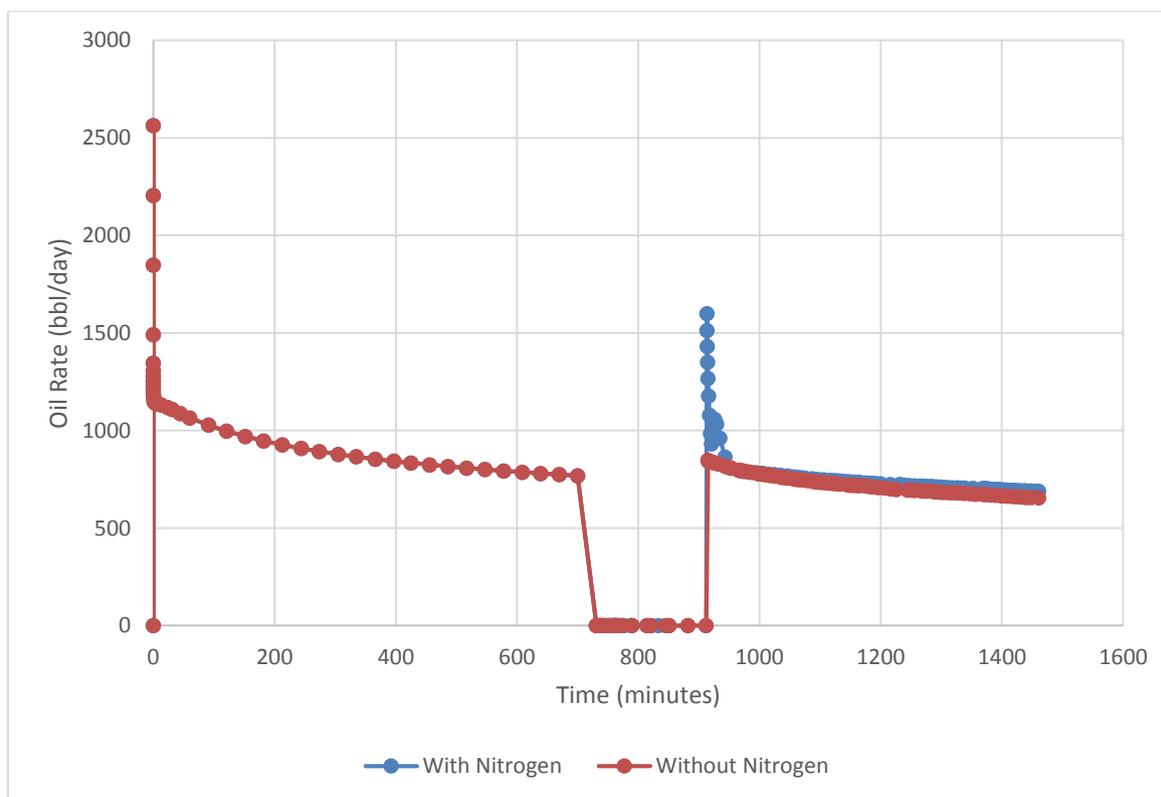


Figure 5- The production rate of the well according to two technologies (red line- without pre-injection of nitrogen, blue line-with injection of nitrogen).

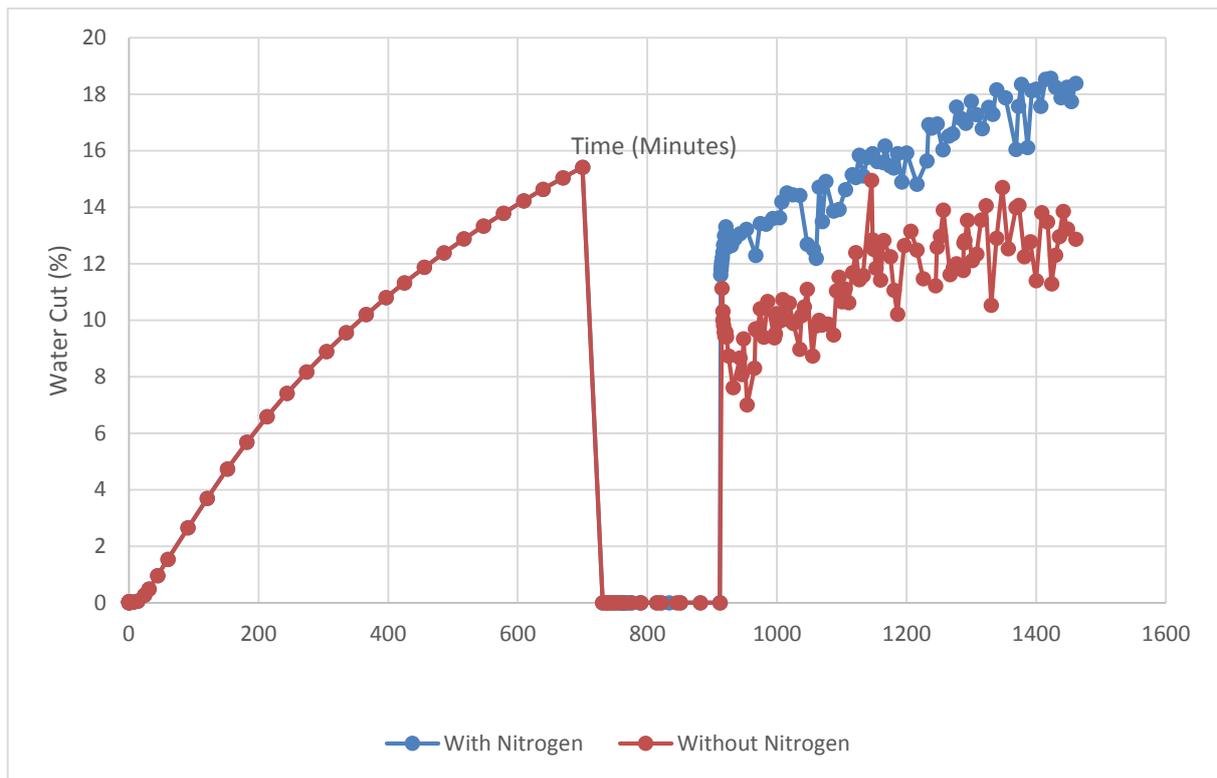


Figure 6- The difference in the value of the water cut in the well according to the two technologies carried out (the red line is without pre-injection of nitrogen, the blue line is injected with nitrogen).

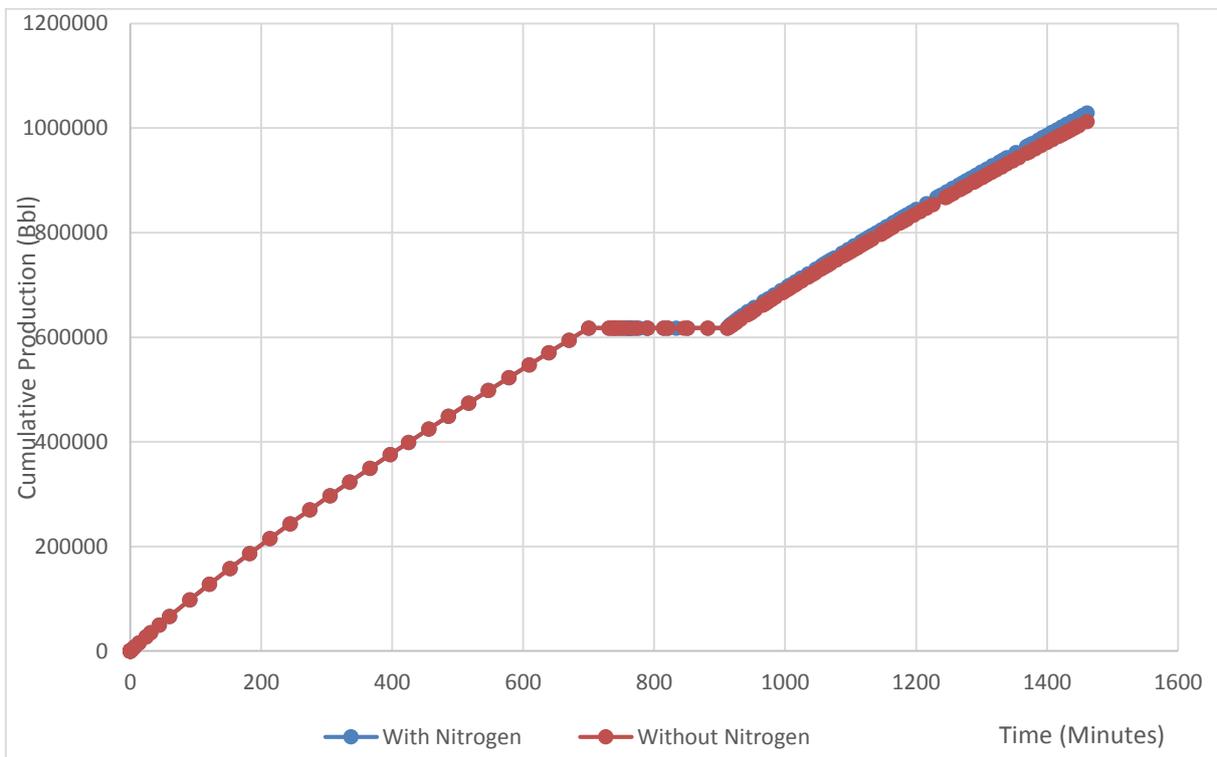


Figure 7- Accumulated oil production (red line- without pre-injection of nitrogen, blue line-with injection of nitrogen)

Thus, in this work, based on the geological data of the Kumkol deposit, a model of cone formation of plantar water in the well has been constructed, which shows that after 36 months the height of the cone rise from 1251 m to 1272 m (21 m). Also in the same well, the simulation results of the injection technology of

liquid glass in two variants show that the technology of pumping a solution of liquid glass without preliminary injection of nitrogen is more effective. It can be seen from graph 6 that the watercut of the well with the technology without preliminary injection of nitrogen is 13%, while with nitrogen injection it was 18% (difference by 5%).

Given the really established opportunity for effective use of silica gel in many fields, the relative cheapness and workability of work on the well with this oil-well material should be recommended for its further more detailed studies to adapt to the solution of water shut-off tasks.

REFERENCES

- [1] Bailey B., Crabtree M., Tyrie J., Elphick J., Kuchuk F., Romano C., Roodhart L., 2000, Water Control, *Oilfield Review Journal (Schlumberger)*10(2): 30-51.
- [2] Ayela, F., Cherief, W., Colombet, D., Ledoux, G., Martini, M., Mossaz, S., Podbevsek, D., Qiu, X. and Tillement, O. 2017. Hydrodynamic Cavitation through "Labs on a Chip": From Fundamentals to Applications. *Oil and Gas Science and Technology*. 72 (19):1-12.
- [3] Зозуля Г.П., Клещенко И.И. и др. Теория и практика выбора технологий и материалов для ремонтно-изоляционных работ в нефтяных и газовых скважинах: Учебное пособие. - Тюмень: ТюмГНГУ, 2002., -с. 21-27.
- [4] Hermoso, J., Martínez-Boza, F.J. and Gallegos, C. 2017. Modeling Pressure-Viscosity Behavior of Oil-Based Drilling Fluids. *Oil and Gas Science and Technology*. 72 (18) :p-10.
- [5] Czerniak, M. 2017. RhoVemethod: A new empirical pore pressure transform. *Oil and Gas Geology*. 86:343- 366.
- [6] Dubinsky, G.S., Sultanov, V.G. and Shamayev, G.A. 1999. On the dependence of watering production wells on the type of perforator and perforation fluid used at the opening of the production seam. Problems of Development of Oil Fields in Bashkortostan: Proc. Scientific-Practical. Conf, Ufa., 77-78.
- [7] Gan X. Twin-horizontal downhole water loop production system. Submitted to the Department of Geoscience and Petroleum Engineering, Delft University of Technology, Netherland; 2015, 18-22
- [8] Старковский А.В., Дзюбенко Е.М. Механизм поведения силикатного геля в пористой среде. Научно-технический журнал «Технологии нефти и газа», 2011, №6. –С 3-6.
- [9] Алтунина, Л. К., Березина, Е. М., Манжай, В. Н., Насибуллина, Ю. Р., Шелест, Н. Н. Гелеобразующая композиция полиакриламида и солей алюминия для повышения нефтеотдачи пластов, [Нефть и газ. Изв. вузов, 2011, № 4. - С. 90-94.
- [10] Hossein Ali A. Evaluation of Alkaline Sodium Silicate Gel for Reservoir In-Depth Profile Modifications to Enhance Water Sweep Efficiency in Sandstone Reservoirs. University of Stavanger, PhD Thesis No. 221, p 6-14.
- [11] Lakatos, I., Lakatos-Szabó, J. and etc., Application of Silicate/Polymer Water Shut-Off Treatment in Faulted Reservoirs with Extreme High Permeability. SPE 144112, 2011, p 1-12.
- [12] Ганеева З.М., Ризванов Р.З., Елизарова Т.Ю., Хисаметдинов М.Р. Применение технологии увеличения нефтеотдачи охвата пласта воздействием с использованием суспензии силикатного геля на месторождениях ОАО «Татнефть» // Материалы Международной научно-практической конференции «Проблемы повышения эффективности разработки нефтяных месторождений на поздней стадии» - Казань. - 2013. - с. 176-178.
- [13] Computer Modeling Group, "User's Guide IMEX: Three-Phase, Black-Oil Reservoir Simulator." 2013, 258 p.
- [14] <https://www.cmgl.ca>
- [15] <https://www.petroleumengineers.ru/app/8894>
- [16] Steven C. Chapra, Raymond P. Canale. Numerical Methods for Engineers. McGraw-Hill, 2010, 120p
- [17] <http://petec.ru/software/cmgl>
- [18] Seright, R.S., Lane, R.H., and Sydansk, R.D. 2003. A Strategy for Attacking Excess Water Production. *SPE Prod&Fac* 18(3):158–169. SPE- 84966-PA. <http://dx.doi.org/10.2118/84966-PA>.
- [19] Krumrine, P.H. and Boyce, S.D.: "Profile Modification and Water Control With Silica Gel-Based Systems," SPE 13578, SPE International Symposium on Oilfield and Geothermal Chemistry, Phoenix, AZ (April 9 – 11, 1985).

Абделі Д.Ж., Ысқақ А.С., Бай В., Новриансиях А.

Сұйық шыныны пайдалану арқылы мұнай ұңғының түбін судан оқшаулау технологиясын модельдеу Түйіндеме. Мақалада пайдалану ұңғының түбін судан оқшаулау технологиясының тиімділігін арттыру мүмкіншілігі қарастырылған. Мұнай ұңғы түбін сұйық шыны негізінде гелтүзуші тампонажды материалдарды қолданудың екі нұсқауда: сулы қабатқа алдын-ала азотты айдау және азотсыз айдау арқылы салыстырмалы талдау және модельдеуі жасалған.

STARS™ программалық модульді қолдану арқылы ұңғының түп аймағында табан судың конустануын модельдеу нәтижесінде суды оқшаулау үшін сұйық шыны негізінде тампонажды материалды қолдану ұңғының түбіне қабат судың келуін едәуір төмендетеді. Осы кезде сулы қабатқа алдын-ала азотты айдаусыз суды оқшаулау процесі жақсы параметрлерін көрсетті.

Түйін сөздер: кен орын, табан су, қабат суының конустануы, су-мұнай контакты, қысым градиенті, натрий силикаты (шыны сұйық)

Абдели Д.Ж., Ыскак А.С., Бай В., Новриансиях А.

Моделирование технологии водоизоляции забоя нефтяных скважин с применением жидкого стекла

Резюме. В статье рассматриваются возможности повышения эффективности технологий водоизоляции забоя эксплуатационных скважин. Проведено моделирование и сравнение двух вариантов водоизоляции забоя нефтяных скважин с применением гелеобразующих тампонажных материалов на основе жидкого стекла: с предварительной закачкой и без закачки азота в водоносный пласт.

Результаты моделирования конусообразования подошвенной воды в призабойной зоне пласта с использованием программной модули STARS™ показали, что применение тампонажных материалов на основе жидкого стекла для водоизоляции существенно снижает приток пластовой подошвенной воды к забою эксплуатационных скважин. При этом лучшие параметры показал процесс водоизоляции забоя без предварительной закачки азота в водоносный пласт.

Ключевые слова: месторождение, подошвенная вода, конусообразование пластовой воды, водо-нефтяной контакт, градиент давления, силикат натрия (жидкое стекло).

УДК 666.3.431

N. Zhanikulov¹, Zh. Dzhanmuldaeva¹, B. Taimasov¹, M. Ayazbekov¹, A. Masatbayev²

RESEARCHES FOR A WALL CERAMIC BRICK OUTPUT USING COAL PRODUCTION WASTES OF LENGER MINES

Abstract. The possibility of using coal mining waste from the Lenger mines in the amount of 5-40 % is considered when producing a walled ceramic brick. Air shrinkage of the samples at 105 °C, burn and general shrinkage at 900, 950, 1000, 1050 °C, as well as water absorption of the samples were studied. It was found that the air shrinkage of compositions №1-4 is reduced from 9,8 to 8,66 %, №5-8 from 8,15 to 7,46 % and №9-13 from 7,66 to 6,23 %. The burn shrinkage of mass compositions №1-4 is increased from 2,06 to 2,87 %, in charge №5-8 from 1,95 to 2,6 % and №9-13 from 1,28 to 2,81 % .

By burning at temperatures of 900-1100°C, high-quality brick samples with a water absorption of more than 6% were obtained, which meets the requirements of GOST 530-2012.

Key words: loess, clay, coal mining waste, batch composition, burning, shrinkage, water absorption, ceramic bricks.

Н. Жаникулов¹, Ж. Джанмулдаева¹, Б. Таймасов¹, М. Аязбеков¹, А. Масатбаев²

(¹Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Республика Казахстан, nurgali.zhanikulov@mail.ru

²ТОО «Заңғар-2003-З»)

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПОЛУЧЕНИЮ СТЕНОВОГО КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ УГЛЕДОБЫЧИ ЛЕНГЕРСКИХ ШАХТ

Аннотация. Рассмотрена возможность использования отходов угледобычи ленгерских шахт в количестве 5-40 % при получении стенового керамического кирпича. Были изучены воздушная усадка образцов при 105 °C, огневая и общая усадка при 900, 950, 1000, 1050 °C, а также водопоглощение образцов. Установлено, что с увеличением дозировки углеотходов воздушная усадка в составах №1-4 снижается с 9,8 % до 8,66 %, №5-8 с 8,15 % до 7,46 % и №9-13 с 7,66 % до 6,23 %. Огневая усадка в составах масс №1-4 увеличивается с 2,06 % до 2,87 %, в шихтах №5-8 с 1,95 % до 2,6 % и №9-13 с 1,28 до 2,81 %.

Путем обжига при температурах 900-1100 °C получены качественные кирпичные образцы, имеющие водопоглощение свыше 6 %, что соответствует требованиям ГОСТ 530-2012.

Ключевые слова: лесс, глина, отход угледобычи, состав шихты, обжиг, усадка, водопоглощение, керамический кирпич.

Строительный рынок является перспективной отраслью экономики. По итогам 2017 года **производство стройматериалов в Казахстане выросло на 3 %** и достигло 403,5 млрд тенге [1]. Наибольшие объемы выпуска пришлось на ЮКО, Астану, ВКО и Алматинскую область. В ЮКО работают такие крупные производители сектора, как ТОО "Азия Керамик", ТОО "Зерде-Керамика" (производство керамических покрытий и плит), ТОО "Батсу Водоканал" (производство кирпича, черепицы), АО "Шымкентцемент", ТОО "Стандарт Цемент", ТОО "Sas-Tobe Technologies" (производство цемента и клинкеров), ТОО "Тюлькубасский Известковый Завод", ТОО "Оңтүстік-Кұрылыс-Сервис", ТОО

"Строй Юг Групп", ТОО "ЖБИ-С" (производство сборных бетонных и железобетонных конструкций) [1-3].

Рынок строительных материалов имеет огромный потенциал для дальнейшего развития. Наличие достаточной сырьевой базы имеет все предпосылки для увеличения роста производственных мощностей Казахстанских предприятий с целью покрытия основных потребностей внутреннего рынка и снижения импортозависимости. Но на сегодняшний день, основным драйвером развития данного сектора остается государственная поддержка в виде программы ГПИИР-2 на 2015-2019 гг [4].

Керамические стеновые материалы занимают лидирующие позиции на строительном рынке благодаря своим физико-механическим, теплофизическим свойствам, долговечности, экологичности и архитектурной выразительности. В 2017 году Казахстане выпуск керамических кирпичей увеличился на 14,6 % и составил 727 тыс м³ [5].

Методы анализы. Для изучения характеристик сырьевых материалов и отходов промышленности были проведены следующие анализы: химический, рентгенографический, электронно-микроскопический.

Химический анализ – это качественный и количественный анализ используют химические методы, основанные на химических реакциях определяемых веществ в растворах, гравиметрический и титриметрический анализ; физико-химические методы, основанные на измерении физических величин, изменение которых обусловлено химическими реакциями [6].

Рентгенофазовый анализ (X-Ray analysis) глины, лесса и отходов угледобычи проводились на установке ДРОН-3 с рентгеновской трубкой 15 БСВ 29-Сu с медным излучением и никелевым фильтром на образцах в виде порошка. Диапазон углов перемещения детектора (углов дифракции от 8° до 64°) отсчитывался по шкале гониометрического устройства и по отметкам на диаграммной ленте самопишущего потенциометра. Скорость вращения счетчика 4 об/мин. Рентгенограммы снимали при напряжении в трубке 30 кВ и силе тока 20 мА. Пробы образцов измельчались до прохождения через сито №008 [7].

Электронно-микроскопический анализ образцов проводится путем сканирования поверхности образца электронным зондом и детектированием (распознавание) возникающего при этом широкого спектра излучений. Сигналами для получения изображения в электронном микроскопе служат вторичные, отраженные и поглощенные электроны. Другие эффекты, в частности рентгеновское излучение, используется для получения дополнительной информации о химическом составе материала исследуемого образца. На электронном микроскопе могут исследоваться как шлифы, так и поверхности объектов без предварительной подготовки. Перед испытанием образцы должны быть тщательно очищены, чтобы не образовывались газообразные продукты, затрудняющие получение требуемого вакуума при откачке микроскопа и загрязняющие его колонну [8].

Результаты экспериментов и обсуждение. В качестве сырья для получения стенового керамического кирпича были изучены сырьевые материалы кирпичного завода ТОО «Заңғар-2003-З», а также отходы угледобычи Ленгерских шахт. Изучен химический состав сырьевых материалов (таблица 1).

Таблица 1. Химический состав сырьевых материалов

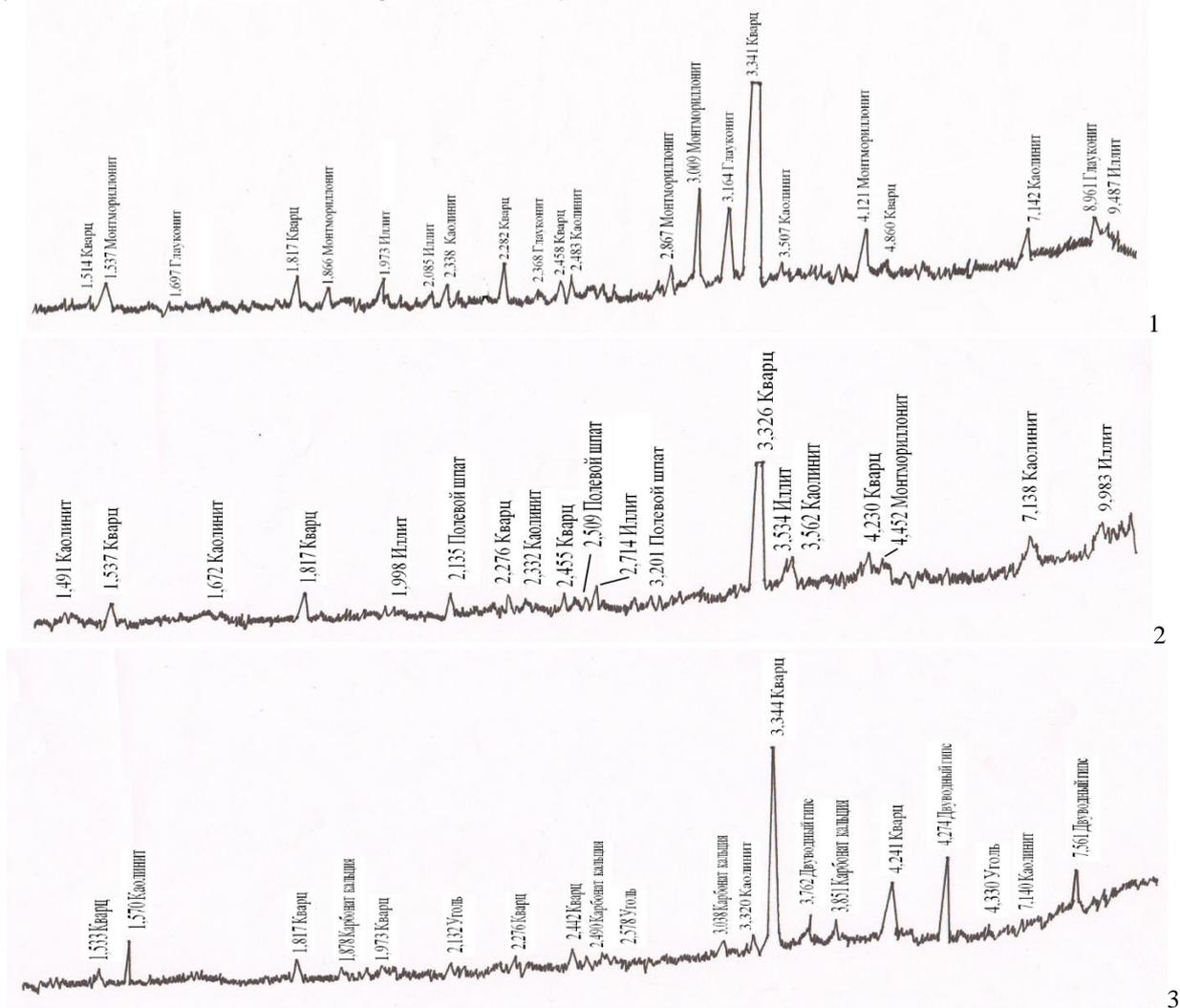
Материал	Химический состав, масс. %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	ппп	прочие	сумма
Глина	40,98	10,83	6,36	10,84	2,73	0,42	15,49	12,35	100
Лесс	53,22	21,54	4,45	0,35	1,06	0,27	13,12	5,99	100
Отход угледобычи	53,45	8,75	4,46	0,99	0,55	2,15	24,08	5,57	100

Рентгенограммы сырьевых материалов приведены на рис.1.

По результатам рентгенографического анализа в глине идентифицированы: кварц (SiO₂) - d/n – 1,514; 1,817; 2,282; 2,458; 3,341; 4,860°А; каолинит-γ- форма (Al₂O₃·2SiO₂·2H₂O) - d/n – 2,338; 2,483; 3,507; 7,142°А; монтмориллонит (m{Mg₃[Si₄O₁₀](OH)₂} · p{(Al,Fe)₂[Si₄O₁₀](OH)₂}) - d/n – 1,537; 1,866; 2,867; 3,009; 4,121°А; иллит (гидрослюда) (K_x(Al, Mg, Fe)₂₋₃Si_{4-x}Al_xO₁₀·(OH)₂·nH₂O) - d/n – 1,973; 2,085; 9,487°А; глауконит –((K, H₂O) (Fe³⁺, Al, Fe²⁺, Mg)₂[Si₃AlO₁₀] (OH)₂·nH₂O) d/n – 1,697; 2,368; 3,164; 8,961°А.

В лессе идентифицированы минералы: кварц (SiO₂) - d/n – 1,537; 1,817; 1,981; 2,276; 2,455; 3,326; 4,230°А; каолинит - d/n – 1,491; 1,672; 2,332; 3,562; 7,138°А; монтмориллонит - d/n – 2,601; 4,452°А; полевоы шпат (анортит) (CaAl₂Si₂O₃) - d/n – 2,135; 2,509; 3,201°А; иллит - d/n – 1,998; 2,714; 3,534; 9,983°А.

В отходах угледобычи идентифицированы: кварц (SiO_2) - d/n – 1,533; 1,817; 1,973; 2,276; 2,442; 3,344; 4,241°А; CaCO_3 - d/n – 1,878; 2,490; 3,038; 3,851°А; каолинит- d/n – 1,570; 3,32; 7,14°А; углерод (С) - d/n – 2,132; 2,578; 4,33°А; двуводный гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) - d/n – 3,762; 4,274; 7,561°А.



1 – глина; 2 – лесс; 3 – отход угледобычи Ленгерских шахт

Рис. 1. Рентгенографический анализ сырьевых материалов

Микроскопический анализ проведен на электронном микроскопе марки JEOL JSM-6490 LV в лаборатории ИРЛИП ЮКГУ им. М.Ауэзова. Микрофотографии сырьевых материалов приведены на рис.2.

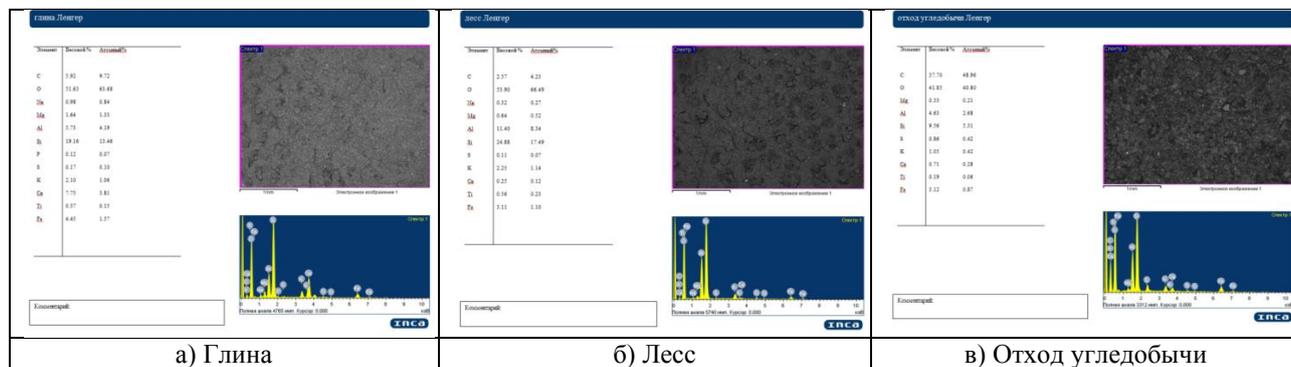


Рис. 2. Микроскопический анализ сырьевых материалов

По результатам микроскопического анализа определены химический, оксидный и элементный состав (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , SO_3 и т.д.) сырьевых материалов.

Свойства стенового керамического кирпича определяли в соответствии с требованиями стандарта ГОСТ 530-2012. Кирпич и камень керамические. Общие технические условия [9]. Было приготовлено 13 двух- и трехкомпонентных составов шихт, где содержание отдельных компонентов изменялось: глины от 5 до 10 %, отходов угледобычи от 5 до 40 %. В ходе экспериментов были изучены воздушная усадка образцов при 105 °С и огневая усадка при 900, 950, 1000, 1050 °С. Затем вычислили общую усадку.

Как видно из данных таблицы 2, воздушная усадка в составах №1-4 зависит от содержания отхода угледобычи. С увеличением содержания отходов от 5 до 20 % величина воздушной усадки снижается с 9,8 до 8,66 %, аналогично в составах №5-8 с 8,15 до 7,46 %. В двухкомпонентной шихте «Лесс+отход угледобычи» (составы №9-13) повышение содержания второго компонента с 5 до 40 % приводит к снижению воздушной усадки с 7,66 до 6,23 %. Это, видимо, объясняется тем, что возрастание доли малопластичного компонента - отходов угледобычи – приводит к закономерному снижению пластичности массы и снижению ее усадки.

Как видно из данных табл. 2, огневая усадка образцов из всех исследованных шихт зависит от температуры обжига: с повышением температуры обжига величина огневой усадки неуклонно возрастает достигая максимума при температуре 1100 °С. В зависимости от компонентного состава она изменяется от 1,72 до 2,87 %. В составах масс № 1-4 увеличение содержания отходов угледобычи с 5 до 20 % приводит к постепенному возрастанию огневой усадки с 2,06 до 2,87 %, в шихтах № 5-8, содержащих 10 % глины увеличение дозировки углеотходов повышает огневую усадку с 1,95 до 2,6 %. В двухкомпонентной шихте «Лесс + отход угледобычи» (составы №9-13) повышение содержания второго компонента с 5 до 40 % приводит к постепенному увеличению огневой усадки с 1,72 до 2,81 %. При всех исследованных температурах от 900 до 1100 °С двухкомпонентные массы «Лесс + отход угледобычи» имеют значительно меньшую огневую усадку, чем массы, содержащие 5 или 10 % ленгерской глины.

При изучении влияния составов масс и температуры на общую усадку (таблица 2) установлены аналогичные закономерности: составы масс № 9-13, не содержащие ленгерскую глину, имеют несколько меньшую общую усадку образцов. Повышение температуры обжига образцов закономерно приводит к монотонному увеличению величины общей усадки изделий.

Таблица 2. Влияние составов масс и температуры на воздушную, огневую и общую усадку

Состав	Состав массы, %			Влажность формования, %	Температура, °С					
	Лесс	глина	Отход угледобычи		105°С	900°С	950°С	1000°С	1050°С	1100°С
					Огневая / Общая усадка, %					
1	90	5	5	22	9,80	1,43/11,0	1,55/11,3	1,83/11,6	1,93/11,7	2,06/12,01
2	85	5	10	21	9,77	1,61/11,2	1,77/11,4	1,91/11,7	1,96/11,8	2,16/12,06
3	80	5	15	20	9,09	1,72/10,4	1,91/10,7	1,93/10,8	2,03/11,3	2,66/12,26
4	75	5	20	18	8,66	1,81/10,3	1,96/10,6	2,02/10,6	2,17/10,9	2,87/11,67
5	85	10	5	21	8,15	1,46/9,7	1,51/9,7	1,65/9,8	1,82/9,9	1,95/9,97
6	80	10	10	21	8,05	1,52/9,5	1,66/9,8	1,79/9,8	1,91/9,9	2,08/10,03
7	75	10	15	20	7,55	1,68/9,4	1,86/9,4	1,97/9,4	2,09/9,4	2,18/9,63
8	70	10	20	19	7,46	2,32/9,8	2,39/9,8	2,43/9,8	2,54/9,9	2,60/9,95
9	95	-	5	21	7,66	0,62/8,1	0,84/8,4	0,97/8,6	1,33/9,0	1,72/9,52
10	90	-	10	21	7,26	0,81/8,2	0,92/8,2	1,05/8,3	1,41/8,6	1,81/8,87
11	85	-	15	20	6,53	1,22/8,1	1,37/7,9	1,43/7,9	1,74/8,1	1,92/8,13
12	80	-	20	20	6,37	1,51/8,0	1,56/8,0	1,64/8,0	1,79/8,1	2,36/8,54
13	60	-	40	19	6,23	1,62/7,9	1,75/8,0	1,81/8,0	2,12/8,2	2,81/8,88

Температура обжига определенным образом влияет на величину водопоглощения керамических образцов. При температурах обжига от 900 до 1050 °С водопоглощение образцов изменяется совсем незначительно с 11 – 11,75 % до 10,2 – 11 %. Повышение температуры обжига приводит к заметному повышению плотности спеков и водопоглощение образцов в зависимости от содержания глины и отходов угледобычи снижается до 6,3 – 9,9 %.

В составах масс № 1-4 с 5 % ленгерской глины повышение содержания ленгерских углеотходов с 5 до 20 % постепенно снижает водопоглощение образцов, обожженных при 1100 °С с 8,6 до 6,9 %. В

составах масс № 4-8, содержащих 10 % ленгерской глины, повышение содержания ленгерских углеотходов с 5 до 20 % , наоборот, постепенно повышает водопоглощение образцов, обожженных при 1100 °С с 6,3 до 9,9 %.

Таблица 3. Влияние составов масс и температуры обжига на водопоглощение образцов

№ Составы	Состав массы, %			Температура обжига, %				
	Лесс	глина	Отход уг- ледобычи	900°С	950°С	1000°С	1050°С	1100°С
1	90	5	5	11,75	11,6	11,4	11,0	8,6
2	85	5	10	11,5	11,4	11,3	11,2	8,5
3	80	5	15	11,4	11,2	11,3	10,5	7,1
4	75	5	20	11,3	11,2	10,9	10,2	6,9
5	85	10	5	11,6	11,8	11,8	11,9	6,3
6	80	10	10	11,5	11,7	11,7	11,8	6,9
7	75	10	15	11,2	11,4	11,5	11,7	9,8
8	70	10	20	11	11,3	11,4	11,6	9,9
9	95	-	5	11,4	11,5	11,6	11,2	7,3
10	90	-	10	11,3	11,5	11,6	11,4	7,4
11	85	-	15	11,2	11,6	11,8	11,7	8,4
12	80	-	20	11,2	11,7	11,9	11,8	8,9
13	60	-	40	11	11,9	11,7	11,2	9,5

В составах масс № 9-13, состоящих только из лесса и ленгерских углеотходов, обожженных при максимальной температуре 1100 °С, повышение доли отходов с 5 до 40 % повышает водопотребность образцов с 7,3-7,4 до 9-9,5 %. Это обусловлено тем, что с повышением количества вводимых отходов угледобычи возрастает количество угля, вводимого в состав смесей. Содержание угля в отходах составляет порядка ~ 20 %. В сырьевой массе № 13 содержится около 8 % угля. Это позволит значительно снизить удельный расход топлива на обжиг единицы продукции, уменьшить себестоимость керамического кирпича, увеличить рентабельность производства и прибыль предприятия. При высоких температурах уголь выгорает, пористость спеков возрастает, что и приводит к повышению водопоглощения образцов из смесей № 12-13 до 9,5 %. По требованию ГОСТ 530-2012. Кирпич и камень керамические. Общие технические условия водопоглощение кирпича должно быть не менее 6 %.

Таким образом, образцы из всех 13 составов, обожженные при температурах от 900 до 1100 °С, имеют водопоглощение свыше 6 % и соответствуют этому требованию ГОСТ 530-2012.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Производство стройматериалов в Казахстане выросло на 3%. Подробнее на этом сайте: <https://kursiv.kz/news/kompanii-i-rynki/2018-01/proizvodstvo-stroymaterialov-v-kazakhstan-eyroslo-na-3> (15.01.2018).

[2] Рынок строительных материалов Казахстана: товарный бетон, кирпичи, растворы для строительства. Подробнее на этом сайте: <http://www.marketingcenter.kz/2017/11-21-analiz-rynok-stroitelnye-materialy.html> (21.11.2017).

[3] Бишимбаев, В.К. Минерально-сырьевая и технологическая база Южно-Казахстанского кластера строительных и силикатных материалов / В.К. Бишимбаев, Б.О. Есимов, Т.А. Адырбаева, В.В. Руснак, Ю.В. Егоров. Монография. – Алматы, 2009. – 266 с.

[4] Государственная Программа индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2015-2019 годы. – Астана: 2014.

[5] Рынок строительных материалов в Казахстане Подробнее на этом сайте: <http://rfcaratings.kz/6982> (17.10.2017).

[6] 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. – 139 с.

[7] Есимов Б.О., Адырбаева Т.А., Жакипбаев Б.Е. Рентгенометрический определитель минералов В.И. Михеева: методическое указание для вузов. –Шымкент: ЮКГУ, 2012. – 164 с.

[8] Шадров, В.И. «Растровый электронный микроскоп JSM-6490LV с системами энергодисперсионного микроанализа INCAEnergy». – Шымкент, 2014 г.

[9] ГОСТ 530-2012. Кирпич и камень керамические. Общие технические условия // М., Стандартинформ. 2012, -43 с.

Жаникулов Н., Джанмулдаева Ж., Таймасов Б., Аязбеков М., Масатбаев А.

Қабырғалық керамика кірпіш алуда Ленгер шахтасының көмір өндіріс қалдығын қолданылуын зерттеу

Түйіндеме. Қабырғалық керамикалық кірпіш алуда Ленгер көмір шахта қалдықтарын 5-40% көлемінде пайдалану мүмкіндігі қарастырылды. Үлгілердің 105 ° С температурада ауалық шөгуі, 900, 950, 1000, 1050, 1100 °С температурада оттық және жалпы шөгуі, сондай-ақ үлгілердің су сіңірілімділігі зерттелінді. Ауалық шөгуде №1-4 құрамдар 9,8 % -дан 8,66 %, №5-8 құрамдар 8,15 % -дан 7,46 % және №9-13 құрамдар 7,66 %-дан 6,23 % төмендеді. Оттық шөгуде №1-4 құрамдар 2,06 %-дан 2,87 %, №5-8 құрамдар 1,95 %-дан 2,6 % және №9-13 құрамдар 1,28-дан 2,81 % жоғарлады.

900-1100 °С температурада күйдіру кезінде барлық 13 құрамнан алынған сапалы кірпіш үлгілерінің су сіңіргіштігі 6%-дан астам болды, бұл МеСТ 530-2012. талабына сәйкес келетіндігін дәлелдейді.

Түйін сөздер: лесс, саз, көмір өндіріс қалдығы, шихта құрамы, күйдіру, шөгу, су сіңіргіштік, керамикалық кірпіш.

Zhanikulov N., Dzhanmuldaeva Zh., Taimasov B., Ayazbekov M., Masatbayev A.

Researches for a wall ceramic brick output using coal production wastes of lenger mines

Summary. The possibility of using coal mining waste from the Lenger mines in the amount of 5-40 % is considered when producing a walled ceramic brick. Air shrinkage of the samples at 105 °С, burn and general shrinkage at 900, 950, 1000, 1050 °С, as well as water absorption of the samples were studied. It was found that the air shrinkage of compositions №1-4 is reduced from 9,8 % to 8,66 %, №5-8 from 8,15 % to 7,46 % and №9-13 from 7,66% to 6,23 %. The burn shrinkage of mass compositions №1-4 is increased from 2,06 % to 2,87 %, in charge №5-8 from 1,95 % to 2,6 % and №9-13 from 1,28 % to 2,81 % .

By burning at temperatures of 900-1100°C, high-quality brick samples with a water absorption of more than 6% were obtained, which meets the requirements of GOST 530-2012.

Key words: loess, clay, coal mining waste, batch composition, burning, shrinkage, water absorption, ceramic bricks.

УДК 004.42

A. Z Bikeshev, V. N. Kazagachev

LABORATORY RESEARCHES USING ARDUINO FOR THE STUDENTS IN INNOVATION TECHNOLOGY PARK

Abstract: the article deals with the training of students and schoolchildren in practical skills of working with the Arduino platform.

Key words: programming, laboratory works, Arduino, 3D printer.

А.З Бикешев, В.Н.Казагачев

(Актюбинский региональный государственный университет им.К. Жубанова, Казахстан,
Kazagach@yandex.ru)

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ НА ARDUINO ДЛЯ СТУДЕНТОВ В ПАРКЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация: Рассмотрен процесс обучения студентов и школьников практическим навыкам работы с платформой Arduino.

Ключевые слова: программирование, лабораторные работы, Arduino.

Мировые экономические кризисы ставят новые вызовы, а цифровая революция приводит к тому, что Казахстану необходимо включить цифровизацию как государственную политику в планы своего развития.

В ключевом мировом рейтинге развития ИКТ, рассчитываемом под эгидой ООН – ICT Development Index, – Казахстан в 2016 г. занимал 52-ю строчку из 175-ти, не изменив своего положения с 2015 г. Отстает также и в рейтинге e-intensity международной консалтинговой компании The Boston Consulting Group по уровню цифровизации. Требуется наличие революционных, прорывных мероприятий по всем направлениям цифровизации, стоящим на повестке стран мира.

Эти направления включают цифровую трансформацию традиционных отраслей экономики, развитие человеческого капитала, развитие цифровой инфраструктуры.[5]

В настоящее время актуальной задачей является систематизация и автоматизация процесса очного обучения техническим дисциплинам. Это связано с необходимостью унификации многообразных используемых в процессе подготовки специалистов технического профиля технических и программных средств. Актуальность проекта обусловлена необходимостью частотной или полной автоматизации процесса обучения студентов высших и средних специальных учебных заведений техническим дисциплинам, а также в унификации и систематизации дидактического материала, лабораторного оборудования и программных средств.

Технопарк - Парк инновационных технологий - это открытая лаборатория, которая не имеет узкой или научной специализации. Парк представляет собой зону свободного доступа, где студенты могут реализовывать свои технические идеи, обучаться и обмениваться опытом. Основой для создания Технопарка послужила модель FabLab - Fabrication Laboratory, «производственная лаборатория», впервые разработанная Нилом Гершенфельдом - Centre for Bits and Atoms (CBA) в МЕТ (США). В Технопарке можно решать следующие задачи:

- прототипирование - создание прототипов (3D-печать, фрезеровка, лазерная резка, обработка и т.д.);
- компьютерное моделирование (CAD, CAM);
- электроника (создание печатных плат, пайка, Arduino, микроконтроллеры, датчики и т.д.);

Технопарк оснащен сравнительно недорогим и простым в использовании оборудованием. Это позволяет работать на нем без прохождения специального длительного обучения.

На базе Технопарка проходит обучение студентов вуза. Занятия проходят по два часа, два раза в неделю. Со студентами занимаются сотрудники и преподаватели вуза. Программа обучения составлена так что, пройдя её, студент сможет сам создать своего робота. После успешного обучения по программе студент переходит к индивидуальной или командной проектной работе.

Для приобретения навыков работы, в рамках Технопарка, с управляемыми объектами предлагается выполнить ряд лабораторных работ, направленных на проектирование и конструирование моделей мобильных устройств [1].

Технология 3D-печати уже сегодня способствует трансформации таких отраслей, как авиация, логистика, биомедицина и автомобильная промышленность.

3D-принтер преобразует цифровой дизайн, разработанный с программным обеспечением для компьютерного проектирования (CAD) в физический объект. Используя компьютерное моделирование, цифровая модель разрабатывается и подается в 3D -принтер с помощью программного обеспечения. Объект, смоделированный с использованием CAD и 3D -печатных результатов, обеспечивает высокую точность измерений. Кроме того, гибкость 3D -печати перед печатью модели даже может быть проверена на наличие ошибок и исправлена [6].

Arduino UNO -эта платформа с открытым исходным кодом, используется для создания проектов электроники. Arduino состоит из оборудования и программного обеспечения микроконтроллера. Микроконтроллер представляет собой программируемую печатную плату, а программная среда IDE (Integrated Development Environment) используется для написания компьютерной логики на микроконтроллере. В отличие от большинства предыдущих программируемых печатных плат. Arduino не нуждается в отдельном оборудовании для загрузки нового кода на плате. Коды можно загружать с помощью USB-кабеля. Arduino также использует упрощенную версию C -Н-, которая упрощает программирование. Arduino нарушает необходимость всей сложной конфигурации электронных компонентов в более простой и легкодоступный пакет [7].

Лабораторные работы

"Мигающий светодиод". Происходит знакомство с платформой Arduino, описанием основными командами программного кода (скетча). Эта лабораторная работа позволяет освоить программный интерфейс компьютер - Arduino, научиться загружать программный код (скетчи) на платформу Arduino. Выучить назначение и синтаксис команд pinMode(), digitalWrite(), delay(), оформления функций setup() и loop()

Бегущий огонь. В данной лабораторной работе студент продолжит работу со светодиодами, но количество светодиодов увеличится до 5. Нужно будет собрать схему (рис. 1) и написать код программы. Светодиоды должны по очереди загораться и гаснуть, образуя эффект бегущего огня. Для управления светодиодами будем использовать работу с портами Arduino. В дальнейшем студент научится управлению задержкой светодиода: управлению интенсивностью светодиода.

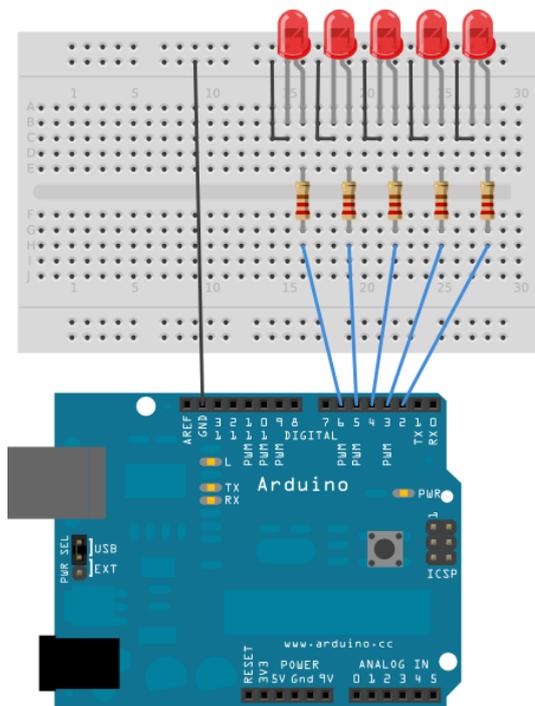


Рис. 1. Схема лабораторной работы «Бегущий огонь»

Взаимодействие с кнопкой. Подключение к нашей схеме со светодиодами кнопки позволит добавить интерактивности. По нажатию кнопки будет срабатывать по очереди то один, то другой светодиод.

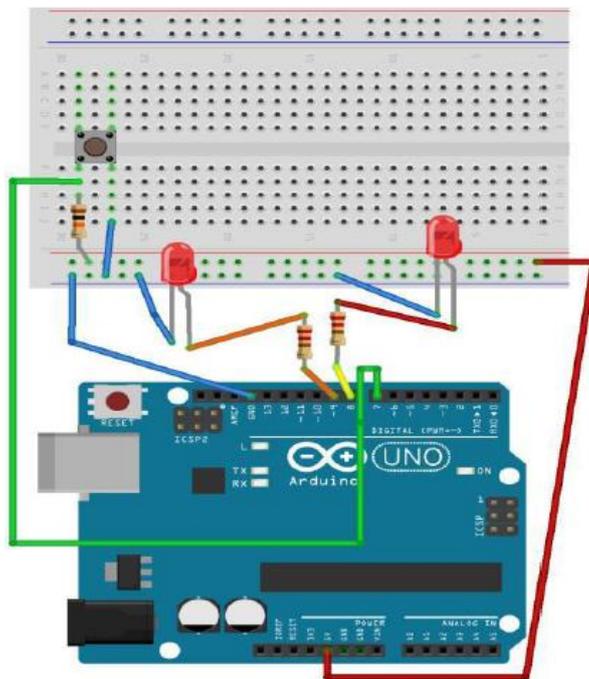


Рис. 2. Схема подключения кнопки

Ночник. Почти все в реальном мире не цифровое, а аналоговое. Поэтому для того чтобы управлять чем-либо с помощью микроконтроллера, мы должны преобразовывать аналоговые данные реального мира в цифровую форму, которую понимает контроллер. Это можно сделать с помощью аналого-цифрового преобразователя.

Например, если Вы должны измерить температуру Вам будет нужен датчик, для того, чтобы преобразовать измеряемую температуру в напряжение, и АЦП, чтобы преобразовать полученное напряжение в цифровое значение.

Соберём простую схему для определения уровня освещения

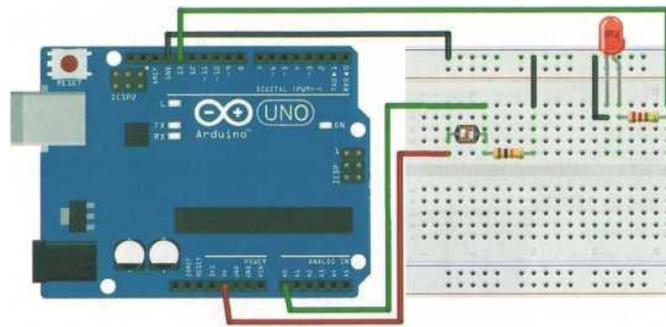


Рис. 3. Схема подключения модели Arduino с фоторезистором

Усилия по цифровизации приводят к созданию нового общества, где активно развивается человеческий капитал – знания и навыки будущего воспитываются с самых юных лет, повышаются эффективность и скорость работы бизнеса за счет автоматизации и других новых технологий.

Arduino является наиболее удобным для использования в учебных и научно-технических целях. Задачи Arduino огромны и предполагают создание автономных интерактивных объектов также для подключения их к программному обеспечению. Возможно его использование во всех областях электроники, где требуется управление системой по заданному алгоритму с возможностью реагирования на внешние сигналы. Также он может применяться для измерения физических величин совместно с датчиками.

На данный момент представленный комплект лабораторных работ разработан для Парка инновационных технологий и отражает все возможности платы, которые в дальнейшем пригодятся в производстве и настройке различной аппаратуры.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Abdulgaliimov G.L. A new model of Russian professional education. World Applied Sciences Journal. 2013. T.27. № 7. С. 826-829.
- [2] Абдулгалимов Г.Л., Казагачев В.Н., Гулюта А.А. Всеобщее обучение будущих инженеров робототехнике – вложение в конкурентоспособное будущее нашей страны. Журнал Высшее образование в России. №6. 2015.
- [3] Абдулгалимов Г.Л., Гулюта А.А., Казагачев В.Н. Профессиональная подготовка будущего учителя информатики к преподаванию робототехники. Успехи современной науки и образования, №12, Том 2, 2016 год, с.29-30
- [4] Бугаев А.С. Лабораторные работы на Arduino для центра научно-технического творчества студентов.
- [5] Государственная Программа "Цифровой Казахстан. Утверждена постановлением Правительства Республики Казахстан от 12 декабря 2017 года № 827.
- [6] R.Borjas and W.Flores, "Developing a Human Prosthesis using a 3D printer in Honduras," in IEEE Thirty Fifth Central American and Panama Convention (CONCAPAN XXX), Tegucigalpa, 2015.
- [7] J.T.Belter, J.L.Segil, A.M.Dollar and W.F.Richard, "Mechanical design and performance specifications of anthropomorphic prosthetic hands: A review," "Journal of Rehabilitation Research & Development, vol. 50, no. 5, pp. 599-618, 2016.
- [8] Patricia Mellodge. Proceedings of the 18th ACM conference on Innovation and technology in computer science education. Pages 338-338, Canterbury, England, UK — July 01 - 03, 2013.
- [9] Eric Rosenbaum, Evelyn Eastmond, David Mellis. Empowering programmability for tangibles. Proceedings of the fourth international conference on Tangible, embedded, and embodied interaction. Pages 357-360. Cambridge, Massachusetts, USA — January 24 - 27, 2010.
- [10] David Sirkin, Nikolas Martelaro, Wendy Ju. Make This!: Introduction to Electronics Prototyping Using Arduino. Extended Abstracts of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. Paper No. C16, Montreal QC, Canada — April 21 - 26, 2018.
- [11] Jorge Guerra, Armando Fermin Perez. Alignment of Undergraduate Curriculum for Learning IoT in a Computer Science Faculty. Proceedings of the 2017 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education. Pages 362-362. Bologna, Italy — July 03 - 05, 2017
- [12] D. Saravanan, K. Dhivakar, T. Vignesh, V. Visvashwarr, K. Prem Kumar, I. Arun. Outpass Generation with Raspberry Pi Using Arbian Operating System. Proceedings of the 2015 International Conference on Advanced Research in Computer Science Engineering & Technology (ICARCSET 2015). Article No. 30, Unnao, India — March 06 - 07, 2015.
- [13] Riccardo Rigo, Charlotte Kortbeek, Cristian Grama, Denis Laure. Tommy Blocks: a modern redesign of the classical children's building blocks. Proceedings of the TEI '16: Tenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction. Pages 738-742, Eindhoven, Netherlands — February 14 - 17, 2016.

Бикешев А.З, Казагачев В.Н.

Зертханалық жұмыс arduino студенттері үшін " инновациялық технологиялар паркінде

Түйіндеме: мақалада қаралды оқыту студенттер мен оқушылардың практикалық жұмыс істеу дағдысына Arduino платформасы.

Түйін сөздер: бағдарламалау, зертханалық жұмыстар, Arduino.

Bekeyashev A. Z, Kazagachev V. N.

Laboratory researches using arduino for the students in innovation technology park

Summary: the article deals with the training of students and schoolchildren in practical skills of working with the Arduino platform.

Keywords: programming, laboratory works, Arduino, 3D printer.

УДК 604.4:582.28

A.K. Sagyntayeva, R. Adyrbaykyzy
(Satpaev University, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: Sagyntayeva.araika@mail.ru)

THE CULTIVATION TECHNOLOGY OF OYSTER MUSHROOM

Abstract. The article deals with the technology of cultivation of oyster mushrooms. Two main methods of oyster mushroom cultivation are analyzed-oyster mushroom cultivation in natural conditions on natural substrate and year-round oyster mushroom cultivation in specially equipped premises on lignocellulosic substrates. Changes in the composition of lignocellulosic complex of substrates during cultivation were studied.

Keywords: Biotechnology, oyster mushroom, a complex lignocellulosic substrates

A.K. Сагінтаева, Р. Адырбайқызы
(Satbayev University, Қазақстан, Алматы, Республика Қазақстан,
Sagyntayeva.araika@mail.ru)

ТЕХНОЛОГИИ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ВЕШЕНКИ

Аннотация. Рассмотрены технологии культивирования вешенки. Проанализированы два основных способа - выращивание вешенки в естественных условиях на природном субстрате и круглогодичное в специально оборудованных помещениях на лигноцеллюлозных субстратах. Изучен изменение состава лигноцеллюлозного комплекса субстратов в процессе культивации.

Ключевые слова: Биотехнология, вешенка, лигноцеллюлозный комплекс субстратов.

Промышленное культивирование съедобных грибов за последние десятилетия превратилось в мощную индустрию, соединяющую традиционные черты сельского хозяйства и современной биотехнологии. В мире ежегодно выращивается более 5 млн. т грибов. Гриб вешенка сравнительно недавно стал культивироваться промышленным способом, но уже вышел по объему производства на второе место после шампиньона, что составляет более 900 тыс. т в год.

Вешенка один из наиболее быстро растущих съедобных грибов, при этом она обладает удивительно эффективной способностью конвертировать питательный субстрат в биомассу плодовых тел. Вешенка адаптирована к широкому спектру растительных субстратов, способна конкурировать с посторонней микрофлорой, устойчива к болезням, имеет высокую продуктивность и короткий цикл развития. Выращиванием вешенки занимаются сотни тысяч фермеров по всему миру. В Казахстане производство вешенки пока находится в стадии становления, однако, перспективы разветвления этой грибной индустрии очень большие.

Культивирование вешенки - безотходное производство. Это пример экологической технологии, которая обеспечивает эффективную утилизацию субстратов, засоряющих и загрязняющих окружающую среду. Использование в качестве сырья для культивирования вешенки малоценных, свободных, местных, восполняемых ресурсов (отходов), позволяет получать ценный, белковый, деликатесный, пищевой продукт (грибы), а отработанный субстрат применять как органическое удобрение для открытого и закрытого грунта (микоудобрение), как субстрат для вермикультуры (микосубстрат) или как питательную добавку в корма с/х животным (микокорм).

Технологии культивирования вешенки

Есть два основных способа культивирования вешенки:

Первый способ - это выращивание вешенки в естественных условиях на природном субстрате - древесине, преимущественно лиственных пород деревьев. Эту технологию называют природной или экстенсивной. Она не дает серьезных коммерческих результатов, но может использоваться для любительского выращивания на приусадебных участках. Используют свежеспиленную древесину, которую распиливают на чурбаки. Чурбаки или оставшиеся после рубки пни инокулируют мицелием вешенки. Развитие вешенки в древесине происходит медленно и занимает 2 - 3 месяца. Плодоношение в умеренном климате происходит весной и осенью в течение нескольких лет. Урожай грибов за все время плодоношения не превышает 10 - 15% от массы древесины и в сильной степени зависит от природных условий.

Второй способ - круглогодичное выращивание вешенки в специально оборудованных помещениях на лигноцеллюлозных субстратах. Это - интенсивная технология, дающая хороший коммерческий выход. В качестве субстрата для культивирования вешенки по интенсивной технологии используют как природный древесный субстрат (щепа, опилки, измельченная кора), так и разнообразные отходы сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности (солома зерновых культур, стебли с/х культур, шелуха и лузга семян, отходы хлопка, чая, табака, винограда и т.п.).

Лигноцеллюлозные субстраты подвергают термической обработке для уничтожения конкурентных микроорганизмов и вредителей и затем инокулируют посевным мицелием вешенки. Развитие мицелия вешенки в субстрате продолжается 2-3 недели. Затем наступает плодоношение, которое проходит в виде 2-х - 3-х волн урожая. Весь цикл культивирования занимает 60 - 70 суток. Выход грибов составляет 20 - 25% от массы влажного субстрата. Культивирование вешенки проводят в специальных помещениях, оборудованных системами поддержания микроклимата (термостатирование, освещение, вентиляция, увлажнение). Успех работы грибной фермы во многом зависит от оборудования, планировки помещений, соблюдения технологических режимов и санитарно-гигиенических мероприятий.

Интенсивная технология подразделяется по методам подготовки субстрата на стерильную и нестерильную, а по уровню механизации процессов на мануфактурную (частичная механизация) и индустриальную (полная механизация).

Состав лигноцеллюлозного комплекса субстратов

Лигноцеллюлозный комплекс растительного субстрата состоит из трех основных компонентов: целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина. Соотношение компонентов отличается в разных субстратах (таблица 1).

Таблица 1. Состав лигноцеллюлозного комплекса растительного субстрата, %

Субстрат	Целлюлоза	Гемицеллюлоза	Лигнин
Древесина	35-55	20-30	20-30
Солома	30-40	20-30	6-20
Кукурузные кочерыжки	25-35	25-35	6-18
Лузга подсолнечника	23-30	18-25	20-30
Костра льна	26-35	18-22	25-33

Легче всего деградации подвержена гемицеллюлоза, состоящая из таких мономеров как ксилоза (ксилан), арабиноза (арабан) и манноза (маннан). Комплекс специфичных для этого субстрата ферментов расщепляет полисахариды на олигомеры, а затем на мономеры-сахара. Целлюлоза состоит из мономера глюкозы и плотно упакована в микротрубочки, которые также расщепляются комплексом ферментов-целлюлаз: С₁ - ферменты разрыхляют микрофибриллы, С₂ - ферменты образуют олигомеры, а глюкозидоза (целлобиаза) отщепляет моносахара. Наиболее устойчив к ферментативному разрушению лигнин, состоящий из различных фенольных мономеров, которые могут соединяться также различным образом. Деградация лигнина происходит под действием ферментов полифенолоксидаз: пероксидазы, лакказы, тирозиназы и других.

Вешенка относится к грибам "белой гнили", которые способны к деструкции, как целлюлозы, так и лигнина. Наибольшая активность лакказы вешенки наблюдается на 6 - 8 сутки прорастания мицелия в субстрате, что соответствует окончанию фазы колонизации и началу фазы освоения субстрата (рис. 1). В это же время наблюдается и пик целлюлазной активности.

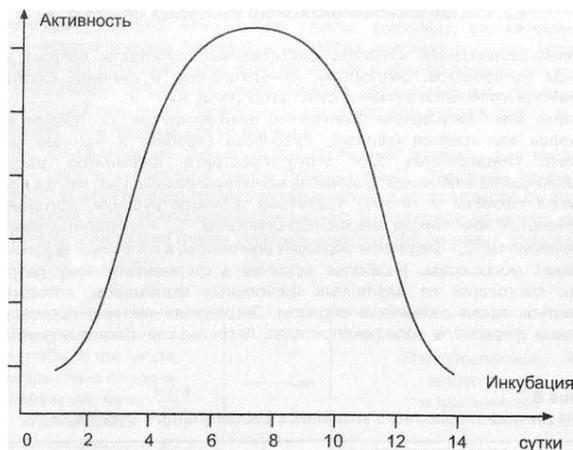


Рис. 1. Активность лакказы и целлюлазы в соломистом субстрате.

Изменение состава лигноцеллюлозного комплекса субстратов в процессе культивации.

Вешенка является активным деструктором лигноцеллюлозного комплекса субстратов. В процессе ферментативного разрушения комплекса происходит биодеградация лигнина, целлюлозы и гемицеллюлозы.

Степень деструкции лигноцеллюлозного комплекса зависит от длительности процесса культивации вешенки и количества снимаемых волн плодоношения. С каждой новой волной плодоношения питательность субстрата снижается, уменьшается его влагосодержание и происходит накопление самоингибиторов роста и плодоношения. Состав субстрата в процессе культивации существенно изменяется. Около 40 - 60% сухого вещества субстрата уходит с углекислым газом и "биологической водой", образующейся при гидролизе полисахаридов и "сгорании" сахаров в процессе дыхания. Около 10% сухой массы субстрата переходит в плодовые тела вешенки, 30 - 50% первоначальной массы остается в виде отработанного субстрата. Отношение С/Ы меняется от 100/1 к 30-50/1. Субстрат относительно обогащается неорганическими компонентами (зола), азотистыми веществами (аминокислоты) и различными продуктами жизнедеятельности вешенки. Относительные пропорции лигнина, целлюлозы и гемицеллюлозы остаются в субстрате примерно такими же, как в начале культивации, хотя их абсолютное содержание снижается на 30 - 70%. Тем не менее, потенциал субстрата используется не полностью. Если субстрат замочить в воде на ночь и таким образом вымыть ингибиторы плодоношения и повысить влагосодержание, можно получить еще дополнительно одну хорошую волну плодоношения, а иногда и две волны.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Алексеева К.Л. Научные основы культивирования и защиты съедобных грибов от вредителей и болезней. - Автореф. дисс. доктора с.-х. наук. -06.01.06, 06.01.11.-М., 2002, - 46 с.
- [2] Алексеева К.Л. Требования гриба вешенки к качеству субстратов и условиям культивирования. // Гавриш. 2002. - №6. с. 31-33.
- [3] Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970.-487 с.
- [4] Бисько Н.А., Дудка И.А. Биология и культивирование съедобных грибов. - Киев. Наукова думка. - 1987. - 148 с.
- [5] Большая грибная энциклопедия /авт.-сост. А.И. Морозов. - М.:АСТ; Донецк: Сталкер, 2005.-479 с.:16л.ил.
- [6] Голынкин, В.А. Основы биотехнологии высших грибов // Учебное пособие. 2007. 336с.
- [7] V/79. Тищенко, А.Д. Культивирование вешенки в Юго-Восточной Азии / А.Д. Тищенко // Школа грибоводства. 2004. - № 4 (28). - С. 34-36. 8. Тищенко, А.Д. Повышение урожайности вешенки путем оптимизации состава субстрата / А.Д. Тищенко // Школа грибоводства. -2003.-№5.-С. 16-17.
- [8] Микаэлян, Г.А. Основы оптимального проектирования производственных процессов в овощеводстве / Г.А.Микаэлян, Р.Дж. Нурметов // М.: 2005. С. 55.
- [9] Морозов, А.И. Разведение грибов. Мицелий / А.И.Морозов // АСТ. 2007. 43 с.
- [10] Партии Д.С. Обоснование условий выращивания и системы защиты вешенки обыкновенной при промышленном производстве. // Москва, 2006. 145 с.

- [11] П.Баранова, С.В. Производство коммерческого мицелия съедобных грибов на виноградной выжимке / С.В.Баранова, Т.К.Скорикова, и др// Изд во «Путь», 1991.
- [12] Белицкий, И.В. Посевной мицелий съедобных и лекарственных ксилотрофных грибов: технологии выращивания и критерии качества / И.В.Белицкий, Л.М.Краснопольская // Гавриш. 2000. - №3. - С. 11
- [13] Голынкин, В.А. Основы биотехнологии высших грибов // Учебное пособие. 2007. 336с.
- [14] Камзолкина, О.В. Микроморфологические особенности штаммов *Pleurotus pulmonarius* (FR.) Guel. и *P. Ostreatus.*, культивируемых отдельно и совместно с дрожжами / О.В.Камзолкина, А.Н.Гришанина и др. //Цитология. 2006. -N2. - Том 48. - С. - 153 - 160.

Сагинтаева А.К., Адырбайқызы Р.

Вешенканы культивирлеу технологиялары

Түйіндеме. Мақалада вешенканы культивирлеу технологиясы қарастырылған. Вешенканы культивирлеудің екі негізгі әдісі талданылды –табиғи жағдайда табиғи субстратта вешенканы өсіру және арнайы жабдықталған орында лигноцеллюлозды субстратта жыл бойы вешенканы өсіру. Культивация процесі кезінде субстраттардың лигноцеллюлозды кешені құрамы өзгергендігі анықталды.

Түйін сөздер: Биотехнология, вешенка, субстраттардың лигноцеллюлозды кешені.

Sagyntayeva A.K., Adyrbaykyzy R.

The cultivation technology of oyster mushroom

Summary. The article deals with the technology of cultivation of oyster mushrooms. Two main methods of oyster mushroom cultivation are analyzed–oyster mushroom cultivation in natural conditions on natural substrate and year-round oyster mushroom cultivation in specially equipped premises on lignocellulosic substrates. Changes in the composition of lignocellulosic complex of substrates during cultivation were studied.

Keywords: Biotechnology, oyster mushroom, a complex lignocellulosic substrates.

УДК 669.15-198

¹**B.S. Kelamanov**, ²**E.U. Zhumagaliev**, ³**A.M. Akuov**, ⁴**A.A. Abilberikova**
 (^{1,3,4}Aktobe Regional State University named after K. Zhubanov, Aktobe, Kazakhstan
²S.Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Astana, Kazakhstan
 e-mail: erlan_zhumagalie@mail.ru)

THERMODYNAMIC-DIAGRAM ANALYSIS OF Mn-Fe-Si-C SYSTEM

Abstract. The results of calculation of the thermodynamic parameters of the compounds formed between the components of the system are given in this article. With the help of them, a complete thermodynamic-diagram analysis of the Fe-Si-Mn-C system was carried out taking into account congruent compounds. According to these data, the tetrahedral system is constructed with metastable compounds taken into account. As a result, it is established that this system consists of 9 elementary tetrahedrons. The sum of the relative volumes of elementary tetrahedrons is equal to unity (1.00000), which confirms the correctness of the tetrahedron performed.

Key words: ferrosilicomanganese, thermodynamic-diagram analysis, triangulation, tetrahedron.

Б. С. Келаманов¹, Е. У. Жумағалиев², А. М. Акуов³, А.А. Абилберикова⁴
 (^{1,3,4,5}Ақтөбінский региональный государственный университет имени К. Жубанова,
 Ақтөбе, Қазақстан
²Қазақский Агротехнический университет им.С.Сейфуллина, Астана, Қазақстан)

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИ-ДИАГРАММНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМЫ Mn-Fe-Si-C

Аннотация. В статье приведены результаты расчета термодинамических параметров соединений, образующихся между компонентами системы: энтропии соединений ΔS_{298}^0 определены усовершенствованным методом Герца; расчет теплоемкости твердых веществ проведен по теории Дебая; характеристические температуры элементов для конкретного соединения определены по формуле Корефа; изохорная теплоемкость элементов определены с использованием функции Дебая; переход из изохорной теплоемкости в изобарную осуществлен при помощи уравнения Нернста-Линдемана. С их помощью проведен полный термодинамически-диаграммный анализ системы Fe-Si-Mn-C с учетом конгруэнтных соединений. В результате установлено, что данная система состоит из 9 элементарных тетраэдров. Сумма относительных объемов элементарных тетраэдров равна единице (1,00000), что подтверждает верность проведенной тетраэдрации.

Ключевые слова: ферросиликомарганец, термодинамический-диаграммный анализ, триангуляция, тетраэдрация.

Введение. Альтернативой классическому термодинамическому исследованию процессов в металлургии является метод анализа геометрической термодинамики – термодинамически-диаграммный анализ. Этот метод особо эффективен в плане приложения к металлургической технологии, поскольку позволяет выявить особенности фазового строения вовлекаемых в металлургический передел сырьевых материалов, изменение их состава по мере восстановления и состояния получаемых из них конечных продуктов. При этом конечным результатом таких исследований является диаграмма фазового строения отдельно взятой системы, наиболее близкой к составам соответствующей металлургической продукции. По этой диаграмме можно наглядно проследить эволюцию фазовых превращений в металлических системах и прогнозировать их конечное состояние.

В работе рассматривается возможность построения диаграммы для системы Fe-Si-Mn-C, характеризующей составы ферросиликомарганца различных марок.

Методы. Для проведения триангуляции этой металлической системы возникает необходимость в определении значений энергии Гиббса (ΔG_{298}) всех соединений, образующихся между компонентами системы. В справочных данных значений ΔG_{298} для практически многих соединений отсутствуют.

Значение стандартной энергии Гиббса любого соединения при любой температуре можно определить, используя известное уравнение Гиббса-Гельмгольца при известном ΔH_T^0 и ΔS_T^0 (индекс Т указывает на температурную зависимость):

$$\Delta G_T^0 = \Delta H_T^0 - T\Delta S_T^0 \quad (1)$$

Поскольку для многих соединений системы не имеются не только значения ΔS_{298}^0 , но и сведения об их теплоемкости как в твердом, так и в жидком состояниях в работе поставлена задача построения диаграммы фазового строения системы Fe-Mn-Si-C только при стандартной температуре (298 К).

Для определения значений ΔS_{298}^0 соединений, для которых в справочниках отсутствуют данные, применили метод Герца [1], по которому стандартную энтропию элементов можно найти по формуле:

$$S_{298}^0 = K_G \cdot (M/C_{p,298})^{1/3} \cdot m \quad (2)$$

где K_G – постоянная Герца (20,5); M – молекулярная масса; $C_{p,298}$ – молярная теплоемкость при 298 К; m – число атомов в соединении.

В связи с тем, что метод Герца с фиксированным значением $K_G=20,5$ не позволяет получать высокую точность, авторы [1] усовершенствовали ее и установили, что имеется хорошая зависимость между средними значениями K_G и M_a (молярной массой) элемента, являющегося в соединении анионами:

$$K_G = 33,5 \cdot \frac{x^2 \cdot e^x}{M_a}, \quad (3)$$

где $x = 42,4/M_a$

Это уравнение удобнее тем, что в нем отсутствует теплоемкость.

Расчет теплоемкости твердых веществ проводили по теории Дебая [1]. Необходимыми источниками для расчета по этой теории являются дебаевские характеристические температуры элементов, входящие в состав химического соединения и $T_{пл}$ этих элементов и самого соединения.

Из таблицы 1 находим исходные данные для расчета и определяем характеристические температуры элементов для конкретного соединения по формуле Корефа [1]:

$$Q_D = Q_D \sqrt{T_{пл} / T_{пл}} \quad (4)$$

где $T_{пл}$ и $T_{пл}$ – температуры плавления соединения и элемента, соответственно.

Таблица 1. Температуры плавления ($T_{пл}$) и характеристические температуры (Q_D) веществ в кристаллическом состоянии

Элемент	$T_{пл}$, К	Q_D , К
Mn	1517	400
Fe	1808	373
C	3780	1860
Si	1700	689

Затем находим изохорную теплоемкость элементов с использованием функции Дебая и суммируем их. Переход из изохорной теплоемкости в изобарную осуществляется при помощи уравнения Нернста-Линдемана [1]:

$$C_p = C_v + 0,0051 \cdot T \cdot C_p^2 / T_{пл} \quad (5)$$

Полученные в результате расчета все термодинамические параметры соединений в системе Fe-Si-Mn-C приведены в таблице 2.

Таблица 2. **Результаты расчета термодинамических параметров**

Соединения	ΔG_{298}	ΔH_{298}	ΔS_{298}	$C_{p,298}$
	кДж/моль			
Mn ₇ C ₃	-83,511	-91,130	239	235,8
Fe ₃ C	18,4119	25,104	108	106
MnSi	-74,735	-78	41,7	45,9
Mn ₅ Si ₃	-322,85	-40,7	-40,7	24,85
Fe ₂ Si	-82,88	-	-	-
FeSi ₂	-73,2911	-	-	-
FeSi	-76,5798	-77	46	48,5

Результаты. По данным работы [2], в системе Mn-Fe-C обнаружено два двойных соединений – Fe₃C и Mn₇C₃. Эти соединения плавятся конгруэнтно при 1252 и 1340°C, соответственно. В результате проведения триангуляции системы Mn-Fe-C был построен треугольник (рис.1). С учетом этих двух сложных соединений и без учета инконгурэнтных соединений образуются 3 области (Mn-Fe-Mn₇C₃; Fe-Mn₇C₃-Fe₃C; Mn₇C₃-Fe₃C-C).

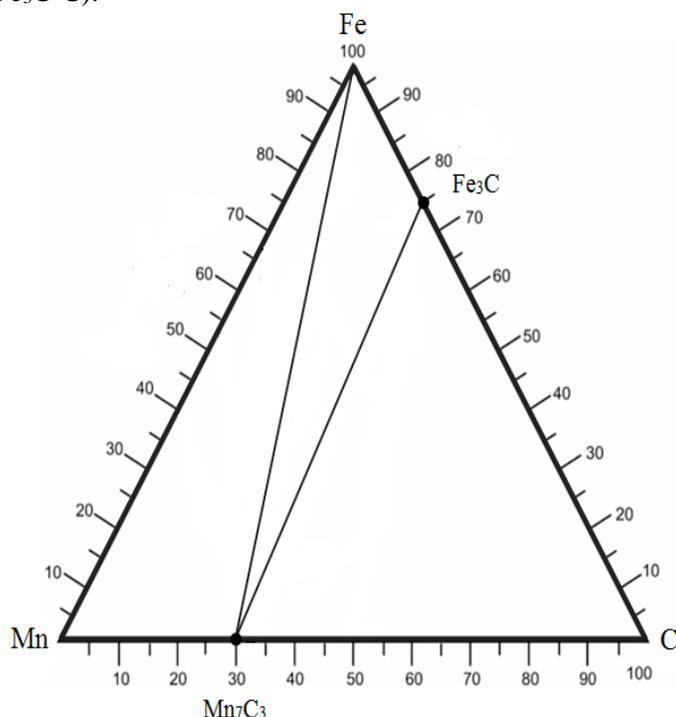


Рис. 1. Система Mn-Fe-C

По результатам работы [2], в системе Fe-Si-C имеются четыре двойных соединения – Fe₂Si, FeSi, FeSi₂ и Fe₃C. Эти соединения плавятся конгруэнтно при 1212, 1410, 1220 и 1252 соответственно. При проведении триангуляции данной системы был построен треугольник, без учета инконгурэнтных соединений (рис.2) образовались 5 областей (Fe-Fe₃C-Fe₂Si; Fe₃C-Fe₂Si-FeSi; FeSi-Fe₃C-C; FeSi-C-FeSi₂; FeSi₂-C-Si).

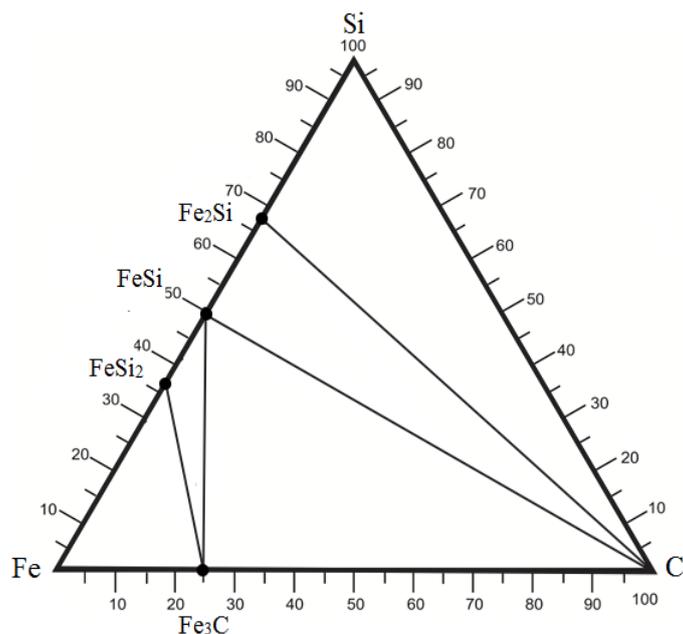


Рис. 2. Система Fe-Si-C

В системе Mn-Si-Fe обнаружено пять двойных соединений – Mn_5Si_3 , MnSi, FeSi₂, FeSi, и Fe₂Si. Эти соединения плавятся конгруэнтно при 1238, 1270, 1220, 1410 и 1212°C соответственно. В результате проведения триангуляции системы Mn-Si-Fe, без учета инконгруэнтных соединений (рис.3) образовались 6 областей (Mn-Mn₅Si₃-Fe; Mn₅Si₃-Fe-MnSi; Fe-MnSi-Fe₂Si; Fe₂Si-FeSi-MnSi; FeSi-MnSi-FeSi₂; MnSi-FeSi₂-Si).

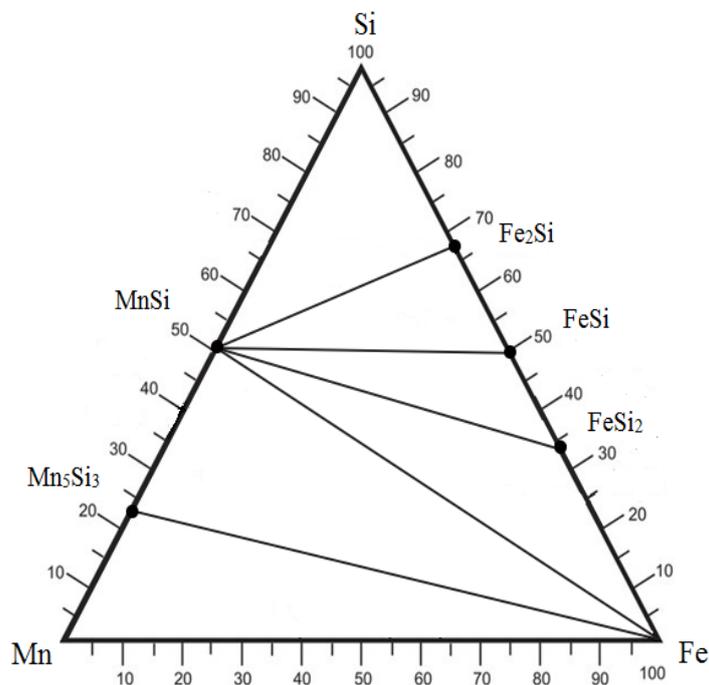


Рис. 3. Система Mn-Si-Fe

По данным работ [2-4], в системе Mn-Si-C имеются три двойных соединения – MnSi, Mn₅Si, и Mn₇C₃. Эти соединения плавятся конгруэнтно при 1270, 1238, и 1340 соответственно. При проведении триангуляции системы Mn-Si-C (рис.4) образовались 4 области (Mn-Mn₇C₃-Mn₅Si₃; Mn₅Si₃-Mn₇C₃-C; Mn₅Si₃-C-MnSi; MnSi-C-Si).

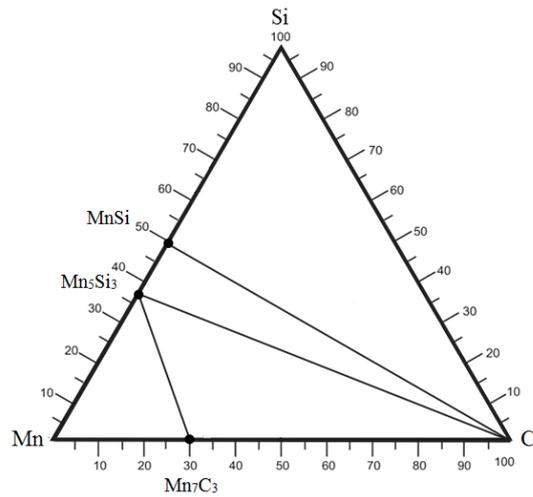


Рис. 4. Система Mn-Si-C

Принятые координаты (на основе массовой доли *1000) конгруэнтных соединений системы Fe-Mn-Si-C, используемых в дальнейшем при изучении их полей кристаллизации, приведены в таблице 3. В системе образуются 11 простых и сложных соединений.

Таблица 3. Конгруэнтные и инконгруэнтные металлические соединения в системе Fe-Mn-Si-C и их координаты на четверном концентрационном симплексе (тетраэдре)

№ п/п	Соединения	Координаты на основе массового состава			
		Fe	Mn	Si	C
1.	Fe	1000	0	0	0
2.	Mn	0	1000	0	0
3.	Si	0	0	1000	0
4.	C	0	0	0	1000
5.	Mn ₇ C ₃	0	914	0	086
6.	MnSi	0	663	337	0
7.	Mn ₅ Si ₃	0	766	234	0
8.	Fe ₃ C	933	0	0	67
9.	FeSi ₂	500	0	500	0
10.	FeSi	667	0	333	0
11.	Fe ₂ Si	800	0	200	0

На рисунке 5 приведен общий вид анализируемой системы с учетом метастабильных соединений.

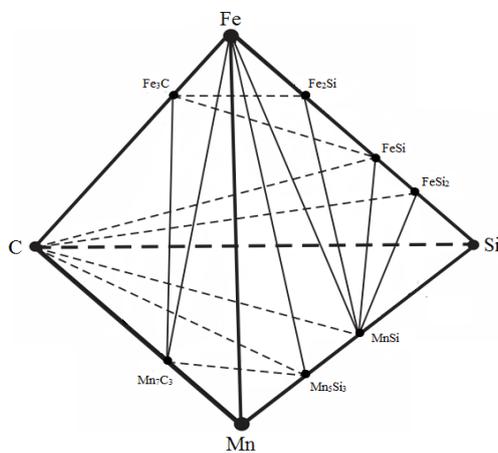


Рис. 5. Тетраэдрация металлической системы Fe-Si-Mn-C

Система состоит из 9 элементарных тетраэдров, в скобках приводятся их объемы:

1. C-FeSi ₂ -Si-MnSi	(0,331500)
2. FeSi-C-FeSi ₂ -MnSi	(0,110721)
3. FeSi-C-Fe ₃ C-MnSi	(0,205987)
4. Mn ₇ C ₃ -Fe-Fe ₃ C-MnSi	(0,287381)
5. Mn ₇ C ₃ -Fe-Fe ₃ C-MnSi	(0,020637)
6. Fe ₂ Si-Fe-Fe ₃ C-MnSi	(0,008884)
7. Fe ₂ Si-FeSi-Fe ₃ C-MnSi	(0,005908)
8. Fe-MnSi-Mn ₅ Si ₃ -Mn ₇ C ₃	(0,008858)
9. Fe-Mn-Mn ₅ Si ₃ -Mn ₇ C ₃	(0,020124)

Разбивка общей системы осуществлена с учетом конгруэнтных соединений. Сумма относительных объемов элементарных тетраэдров равна единице (1,000000), что подтверждает верность проведенной тетраэдрации [5].

Обсуждение.

Таким образом, приведенные сведения и результаты проведенных расчетов подтверждают достоверность тетраэдрации диаграммы фазового строения металлической системы Fe-Si-Mn-C. Это впоследствии позволит определить фазовый состав металлических продуктов при выплавке различных марок ферросиликомарганца и предельные остаточные содержания в них кремния и марганца при одновременном использовании последних в процессах восстановления марганца из марганцевой руды и богатого марганцевого шлака.

1. Определены термодинамические параметры соединений, образующихся между компонентами системы: энтропии соединений ΔS_{298}^0 определены усовершенствованным методом Герца; расчет теплоемкости твердых веществ проведен по теории Дебая; характеристические температуры элементов для конкретного соединения определены по формуле Корефа; изохорная теплоемкость элементов определены с использованием функции Дебая; переход из изохорной теплоемкости в изобарную осуществлен при помощи уравнения Нернста-Линдемана.

2. С их помощью проведен полный термодинамически-диаграммный анализ системы Fe-Si-Mn-C с учетом конгруэнтных соединений: в результате проведения триангуляции системы Mn-Fe-C построен треугольник, состоящий из 3 областей (Mn-Fe-Mn₇C₃; Fe-Mn₇C₃-Fe₃C; Mn₇C₃-Fe₃C-C); в системе Fe-Si-C образовались 5 области (Fe-Fe₃C-Fe₂Si; Fe₃C-Fe₂Si-FeSi; FeSi-Fe₃C-C; FeSi-C-FeSi₂; FeSi₂-C-Si); в системе Mn-Si-Fe образовались 6 области (Mn-Mn₅Si₃-Fe; Mn₅Si₃-Fe-MnSi; Fe-MnSi-Fe₂Si; Fe₂Si-FeSi-MnSi; FeSi-MnSi-FeSi₂; MnSi-FeSi₂-Si); в системе Mn-Si-C образовались 4 области (Mn-Mn₇C₃-Mn₅Si₃; Mn₅Si₃-Mn₇C₃-C; Mn₅Si₃-C-MnSi; MnSi-C-Si).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Б.К. Касенов, М.К. Алдабергенов, А.С. Пашинкин, Ш.Б. Касенова, Г.Т. Балакеева, С.М. Адекенов. Методы прикладной термодинамики в химии и металлургии // Караганда: «Гласир», 2014. – 332 с.
- [2] Tanaka A. Activities of manganese in Mn-Fe-C, Mn-Si-C and Mn-Fe-Si-C melts at 1673-K. Transactions of the Japan institute of metals, 1980, V.21, P.: 27-33.
- [3] Lee Y.E. A thermodynamic assessment of liquid Mn-Si alloy. ISIJ International, 2012, V.52, I.9, P. 1539-1543.
- [4] Eom J.Y., Jang J.M., Paek M.K., Pak J.J. Nitrogen solubility in liquid Mn-Fe-Si-C alloys. Extraction and Processing Division Symposium on Pyrometallurgy in Honor of David G.C. Robertson, held at the 143rd TMS Annual Meeting & Exhibition, San Diego, CA., Feb. 16-20, 2014.
- [5] Жумагалиев Е.У. Полный термодинамически-диаграммный анализ системы Ti-Zr-Fe-C. Материалы международного научного журнала “Молодой ученый”, №8.2(112.2), - Казань, 2016. – С.36-38.

Келаманов Б. С., Жумагалиев Е. У., Самуратов Е. К., Акуов А. М., Абілберікова А. А.

Mn-Fe-Si-C жүйесінің термодинамикалық-диаграммалық талдануы

Түйіндеме. Мақалада жүйе компоненттерінің арасында түзілетін термодинамикалық параметрлерді есептеудің нәтижелері келтірілген. Олардың көмегімен Fe-Si-Mn-C жүйесінің конгруэнтті қосылыстары ескеріле отырып толық термодинамикалық-диаграммалық талдануы жүргізілді. Осы мәліметтер арқылы метатұрақты қосылыстар ескеріле отырып жүйенің тетраэдрациясы жасалынды. Нәтижесінде жүйе 9 қарапайым тетраэдрден тұратыны анықталды, олардың салыстырмалы көлемдерінің қосындысы 1-ге тең болды, бұл жүргізілген тетраэдрацияның дұрыстығын растайды.

Кілт сөздер: ферросиликомарганец, термодинамикалық-диаграммалық талдау, триангуляция, тетраэдрация

Kelamanov B.S., Zhumagaliev E.U., Samuratov E.K., Akuov A.M., Abilberikova A.A.

Thermodynamic-diagram analysis of Mn-Fe-Si-C system

Summary. The results of calculation of the thermodynamic parameters of the compounds formed between the components of the system are given in this article. With the help of them, a complete thermodynamic-diagram analysis of the Fe-Si-Mn-C system was carried out taking into account congruent compounds. According to these data, the tetrahedral system is constructed with metastable compounds taken into account. As a result, it is established that this system consists of 9 elementary tetrahedrons. The sum of the relative volumes of elementary tetrahedrons is equal to unity (1.00000), which confirms the correctness of the tetrahedron performed.

Key words: ferrosilicomanganese, thermodynamic-diagram analysis, triangulation, tetrahedron.

УДК 661.2: 678.046

S.A. Sakibayeva, A.Zh Suigenbayeva, P.A. Abdurazova, A. S. Serikov, Zh. K. Konysbek

**STUDY OF THE EFFECT OF MODIFIED ZEOLITE FILLER
ON THE RUBBER PROPERTIES**

Abstract. To obtain a product with improved or new properties in the process of rubber production, new components are introduced – modifiers that allow changing the properties of rubbers within a wide range. The results of the study of the influence of zeolite of the Chankanai field, modified gossypol resin on the properties of frame rubbers are presented. Studies have shown that partial replacement of scarce raw materials of white soot with modified zeolite of the Chankanai field allows to obtain rubbers with a satisfactory complex of physical and mechanical properties.

Key words: zeolite, modification, rubber compound, rubber, mixing, vulcanization

С.А. Сакибаева, А.Ж Суйгенбаева, П.А. Абдуразова, А. С. Сериков, Ж. К. Конысбек

(Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауезова,
Шымкент, Республика Казахстан, syaljo@mail.ru)

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МОДИФИЦИРОВАННОГО ЦЕОЛИТОВОГО
НАПОЛНИТЕЛЯ НА СВОЙСТВА РЕЗИН**

Аннотация. Для получения продукта с улучшенными или новыми свойствами в процессе производства резины вводят новые компоненты – модификаторы, позволяющие изменять свойства резин в широких пределах. Представлены результаты исследования влияния цеолита Чанканайского месторождения, модифицированного госсиполовой смолой на свойства каркасных резин. Исследования показали, что частичная замена дефицитного сырья белой сажи на модифицированный цеолит Чанканайского месторождения позволяет получить резины с удовлетворительным комплексом физико-механических показателей.

Ключевые слова: цеолит, модификация, резиновая смесь, резина, смешение, вулканизация

Введение. Создание конкурентоспособной отечественной технологии производства резиновых изделий на сегодняшний день является актуальной задачей. Одним из путей решения является поиск и создание новых импортозамещающих ингредиентов, позволяющих получить продукт с улучшенными или новыми свойствами на основе местного сырья.

Использование природных минеральных ресурсов как наполнителей резиновых смесей в настоящее время существенно возросло. Большой спектр работ по изучению влияния минеральных наполнителей на свойства резин свидетельствует о перспективности этого направления для повышения экономической эффективности и экологической безопасности, а также для улучшения выходных характеристик изделий на основе эластомеров.

В производстве эластомеров активные наполнители имеют весомое значение, введение их способствуют усилению прочностных и улучшению специфических свойств резиновых смесей и вулканизатов. Наиболее эффективными из них являются технический углерод и белая сажа. В связи с дороговизной белой сажи, энерго- и материалоемкости промышленных процессов ее получения на протяжении всего периода развития технологии эластомеров проводится поиск путей замены дорогостоящего ингредиентов на более дешевые материалы с сохранением необходимого комплекса свойств эластомерных композиций [1-3].

Одним из путей решения этой проблемы является использование местного природного минерального сырья цеолита, который может быть использован как модификатор и структурирующий агент, а также как агент, интенсифицирующий технологические процессы (активаторы и ускорители вулканизации, замедлители преждевременной вулканизации; наполнители, новые вулканизирующие вещества). Введение вулканизирующих систем на цеолитах позволит решать технологические проблемы, связанные со скоростным и высокоскоростным смешением, т.е. защитой резиновых смесей от подвулканизации [4].

Для получения продукта с улучшенными или новыми свойствами в процессе производства резины вводят новые компоненты – модификаторы, позволяющие изменять свойства резин в широких пределах. Использование поверхностно-активных веществ является одним из перспективных направлений в области модификации свойств резиновых смесей и резин, так как они, обладая комплексом специфических свойств, оказывают существенное влияние на всех стадиях переработки эластомеров. Так, например, применение поверхностно-активных веществ (ПАВ) позволяет менять топографию резиновых смесей, улучшать распределение и повышают растворимость трудно растворимых ингредиентов резиновых смесей, существенно влияют на релаксационные, физико-механические и динамические свойства резин.

Иногда ПАВ может выступать не только эффективным активатором процесса серной вулканизации, но и в качестве самостоятельного вулканизирующего агента. Качество резиновых изделий неразрывно связано с условиями формирования в процессе вулканизации оптимальной структуры пространственной сетки, позволяющей максимально реализовать необходимые свойства резин. Вулканизация каучука является сложным химическим процессом с большим количеством реагентов, характеризуется определенными закономерностями [3,4].

В связи с вышесказанным, целью данной работы являлось определение влияния цеолита, модифицированного госсиполовой смолой при частичной или полной замене белой сажи на физико-механические свойства эластомерных композиций на основе каучуков общего назначения. Исследования проводились на рецептах каркасных резиновых смесей. Каркасные резины, изолирующие нити корда друг от друга, должны обеспечивать хорошую прочность связи между элементами покрышки, обладать высокой усталостной выносливостью при многократных деформациях, малой жесткостью и высоким сопротивлением тепловому старению.

Ранее в работе [5] приведены результаты экспериментальных исследований по использованию синтезированного водорастворимого полимера ВРП «Госсфлок», госсиполовой смолы и волластонита взамен ПАВ в составе изолирующих композиций, модификатора –РУ и белой сажи и их промышленных испытаний. В качестве объекта исследований была выбрана каркасная резиновая смесь на основе каучуков СКИ-3 и СКМС-30. Госсиполовая смола, повышая уровень межфазного взаимодействия, увеличивает работоспособность дисперсных структур техуглерода в эластомерных композициях, при этом улучшается диспергирование в смеси, что способствует образованию более ответственной структуры к техническим показателям резин.

Госсиполовая смола богата замещенными полифенолами, жирными кислотами, триглицеридами, углеводородами, азосоединениями и другими соединениями, является эффективным модификатором комплексного действия. Перечисленные выше соединения, содержащиеся в составе госсиполовой смолы в комплексе с фосфорсодержащими модификаторами оказывает пластифицирующее действие в резиновых смесях. Также известно, что жирные кислоты и их производные, при введении их в резиновые смеси оказывают влияние на вулканизационные характеристики [6].

Это ценный помощник для растворения оксида цинка, применяемого как ускоритель активаторов, и, следовательно, ускорения процесса вулканизации, что позволяет регулировать продолжительность подвулканизации резиновых смесей [7].

Объекты и методы эксперимента. В качестве объекта явилась каркасная резиновая смесь на основе каучуков СКИ-3 и СКМС-30, в которых частично и полностью заменялась белая сажа на цеолит Чанканайского месторождения, модифицированный госсиполовой смолой (ЦМГС). Рецепт эталонной и исследуемых каркасных резиновых смесей приведен в таблице 1.

Таблица 1. Рецепт эталонной и исследуемых каркасных резиновых смесей

Наименование ингредиента	Масс. части на 100 масс. частей кауч.					
	эталонная		исследуемая			
СКИ-3	70,0		70,0			
СКМС-30	30,0		30,0			
Диспор (реагент РШТ)	20,0		20,0			
Сера техническая	1,9		1,9			
Сульфенамид «Ц»	0,8		0,8			
Тиазол –2МБС	0,2		0,2			
Ангидрид фталевый	0,3		0,3			
Модификатор –РУ			0,2			
Белила цинковые	4,0		4,0			
Кислота стеариновая	2,0		2,0			
Белая сажа	2,0	1,5	1,0	0,5	-	-
ЦМГС	-	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Канифоль сосновая ЭМ-3	1,0		1,0			
Смолы углеводородные	5,1		5,1			
Пластификатор нефтяной масло ПН-6Ш	4,0		4,0			
Битумы нефтяные специальной марки «Г», мягчитель АСМГ	5,1		5,1			
Диафен ФП	1,5		1,5			
Технический углерод П514	45,5		45,5			

Образцы резиновых смесей были приготовлены смешением на лабораторных вальцах при строгом соблюдении рецептуры и режима смешения. Затем, полученные образцы резиновых смесей были подвержены вулканизации в гидравлическом прессе. Для определения режима вулканизации были проведены реологические исследования полученных образцов резиновых смесей на реометре «Monsanto-100S».

К вулканизационным характеристикам относят: оптимальное время вулканизации, минимальное время процесса вулканизации, при котором достигается оптимальная густота вулканизационной сетки, время подвулканизации, максимальное время от нагрева резиновой смеси до температуры вулканизации до начала процесса сшивания макромолекул, скорость вулканизации, скорость образования пространственной сетки в процессе вулканизации [6].

На основе полученной кинетической кривой вулканизации был определен режим: температура-155⁰C , время -30 мин.

Результаты и обсуждение. При исследовании кинетики вулканизации резиновых смесей (табл. 2) установлено, что частичная замена белой сажи цеолитом, модифицированным госсиполовой смолой, способствует снижению времени достижения оптимума вулканизации. Так, наименьшим значением показателя, равным 17,00 мин, обладают резиновые смеси, содержащие 2,5 мас. ч. исследуемой добавки, тогда как у образца эталонной смеси –18 мин. В смесях, содержащих ЦМГС, наблюдаются сокращение индукционного периода и заметное возрастание скорости вулканизации, и широкое плато вулканизации.

Таблица 2. Кинетика вулканизация каркасных резиновых смесей

Дозировка добавки, мас. ч. на 100 мас. ч. каучука	Время достижения оптимума вулканизации, мин
0	18
0,5	18,10
1,0	18,15
1,5	18,05
2,0	17,30
2,5	17,00

Увеличение скорости вулканизации эластомерных композиций, содержащих ЦМГС, связано со строением госсиполовой смолы и изопренового каучука.

Важнейшей особенностью ускорителей вулканизации эластомеров является их влияние на структуру вулканизационной сетки и свойства вулканизатов [4].

Благодаря поверхностно активным свойствам госсиполовой смолы можно регулировать структуру вулканизационной сетки. Известно, что ПАВ играют существенную роль не только в технологических процессах приготовления и переработки резиновых смесей, но и в процессе вулканизации эластомерных композиций, улучшая диспергирование и равномерное распределение труднорастворимых порошкообразных компонентов вулканизирующей группы, а также регулирует межфазное взаимодействие на границах раздела фаз при образовании действительного агента вулканизации [5]. При введении ЦМГС в состав эластомерной композиции не только ускоряется процесс вулканизации в результате сокращения индукционного периода и более интенсивного сшивания, но и меняется структура вулканизационной сетки и технические свойства композиции.

Изменение структуры вулканизационной сетки свидетельствует о том, что усиливается гетерогенный характер реакций, уменьшается доля серы и ускорителя, расходующихся в побочных реакциях. Следствием гетерогенного характера реакции является формирование вулканизационной сетки с более узкой межмолекулярной реакцией активных цепей, что приводит к созданию эластомерных композиций с высоким модулем упругости.

Подтверждением образования пространственной сетки в полимере является его ограниченное набухание в растворителе. Поглощение жидкости шитым полимером ограничивается наличием поперечных химических связей между макромолекулами (сшивками) в сетчатых полимерах. В первом случае степень набухания, как правило, невелика даже при относительно большом содержании аморфной фазы (набухание до двух-трехкратного объема), во втором – при малом числе поперечных химических связей [7].

Исследования кинетики набухания вулканизированной эластомерной композиции, содержащей ЦМГС, выявило, что исследуемые образцы более медленно поддаются набуханию, чем вулканизаты, содержащие серийные ускорители, что свидетельствует о более плотном образовании и увеличении доли внутримолекулярных связей.

Природа вулканизационных связей оказывает существенное влияние на свойства вулканизата. Это влияние обусловлено, с одной стороны, длиной поперечных связей, а с другой стороны, устойчивостью образовавшихся связей при действии тепла и химических агентов. Путем направленного регулирования частоты и длины поперечных связей, а также их структуры, можно в значительной степени улучшить упруго-прочностные и другие свойства вулканизатов. что крайне важно при хранении и их эксплуатации в условиях многократных деформаций [8].

Исследованиями установлено, что ЦМГС оказывают влияние на физико-механические свойства композитов. Исследования показали, что с ростом содержания ЦМГС в составе исследуемых образцов, физико-механические свойства, динамическая выносливость при многократном растяжении и сжатии увеличивается и ее наибольшее значение наблюдается при содержании 1,5 мас. ч. на 100 мас. ч. каучука (таблица 3).

Таблица 3. Физико-механические свойства эластомерных композиций на основе каучука СКИ-3, содержащих цеолит, модифицированный госсиполовой смолой

Содержание модифицированного цеолита, масс.ч.	Наименование показателей				
	Условное напряжение при удлинении 300%, МПа	Условная прочность при разрыве, МПа	Относительное удлинение, %	Прочность связи по Н-методу, Н	Сопротивление разрыву, кН/м
0	12,5	22,5	550	80	63
0,5	12,5	22,0	530	78	63
1,0	12,0	22,0	530	75	63
1,5	12,4	22,7	555	81	62
2,0	11,0	18,0	500	70	58
2,2	10,0	17,0	450	65	55

Выводы. Исследования показали, что частичная замена белой сажи на цеолит Чанканайского месторождения, модифицированного госсиполовой смолой, позволяют целенаправленно регулировать

структуру вулканизационной сетки при этом эксплуатационные характеристики, разработанных каркасных резиновых смесей с применением ЦМГС, соответствуют контрольным.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о возможности частичной замены белой сажи в рецептуре каркасных резиновых смесей на цеолит, модифицированный госсиполовой смолы без изменения действующего технологического процесса и регламента.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Сагитова Г.Ф. Исследование свойств резин, наполненных и модифицированных цеолитами Чанканайского месторождения: магистерская диссертация на соискание акад. степени магистра техника и технологий. -Шымкент : ЮКГУ им. М. Ауезова, 2001. - 50 с.
- [2] Туребекова Г.З., Досбаева А.М., Б.С. Шакиров, Исаева Р.А, Пусурманова Г.Ж. Возможности применения природных минералов в виде активных наполнителей резин. Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан. - Т. 5, № 5 (2014).- С 68- 71.
- [3] Соколова М.Д., Давыдова М.Л., Шадрин Н.В. Технологические приемы, обеспечивающие повышенную структурную активность цеолита в полимерэластомерных композициях // Каучук и резина.- 2010. - №6. - С. 16-20.
- [4] Кузьминский А.С. Физико-химические основы получения, переработки и применения эластомеров / А.С. Кузьминский, С.М. Кавун, В.П.Кирпичев. - М.: Химия,2007. - 368 с.
- [5] Надилов К.С., Сакибаева С.А., Бимбетова Г.Ж. Поверхностно-активные вещества на основе госсиполовой смолы и их использование. - Шымкент: «Алем»б 2013. - 188с.
- [6] Дик Дж.С. Технология резины: Рецептуростроение и испытания // Пер. с англ. под ред. Шершнева В.А. - СПб.:Научные основы и технологии, 2010. - 620 с.
- [7] Тугов И.И. Костырикина Г.И. Химия и физика полимеров. М.: Химия,1980. – 432 с.
- [8] Донцов А.А. Процессы структурирования эластомеров. - М.: Химия, 1978. - 288 с.

Сакибаева С.А., Суйгенбаева А.Ж, Абдуразова П.А., Сериков А. С., Конысбек Ж. К.

Түрлендірілген цеолитті толтырғыштың резеңкеге қасиеттеріне әсерін зерттеу

Түйіндеме. Резеңке өндірісі барысында жақсартылған немесе жаңа қасиеттері бар өнімді алу үшін жаңа компоненттер – модификаторлар енгізеді, бұл резеңке қасиеттерін кең шекте өзгеруіне мүмкіндік береді. Мемсипол шайырмен модификацияланған Чанканай кен орнының цеолитінің қаңқалы резеңкелердің қасиеттеріне әсерін зерттеу нәтижелері ұсынылған. Зерттеулер көрсеткендей, ақ күйенің дефицитті шикізатын Шаңқанай кен орнының модификацияланған цеолитіне ішінара ауыстыру физикалық-механикалық көрсеткіштердің қанағаттанарлық кешенді резеңке алуға мүмкіндік береді.

Кілттік сөздер: цеолит, модификация, резеңке қоспасы, резеңке, араластыру, вулканизация

Sakibaeva S.A., Suigenbaeva A.Zh, Abdurazova P.A., Serikov A. S., Konysbek Zh. K.

Study of the effect of modified zeolite filler on the rubber properties

Summary. To obtain a product with improved or new properties in the process of rubber production, new components are introduced – modifiers that allow changing the properties of rubbers within a wide range. The results of the study of the influence of zeolite of the Chankanai field, modified gossypol resin on the properties of frame rubbers are presented. Studies have shown that partial replacement of scarce raw materials of white soot with modified zeolite of the Chankanai field allows to obtain rubbers with a satisfactory complex of physical and mechanical properties.

Key words: zeolite, modification, rubber compound, rubber, mixing, vulcanization

УДК 621.315. 539.23. 538.97

**K. S. Sekerbayev^{1,2}, Ye. T. Taurbayev^{1,2}, V. S. Chirvony³, J. P. Martínez-Pastor³,
V. Yu. Timoshenko^{4,5}, T. I. Taurbayev^{1,2}**

¹Institute of Experimental and Theoretical Physics, Al-Farabi Kazakh National University,
Almaty, Republic of Kazakhstan

²National Nanotechnology Laboratory of Open Type, Al-Farabi Kazakh National University,
Almaty, Republic of Kazakhstan

³Instituto de Ciencia de los Materiales, Universidad de Valencia, c/Catedrático J. Beltrán, 2, Paterna, Spain

⁴Faculty of Physics, M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

⁵National Research Nuclear University “MEPhI”, Moscow, Russia

E-mail: taur@physics.kz)

MODELING OF PHOTOLUMINESCENCE TRANSIENTS IN THIN FILMS OF METAL-HALIDE PEROVSKITES: A ROLE OF SURFACE NONRADIATIVE RECOMBINATION

Abstract. Photoluminescence decay transients in thin films of metal-halide perovskites are simulated by using numerical solution of the one-dimensional diffusion equation where the nonradiative recombination in the bulk and on the film surfaces are considered. The obtained results indicate that the nonradiative surface recombination can strongly influence the photoluminescence decay.

Key words: perovskite, photoluminescence decay kinetics, surface recombination, diffusion.

**К. С. Секербаев^{1,2}, Е. Т. Таурбаев^{1,2}, В. С. Чирвоный³, Х. П. Мартинес-Пастор³,
В. Ю. Тимошенко^{4,5}, Т. И. Таурбаев^{1,2}**

¹Научно-исследовательский Институт экспериментальной и теоретической физики при Казахском
Национальном университете им. Аль-Фараби, Алматы, Казахстан

²Национальная Нанотехнологическая Лаборатория Открытого Типа,
Казахский Национальный университет им. Аль-Фараби, Казахстан

³Институт наук о материалах, университет Валенсии, ул. Профессора Х. Белтрана, 2, Патерна, Испания

⁴Физический факультет Московского Государственного университета им. Ломоносова,
Москва, Россия

⁵Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия)

МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕТИКИ ЗАТУХАНИЯ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ МЕТАЛ-ГАЛОИДНЫХ ПЕРОВСКИТОВ: РОЛЬ ПОВЕРХНОСТНОЙ БЕЗЫЗЛУЧАТЕЛЬНОЙ РЕКОМБИНАЦИИ

Аннотация. С помощью численного решения одномерного уравнения диффузии с учетом безызлучательной рекомбинации в объеме и на поверхности пленок моделируются переходные процессы спада интенсивности фотолюминесценции в тонких пленках металл-галлоидных перовскитов. Полученные результаты свидетельствуют о том, что безызлучательная поверхностная рекомбинация может оказывать сильное влияние на кинетику фотолюминесценции.

Ключевые слова: перовскит, кинетика затухания фотолюминесценции, поверхностная рекомбинация, диффузия.

В настоящее время метал-галлоидные перовскиты (МГП) представляют собой наиболее интенсивно исследуемые и перспективные полупроводниковые материалы для создания высокоэффективных солнечных элементов (СЭ), а также электролюминесцентных светодиодных и лазерных структур следующего поколения, производимых с помощью недорогих низкотемпературных тонкопленочных технологий. За менее чем 10 лет интенсивных исследований эффективность преобразования солнечной энергии в СЭ на основе МГП выросла от 3.8% в 2009 г. до более чем 22% в настоящее время [1]. Кроме того, МГП оказались превосходным материалом для получения низкопорогового усиления и генерации света [2], а также электролюминесценции в светоизлучающих диодах с эффективностью выше 12% [3]. Однако, несмотря на очень быстрый прогресс, достигнутый за последние несколько лет в повышении эффективности фотовольтаических и светоизлучающих устройств на основе МГП, понимание фундаментальных фотофизических процессов, приводящих к таким результатам, только начинает появляться [4]. Такое положение вызвано тем, что фотогенерируемые носители заряда в МГП участвуют

в целом ряде сложных процессов, протекающих на одной и той же временной шкале, таких как диффузия, захват мелкими ловушками и освобождение из них в объеме, безызлучательная рекомбинация на глубоких ловушках в объеме, излучательная рекомбинация в объеме, безызлучательная рекомбинация на поверхности [5]. В результате этого корректная интерпретация кинетики затухания фотолуминесценции (ФЛ) в МГП становится трудной задачей, как и в целом для полупроводниковых материалов [6,7]. В настоящей работе мы анализируем имеющиеся в литературе экспериментальные данные по кинетикам затухания фотолуминесценции (КЗФЛ) в тонких поликристаллических слоях МГП и показываем путем моделирования кинетик ФЛ на основе диффузионной модели, что (1) при не слишком высоких концентрациях фотовозбужденных носителей (порядка 10^{17} см^{-3} и менее) КЗФЛ определяются не процессами рекомбинации в объеме полупроводника, а скоростями диффузии носителей и их безызлучательной рекомбинации на поверхности пленки МГП, и (2) в зависимости от способа приготовления МГП константа диффузии D носителей может изменяться от очень низких значений порядка 0.0001 - 0.01 $\text{см}^2/\text{с}$ для слоев МГП, изготавливаемых методом центрифугирования растворов исходных компонент, до значений порядка 1 - 10 $\text{см}^2/\text{с}$ в случае пленок МГП, наносимых путем вакуумного испарения. Обсуждаются возможные причины, а также последствия столь существенных различий в значениях D для МГП, изготовленных различными методами.

Прежде всего следует отметить, что имеющиеся в литературе интерпретации кинетики затухания люминесценции КЗФЛ слоёв МГП носят противоречивый характер. На рисунке 1 представлены типичные КЗФЛ полученных центрифугированием слоёв МГП, измеренные при плотностях возбуждений в интервале от $\sim 10^{15}$ до $\sim 10^{17}$ см^{-3} на один возбуждающий импульс [8]. При невысоких интенсивностях возбуждения ($\sim 10^{16}$ см^{-3} и менее), когда вкладом бимолекулярной излучательной электрон-дырочной рекомбинацией можно пренебречь, КЗФЛ демонстрируют практически моноэкспоненциальное затухание со временем жизни от нескольких десятков до нескольких сот наносекунд [9].

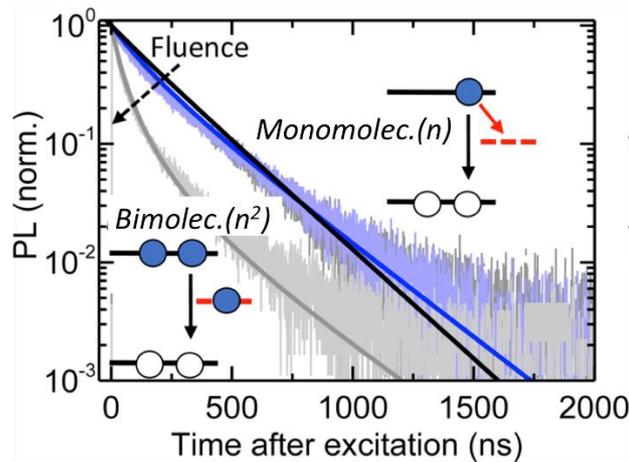


Рис. 1. Кинетики затухания ФЛ в тонком поликристаллическом слое $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$, изготовленном методом центрифугирования исходных растворов, полученные при импульсном фотовозбуждении различной интенсивности, обеспечивающем плотности возбуждения $\sim 10^{15}$ (чёрный цвет), $\sim 10^{16}$ (голубой цвет) и $\sim 10^{17}$ (серый цвет) возбуждений на 1 см^3 . Доминирующие режимы рекомбинации для использованных плотностей возбуждения указаны в виде схем возле соответствующих кинетик. Рисунок взят из работы [8] с разрешения Американского химического общества.

Для прямозонного полупроводникового материала это очень большие времена по сравнению со значениями, известными для классических прямозонных полупроводников типа GaAs в аналогичных условиях (более подробное обсуждение этого вопроса можно прочесть в другом месте [10]). В литературе в абсолютном большинстве случаев считается, что форма таких кинетик формируется в результате рекомбинационных процессов, происходящих только лишь в объеме полупроводника (bulk recombination), причем на основании анализа таких схем авторы извлекают значения таких важных параметров, как константы объемной моно- и бимолекулярной рекомбинации, константа захвата заряда ловушкой, концентрация ловушек в объеме и т.д. [9]. Однако, такая интерпретация КЗФЛ в МГП противоречит тому широко известному факту, что пассивация поверхности МГП специально подобранными молекулами приводит к многократному увеличению значений как квантового выхода ФЛ, так и времени затухания ФЛ, при этом последняя величина может иногда достигать значений порядка 10 мкс

[11]. Таким образом, наличие эффекта пассивации прямо указывает на то, что форма КЗФЛ с постоянными времени от десятков до нескольких сот наносекунд, обычных для МГП при невысоких интенсивностях возбуждения, определяется не внутренними процессами, а поверхностной безызлучательной рекомбинацией. Отметим, что в очень немногих публикациях авторы придерживаются такой же точки зрения на природу КЗФЛ в МГП [12]. При этом возможное для таких случаев моделирование КЗФЛ путем решения одномерного уравнения диффузии применяется только в единичных работах и без детального рассмотрения [13], хотя данный подход позволяет по КЗФЛ одновременно определить такие важные транспортные параметры материала, как коэффициент диффузии D и скорость поверхностной рекомбинации S . Здесь следует отметить, что кроме МГП, получаемых центрифугированием из растворов, мы также анализируем и моделируем форму КЗФЛ для МГП, изготавливаемых напылением в вакууме, для которых время затухания ФЛ неожиданно оказалось чрезвычайно малым, всего несколько наносекунд [14], что до настоящего времени не нашло своего объяснения в литературе.

Для описания движение избыточных носителей заряда после фотовозбуждения мы использовали одномерное уравнение диффузии [12]:

$$\frac{\partial N(x, t)}{\partial t} = D \frac{\partial^2 N(x, t)}{\partial x^2} - \frac{N(x, t)}{\tau_B} + G(x, t), \quad (1)$$

где D – коэффициент диффузии, τ_B – время жизни носителей в объеме, $G(x, t)$ – член, отвечающий за генерацию носителей заряда возбуждающим импульсом. В начальный момент времени концентрация избыточных носителей принимается равной нулю:

$$N(x, 0) = 0. \quad (2)$$

Количество фотогенерированных носителей заряда пропорционально мощности возбуждающего сигнала:

$$G(x, t) \propto I(x, t) * e^{-\alpha x} \quad (3)$$

где α – коэффициент поглощения на длине волны возбуждения, а профиль возбуждающего сигнала $I(x, t)$ моделируется распределением Гаусса $I(x, t) \propto e^{-\frac{4t^2 \ln 2}{w^2}}$, где w – полуширина возбуждающего сигнала. Мы использовали также стандартные граничные условия, описывающие рекомбинацию на фронтальной (уравнение 4) и задней (уравнение 5) поверхностях:

$$\left. \frac{\partial N(x, t)}{\partial x} \right|_{x=0} = \frac{S_F}{D} N(0, t), \quad (4)$$

$$\left. \frac{\partial N(x, t)}{\partial x} \right|_{x=L} = -\frac{S_B}{D} N(L, t), \quad (5)$$

где S_F и S_B – скорости поверхностной рекомбинации (СПР), соответственно, на передней и задней стороне, L – толщина слоя. Численное решение дифференциального уравнения производилось в рамках разностной схемы Кранка-Николсона.

В результате численного решения уравнения (1) с условиями (2 – 5) мы построили профили распределения концентрации избыточных носителей вдоль толщины слоя в разные моменты времени после возбуждения. На рисунке 2 показана типичная последовательность таких профилей, как функция времени после возбуждения.

Необходимые для данного расчета параметры брались из литературы для случая слоя перовскита состава $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$, изготовленного из раствора: коэффициент поглощения $\alpha=10^5 \text{ см}^{-1}$ [15], время жизни фотовозбужденных носителей в объеме $S_B=1 \text{ мкс}$ [12], коэффициент диффузии для $D=0.01 \text{ см}^2/\text{с}$ [13], $S_B=S_F=10^3 \text{ см}/\text{с}$ [12]. Как понятно из рисунка 2, поскольку КЗФЛ в слое намного короче, чем известное из литературы время жизни носителей в объеме ($\sim 1 \text{ мкс}$), то данная кинетика должна определяться безызлучательной рекомбинацией зарядов на поверхностях. При этом в основном рекомбина-

ция должна осуществляться на передней поверхности, поскольку из-за малого коэффициента диффузии при толщине слоя 500 нм задняя поверхность мало участвует в тушении избыточных носителей, как это хорошо видно из рисунка 2.

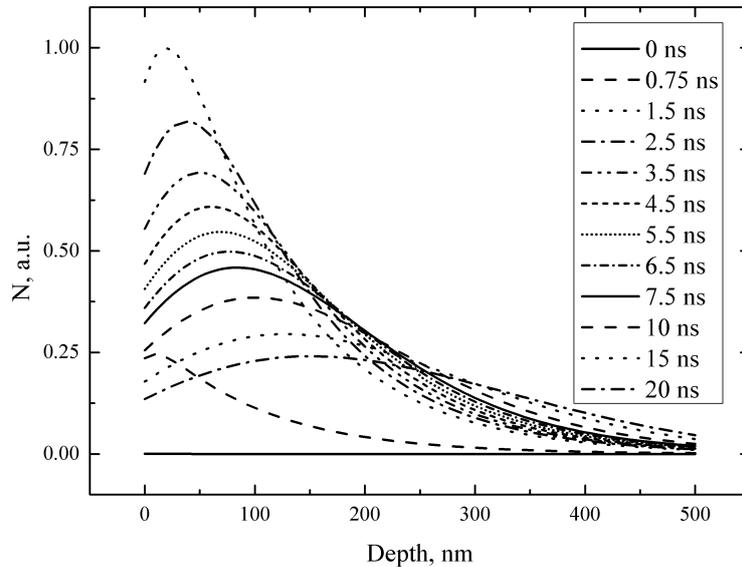


Рис. 2. Профили распределения концентрации избыточных носителей вдоль толщины слоя в разные моменты времени после возбуждения (от 0 до 20 нс) для тонкого (500 нм) слоя перовскита $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$. Возбуждение осуществлялось слева, поглощение рассчитывалось для длины волны 532 нм. Для вычисления использовались следующие параметры: $\alpha=10^5 \text{ см}^{-1}$, $\tau_B=1 \text{ мкс}$, $D=0.01 \text{ см}^2/\text{с}$, $S_B=S_F=10^3 \text{ см}/\text{с}$.

Чтобы на основании рассчитанных и представленных на рисунке 2 профилей получить кинетику люминесценции $I_{PL}(t)$, нужно вычислить интеграл

$$I_{PL}(t) = \int_0^L N(x, t) dx. \quad (6)$$

Мы вычислили несколько таких кинетик для слоя перовскита состава $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$, приготовленного из раствора, предполагая на основе литературных данных, что $\alpha=10^5 \text{ см}^{-1}$, $\tau_B=1 \text{ мкс}$, а типичные значения коэффициента диффузии D находятся в интервале между 0.0001 и $0.01 \text{ см}^2/\text{с}$ [16] ($D=0.01$, 0.001 и $0.0001 \text{ см}^2/\text{с}$ на рисунке 3, и при этом значения $S_B=S_F=10^2$, 10^3 и $10^4 \text{ см}/\text{с}$).

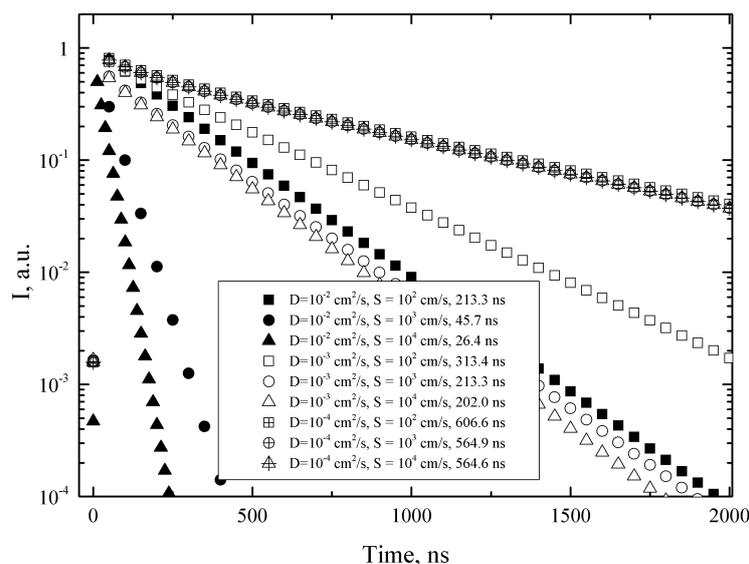


Рис. 3. Модельные кинетики затухания люминесценции для слоя МП со следующими параметрами: $\alpha=10^5 \text{ см}^{-1}$, $\tau_B=1 \text{ мкс}$, $D_1=0.01$, $D_2=0.001$, $D_3=0.0001 \text{ см}^2/\text{с}$; для каждого D рассчитаны три кинетики при $S_B=S_F=10^2$, 10^3 и $10^4 \text{ см}/\text{с}$.

Как видно из рисунка 3, времена жизни ФЛ для представленных модельных кинетик изменяются от 24.6 нс для $D=0.01 \text{ см}^2/\text{с}$ и при $S=10^4 \text{ см}/\text{с}$ до $\sim 550\text{--}600$ нс для $D=0.0001 \text{ см}^2/\text{с}$ при любом S в интервале $10^2 - 10^4 \text{ см}/\text{с}$. Таким образом, представленные на рисунке 3 модельные кинетики хорошо описывают типичные экспериментальные КЗФЛ в тонких солях $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ [9]. Следует отметить следующие особенности приведенных на рисунке 3 кинетик:

– При очень низких значениях $D \sim 0.0001 \text{ см}^2/\text{с}$ форма КЗФЛ практически перестает зависеть от S . Это объясняется тем фактом, что диффузия носителей настолько медленная, что рекомбинация на поверхности перестает играть ведущую роль и основным механизмом рекомбинации зарядов становится рекомбинация в объеме перовскита. В результате рассчитанное время жизни ФЛ будет стремиться к значению $\tau_B=1 \text{ мкс}$, которое мы задаем в исходном уравнении (1).

– При наибольшем значении D , использованном для расчета кинетик на этом рисунке ($0.01 \text{ см}^2/\text{с}$), время затухания кинетик люминесценции становится очень сильно зависящим от скорости поверхностной рекомбинации и уменьшается от 213.3 нс при $S_B=S_F=10^2 \text{ см}/\text{с}$ до 26.4 нс при $S_B=S_F=10^4 \text{ см}/\text{с}$. Это означает, что в этом случае не диффузия, а поверхностная рекомбинация определяет время жизни неравновесных носителей.

Анализ вышеприведенных кинетик и их зависимостей от коэффициента диффузии приводит нас к выводу, что короткие КЗФЛ порядка нескольких наносекунд, обнаруженные для слоев перовскита состава $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$, приготовленных испарением в вакууме [14], могут быть обусловлены высокими значениями коэффициента диффузии D . На рисунке 4 представлены профили распределения концентрации избыточных носителей вдоль толщины слоя в разные моменты времени после возбуждения тонкого (500 нм) слоя перовскита $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$, изготовленного испарением в вакууме, для которого мы приняли $D=10 \text{ см}^2/\text{с}$ и $S=10^4 \text{ см}/\text{с}$. (Высокие значения D , более $1 \text{ см}^2/\text{с}$, были недавно измерены прямым методом дифракции на лазерно-индуцированной решетке для перовскита состава $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$, изготовленного испарением в вакууме [17].)

Как видно из рисунка 4, для этого случая уже за время импульса возбуждения происходит уплощение профиля распределения концентрации избыточных носителей вдоль толщины слоя, так что обе поверхности в равной мере участвуют в безызлучательной рекомбинации зарядов.

Кинетики затухания ФЛ, вычисленные на основе профилей возбуждения КЗФЛ при $D_1=1.0 \text{ см}^2/\text{с}$, $D_2=10.0 \text{ см}^2/\text{с}$, $S_B=S_F=10^3$ и $10^4 \text{ см}/\text{с}$, представлены на рисунке 5. Как и ожидалось на основании вышеприведенного анализа кинетик на рисунке 3, приведенные на рисунке 5 КЗФЛ практически не зависят от коэффициента диффузии D и определяются величиной S : рассчитанное время затухания ФЛ составляет около 25 нс для $S_B=S_F=10^3 \text{ см}/\text{с}$ и около 2.5 нс при $S_B=S_F=10^4 \text{ см}/\text{с}$. Из данного анализа также следует, что при аппроксимации экспериментальных КЗФЛ путем решения диффузионного уравнения (1) для слоев перовскитов с высокими значениями коэффициента диффузии D можно с довольно большой точностью определить величину S как параметр аппроксимации, но в то же время можно будет указать только нижний предел для величины D .

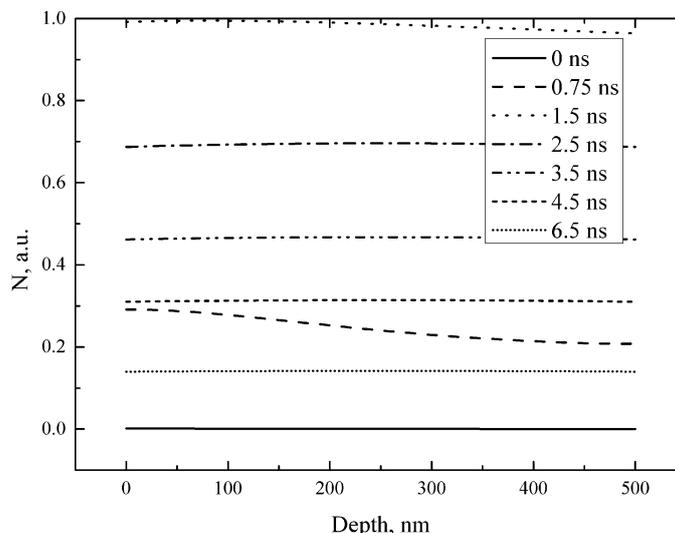


Рис. 4. Профили распределения концентрации избыточных носителей вдоль толщины слоя в разные моменты времени после возбуждения (от 0 до 6.5 нс) тонкого (500 нм) слоя перовскита $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$. Для вычисления использовались следующие параметры: $\alpha=10^5 \text{ см}^{-1}$, $\tau_B=1 \text{ мкс}$, $D=10 \text{ см}^2/\text{с}$, $S_B=S_F=10^4 \text{ см}/\text{с}$.

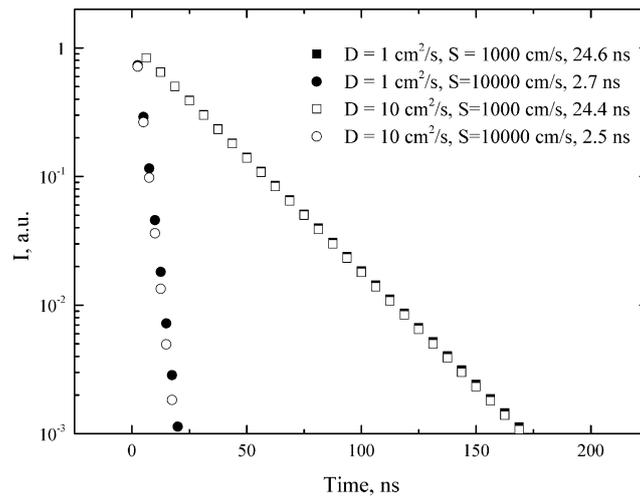


Рисунок 5. Модельные кинетики затухания люминесценции для слоя МГП со следующими параметрами: $\alpha=10^5 \text{ см}^{-1}$, $\tau_B=1 \text{ мкс}$, $D_1=1.0 \text{ см}^2/\text{с}$, $D_2=10.0 \text{ см}^2/\text{с}$, при этом для каждого D использовались значения $S_B=S_T=10^3$ и 10^4 см/с .

Что касается вопроса о физических причинах больших различий в значениях коэффициента диффузии D для слоев перовскитов, изготовленных разными способами, то мы полагаем, что в МГП скорость диффузии зарядов определяется концентрацией и глубиной мелких нетушащих ловушек, роль которых в формировании кинетик ФЛ недавно обсуждалось в работе [18], выполненной с участием авторов настоящей работы.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан (грант AP05130083).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Green M.A., Ho-Baillie A., Snaith H.J. The emergence of perovskite solar cells //Nature Photonics. – 2014. – Vol. 8. – № 7. – P. 134.
- [2] Xing G., Mathews N., Lim S.S., Yantara N., Liu X., Sabba D., Grätzel M., Mhaisalkar S., Sum T. C. Low-temperature solution-processed wavelength-tunable perovskites for lasing //Nature materials. – 2014. – Vol. 13. – № 5. – P. 476.
- [3] Xiao Z., Kerner R.A., Zhao L., Tran N.L., Lee K.M., Koh T.-W., Scholes G. D., Rand B.P. Efficient perovskite light-emitting diodes featuring nanometre-sized crystallites //Nature Photonics. – 2017. – Vol. 11. – № 2. – P. 108.
- [4] Herz L.M. Charge-carrier dynamics in organic-inorganic metal halide perovskites //Annual review of physical chemistry. – 2016. – Vol. 67. – P. 65-89.
- [5] Staub F., Hempel H., Hebig J.-C., Mock J., Paetzold U.W., Rau U., Unold Th., Kirchartz Th. Beyond bulk lifetimes: insights into lead halide perovskite films from time-resolved photoluminescence //Physical Review Applied. – 2016. – Vol. 6. – № 4. – P. 044017.
- [6] Maiberg M., Scheer R. Theoretical study of time-resolved luminescence in semiconductors. I. Decay from the steady state //Journal of Applied Physics. – 2014. – Vol. 116. – № 12. – P. 123710.
- [7] Maiberg M., Scheer R. Theoretical study of time-resolved luminescence in semiconductors. II. Pulsed excitation //Journal of Applied Physics. – 2014. – Vol. 116. – № 12. – P. 123711.
- [8] Stranks S.D. Nonradiative Losses in Metal Halide Perovskites. //ACS Energy Letters. – 2017. – Vol. 2. – № 7. – P. 1515-1525.
- [9] Stranks S.D., Burlakov V.M., Leijtens T., Ball J.M., Goriely A., Snaith H.J. Recombination kinetics in organic-inorganic perovskites: excitons, free charge, and subgap states //Physical Review Applied. – 2014. – Vol. 2. – № 3. – P. 034007.
- [10] Chirvony V.S., Martínez-Pastor J.P. Trap-Limited Dynamics of Excited Carriers and Interpretation of the Photoluminescence Decay Kinetics in Metal Halide Perovskites //The journal of physical chemistry letters. – 2018. – Vol. 9. – № 17. – P. 4955-4962.
- [11] deQuilettes D.W., Koch S., Burke S., Paranj R.K., Shropshire A.J., Ziffer M.E., Ginger D.S. Photoluminescence lifetimes exceeding 8 μs and quantum yields exceeding 30% in hybrid perovskite thin films by ligand passivation //ACS Energy Letters. – 2016. – Vol. 1. – № 2. – P. 438-444.
- [12] Yang Y., Yang M., Moore D.T., Yan Y., Miller E.M., Zhu K., Beard M.C. Top and bottom surfaces limit carrier lifetime in lead iodide perovskite films //Nature Energy. – 2017. – Vol. 2. – № 2. – P. 16207.
- [13] Stranks S.D., Eperon G.E., Grancini G., Menelaou C., Alcocer M.J.P., Leijtens T., Herz L.M., Petrozza A., Snaith H.J. Electron-hole diffusion lengths exceeding 1 micrometer in an organometal trihalide perovskite absorber //Science. – 2013. – Vol. 342. – № 6156. – P. 341-344.

[14] Patel J.B., Milot R.L., Wright A.D., Herz L.M., Johnston M.B. Formation dynamics of $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ perovskite following two-step layer deposition //The journal of physical chemistry letters. – 2015. – Vol. 7. – № 1. – P. 96-102.

[15] Wang Y., Zhang Y., Zhang P., Zhang W. High intrinsic carrier mobility and photon absorption in the perovskite $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ //Physical Chemistry Chemical Physics. – 2015. – Vol. 17. – № 17. – P. 11516-11520.

[16] Xie F., Su H., Mao J., Wong K.S., Choy W.C. Evolution of diffusion length and trap state induced by chloride in perovskite solar cell. //The Journal of Physical Chemistry C. – 2016. – Vol. 120. – № 38. – P. 21248-21253.

[17] Scajev P., Aleksiejunas R., Miasojedovas S., Nargelas S., Inoue M., Qin C., Matsushima T., Adachi C., Jurseinas S. Two regimes of carrier diffusion in vapor-deposited lead-halide perovskites //The Journal of Physical Chemistry C. – 2017. – Vol. 121. – № 39. – P. 21600-21609.

[18] Chirvony V. S., González-Carrero S., Suárez I., Galian R.E., Sessolo M., Bolink H.J., Martínez-Pastor J.P., Pérez-Prieto J. Delayed luminescence in lead halide perovskite nanocrystals //The Journal of Physical Chemistry C. – 2017. – Vol. 121. – № 24. – P. 13381-13390.

Секербаев К. С., Таурбаев Е. Т., Чирвоний В. С., Мартинес-Пастор Х. П., Тимошенко В. Ю., Таурбаев Т. И.

Жұқа қабықшалы метал-галлоидтік перовскиттер фотолуминесценциясының кинетикалық сөнуін модельдеу: беттік сәулеленуіс рекомбинациясының рөлі

Түйіндемe. Қабықшаның көлемінде және бетінде болатын сәулеленуіс рекомбинацияны ескере отырып бір өлшемдік диффузиялық теңдеулерді сандық шешу әдісі арқылы метал-глоидтық перовскиттердің жұқа қабаттарындағы фотолуминесценция қарқыны құлдырауының өтпелі үдерістері моделденеді. Алынған нәтижелер сәулеленуіс беттік рекомбинациясының фотолуминесценция кинетикасына аса ықпалын тигізуі мүмкін екенін растайды.

Түйінді сөздер: перовскит, фотолуминесценцияның, сөну кинетикасы, беттік рекомбинация, диффузия.

Sekerbayev K. S., Taurbayev Ye. T., Chirvony V. S., Martínez-Pastor J. P., Timoshenko V. Yu., Taurbayev T. I.

Modeling of photoluminescence transients in thin films of metal-halide perovskites: a role of surface non-radiative recombination

Summary. Photoluminescence decay transients in thin films of metal-halide perovskites are simulated by using numerical solution of the one-dimensional diffusion equation where the nonradiative recombination in the bulk and on the film surfaces are considered. The obtained results indicate that the nonradiative surface recombination can strongly influence the photoluminescence decay.

Key words: perovskite, photoluminescence decay kinetics, surface recombination, diffusion.

УДК 331.820

A.S. Baikenzheyeva

(Kazakh Academy of Transport and Communications, named after M. Tynashpayev Almaty, Kazakhstan.

E-mail: aigul_bkz@mail.ru)

ANALYSIS AND SAFETY PROTECTION OF EMPLOYEES BY INDIVIDUAL MEANS OF PROTECTION

Abstract: currently, occupational safety and health of workers, employers used, as a rule, the various measures to maintain normal working conditions and levels of risk in the workplace, does not exceed the permissible. Despite the fact that in the accepted hierarchy of measures to reduce the health risks of personal protective equipment workers occupy the last place, in practice they are used most frequently.

Key word: means of individual defence, health and safety, instructions, specifications, safety

A.C. Байкенжеева

(Казахская академия транспорта и коммуникации» им. М. Тынышпаева.

aigul_bkz@mail.ru, Республика Казахстан, Алматы)

АНАЛИЗ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТНИКОВ СРЕДСТВАМИ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ

Аннотация: В настоящее время для обеспечения безопасности труда и сохранения здоровья работников работодатели применяют, как правило, различные меры по поддержанию нормальных условий труда и уровней риска на рабочих местах, не превышающих допустимых. Несмотря на то, что в принятой иерархии мер по снижению рисков для здоровья работников средства индивидуальной защиты занимают последнее место, на практике они применяются наиболее часто.

Ключевые слова: средства индивидуальной защиты, охрана труда, инструктаж, безопасность труда, нормативы

Введение

Принципы гигиенической классификации условий труда

Уровни вредных и опасных производственных факторов определяются на основе инструментальных измерений. Инструментальные измерения физических, химических, биологических и психофизиологических факторов должны выполняться в процессе работы при проведении производственных процессов в соответствии с технологическим регламентом. Одним из основных документов, в соответствии с которым проводится гигиеническая оценка условий труда является «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Руководство излагает общие принципы гигиенической классификации условий труда, критерии оценки условий труда при воздействии отдельных факторов рабочей среды и трудового процесса и методические подходы к контролю факторов рабочей среды. При проведении исследований условий труда оценке подлежат все имеющиеся на рабочем месте вредные и (или) опасные производственные факторы (физические, химические и биологические факторы, тяжесть и напряженность труда). Исходя из степени отклонения фактических уровней факторов рабочей среды и трудового процесса от гигиенических нормативов условия труда по степени вредности и опасности условно подразделяются на 4 класса [1]:

1. оптимальные;
2. допустимые;
3. вредные;
4. опасные.

Методы

Аттестация производственных объектов по условиям труда - это деятельность по оценке производственных объектов (цехов, участков, рабочих мест, а также иных отдельно стоящих подразделений организаций, осуществляющих производственную деятельность) в целях определения состояния безопасности, вредности, тяжести, напряженности, выполняемых на них работ, гигиены труда и определения соответствия условий производственной среды нормативам в области безопасности и охраны труда, например - вредное воздействие факторов на здоровье железнодорожного работника присутствует:



○ в воздухе кабин тепловозов, дизельпоездов, автомотрис, дрезин определяется содержание оксида углерода и оксида азота (в пересчёте на NO_2) (отбор воздуха производится при движении с реализацией мощности силовой установки 2/3 от номинальной при закрытых окнах);

○ на рабочем месте монтеров пути при подбивке пути на щебеночном балласте и при работе около путеремонтных машин в воздухе определяют кремний диоксид кристаллический при содержании в пыли от 10 до 70%, на балласте с асбестом – пыль асбестового балласта; при выгрузке и укладке новых шпал пропитанных антисептиком – фенол, нафталин и канцерогены (антрацен, бенза(а)пирен);

○ на рабочих местах машинистов путевых машин оценка воздушной среды проводится в транспортном и технологическом режимах. В транспортном режиме определяется содержание оксида углерода и оксида азота (в пересчёте на NO_2), а в технологическом режиме – содержание оксида углерода, диоксида азота, и пыли кремния диоксида кристаллического при содержании в пыли от 10 до 70% или асбестового балласта;

○ на рабочем месте машиниста стационарной компрессорной установки оцениваются масла минеральные нефтяные, оксид углерода, оксиды азота (в пересчёте на NO_2), углеводороды алифатические предельные, акролеин;

○ на рабочем месте сливщиков-разливщиков нефтепродуктов оцениваются углеводороды алифатические предельные;

○ на рабочем месте слесаря по ремонту подвижного состава при мойке деталей на моечной машине – щелочи едкие, при использовании хромпика – неорганические соединения хрома;

○ на рабочем месте машиниста пескоподающей установки – углерода оксид, оксида азота (в пересчёте на NO₂), кремний диоксид кристаллический при содержании в пыли более 70%;

○ на рабочем месте маляра и работников других профессий, использующих лакокрасочные материалы, оцениваются в воздухе рабочей зоны высокотоксичные и легколетучие компоненты лакокрасочных материалов (растворители, разбавители, отвердители, ускорители, тяжелые металлы (пигменты), пластификаторы, и др.), соотношения которых значительно варьируют в зависимости от марки применяемого материала;

○ на рабочем месте аккумуляторщика определяются пары серной кислоты или щелочи едкой в зависимости от того, с какими растворами имеет дело рабочий;

○ на рабочем месте электросварщика при использовании электродов ОЗС: диЖелезо триоксид, марганец в сварочных аэрозолях, углерода оксид, азота оксиды (полный список веществ зависит от типа электродов, состава стальной основы, обмазки, флюса и т.д., в ряде случаев могут определяться фтористый водород;

Результаты

Вредные производственные факторы могут приводить к снижению трудоспособности и профессиональным заболеваниям, опасные факторы — к производственному травматизму и несчастным случаям на производстве. Обеспечение охраны труда — основа высоко- производительной и творческой деятельности работников предприятий различных форм собственности. Проблемы охраны труда носят разносторонний и многоплановый характер, затрагивая многие стороны жизни и деятельности трудовых коллективов, организации производства и труда, организации управления производством и др. В целях обеспечения соблюдения требований охраны труда, осуществления контроля за их выполнением у каждого работодателя, осуществляющего производственную деятельность, численность работников которого превышает 50 человек, создается служба охраны труда или вводится должность специалиста по охране труда, имеющего соответствующую подготовку или опыт работы в этой области.

Вредный производственный фактор фактор среды и трудового процесса, который может вызвать профессиональную патологию или стойкое снижение работоспособности, повысить частоту соматических и инфекционных заболеваний, привести к нарушению здоровья потомства. Опасный производственный фактор фактор среды и трудового процесса, который может быть причиной острого заболевания или внезапного ухудшения здоровья, смерти. По природе действия следует различать четыре основных группы, на которые подразделяются опасные и вредные производственные факторы.

В комплексе защитных мероприятий важное значение имеет обеспечение населения средствами индивидуальной защиты и практическое обучение правильному пользованию этими средствами в условиях применения противником оружия массового поражения.

Средства индивидуальной защиты населения предназначаются для защиты от попадания внутрь организма, на кожные покровы и одежду радиоактивных, отравляющих веществ и бактериальных средств. К первым относятся фильтрующие и изолирующие противогазы, респираторы, а также противопыльные тканевые маски (ПТМ – 1) и ватно-марлевые повязки; ко вторым – одежда специальная изолирующая защитная, защитная фильтрующая (ЗФО) и приспособленная одежда населения.



Средства защиты кожи наряду с защитой от паров и капель ОВ предохраняют открытые участки тела, одежду, обувь и снаряжение от заражения радиоактивными веществами и биологическими средствами. Кроме того, они полностью задерживают а-частицы и в значительной мере ослабляют воздействие б-частиц.

Медицинские средства индивидуальной защиты - это медицинские препараты, материалы и специальные средства, предназначенные для использования в ЧС с целью предупреждения поражения или снижения эффекта воздействия поражающих факторов и профилактики осложнений.



Здесь под СИЗ понимаются технические средства, используемые для предотвращения или уменьшения воздействия на работников вредных и опасных производственных факторов, а также для защиты от загрязнения. Применение коллективных средств защиты, а также изменение конструкции оборудования или технологического процесса требует повышенных финансовых затрат. Таким образом, СИЗ зачастую являются единственной реализуемой на практике мерой защиты работника от воздействия опасных и вредных факторов и рисков. Для обеспечения защиты с помощью СИЗ работников,

заятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением, работодатель согласно требованиям РК обязан обеспечить приобретение и выдачу работникам СИЗ, прошедших в установленном порядке сертификацию или декларирование соответствия. Несмотря на то, что сертификация СИЗ является во многом гарантом соответствия СИЗ требованиям соответствующих нормативных документов, на практике в ряде случаев работодатели предпринимают меры для контроля и подтверждения заявленных свойств СИЗ. Такая практика объясняется часто различными свойствами СИЗ, подвергаемых контрольным испытаниям при сертификации и свойствами партий СИЗ, фактически поставляемых работодателю. При этом, как правило, проводятся производственные или лабораторные испытания СИЗ и тщательный входной контроль качества СИЗ, что приводит к повышению затрат. Для обеспечения защищенности работников СИЗ, приобретенные работодателем СИЗ, должны быть адекватны существующим условиям труда на рабочих местах и имеющимся рискам для здоровья и безопасности и обладать определенными защитными свойствами, не вызывая дополнительных рисков для здоровья работников, применяющих их. Здесь под защищенностью работника понимается обеспечение защиты работника СИЗ, при котором предотвращаются, преодолеваются или предельно снижаются негативные последствия от воздействия вредных и (или) опасных факторов на рабочем месте, в том числе обусловленных характером работ (профессией), на основе защитных свойств СИЗ. Кроме того, СИЗ должны быть правильно подобраны к работникам (пол, рост, полнота), и работники должны быть обучены правильному применению СИЗ[1].

Обсуждение

К основным обязанностям работодателя относят обеспечение выполнения, например, следующих требований:

1. СИЗ должно:

- соответствовать имеющемуся риску, не приводя к дополнительному риску;
- соответствовать существующим условиям на рабочих местах;
- учитывать эргономические требования и состояние здоровья работника;
- быть хорошо пригнанным к носителю этого СИЗ после необходимой подгонки.

2. Если при наличии нескольких опасностей работнику необходимо использовать более одного вида СИЗ, то они должны быть совместимыми и такими же эффективными против существующих опасностей.

3. Условия использования СИЗ, в частности период времени, в течение которого оно должно быть надетым, должен определяться, исходя из серьезности риска, частоты подверженности риску, особенностей рабочего места каждого работника, а также условий эксплуатации этого СИЗ.

4. СИЗ должно быть предусмотрено для персонального использования.

5. Если обстоятельства вынуждают, чтобы СИЗ носили несколько человек, то необходимо принять соответствующие меры для того, чтобы такое использование не создавало проблемы для здоровья и гигиены различных пользователей. Необходимо предоставить и иметь на предприятии необходимую информацию о каждом виде СИЗ.

6. Работодатель должен информировать работника о тех рисках, для защиты от которых его предохраняет ношение того или иного СИЗ.

7. Работодатель должен организовать обучение и, при необходимости, демонстрацию СИЗ в надежном виде.

8. СИЗ должно использоваться только по указанному назначению, кроме особых и исключительных случаев. Оно должно использоваться в соответствии с инструкциями. Такие инструкции должны быть понятны для работников. Важными представляются также требования к выбору СИЗ. Прежде чем выбрать СИЗ, работодателю необходимо оценить, удовлетворяет ли СИЗ, которое он намеревается предоставить работнику для использования, требованиям положений о разработке и производстве СИЗ, с точки зрения безопасности и сохранения здоровья, а также требованиям совместимости СИЗ и эффективности против существующих опасностей [2]. Такая оценка должна предусматривать:

анализ и оценку рисков, которых невозможно избежать другими средствами, определение характеристик, которыми должно обладать СИЗ для того, чтобы оно эффективно предохраняло работника от опасностей, учитывая также риски, которые может создать само средство и оценка должна пересматриваться, если происходят какие-либо изменения в составе рассматриваемых элементов. Проведенные работы в этом направлении показали, что длительное применение некоторых СИЗ может оказывать негативное влияние на здоровье и безопасность работников, а также на их работоспособность. Поэтому учет влияния СИЗ на здоровье имеет важное значение.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Железнодорожный путь /Т.Г. Яковлева, Н.И. Карпушенко, СИ. Клинов, Н.Н. Путря, М.П. Смирнов: Под ред Т.Г. Яковлевой 2-е изд. М.: «Транспорт», 2004. -407 с.

[2] СТП 091.56.010-2005. Текущие содержание железнодорожного пути. Технические требования и организация работ. Белорусская железная работа. Минск. -2006. - 284 с.

[3] Расчеты и проектирование железнодорожного пути: Учебное пособие для студентов вузов ж.-д. трансп./ В.В. Виноградов, А.М. Никонов, Т.Г. Яковлева и др.; Под ред. В.В. Виноградова и А.М. Никонова. - М.: Маршрут, 2003. - 486 с.

[4] Н.В Бубликов, П.В Ковтун, А.М. Патласов, А.Г Жуковец. Проектирование рельсовой колеи. - Гомель. БелГУТ. 1996. - 53 с.

[5] Елсаков Н.Н Практическое руководство по текущему содержанию стрелочных переводов. - М.: Транспорт 2000.- 107 с.

[6] Устройство и эксплуатация железнодорожного пути: Пособие/ В.И. Матвеев, П.В. Ковтун, А.Г. Жуковец, ТИ. Есева - Гомель: БелГУТ, 2004. -114 с.

[7] Матвеев В.И., Инютин В.И., Есева Т.И Требования к оформлению дипломных и курсовых проектов. - Гомель. БелГУТ. 2003. - 69 с.

[8] Расчет и проектирование основных параметров рельсовой колеи - Методические указания к курсовому проекту для студентов ??? - ?V курсов специальности 270204 - «Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство» часть I, Екатеринбург, УрГУПС, 44 стр.

[9] Расчеты и проектирование железнодорожного пути: Учебное пособие для студентов вузов ж.-д. трансп./ Под ред. В.В. Виноградова и А.М. Никонова. - М.: Маршрут, 2003.--486 с.

[10] Яковлева Т.Г., Шульга В.Я., Амелин С.В. и др. Основы устройства и расчет ж.д. пути / Под ред. С.В.Амелина и Т.Г. Яковлевой. - М.: Транспорт, 1990.

Байкенжеева А.С.

Қызметкерлерді жеке қорғаныс құралдарымен қамтамасыз ету және талдау

Түйіндемесі. Мақалада қазіргі заманғы өндірістегі еңбектің қауіпсіздігін қамтамасыз ету, жұмысшылардың денсаулығын сақтау мақсатында жұмыс орнындағы қарастырылып отырылған сақтандыру шаралары туралы сөз қозғалады. Бұл іс-шаралар қарастырылғанымен өндіріс орнында кәсіби ауруға не сәтсіз оқиғаға ұшырайтындар саны төмендер емес, сондықтан да жұмыс орнын аттестациялаумен қатар өндірістегі қауіпті және зиянды факторлардың адам ағзасына әкелетін зияндылықтарын болдырмау мақсатында жеке қорғану амалдарының (СИЗ) маңыздылығы туралы, оны қалай тандау, оларға қойылатын талаптар туралы сөз қозғалады.

Түйін сөздер: жеке қорғану құралдары, еңбекті қорғау, нұсқау, еңбек қауіпсіздігі, стандарттар

УДК: 538.911

D.A. Satpayev^{1,2}, V.P. Poltavtseva¹, A.S. Degtyarova², J. Partyka³

¹The Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan.

²Kazakh National Research Technical University after K.I. Satbayev, Almaty, Kazakhstan.

³Lublin University of Technology, Lublin, Poland.

E-mail: satpayev_90@mail.ru)

TI-CR-N COATINGS STRUCTURE AND HARDNESS ALTERATION UNDER THE IMPACT OF XENON IONS AND ANNEALING

Abstract. This article experimentally studies the patterns of changes in the structure and microhardness of Ti-Cr-N coatings on carbon steel as a function of irradiation with $^{132}\text{Xe}^{20+}$ ions at 200 MeV and post-radiation annealing up to 600°C. It is shown that interaction of $^{132}\text{Xe}^{20+}$ ions with the Ti-Cr-N coating surface leads to formation of the globules filled with the inert gas of xenon. It is established that softening of the coatings by 11% is associated with stress relief and structural change.

Key words: coatings, heavy ions, hardening, radiation resistance.

Д.А. Сатпаев^{1,2}, В.П. Полтавцева¹, А.С. Дегтярева², Я. Партыка³

¹Институт ядерной физики МЭ, Алматы, Казахстан.

²КазННТУ им. К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан.

³Люблинский технический университет, Люблин, Польша.

E-mail: satpayev_90@mail.ru)

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ И УПРОЧНЕНИЯ ПОКРЫТИЙ Ti-Cr-N ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ИОНОВ КСЕНОНА И ОТЖИГА

Аннотация. В статье экспериментально изучены закономерности изменения структуры и микротвердости покрытий Ti-Cr-N на углеродистой стали в зависимости от облучения ионами $^{132}\text{Xe}^{20+}$ с энергией 200 МэВ и пострадиационного отжига до 600°C. Показано, что при взаимодействии ионов $^{132}\text{Xe}^{20+}$ с поверхностью покрытия Ti-Cr-N происходит образование глобул, заполненных инертным газом ксенона. Установлено, что разупрочнение покрытий на 11% связано со снятием напряжений и изменением структуры.

Ключевые слова: покрытия, тяжелые ионы, упрочнение, радиационная стойкость.

Введение

С целью ускоренной оценки радиационной стойкости защитных покрытий конструкционных материалов для реакторов будущего применяют облучение легкими [1-5] и тяжелыми ионами инертных газов [1,3,5-10], имитирующих накопление трансмутантных элементов и появление осколков деления ядерного топлива. При моделировании посредством ионного облучения, благодаря высоким ($\sim 10^3$ сна/с) скоростям набора дозы по сравнению с реакторами на тепловых и быстрых нейтронах (10^{-8} - 10^{-6} сна/с), время достижения максимальной требуемой дозы составляет до нескольких дней. Другим важным положительным моментом ионного облучения является отсутствие радиоактивности, вследствие чего применим более широкий набор методик исследования структуры и свойств облученных материалов. Однако различия в энергетических спектрах ионов и нейтронов [11] могут приводить к существенным отличиям в радиационном повреждении конструкционных материалов при нейтронном и ионном облучении.

Согласно проведенным исследованиям [1-10], изменения структуры поверхности и механических свойств тройных покрытий зависят от способа нанесения, состава, типа и энергии ионов, материала подложки. Показано, что в случае тяжелых (Ar, Kr, Xe) ионов инертных газов характерно протекание процессов распыления поверхности тройных покрытий и образования на их поверхности заполненных инертным газом пузырьков в результате воздействия низкоэнергетических [1,5-8,10] и высокоэнергетических ионов [1,3,9] соответственно. Следствием протекания указанных процессов является уменьшение механических свойств поверхности тройных покрытий. Однако твердость и прочность тройных покрытий увеличивается при облучении высокоэнергетическими ионами [3,5,6]. Целью работы является изучение закономерностей изменения структуры и упрочнения покрытий Ti-Cr-N на стали, вызванные облучением ионами ксенона с энергией 200 МэВ и пострадиационным отжигом.

Материал и методы исследования

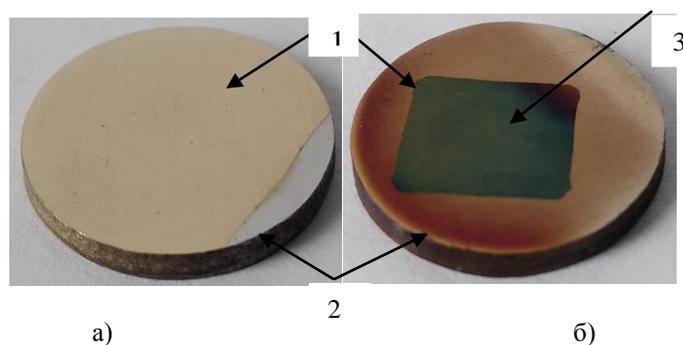
В качестве объектов для исследований выбраны тройные покрытия $Ti_{50}Cr_{50}N$, нанесенных на подложку из Ст. 3 с содержанием углерода < 0.2 вес.% методом вакуумно-дугового осаждения (КИБ) [12,13]. Толщина покрытия составляла ~ 50 нм. Диаметр диска 15 мм, толщина подложки 1 мм.

Облучение покрытий ионами $^{132}Xe^{20+}$ с энергией 200 МэВ (1,5 МэВ/нуклон) до флюенса 1×10^{19} ион/м² осуществляли на ускорителе ДЦ-60 (Астана, Казахстан) при температуре $\leq 150^{\circ}C$. Расчетный проективный пробег $R_p=12$ мкм. Пострадиационные отжижки проводили в вакуумной (~ 10^{-4} Па) печи в течение 2 ч при температурах 400 и 600^oC.

Исследования облученных покрытий $Ti_{50}Cr_{50}N$ осуществляли методами атомно-силовой микроскопии, рентгеноструктурного анализа и измерения микротвердости по Виккерсу с использованием микроскопа Solver P47, дифрактометра D8 ADVANCE и микротвердомера ПТМ-3М. Степень упрочнения покрытий оценивали на основе измерений микротвердости в зависимости от глубины проникновения индентора при нагрузках $0,098 \pm 4,9$ Н. Точность измерений 3-4%.

Результаты и обсуждения

На рисунке 1 представлены фотографии покрытий Ti-Cr-N до (а) и после облучения ионами $^{132}Xe^{20+}$ с энергией 200 МэВ. Видно, что поверхность покрытия Ti-Cr-N зеркально чистая, тогда как после облучения высокоэнергетическими ионами ксенона четко наблюдается область радиационной обработки вследствие образования углеродной пленки. Площадь зоны радиационной обработки составляет 48 мм².



1 – покрытие; 2 – подложка; 3 – зона радиационной обработки

Рис. 1. Фото покрытий Ti-Cr-N до (а) и после облучения ионами $^{132}Xe^{20+}$ плюс отжиг (б)

Результаты исследования методом атомно-силовой микроскопии поверхности покрытий Ti-Cr-N приведены на рисунке 2. Как видно из рисунка 2 а, для необлученного покрытия Ti-Cr-N характерна шероховатая рыхлая структура поверхности со светлыми бугорками. Однако при взаимодействии высокоэнергетических ионов $^{132}Xe^{20+}$ с поверхностью покрытия Ti-Cr-N происходит образование полусферических выпуклых структур (глобул), заполненных инертным газом ксенона (рис. 2 б). При этом наблюдается двухслойная глобулярная структура с редкими впадинами, причем размер глобул достигает 800 и 400 мкм в верхнем и нижнем слое соответственно.

В результате пострадиационных отжигов микроструктура поверхности облученных покрытий Ti-Cr-N трансформируется, во-первых, в однослойную глобулярную структуру с редкими глобулами размером до 1100 мкм за счет объединения более мелких глобул (рис. 2 в). Во-вторых, высота глобул уменьшается в 1,2 раза. Из приведенных данных следует, что микроструктура поверхности облученных покрытий Ti-Cr-N термически нестабильна.

Как видно из рентгеновской дифрактограммы необлученного покрытия Ti-Cr-N на стали, приведенной на рисунке 3 а, присутствуют в основном рефлексы от плоскостей (110), (200) и (211) ОЦК - решетки стали, а также рефлекс при углах $2\theta=37^{\circ}$, принадлежащий соединению $(Ti, Cr)N_{1-x}$ с кубической структурой B1 [1]. В результате воздействия ионов $^{132}Xe^{20+}$ и пострадиационного отжига до 600^oC интенсивность основной рентгеновской линии (110) ОЦК - стали возрастает в 1,3 раза, что свидетельствует о гомогенизации стальной подложки. Кроме того, практически подавляется рефлекс при углах $2\theta=37^{\circ}$ и появляется слабый рефлекс при углах $2\theta=62^{\circ}$ структуры B1 (рис. 3 б), что свидетельствует об незначительных изменениях также в структуре покрытий.

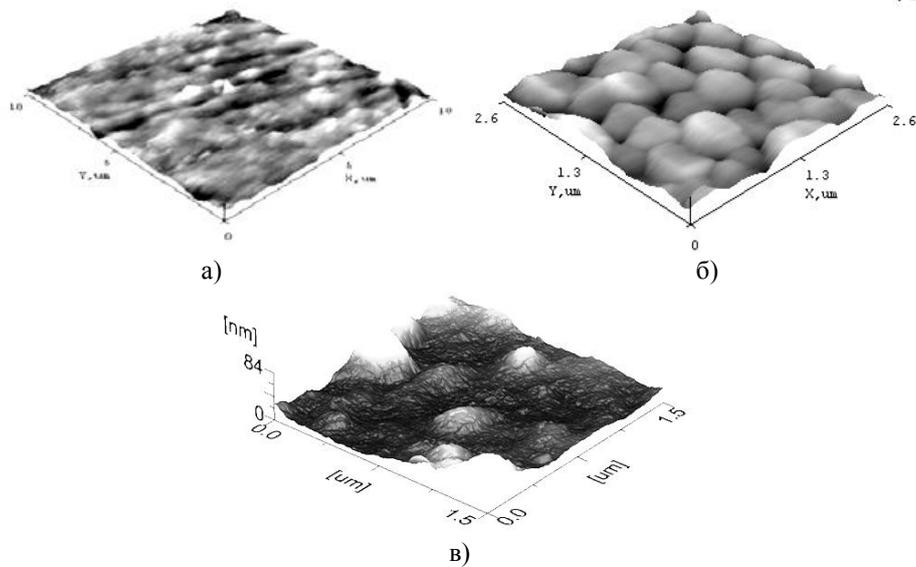


Рис. 2. АСМ – изображения покрытий Ti-Cr-N до (а) и после облучения ионами $^{132}\text{Xe}^{20+}$ (б) и отжига (в)

Таким образом, можно сделать вывод о том, что фазовый состав покрытия Ti-Cr-N на стали сохраняется в процессе облучения высокоэнергетическими ионами $^{132}\text{Xe}^{20+}$ и пострadiационного отжига.

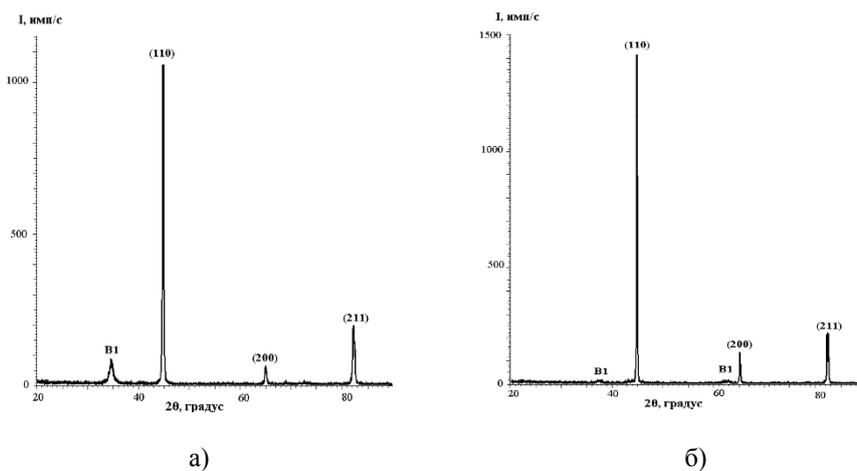


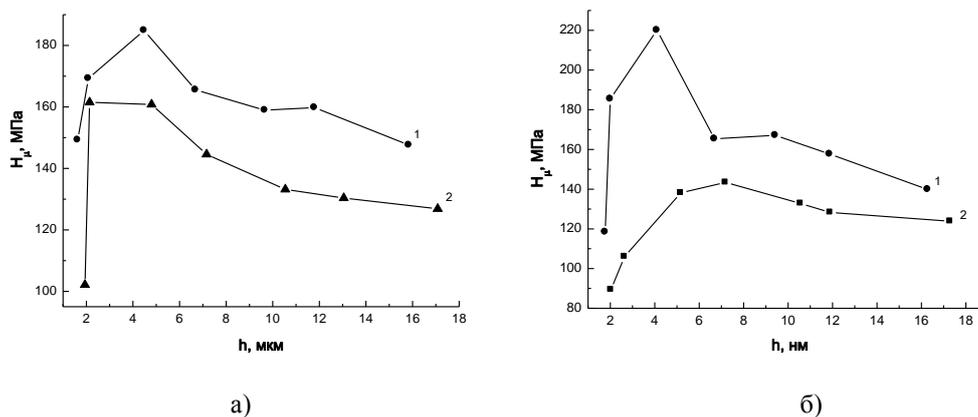
Рис. 3. Дифрактограммы покрытий Ti-Cr-N до (а) и после облучения ионами $^{132}\text{Xe}^{20+}$ плюс отжиг (б)

С целью определения степени упрочнения покрытий Ti-Cr-N использовали способ измерения микротвердости в зависимости от глубины проникновения индентора от приложенной нагрузки. Ранее этот способ был применен для различных обученных материалов [14-16]. Хорошо известно [14,15], что величина твердости различных материалов, в том числе тройных покрытий [6], зависит от флюенса облучения высокоэнергетическими ионами инертных газов вследствие конкуренции вкладов радиационно-стимулированных структурно-фазовых превращений, снятия микроискажений и образования радиационно-введенных дефектов в процессе облучения тяжелыми ионами. Установлено [14,15,17], что при высоких ($\geq 10^{18}$ ион/ м^2) флюенсах облучения высокоэнергетическими ионами криптона упрочнение связано в основном с образованием радиационных дефектов. При этом вследствие радиационно-динамических воздействий [18] упрочнение наблюдается как в области расчетного проективного пробега R_p , так и далеко в запробежной области. Из проведенного анализа следует, что облучение высокоэнергетическими тяжелыми ионами инертных газов является эффективным методом создания упрочненных покрытий различных материалов.

На рисунке 4 представлены результаты измерений микротвердости со стороны покрытий Ti-Cr-N и стальных подложек (рис. 1, точки 1 и 2 соответственно) до и после облучения высокоэнергетическими ионами $^{132}\text{Xe}^{20+}$ и пострadiационного отжига до 600°C . Во-первых, отметим, что характер кривых $H_\mu(h)$ необлученных покрытия и подложки из стали указывает на значительный вклад микроискажений в микротвердость (рис. 4 аб, кр. 1). При этом на кривых $H_\mu(h)$ наблюдается максимум при $h \sim 4$ мкм, причем величина микротвердости в максимуме подложки в 1,2 раза превышает соответствующее значение для покрытия. Также следует отметить, что максимальная глубина проникновения индентора в покрытие и подложку равна $h \sim 16$ мкм, однако значение микротвердости H_μ покрытия выше на ~ 8 МПа.

Во-вторых, вследствие воздействия облучения высокоэнергетическими ионами $^{132}\text{Xe}^{20+}$ и пострadiационного отжига кривые $H_\mu(h)$ покрытия и подложки из стали более гладкие и расположены ниже по шкале микротвердости (рис. 4 а,б, кр. 2), чем для необлученного состояния (рис. 4 а,б, кр. 1). При данных условиях облучения и отжига характерной особенностью кривой $H_\mu(h)$ покрытия Ti-Cr-N является наличие плато ($h=2-4$ мкм), а при дальнейшем увеличении глубины значение микротвердости уменьшается по экспоненте до соответствующего справочному значению $H_\mu=131$ МПа стали Ст.

В случае подложки из стали, как видно из рисунка 4 б, кр. 2, микротвердость увеличивается до $H_\mu=140$ МПа с увеличением глубины до $h=6,5$ мкм, а затем по экспоненте уменьшается до справочного значения стали Ст. при $h=17,5$ мкм. Увеличение глубины проникновения индентора в покрытие и подложку из стали в результате облучения и пострadiационного отжига указывает на размягчение материала, что подтверждается снятием напряжений (рис. 4) и изменением структуры согласно данным рентгеноструктурного анализа (рис. 3).



1 – необлученное состояние; 2 – облученное + отжиг состояние

Рис. 4. Зависимость микротвердости от глубины проникновения индентора для покрытий Ti-Cr-N (а) и подложек из стали (б)

Заключение

В статье представлены результаты изменения структуры и микротвердости покрытий Ti-Cr-N на стали после облучения ионами ксенона с энергией 200 МэВ и пострadiационного отжига до 600°C , которые свидетельствуют о достаточно высокой радиационной и термической стабильности и возможности использования их в виде защитного покрытия для конструкционных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Потекаев А.И., Кислицин С.Б., Углов В.В. и др. Радиационная стойкость тройных покрытий на основе нитридов переходных металлов при облучении альфа-частицами и ионами аргона // Известия ВУЗов. Физика. – 2016. – Т. 59, №1. – С. 83–91.
- [2] Уралов М.К., Ларионов А.С., Диков А.С., Кислицин С.Б. Сравнительные исследования изменений физико-механических свойств стали 12Х18Н10Т и покрытий TiMoN, облученных низкоэнергетическими альфа-частицами // Вестник НЯЦ РК. – 2016. – Вып. 3. – С. 51–57.
- [3] Van Vuuren A., Skuratov V., Uglov D., Sohatsky A. Swift heavy ion irradiation effects on He agglomeration in ZrN and TiZrN ceramics // Proc. 11th Intern. Confer.: Interaction of radiation with solids. – Minsk, 2015. – P. 91–92.
- [4] Пилько В.В., Камышан А.С., Партыка Я. Радиационная стойкость покрытий Ti-Zr-Si-N // Материалы 11-й Междун. конф.: Взаимодействие излучений с твердым телом. – Минск, 2015. – С. 133–137.
- [5] Кислицин С.Б., Абадис Г., Кадыржанов К.К., Углов В.В. Стабильность структуры трехкомпонентных покрытий на основе нитридов переходных металлов под воздействием облучения тяжелыми ионами инертных газов // Тезисы 8-й Международ. конф.: Ядерная и радиационная физика. – Алматы, 2011. – С. 109.

[6] Uglov V.V., Rusalski D.P., Zlotski S.V. e. a. Stability of Ti-Zr-N coatings under Xe-ion irradiation // Surface & Coatings Technologies. – 2010. – V. 204. – P. 2095–2098.

[7] Углов В.В., Севрюк А.В., Русальский Д.П. и др. Воздействие ионов ксенона на систему Ti-Zr-N // Физика и химия обработки материалов – 2010. – №5. – С. 5–7.

[8] Углов В.В., Русальский Д.П., Даниленок М.М. и др. Ионная имплантация тройных нитридных покрытий // Сб. трудов 7-ой Всерос. с межд. участием научно-техн. конфер.: Быстро-закаленные материалы и покрытия. – Москва, 2008. – С. 154–158.

[9] Абадис Г., Углов В.В., Ровбудь А.Ю. и др. Стабильность фазового состава тонкопленочных систем Ti-Zr-Al-N под воздействием высокоэнергетических ионов ксенона // Труды XXI Межд. конфер.: Радиационная физика твердого тела. – Севастополь, 2012. – С. 639–646.

[10] Кислицин С.Б., Углов В.В., Горлачев И.А. и др. Влияние облучения низкоэнергетическими ионами K_g на структуру и свойства покрытий TiMoN на стали 12X18H10T // Материалы 11-й Междун. конф.: Взаимодействие излучений с твердым телом. – Минск, 2015. – С. 355–357.

[11] Кадыржанов К.К., Комаров Ф.Ф., Погребняк А.Д., Русаков В.С., Туркебаев Т.Э. Ионно-лучевая и ионно-плазменная модификация материалов. – М.: МГУ, 2005. – 640с.

[12] Uglov V.V., Barkovskaya M.M., Khodasevich V.V. e. a. Thermal stability of nitride coatings by ion-plasma deposition // Vacuum. – 2007. – V. 81. – P. 1345-1347.

[13] Барковская М.М., Углов В.В., Ходасевич В.В. Состав и коррозионная стойкость покрытий на основе нитридов титана и хрома // Поверхность. Рентен., синхротр. и нейтрон. исслед. – 2011. – №4. – С. 104–109.

[14] Анищик В.М., Жукова С.И., Поляк Н.И., Скуратов А. Прочностные свойства бериллиевой бронзы, имплантированной высокоэнергетическими ионами криптона // Физика и химия обработки материалов – 2003. – №5. – С. 11–14.

[15] Poltavtseva V., Larionov A., Satpaev D., Gyngazova M. Radiation hardening of Ni-Ti alloy under implantation of inert gases heavy ions. // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2016. – V.110. – P.012011.

[16] Ковивчак В.С., Попов Е.В., Михайлов К.А. и др. Модификация Al сплавов мощным ионным пучком при повышенных температурах // Физика и химия обработки материалов. – 2004. – №1. – С. 28–30.

[17] Полтавцева В.П., Ларионов А.С., Сатпаев Д.А. Особенности влияния флюенса облучения ионами ⁸⁴Kr¹⁵⁺ на структуру и свойства сплава Ni-Ti с эффектом памяти формы // Материалы 12-й Междун. конф.: Взаимодействие излучений с твердым телом. – Минск, 2017. – С. 274–276.

[18] Овчинников В.В. Радиационно-динамические эффекты. Возможности формирования уникальных структурных состояний и свойств конденсированных сред // Успехи физических наук. – 2008. – Т. 178, № 9. – С. 991–1001.

Сатпаев Д.А., Полтавцева В.П., Дегтярева А.С., Партыка Я.

Ксенон иондарның және күйдіру әсерінен Ti-Cr-N жабындары құрылымының өзгеруі және беріктелуі

Түйіндеме. Мақалада 200 МэВ энергиялы ¹³²Xe²⁰⁺ иондарымен сәулелендіруден және 600⁰С дейін радиациядан кейінгі күйдіруден тәуелді көміртекті болаттағы Ti-Cr-N жабындарының құрылымы мен микроқаттылығының өзгеру заңдылықтары эксперименттік зерделенді. Ti-Cr-N жабындары бетінің ¹³²Xe²⁰⁺ иондарымен өзара әрекеттестігі кезінде ксенонның инертті газы толтырылған глобулалар пайда болатыны көрсетілді. Жабындардың 11% беріксізденуі кернеуді түсірумен және құрылымның өзгеруімен байланысты екені анықталды.

Түйінді сөздер: жабындар, ауыр иондар, беріктелу, радиациялық беріктілік.

УДК 622.228:550.82

S. M. Rakhimbekov

INNOVATIVE COURSE OF MINING TECHNOLOGY DEVELOPMENT

Abstract. In this article, the modern research methods being developed are analyzed. In this regard, the reader's attention is focused on the increased level of modern mining science and the opportunities that they provide. The peculiarities and shortcomings of widely used approaches and methods are revealed, as well as a broader view of the solution of the problem according to the developed concept of adaptation of the applied mining technology to the natural environment.

Keywords: adaptation, mineralization factor, forecasting, optimization, geomechanics

С.М. Рахимбеков

ИННОВАЦИОННОЕ НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ ГОРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Аннотация. В данной статье анализируются разрабатываемые современные методы исследования. В связи с этим акцентируется внимание читателя на возросшем уровне современной горной науки и возможностей, которые она предоставляет. Выявлены особенности и недостатки широко применяемых подходов и методов, а также представлено более широкое видение решения проблемы согласно разработанной концепции адаптации применяемой горной технологии к природной среде.

Ключевые слова: адаптация, фактор минерализации, исследование, оптимизация, геомеханика.

До настоящего времени господствовала (не всегда вполне осознанная) научная доктрина консервативного направления развития горной технологии, которая опиралась на концепцию экстенсивного совершенствования каждого из элементов горного производства, не затрагивая их сути (увеличение мощности, массы, размеров и т.д.). В целом старая доктрина в свое время не получила концептуально четкой формулировки и исторически представляет собой совокупность поэтапных усовершенствований традиционных технических решений, направленных в большинстве своем на устранение «узких мест» техники и технологии. Совершенствование горного производства как метод улучшения системы представляет ограниченные возможности, их решения в основном, лежат на «поверхности», мы предполагаем как бы существование системы само по себе, чаще всего причины «сбоев» системы ищем не вне системы, т.е. не в связи с другими системами и даже не в связи с другими подсистемами самой системы, а в границах системы или даже одной подсистемы.

Математика и анализ математических моделей являются, конечно, лишь одной из возможностей современной науки.

Не меньшую роль стали играть разрабатываемые современные методы исследования, которые также выражают возросший уровень и возможности современной науки.

В горном деле наряду с опытом и интеллектом специалистов огромное значение имеют интуиция, ассоциативное мышление, и др. «...Горное дело в сознании людей, посвятивших ему значительную часть жизни, ассоциируется скорее с горным искусством, чем с научно обоснованной деятельностью человека по добыче полезного ископаемого. Во многом именно по этой причине в горном деле так весомо значение опыта, знание специфики ведения горных работ в условиях конкретного месторождения и базирующейся на них интуиции...» [1]. Но ни одно из этих средств анализа и прогноза, которыми располагает человек-технолог, само по себе не может обеспечить нужный здесь уровень знаний. Для решения действительно трудных горных задач, встающих перед горняками, нужен инструмент, позволяющий объединять все существующие возможности познания. Если говорить о том, что такой инструмент уже создается, то в первую очередь следует упомянуть о «набившем оскомину», системном анализе в горном деле. Так в работах [2,3] отмечается, что «несмотря на интенсивное развитие теории и практики системного анализа в горной промышленности, произошедшее в конце 70-х — начале 80-х годов 20 века, дальнейшее развитие этого направления остаётся актуальным и на современном этапе развития науки, техники и технологий...». Так, на состоявшемся в 1994г. *16-ом Всемирном горном конгрессе* в г. София, автором данной статьи, был сделан доклад «*Системное решение проблемы адаптации горной технологии*», которое, на наш взгляд, и «...явилось ответом на очевидную недостаточность научных представлений о горном предприятии как таковом, функционирование которого обусловлено целенаправленным и взаимообусловленным взаимодействием всех его элементов и сторон деятельности»... [4].

На состоявшемся в этом году *25-ом Всемирном горном конгрессе* в г. Астана во многих выступлениях была продолжена тематика теории и практики системного анализа в горном деле.

В качестве важной составляющей следует отметить появление технических и программных средств, обеспечивающих диалог «исследователь—компьютер», которое позволило увидеть более отчетливо перспективы создания такого инструмента. Работы в этом направлении уже начались, и их интенсивность и практическая отдача растут с каждым годом.

Современное развитие науки расширяет возможности познания. С этой целью *ученые пытаются* дать новую интерпретацию процессов развития сложных систем. Моисеев Н.Н. в работе [5] связывает решение этой проблемы с выделением механизмов адаптации и катастроф.

Моисеев Н.Н. отмечает: «тысячелетиями человек вел направленный искусственный отбор — селекцию растений и животных, адаптируя их к своим потребностям. И при этом ничего принципиально нового он не получил. Как бы ни были отличны по своему внешнему виду многочисленные породы собак, они по-прежнему остаются собаками, принадлежат к одному и тому же виду.

Наверное, можно сказать и так: ни внешние возмущения, ни внутренние пертурбации не способны с помощью адаптационных механизмов вывести систему за пределы того «обозримого канала эволюции», того коридора, который заготовила природа для развития этой системы. При действии механизмов адаптационного типа границы этого коридора, очерченные объективными законами нашего мира, достаточно близки друг к другу и достаточно обозримы в перспективе. Следовательно, путь развития в этом случае предсказуем со значительной точностью. Такая характеристика механизмов адаптационного типа может быть принята в качестве их определения...».

Таким образом, есть возможности обобщения языка, выработанного эволюционной биологией для представления развития процессов в системах произвольной материальной природы, *как*, показал

Моисеев Н.Н. [5]. Вместе с тем он отнес «адаптационные» механизмы к дарвиновским механизмам естественного отбора. Основная их особенность состоит в том, что они позволяют нам в принципе предвидеть (конечно, с определенной точностью) развитие событий — прогнозировать его. Это происходит потому, что адаптация — это самонастройка, обеспечивающая развивающейся системе устойчивость (стабильность) в данных конкретных условиях внешней среды. Значит, изучая эти условия, т. е. особенности среды, мы можем предвидеть (предсказать) тенденции в изменениях основных параметров системы, которые будут происходить под действием этих механизмов. Другими словами, мы оказываемся способными заранее определить множество состояний (совокупность параметров) системы, которые будут обеспечивать ее устойчивость при данных условиях внешней среды [6-23]. Этим обстоятельством мы воспользовались в свое время для решения сложной горной задачи по оптимизации размещения выемочных единиц с учетом особенностей оруденения [24]. Этим успешным опытом необходимо также воспользоваться при решении геомеханических, геодинамических задач и эту задачу мы в настоящее время решаем. Решая указанную задачу, напрашивается следующее определение примененной концепции адаптации: адаптацией следует считать процесс целенаправленного изменения структуры, алгоритма или параметров анализируемой природно-технической системы со сложным залеганием и оруденением, в интересах повышения эффективности её функционирования.

На сегодняшний день актуальным становится анализ явлений горно - геологического, горнотехнического и горномеханического планов, которые слабо поддаются интерпретации и управляющим воздействиям на языке горной науки и где понимание механизмов и самих принципов адаптации, «приспособления», явилось бы перспективным и разрешающим многие проблемные вопросы. Именно в этих функциональных областях горных знаний, сопряженных с проектированием подсистем управления технологическими процессами в условиях неконтролируемых изменений, как собственных свойств, так и свойств природной среды, применение методов адаптивного управления было бы также наиболее перспективным. Не будь случайных факторов — не нужно было бы и адаптивного управления. Наиболее уязвимой стороной применения «классических» подходов оказывается неточное знание уравнений математической модели объекта, принятие линейности по параметрам и по устойчивости. С другой стороны, мы имеем дело с модельным представлением породного массива, а модель не может точно совпадать с оригиналом из-за большого числа неопределенностей, сложности, нечеткости определения реальной ситуации, нечеткости наших знаний. Поэтому более обоснованным было бы, например, применение известной в математике теории нечетких множеств, допускающих такие понятия, как «степень принадлежности объекта к классу», «частичная принадлежность», оперирующих с понятиями правдоподобия объекта или суждения.

Прошло около четверти века с момента озвучивания концепции адаптации на 16-ом Всемирном горном конгрессе, а также достаточно времени с момента выхода первых материалов по адаптации. Время критики, состоявшихся обсуждений, появившихся новых результатов, способствовали появлению новых идей, трансформации старых, их изменениям. Это лавинообразный процесс, который невозможно было остановить.

Именно, современное адаптивное управление и принятие решений в горном деле находится на пересечении знаний и опыта горняка, его осведомленности о природной среде и новейших информационных технологий, а также компьютерного математического моделирования. Важно, создавая такую систему управления горным производством, иметь ее адекватные модели, модель системы, модель среды, понять что существенно, что несущественно и т.д. Мы можем в процессе исследований высказывать самые различные гипотезы, их проверять, выстраивать новые модели и на этом учиться. Горная наука начинается с модели, которая позволяет заменить объект исследования так, чтобы из нее можно было извлечь новые сведения об объекте исследования. С другой стороны наши знания о массиве и, в целом, обо всей среде, в том числе внешней, не всегда и не полностью охватывают возникающие ситуации. Создаваемые модели не могут контролировать ситуации, так как они, зачастую, не основаны на адекватном знании причин и следствий в рамках контролируемой горной системы.

Появились различные взгляды на планирование, которые, по мнению системотехников определяются на сегодняшний день, как «планирование удовлетворения существующих тенденций». Мы, как правило, не делаем попыток изменить тенденции или повлиять на потребности, но вредное влияние современных тенденций в горном производстве, в особенности, экологического порядка постепенно изменит мнение о непогрешимости исходных, когда-то принятых предпосылок. На это указывает невозобновляемость и ограниченность природных ресурсов, и катастрофичность последствий безоглядного освоения недр.

Наиболее существенно для понятия адаптации это понятие «внешняя среда», вне ее это понятие не существует и тем самым она характеризует открытость любой системы. Как только мы рассматриваем горнотехническую систему как замкнутую, мы терпим неизбежное фиаско в своих выводах и прогнозах.

Приведем пример своевременного реагирования на изменение «внешней среды», а именно, цены золота. При понижении цены на минеральное сырье в отработку необходимо включать руды с более высоким содержанием золота в руде и проводить временную консервацию руды с низким содержанием и это практикуется в ряде случаев на производстве. При повышении цены на золото план горных работ своевременно корректируется с целью вовлечения в переработку ранее законсервированных бедных руд.

По существу, адаптация позволяет в условиях неопределенности и нечеткости горно-геологической и горнотехнической информации, оперативно формировать наименее рискованные решения. Поскольку в СНГ, как показывает анализ, литература, посвященная адаптации горной технологии весьма разрознена (на русском языке), то автор взял на себя смелость еще раз изложить на бумаге тот опыт разработки, который у него имеется, а также отношение к проблеме адаптации горной технологии авторов некоторых отечественных и западных монографий и статей. В области открытых горных работ нами передается видение и опыт разработок различных авторов по данной проблеме, а раздел, связанный с подземными рудниками, где автор, по его мнению, может сообщить что-то полезное, раскрывается более подробно в изданных монографиях [24-26].

В этих работах отмечается, что современный этап развития проблемы адаптации принимаемых технологических решений в горном деле можно охарактеризовать как постепенный, осторожный переход от вопросов визуализации, мониторинга и контроля объектов горной технологии к управлению ими, к принятию обоснованных технологических решений по режиму их функционирования. Вместе с тем, существуют некоторые субъективные и объективные факторы, которые сдерживают этот процесс. Идеи адаптации получили ограниченное распространение. Сегодня адаптация представляет собой пока еще недостаточно востребованную для горной технологии проблему.

Множество идей, интересных решений и оригинальных разработок в наиболее «критических» областях современной науки и технологии, особенно в бионике, военно-промышленном комплексе, до сих пор не востребованы к внедрению в других областях техники и технологий, в том числе в горном деле, поскольку об этих разработках информирован лишь узкий круг специалистов. Отсюда вытекает задача, требующая первоочередного решения, по подготовке научных и инженерных кадров, способных создавать адаптивные горные технологии, отвечающие перспективным требованиям, с учетом теоретических положений системы адаптации и тенденций развития ее компонентов. Вторые являются следствием естественного процесса дифференциации знаний в этом направлении. В то же время, следует отметить, адаптационные идеи и образ мышления, связанные с применением автоматики и средств вычислительной техники для управления технологическими процессами в горном деле, начали проникать еще задолго до появления самого термина адаптации. При этом постоянный рост потребности в объектах горной технологии, которые сегодня классифицируются как адаптивные, и непрерывное расширение сферы их применения стимулировали развитие различных АСУ, АСУТП, АСУП и т.п. В результате эти методы и технологии изначально развивались самостоятельно во многих достаточно разнородных научно-технических направлениях. В каждом из этих направлений изучались свои, специфические задачи исследования и проектирования объектов горной технологии, накапливался богатый опыт решения данных задач. Однако следует констатировать, что, к сожалению, разные направления развивались изолированно, обмен информацией между ними был сведен к минимуму.

Современный этап развития управления, оптимизации и адаптации все более и более характеризуется усилением интегральной тенденции, призванной в определенном смысле воссоединить отдельные ее направления. Дело в том, что многие принципы построения адаптивных систем, методы их исследования и проектирования и, особенно, их алгоритмическое и программное обеспечение являются инвариантными к предметной области различных направлений [6-23]. Именно в местах соприкосновения данных научно-технических направлений в результате их взаимного слияния следует ожидать наибольших результатов дальнейшего развития адаптивных горных систем. Как точно заметил «отец кибернетики» Н. Винер, «важные исследования задерживаются из-за того, что в одной области неизвестны результаты, уже давно ставшие классическими в смежной области». [27].

Актуальность разработки проблемы адаптации, по-видимому, заключается в сложности осознания ее необходимости потребителями и разработчиками.

Проблемы адаптации в горном деле – подотрасли горной науки ближайшего будущего, включающей в себя комплекс идей, методов и средств для создания компьютерно-контролируемых и программируемых систем с заданными функциями, и имеющей энергетические (в том числе информационные) и силовые взаимодействия с окружающей природной средой. Она - системная мировоззренческая научная дисциплина, позволяющая оценить любой горнотехнический объект с точки зрения управления, она – основа автоматизации, и в этой связи она должна являться предметом изучения практически всех инженерных, и не только инженерных специальностей горного профиля.

Ее появление не просто вызывает необходимость в пересмотре классической горной технологии, а принципиально меняет взгляд на горные науки, переводя их на системный уровень, учитывающий сложные взаимосвязи между проектированием, эксплуатацией и этапом окончания жизненного цикла горнотехнического объекта.

Следует также отметить, что проектирование отдельных частей природно - технических систем, на практике в большей степени осуществляется по методу «черный ящик», когда, согласно этой теории: решение, в особенности геомеханических задач – есть процесс «озарения» и это в именно в той связи, что, данная задача слабо алгоритмизируема в связи с нечетким ее описанием и методом решения.

Прежде всего, нужен адекватный инструмент, позволяющий объединять все существующие возможности. Появление технических и программных средств в горном производстве и науке, которые расширяют и углубляют диалог между исследователем и горным объектом управления в рамках современной связки «исследователь—компьютер», позволило поставить и подступиться к решению действительно трудных горных задач. Именно машинный эксперимент становится единственно надежным средством исследования, так как другие применяемые типы экспериментов предполагают необходимость воспроизведения изучаемых объектов и процессов, многократного повторения и проверки опыта.

Но следует отметить, что любые эксперименты с геодинамикой опасны, ибо вполне могут поставить горнотехнический объект на грань катастрофы или вообще невозможны в силу ряда причин (большой продолжительности эксперимента во времени, риска привести объект в нежелательное и необратимое состояние и т. п.)

С другой стороны усложнение геодинамических ситуаций вынуждает все чаще и чаще отвечать на возникающие вопросы и решать горные задачи, которые в горной науке так или иначе уже решены. Такое обстоятельство приводит к тому, что количество работ, повторяющих хорошо известные результаты, стремительно растет. Эффективность затрат на новые научные разработки в горном деле начинает постепенно снижаться.

Понятно, что необходимо располагать достаточно полной информацией о свойствах окружающей среды, и, с другой стороны необходимо в корне изменить традиционную технику работы с информацией, которая в современном варианте не располагает возможностями синтезировать необходимые научные знания.

Уже в наше время горное дело вступает в совершенно новую эру сложности, точности и эффективности, нужна только достаточная по объему и достоверная, точная, исходная геологоразведочная информация, из нее - после информационных процедур оптимизации с помощью встроенных программных продуктов, возникает реальный экономический эффект. Для этого, понятно, нужна, прежде всего налаженная, новая замкнутая цепь: постоянно действующие датчики работы очистных блоков и других технологических звеньев; скоростная передача этой производственной информации в память компьютеров, где она накапливается; без промедления прием, перевод в цифровую форму и обработка этой информации, сравнение полученных фактических показателей с плановыми и проектными, выявление плюсов и минусов; передача обработанной информации на математическую модель разработки месторождения, где воспроизводится вся реальная картина, а затем осуществляется оптимизация дальнейшей разработки - локальная и глобальная оптимизация; после чего следуют команды: геологам, маркшейдерам, технологам для регулирования параметров работы. И проведение различных технических мероприятий, а после проведения регулирования и технических мероприятий снова определение показателей работы всех технологических звеньев и оценка достигнутой эффективности, и так далее.

С помощью моделей из старых знаний могут возникать новые знания.

По сравнению с горным делом в физике и технике, проблемы управления в плане самонастройки систем насыщены достаточно развитой математической теорией систем, способных к адаптации. Поэтому, если мы в состоянии построить математическую модель природно-технической системы (ПТС) и механизмы ее самонастройки и будем располагать достаточно полной информацией о свойствах окружающей среды, то, используя указанную теорию в горном деле, мы сможем не только выявить

интересующие нас закономерности и предсказать тенденции, но и дать с определенной точностью количественную характеристику развивающихся событий в (ПТС). Следует также отметить, что перемены в природной и внешней средах происходят настолько быстро, что прогнозирование будущего становится невозможным. Поэтому напрашивается вывод, что вместо планирования горные предприятия должны развивать способность быстрой адаптации к меняющимся условиям. Таким образом, в горной практике может произойти смещение акцента с долгосрочного и среднесрочного планирования.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Пучков Л.А., Аюров В.Д. Синергетика горнотехнологических процессов. М.: изд. МГГУ, 1997-264с.
- [2] С.А. Батугин, СМ. Ткач, Н.С. Батугина, В.П. Гаврилов. Повышение эффективности освоения месторождений полезных ископаемых на основе системного подхода. СО РАН, 2010. - 284 с.
- [3] Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора экономических наук, Хозяйственный механизм эффективного освоения минерально-сырьевых ресурсов. Батугина Наталья Сергеевна, Москва • 2012. Диссертационная работа выполнена в Учреждении Российской академии наук Институте горного дела Севера им. Н.В.Черского Сибирского отделения РАН.
- [4] Е.И.Рогов, проф., докт. техн. наук, директор Института горного дела Национальной Академии наук (ИГД НАН), С.М.Рахимбеков, канд.техн.наук, СНС, ИГД НАН. Системное решение проблемы адаптации горной технологии. Доклад на 16 Всемирном горном конгрессе, г. София, Болгария. 1994.
- [5] Моисеев Н.Н. Алгоритмы развития. М.: Наука, 1987. –304 с
- [6] Гвишиани Д.М. Теоретико-методологические основания системных исследований и разработка проблем глобального развития // Системные исследования: Методологические проблемы: Ежегодник: М., 1982.
- [7] Hacken H. Advanced Sinergetics. Springer, Berlin, Heidelberg. 1983. Русский перевод: Хакен Г. Синергетика. Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах. — М.: Мир, 1985.
- [8] Пригожин И., Кондепуди Д. Современная термодинамика. От тепловых двигателей до диссипативных структур: Пер. с англ. Ю.А.Данилова и В.В.Белого. - М.: Мир,2002. - 461с.
- [9] Курносов А. М. Становление теории оптимального проектирования горных предприятий / А. М. Курносов.- М.: ИГД им. А. А. Скочинского, 1967.- 26 с.
- [10] Астахов А. С. Динамические методы оценки эффективности горного производства / А. С. Астахов. - М.: Недра, 1973. -272 с.
- [11] Рогов Е.И. Системный анализ в горном деле / Рогов Е.И. - Алма-Ата: Наука, 1976.
- [12] Капольи Л. Системный и функциональный анализ использования минеральных ресурсов / Ё. Капольи. - М.: Наука, 1985. -200 с.
- [13] Системный анализ развития горнодобывающих предприятий (проблемы теории и методологии) / Горный ин-т. Кольский научный центр АН СССР. - Ё.: Наука, 1991. - 183 с.
- [14] Горные науки. Освоение и сохранение недр Земли / РАН, АГН, РАЕН, МИА; под ред. К. Н. Трубецкого. — М.: Изд-во АГН, 1997. —478 с.
- [15] Ларичкин Ф.Д. Системный анализ экономических проблем комплексного использования минерального сырья /Ф.Д. // Цветная металлургия. - 2004. -№3. - С. 19-27.
- [16] Мещеряков Э. Ю. Классификация функций горнотехнической системы и ее место в иерархии геосистем / Э. Ю. Мещеряков // Известия вузов. Горный журнал. - 2006. - № 4. - С.119-126.
- [17] Воробьев А. Е. Разработка и обоснование нового принципа гибкого проектирования современных горных предприятий / А. Е. Воробьев, Г. А. Балыхин, Т. В. Чекушина, А. Я. Бычков // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2005. -№ 4. - С. 27-28.
- [18] Рахимбеков С. М., Укшебаев М. Т. Системный анализ проектирования горнотехнических систем // ГИАБ. - 2007. - №5. - С.183-189.
- [19] Галкина Н.В. Угледобывающее предприятие как эффективная социально-экономическая система / Н. В. Галкина // Известия вузов. Горный журнал. - 2006. — № 5. - С. 21-27.
- [20] Филиппов С. А. Динамический подход к реализации стратегии развития горно-перерабатывающего комплекса / С. А. Филиппов // Недоропользование- 21 век. - 2009. - № 2. - С. 41-48.
- [21] Сытенков В. Г. Системное моделирование объектов исследований в недропользовании / В. Г. Сытенков // Горный вестник Узбекистана: научно-технический и производственный журнал. - 2007. - № 1(28). - С. 16-21.
- [22] Столяров В.Ф. Теория развития горнопромышленных систем. - Екатеринбург; УРО РАН. - 2009. - 324 с.
- [23] Батугин С.А. Закономерности развития горного дела / С.А. Батугин, В.Л. Яковлев. - Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1992. - 116 с.
- [24] Рахимбеков С.М. Адаптация горной технологии на месторождениях с неравномерным оруденением. - Алматы: КазгосИНТИ, 2000. - с. 147.
- [25] Рахимбеков С.М. Адаптация технологии в горном деле. Научная монография. – Алматы: Экономика, 2013. – 447с.
- [26] Рахимбеков С.М. Адаптация в горном деле // Научная монография. – Изд.:«Lap Lambert academic publishing gmbh & co. Кг». – 2015.- 414 с.
- [27] Винер Н. Кибернетика, или управление и связь в животном и машине. М., 1968.

Рахимбеков С.М.

Тау-кен технологиясын дамытудың инновациялық бағыты

Резюме. Осы мақалада қазіргі заманғы зерттеу әдістері талданады. Осыған байланысты, оқырманның назарын заманауи тау-кен ғылымының деңгейін арттыруға және олар қамтамасыз ететін мүмкіндіктерге аударады. Кең таралған тәсілдер мен әдістердің ерекшеліктері мен кемшіліктері анықталды, сондай-ақ қолданбалы тау-кен технологиясын табиғи ортаға бейімдеу тұжырымдамасына сәйкес проблеманы шешудің кең көрінісі ашылды.

Түйінді сөздер: бейімделу, минералдану факторы, зерттеу, оңтайландыру, геомеханика.

УДК 691; 691:620.1

A.D. Muradov, A.A. Kyrykbayeva, B.G. Taipova¹
(Al Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan)
¹Abay Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan
E-mail: asem40_79@mail.ru)

**EFFECTS OF ELECTRON IRRADIATION AMOUNT AND TEMPERATURE
ON THE DEFORMATION OF POLYIMIDE FILMS**

Abstract. Investigations were carried out on the effect of the static load Φ and the temperature T on the strength and plastic properties of unirradiated and irradiated polyimide films. Irradiation of the films was carried out on a linear accelerator ELU-6 with doses of 5, 20, 40, and 100 MGr with an energy of 2 MeV. It was established that in the temperature range 373–493 K the plastic deformations predominate in irradiated films in comparison with the unirradiated films by ~ 13.3%, and at 293 K the strength increases by 23.3%, compared with unirradiated films. In the interval 293 ÷ 373 K, electron irradiation of films with doses of 20-40 MGM causes physicochemical processes in them, which simultaneously increase their plasticity and strength, which last for a long time.

Keywords: polyimide, irradiation, radiation dose, temperature, deformation, strength, plasticity.

А.Д. Мурадов, Ә.А. Қырықбаева, Б.Г. Таипова¹
(Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы)
¹Абай атындағы Қазақ Ұлттық Педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы
e-mail: asem40_79@mail.ru)

**ПОЛИИМИД ҮЛБІРЛЕРНІҢ ДЕФОРМАЦИЯСЫНА ЭЛЕКТРОНДЫҚ СӘУЛЕЛЕНДІРУ
МЕН ТЕМПЕРАТУРАНЫҢ ӘСЕРІ**

Түйіндеме. Сәулеленген және сәулеленбеген полиимид үлбірінің беріктілігі мен пластикалық қасиеттеріне статикалық жүктеме Φ мен температураның T әсері қарастырылған. Үлгілерді сәулелендіру ЭСУ-6 сызықты үдеткіште 5, 20, 40 және 100 МГр дозада, 2 МэВ энергияда жүргізілді. 373-493К температура интервалында сәулеленген үлбірдің пластикалық деформациясы сәулеленбегенге қарағанда ~ 13,3% басымдықты, ал 293К беріктілігі 23,3% артатындығы байқалды. 293 ÷ 373 К интервалында 20 - 40 МГр дозада электронды сәулелендіру үлгіде ұзақ уақыт сақталатын беріктілігі мен илгіштігін арттыратын физика-химиялық процестерді туғызады.

Түйін сөздер: полиимид, сәулелендіру, сәулелендіру дозасы, температура, деформация, беріктілік, илгіштік.

Кіріспе

Әр түрлі сыртқы факторлар әсерінен полимерлік материалының (ПМ) физика-химиялық сипаттамаларының өзгерісін оқып үйрену қарқынды жүк түсіру өрісінде олардың қасиеттерін жорамалдауға мүмкіндік береді [1-3]. Мұндай материалдардың практикалық маңыздылығы ондағы ақау мөлшері мен олардың қатысуымен орын алатын құрылымдағы қайта құрылу ықтималдығына тәуелді болады [4-6]. Ал бұл түрленулер материалдың беріктілігін, қаттылығын, илгіштігін, радиацияға төзімділігін т.б. сипаттамалырының өзгерісін туғызады [7]. Иондаушы сәуле әсерінің нәтижесінде полимердегі физика-химиялық үдерістердің өту заңдылығы мен механизмін сипаттайтын жалпы теория жасау әлі шешілмеген мәселелердің бірі [8]. Жоғары энергиялы бөлшектер полимер құрылымына әсері айтарлықтай түрленулерді туғызады. Иондаушы сәулелердің конденсирленген күйдегі жоғарғы молекулалық қосылыстарға әсері физикалық (қозу, ионизациялану, термолизациялану, стабилизациялану және артық зарядтардың рекомбинациясы) және химиялық (тігілу, деструкция) процестердің орын алуымен

катар жүреді [9-11]. Иондаушы сәуле ретінде бірнеше сәулелендіру көздерін қарастыруға болады. Гамма сәулелендірудің композит материалдың физикалық қасиеттеріне әсері қарастырылған [12-14]. Осы құбылыстарды оқып үйрену мұндай зерттеулердің негізгі бағыты болады.

Бұл жұмыстың мақсаты полиимид материалының деформациясына температура өзгерісінің және әр түрлі дозадағы электрондық сәулелендірудің әсерін зерттеу болып табылады.

Эксперимент әдісі

Полиимид үлбірлерді термомеханикалық зерттеу мына сызба бойынша орын алды. Қалыпты бөлме температурасында үлбірлер үзілгенге дейінгі ең үлкен статикалық жүктемеге тексерілді, ол өз кезегінде осындай жүктеме деңгейін анықтады (пайызбен өрнектелген) және санақ басы ретінде алынды. Полимерлік материалдардың күйреуінің жылулық әсердің критеріі болатын температуралық шекарасы белгіленді. Үлгілердің беріктілік сипаттамалары калибрленген жүктердің көмегімен анықталып, $\sigma = \sigma_{\max}$ беріктілік (үздіруші күш) тағайындалды, ары қарай ол ең үлкен $\Phi = \Phi_{\max}$ статикалық жүк ретінде 100 % тең деп қарастырылды.

Сәулеленген және сәулеленбеген полиимид үлбірінің әр түрлі статикалық жүктемеде Φ және температурада салыстырмалы ұзаруы мен беріктілігі қарастырылды. Үлбірлердің ұзындығы $l_0 = 50$ мм, ені $a = 5$ мм, қалыңдығы $b = 130$ мкм. Олар арнайы құрылғыда қысқыштармен қыстырылып, әр түрлі статикалық жүк түсіру мен бірнеше температурада сыналды. Статикалық жүктеме қалыпты жағдайда салмағы $F_k = \Phi_{\max}$ үзуші күшпен салыстырғанда 50% тен 90% аралығында өзгертін калибрленген жүктер жиынтығымен алынды. Қойылған мақсатқа қарай бұл жүктер 5 – 10% интервалымен түсірілді.

Эксперименттік құрылғы температурасы реттелетін, ішінде арнайы қысқыштармен зерттелетін үлгі орналастырылатын вертикаль цилиндрлік электрлік пеш түрінде болды. Температуралық режим бөлме температурасынан 593K дейін $\Delta T = \pm 1,5$ K дәлдікпен берілді. Қозғалмайтын үстіңгі қысқышқа зерттелетін үлгі бекітіліп, оған калибрленген жүк түрінде статикалық күш түсірілді. Құрылғы полиимид үлбірлердің созылуы мен қыздыру температурасын тіркеуші жүйемен жабдықталды. Түсірілген Φ жүкті Φ_{\max} мәнінен 50 ден 90 % интервалында өзгертілді.

Сәулелендіру электронды сызықтық үдеткіш (ЭСУ-6) құрылғысында жүзеге асырылды. Электрондар ағынының орташа энергиясы 1000 мкА интегралды токта 2МэВ, импульсті жіберу жиілігі 200 Гц, энергетикалық спектрдің жартылай ені 10%.

Алынған нәтижені талдау

1-кестеде сәулеленген және сәулеленбеген полиимид үлбірдің пластикалық қасиетіне температура T мен статикалық жүктеменің Φ әсері көрсетілген. Бөлме температурасында ($T = 293K$) әртүрлі статикалық жүктемелер түсірілген сәулеленбеген және энергиясы 2 МэВ және дозасы 20 МГр жоғарғы энергиялы электрондармен сәулеленген үлбірлерде пластикалық деформациясында айырмашылық туғызбайды және олардың салыстырмалы ұзаруы да бірдей.

Бірақта 373-493K температура интервалында сәулеленген үлбірлерде пластикалық деформация сәулеленбеген үлбірмен салыстырғанда ~ 13,3% басымдық танытады. Алайда 513K бастап аталған үлбірлерде кері үдеріс орын алады. Бірдей статикалық жүк түсірілген жағдайда сәулеленбеген үлбірлерде сәулеленгенмен салыстырғанда пластикалық деформациясы басым болатындығы байқалады.

1-кестеде көріп отырғанымыздай энергиясы 2МэВ дозасы 20 МГр электрондық сәулелендірудің және 573K дейінгі температураның полиимид үлбіріне әсерін байқауға болады. Сәулелендіру тігілуді және көлденең молекулааралық байланыстардың деструкциясын туғызады және де негізгі және бүйір тізбектегі валентті байланыстардың үзілуі немесе түзілу вариациясын, сонымен қатар әртүрлі типтегі диенді байланыстардың түзілуін туғызады.

Полиимид үлбірдің пластикалық қасиетінің мұндай өзгерісі сәулелендіру, қыздыру және сыртқы күш түсіру салдарынан материалдың ішкі құрылымдық өзгерістерімен байланысты болады. Осы факторлардың жиынтығы полимердің иілгіштігін анықтайды.

1-кесте. Статикалық жүктеме Φ (%) мен температураның T (K) сәулеленбеген және сәулеленген полиимид үлбірдің салыстырмалы ұзаруына әсері

Статикалық жүктеме Φ_{\max} , %		T, K									
		293	373	423	453	473	493	513	533	553	573
		ε, %									
50	1	1	1	2	2	3	4	6	8	9	10
	2	1	1,5	3	3	4	5	6	6	8	12

55	1	1,5	1,5	3	4	5	6	7	9	10	12
	2	1,5	2	4	4	4	6	7	7	11	15
60	1	2	2	4	4	5	6	8	10	12	15
	2	2	2,5	4,5	4,5	5	7,5	7,5	10	13	19
65	1	2,5	2,5	5	6	7	8,5	10	13	16	23
	2	2,5	3	5,5	5,5	6	9	8	15	20	23
70	1	3	3,5	5	6	7	9	16	17	24	38
	2	3	4	6,5	7	7,5	11	10	20	24	29
75	1	3,5	4,4	6	7	8	10	20	28	35	60
	2	3,5	4,5	7	8,5	9	13	13	25	30	36
80	1	4	4,5	6	8	10	12	25	37	51	78
	2	4	5	8	10	11	15	15	31	36	44
85	1	4,5	5	8	9	10	14	33	48	66	-
	2	4,5	5,5	9	11	12	16	18	36	41	-
90	1	5	6	10	11	12	15	38	56	-	-
	2	5	7	10	12	13	17	22	40	-	-

1-ші суретте (*a, б*) сәулеленбеген (сурет1*a*) және энергиясы 2 МэВ және дозасы 20 МГр электрондармен сәулеленген (сурет 1*б*), әр түрлі қыздыру температурасында полиимид үлбіріне түсірілген жүк (σ) пен салыстырмалы ұзарудың байланысы көрсетілген.

1 *б* суреттен көріп отырғанымыздай электрондық сәулелендіру қоршаған орта температурасына байланыссыз, үлбірдің иілгіштігін 1,5-2 есе арттырады. Осымен қатар бірдей уақытта кернеулік салыстырмалы ұзарумен қарағанда баяу артады. Бұл полиимидтегі көлемдік тор құрылымға ие болатын макромолекула-ның химиялық байланысының радиациялық беріктенуіне (тігілу) дәлел бола алады.

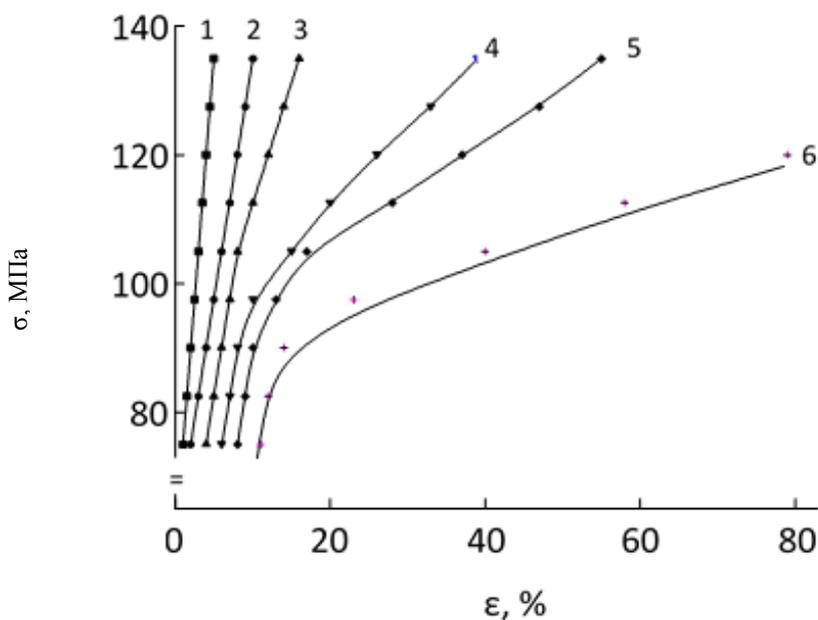
Электрондардың жұтылған дозасының (*D*) полиимид үлбірі кернеулігіне (σ) әсері әртүрлі температурада қарастырылды (2-сурет). Дозалық тәуелділік 373К қарағанда 293К басымдырақ байқалады. 293 К температурада сәулеленбеген үлбірмен салыстырғанда кернеулік 23,3% артады, ал 373К бұл айырмашылық 6,9 %. Үлгі температурасын арттыру σ мәніне қарағанда $\sigma(D)$ тәуелділігін азайтады.

Сәулелендіру материалдың беріктігі мен иілгіштігі арттатындығына негізделеді. 40 МГр дозада температураны 100К арттыру полиимид үлбірдің механикалық беріктілігін ~1,3 есе азайтады.

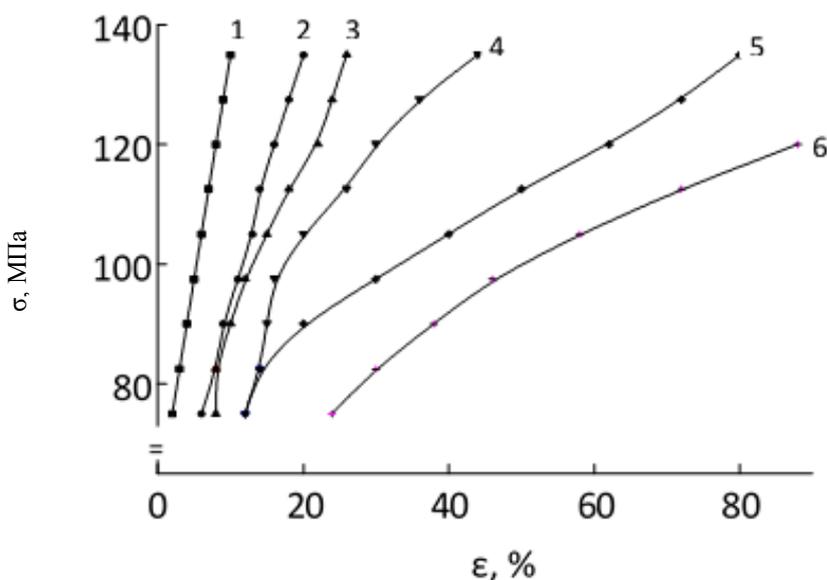
2-ші кестеде электрондық сәулелендіру дозасы (*D*) мен температураның (*T*) үзуші кернеу $\sigma_{\text{үзу}}$ мен ең үлкен салыстырмалы ұзаруға ϵ_{imax} әсері көрсетілген.

2-кесте. Энергиясы 2МэВ электрондық сәулелендіру дозасы (*D*) мен температураның (*T*) үзуші кернеу $\sigma_{\text{үзу}}$ мәні мен ең үлкен салыстырмалы ұзаруға ϵ_{imax} әсері

T, К		D, МГр				
		0	5	20	40	100
293	$\epsilon_{\text{imax}}, \%$ $\sigma_{\text{үзу}}, \%$	7/100	6/100	36/115	29/125	27/130
373		8/95	8/95	36/100	32/100	29/110
423		9/90	8/90	35/90	33/90	30/80
473		12/90	10/90	36/90	35/90	31/55
493		23/90	18/90	40/85	36/80	30/50
513		41/90	35/90	42/80	37/80	31/45
533		61/90	47/90	43/75	39/75	32/40
553		69/85	58/85	45/75	54/70	33/35
573		78/80	66/80	48/75	59/65	34/30



а)

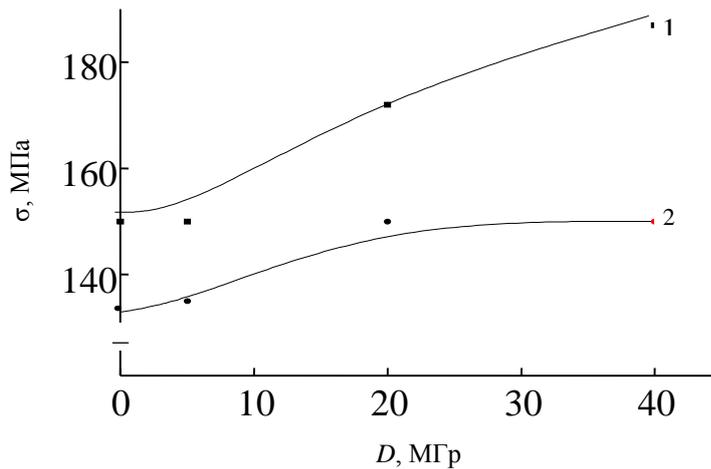


б)

1 – 293 К; 2 – 423 К; 3 – 473 К; 4 – 513 К; 5 – 533 К; 6 – 573 К

1-сурет. Сәулеленбеген (сурет 1а) және электрондармен сәулеленген (сурет 1б) әр түрлі қыздыру температурасында полиимид үлбіріне түсірілген жүк (σ) пен салыстырмалы ұзару арасындағы байланысы

2 кестеден көріп отырғанымыздай 293К-нен 493К дейінгі интервалда полиимид үлбірі деформациясына 40МГр дозаға дейінгі электрондық сәулелендіру айтарлықтай әсерін тигізеді. Бөлме температурасында ($T = 293\text{ К}$) 20 және 40 МГр дозада сәулелендіру үлбірдің пластикалық және беріктілік қасиеттерін арттырады, салыстырмалы ұзарудың шекті мәні 30-40%, ал беріктілік бастапқы мәнмен салыстырғанда 15-25% артады. Осы дозада температураны 373К көбейту шекті салыстырмалы ұзаруды 35 және 33% арттыруды туғызады, ал $\sigma_{\text{үзші}}$ кернеу өзінің бастапқы мәніне, яғни 100%. Сәулеленбеген және 5 МГр сәулеленген үлгілерде осы температурада беріктілік бастапқы мәнінен 95% болатынын айта кету керек.



1-293К; 2 – 373К

2-сурет. Полиимид үлбірінің беріктілігі σ мен электрондарды жұту дозасының (D) байланысы

Қорытынды

Осылайша, 20-40 МГр электрондық дозамен сәулелендіру, 293-373К температура интервалында полиимидті қыздыру оның беріктілігі мен иілгіштігін арттыруға әкеледі және бұл өзгеріс ұзақ уақытқа сақталады. Үлгілердің механикалық қасиеттерінің бұлай өзгеруі үлгінің торлы құрылымымен байланысты. Үлгінің мұндай құрылымы электрондық сәулелендіру әсерінен макромалекула тізбегінің зақымданған бөлігінің қайта қалпына келуіне септегін тигізеді. 573К қыздыру макромалекула үшін, әсіресе бензол сақиналары үшін критикалық болып табылмайды.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Крыжановский В.К., Бурлов В.В. и др. Технические свойства полимерных материалов. – СПб.: Профессия. 2005. 248 с.
- [2] Михайлин Ю.А. Термоустойчивые полимеры и полимерные материалы. – СПб.: Профессия. 2006. 624 с.
- [3] Крутько Э. Т. и др. под общ.ред. Прокопчука Н. Р. Полиимиды. Синтез, свойства, применение. – Минск: БГТУ, 2002. 303 с.
- [4] Кербер М. Л. Полимерные композиционные материалы. Структура. Свойства. Технологии. – СПб.: Профессия, 2008. 500 с.
- [5] Аверко-Антонович И.Ю., Бикмуллин Р.Т. Методы исследования структуры и свойств полимеров. -Казань: КГТУ, 2002. 604 с.
- [6] Кочнев А.М., Заикин А.Е., Галибеев С.С., Архиреев В.П. Физико-химия полимеров. - Казань: Изд-во «ФЭН», 2003. 512с.
- [7] J. Лин К. и др., Полиимид Электронные структурные и оптические свойства от первых принципиальных вычислений, Форум материаловедения, Издания 694, 2011.С. 597-601.
- [8] Танаки Т., Хозояма К., Хара К. Растяжимые свойства фильма полиимида при криогенных температурах и воздействиях радиации на полиимид. Достижения в криогенном техническом инженерий, Издания 42, 1996, С. 21-27.
- [9] Си Дж., Дацин Z., Влияние температуры на оптические свойства фторированных тонких пленок полиимида, Европейский журнала полимера, Издания 44, 2008. С. 186.
- [10] Нарендры Л., Маткахари V., Бхорэскэр С., Поверхностные и структурные изменения в полиимиде облученные электронами с энергией 6 MeV. Материаловедение и разработка: Том 168, Выпуски 1-3, 2010, С. 122-126
- [11] Горэва М., Дилхэн М., Франк Т. Фишер. Кристаллизация полимера и вызванное осадками обертывание углеродных нановолокон с РВТ// Журнал Прикладной науки полимера. Издание 114. 2009. С.1312-1319.
- [12] Мурадов А.Д., Кырыкбаева А.А. Влияние индуцированной нагрузкой поглощения кислорода $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ на механические свойства системы «Полиимид– $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ », Журнал технической физики, том 88, № 5. 2018. С.745-754
- [13] Мурадов А. Д., Коробова Н. Е., Кырыкбаева А.А., Яр-Мухамедова Г. Ш., Мукашев К. М. Влияние гамма облучения на оптические свойства системы полиимид - $YBa_2Cu_3O_{6.7}$ Журнал прикладной спектроскопии, Т. 85, № 2, 2018. С.241- 247.

[14] Кырыкбаева А. А., Мурадов А. Д., Млиник А., Влияние γ -облучение на оптической ширину запрещенной зоны системы Полиимид– $YBa_2Cu_3O_{6.7}$ // Международная конференция по вопросам продвинутых структурных и функциональных материалов, Польша, 2018. С. 60 - 61.

Мурадов А.Д., Кырыкбаева Ә.А., Таипова Б.Г.

Влияние дозы электронного облучения и температуры на деформацию полиимидных пленок

Резюме. Выполнены исследования по влиянию статической нагрузки Φ и температуры T на прочностные и пластичные свойства необлученных и облученных полиимидных пленок. Облучение пленок производилось на линейном ускорителе ЭЛУ-6 дозами 5, 20, 40 и 100 МГр с энергией 2 МэВ. Установлено что в интервале температур 373 - 493 К наблюдаются преобладания пластических деформаций у облученных пленок по сравнению с необлученными на ~ 13,3% и при 293 К прочность возрастает на 23,3%, по сравнению с необлученными пленками. В интервале 293 ÷ 373 К электронное облучение пленок дозами 20 - 40 МГр вызывают физико-химические процессы в них, которые одновременно повышают их пластичность и прочность, сохраняющиеся длительное время.

Ключевые слова: полиимид, облучение, доза облучения, температура, деформация, прочность, пластичность.

Muradov A.D., Kyrykbayeva A.A., Taipova B.G.

Effects of electron irradiation amount and temperature on the deformation of polyimide films

Summary. Investigations were carried out on the effect of the static load Φ and the temperature T on the strength and plastic properties of unirradiated and irradiated polyimide films. Irradiation of the films was carried out on a linear accelerator ELU-6 with doses of 5, 20, 40, and 100 MGr with an energy of 2 MeV. It was established that in the temperature range 373-493 K the plastic deformations predominate in irradiated films in comparison with the unirradiated films by ~ 13.3%, and at 293 K the strength increases by 23.3%, compared with unirradiated films. In the interval 293 ÷ 373 K, electron irradiation of films with doses of 20-40 MGM causes physicochemical processes in them, which simultaneously increase their plasticity and strength, which last for a long time.

Keywords: polyimide, irradiation, radiation dose, temperature, deformation, strength, plasticity.

¹ А.В. Омарова, ¹ Ж.К. Тулемисова, ² М.Т. Бекенова, ² Г.В. Курбанова, ¹ Г.С. Зетбек

(¹ Kazakh national agrarian university, Almaty, Kazakhstan

² Kazakh National Research Technical University named after KI Satpaev v, Almaty, Kazakhstan

E-mail: akonia-1989@mail.ru)

STUDY OF LACTIC ACID MICROORGANISMS SEPARATED FROM FERMENTED MILK PRODUCTS OF KAZAKHSTAN

Abstract. In this article, is described a method for isolating microorganisms from national fermented milk products, shubat and koumiss. The isolation of pure cultures of lactic acid bacteria includes several steps: selection of sources, sampling, sowing on a dense medium for the isolation of pure culture, studying the biological properties of the isolated strains for the purpose of their identification. Were described morphological properties of microorganisms, as well as their sensitivity to antibiotics: tetracycline, streptomycin, penicillin.

Key words. Shubat, koumis, nutrient medium, identification, microorganisms, resistance to antibiotics.

¹ А.В. Омарова, ¹ Ж.К. Тулемисова, ² М.Т. Бекенова, ² Г.В. Курбанова, ¹ Г.С. Зетбек

(¹ Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Республика Казахстан

² Казахский национальный исследовательский технический университет, имени К.И. Сатпаева,

Алматы, Республика Казахстан

bekanova_marzhan@mail.ru)

ИЗУЧЕНИЕ МОЛОЧНОКИСЛЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ В КАЗАХСТАНЕ

Аннотация. В статье изложен метод выделения микроорганизмов из национальных кисломолочных продуктов – шубата и кумыса. Выделение чистых культур молочнокислых бактерий включает ряд этапов: выбор источников, отбор образцов, посев на плотную среду для выделения чистой культуры, исследование биологических свойств выделенных штаммов в целях их идентификации. Описаны морфологические свойства микроорганизмов, а также их чувствительность к антибиотикам: тетрациклин, стрептомицин, пенициллин. Кроме того, определены устойчивость выделенных микроорганизмов к разным значениям кислотности pH.

Ключевые слова. Шубат, кумыс, питательная среда, идентификация, микроорганизмы, устойчивость к антибиотикам, устойчивость в кислой среде.

Современные исследования в области пищевой биотехнологии показали, что качество, органолептические свойства продуктов на 70% связаны с микрофлорой [1]. Микрофлора может быть напрямую связана с местом получения сырья или же методикой и практикой переработки сырья. Так при производстве вин, используется термин «терруар», который является емким термином, под которым подразумевают одновременно микрофлору, место получения сырья и характерную микрофлору мест производства [2].

Так, одинаковые сорта винограда, выращенные в разных местах, дают совершенно разные параметры вин. Если делать параллель относительно кисломолочных продуктов, то всем известные болгарская палочка и молочный стрептококк дают многообразие йогуртов, производимых по всему миру. Казалось бы, известные 2 вида бактерии, а такое широкое разнообразие продуктов [3]. То же самое и в случае с кумысом и шубатом. Вековые традиции производства кумыса и шубата на территории Центральной Азии и Казахстана имеют большое разнообразие между собой по специфическому вкусу, аромату, текстуре продукта. Все они связаны со специфической микрофлорой того или иного места разведения животных, их рациона питания, используемой методикой приготовления напитков. Если в средние века Марко Поло кумыс назвал «шампанским степей», то с точки зрения пищевой биотехнологии он не сильно преувеличил [4].

Методы исследования. Источниками выделения для молочнокислых бактерий являются национальные кисломолочные продукты, кумыс и шубат, производимые в Алматинской области Республики Казахстан. Посев и расчет микроорганизмов проводились в Казахстанско-Японском Исследовательском Центре при аграрном университете, на новейшем оборудовании Interscience произведенном во Франции, которое впервые был использован в Казахстане для данного исследования.

Изучение фенотипических и морфологических свойств микроорганизмов проводили на плотной среде – агаре МРС, г/л: бактопептон – 10,0; мясной экстракт – 10,0; дрожжевой экстракт – 5,0; глюкоза – 20,0; твин – 1,0; аммоний лимоннокислый – 2,0; натрий уксуснокислый – 5,0; гидрофосфат натрия – 2,0; магний сернокислый 7-водный – 0,1; марганец сернокислый 5-водный – 0,05; агар – 20,0.

Основным методом изучения морфологии в исследовании бактерий – микроскопия фиксированных окрашенных препаратов. Микроскопирование проводили с использованием микроскопа Levenhuk (Франция). Определение размеров клеток изучаемых культур микроорганизмов проводили с использованием окулярной линейки и объект-микрометра.

Морфологические свойства микроорганизмов изучаются в окрашенных препаратах с целью дифференциации, анализируют геометрическую форму, размер, окраску по Граму и окраску по Леффлеру, наличие спор, капсул и жгутиков.

Техника окраски по Граму. На одном обезжиренном стекле делают мазки разных микроорганизмов: в центре - мазок клеток исследуемой культуры, слева и справа - контрольных культур. Клетки одной контрольной культуры должны быть грамположительными, другой - грамотрицательными. Мазки следует готовить тонкими, чтобы клетки равномерно распределялись по поверхности стекла и не образовывали скоплений. Препарат высушивают на воздухе, фиксируют над пламенем горелки и окрашивают в течение 1-2 мин карболовым генциановым. Затем краситель сливают и, не промывая мазок водой, обрабатывают его 1-2 мин раствором Люголя до почернения. Сливая раствор Люголя, препарат обесцвечивают 0,5-1,0 мин 96%-ным этиловым спиртом, быстро промывают водой и дополнительно окрашивают 1-2 мин водным фуксином. Краситель сливают, препарат промывают водой, высушивают и микроскопируют с иммерсионной системой [5]. При правильном окрашивании грамположительные бактерии имеют сине-фиолетовый, грамотрицательные - розово-красный цвет [6].

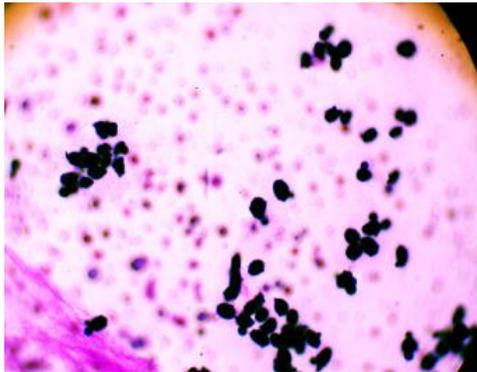
Устойчивость исследуемых культур к антибиотикам анализировали с помощью набора дисков, пропитанных различными видами антибиотиков (тетрацилин, стрептомицин, пенициллин). Диски накладывали на плотную питательную среду, засеянную культурой наследуемого штамма, накладывали диски с антибиотиками и культивировали в течение суток при температуре 37°C.

Были проведены эксперименты по определению устойчивости выделенных штаммов микроорганизмов к кислой среде. В жидкую среду MRS, устанавливая значения pH от 5,0 до 6,5 засеяли тестируемые бактерии и рост, и развитие определяли по мутности среды.

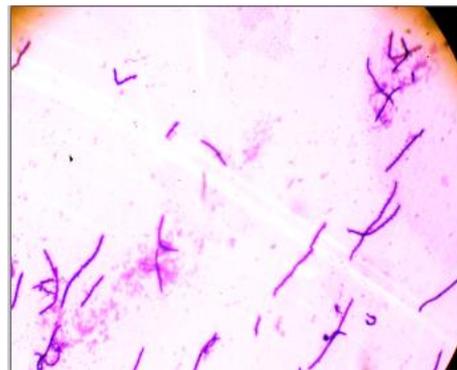
Результаты исследования. Технология выделения штаммов микроорганизмов из национальных продуктов Республики Казахстан осуществляется следующим образом. Для первичного выделения ис-

пользовали молочную среду – стерильное обезжиренное молоко; бульон MRS; молочный агар – молоко с 3% агаром в соотношении 1:1; MRS-агар. Культуры выделяли методом десятикратных разведений с последующим высевом на чашки Петри с агаризованной средой MRS. Чашки культивировали при температуре 37°C в течение 1 суток. Из пробирок с видимым ростом микроорганизмов и с суммарных газонов на чашках проводили их генетическую идентификацию.

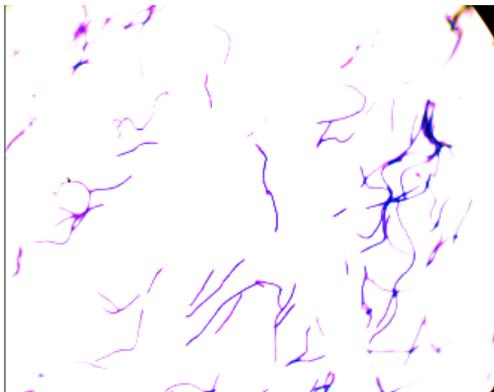
Для полной идентификации провели микроскопирование на цифровом USB-микроскопе Levenhuk (Франция), он позволяет более точно исследовать морфологические свойства живых клеточных культур. Фотографии выделенных микроорганизмов представлены на рисунке 1. Также, на оборудовании автоматического счетчика колоний SCAN 4000 (Interscience, Франция) просчитали выросшие колонии микроорганизмов. У *Lactobacillus gallinarum* цвет колонии сероватый, телесный цвет наблюдается у штамма *Lactococcus lactis*. Колонии белого цвета образуют микроорганизмы *Enterococcus faecium*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus fermentum* и *Lactobacillus casei*.



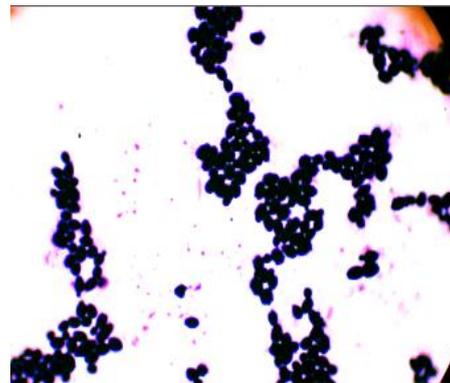
Enterococcus faecium (Шубат)



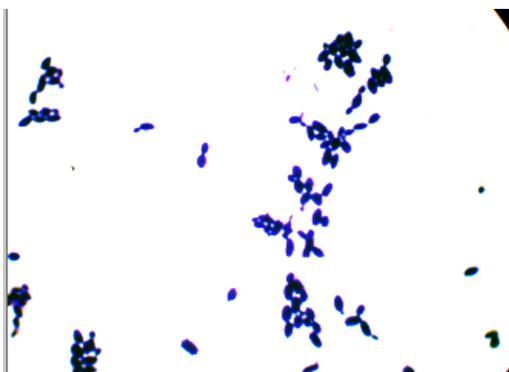
Lactobacillus paracasei (Шубат)



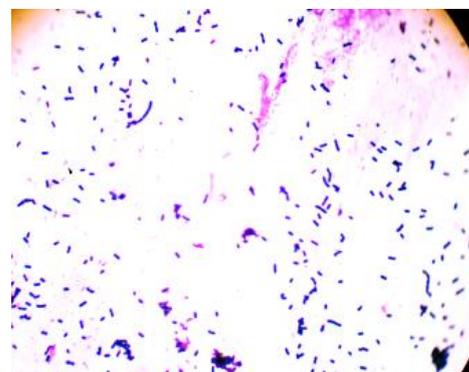
Lactobacillus acidophilus (Шубат)



Lactococcus lactis (Кумыс)



Enterococcus faecium (Кумыс)



Lactobacillus casei (Кумыс)

Рис.1. Микроорганизмы, выделенные из шубата и кумыса

Как видно из рисунков все выделенные микроорганизмы имеют различные формы: шаровидные, нитеобразные, палочковидные. Все выделенные штаммы являются не подвижными.

Исследование антибиотической резистентности штаммов микроорганизмов, выделенных из национальных казахских кисломолочных напитков, является важной составляющей в процессе комплексного изучения микроорганизмов. Многие микроорганизмы проявляют устойчивость к действию антибиотиков по нескольким причинам. Во-первых, резистентность к действию антибиотика возникает при изменении генома в результате множества или единичных мутаций. Приобретенная резистентность далее передается по наследству между микроорганизмами. В результате возникает новая популяция микроорганизмов устойчивых к действию антибиотиков. Таким образом, осуществляется селекция бактериальных клеток [7].

Во-вторых, микроорганизмы способны к адаптации в неблагоприятных условиях, в частности к воздействию антибиотических веществ. В результате происходит замена метаболических звеньев микроорганизма, естественный ход которых нарушается антибиотиком, другими метаболическими реакциями, устойчивыми к действию препарата. В-третьих, в неблагоприятных для себя условиях микроорганизмы способны активизировать синтез веществ, разрушающих молекулу антибиотика. Такое явление называется энзиматической инактивацией антибиотиков [8].

Чувствительность микроорганизмов к антибиотикам является важным показателем при использовании данных бактерий в пищевой промышленности. В результате изучения чувствительности штаммов, выделенных из казахских молочных продуктов к антибиотикам выявлено, что все штаммы, выделенные из кумыса и шубата, являются устойчивыми. Результаты чувствительности выделенных микроорганизмов на антибиотики представлены на таблице 1, а также, чувствительность микроорганизмов, выделенных из шубата, к антибиотикам на таблице 2, из кумыса на таблице 3.

Таблица 1. **Чувствительность выделенных микроорганизмов на антибиотики**

№	Микробиологические показатели	Нормируемые значения показателей*	Результаты исследований испытаний
Микроорганизмы шубата			
<i>Enterococcus faecium</i>	КМАФАнМ, КОЕ/г, не менее	1×10^3	1.3×10^4
	тетрациклин		резистентный
	пенициллин		резистентный
	стрептомицин		резистентный
<i>Lactobacillus paracasei</i>	КМАФАнМ, КОЕ/г, не менее	1×10^3	$1,7 \times 10^4$
	тетрациклин		резистентный
	пенициллин		резистентный
	стрептомицин		резистентный
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	КМАФАнМ, КОЕ/г, не менее	1×10^3	0.4×10^4
	тетрациклин		резистентный
	пенициллин		резистентный
	стрептомицин		Резистентный
Микроорганизмы кумыса			
<i>Lactococcus lactis</i>	КМАФАнМ, КОЕ/г, не менее	1×10^2	5.9×10^3
	тетрациклин		резистентный
	пенициллин		резистентный
	стрептомицин		резистентный
<i>Lactobacillus gallinarum</i>	КМАФАнМ, КОЕ/г, не менее	1×10^2	1.3×10^3
	тетрациклин		резистентный
	пенициллин		резистентный
	стрептомицин		резистентный
<i>Lactobacillus casei</i>	КМАФАнМ, КОЕ/г, не менее	1×10^2	0.2×10^3
	тетрациклин		резистентный
	пенициллин		резистентный
	стрептомицин		резистентный

Таблица 2. Чувствительность микроорганизмов, выделенных из шубата, к антибиотикам

Антибиотики	Концентрация в диске, мкг	Диаметр зон ингибирования, мм		
		<i>Lactobacillus paracasei</i>	<i>Enterococcus faecium</i>	<i>Lactobacillus acidophilus</i>
Тетрациклин	30	36	20	25
Пенициллин	10	16	14	22
Стрептомицин	10	8	16	10

Таблица 3. Чувствительность микроорганизмов, выделенных из кумыса, к антибиотикам

Антибиотики	Концентрация в диске, мкг	Диаметр зон ингибирования, мм		
		<i>Lactococcus lactis</i>	<i>Lactobacillus gallinarum</i>	<i>Lactobacillus casei</i>
Тетрациклин	30	21	20	20
Пенициллин	10	15	10	25
Стрептомицин	10	9	18	12

По отношению к тетрациклину все микроорганизмы проявили большую устойчивость, чем микроорганизм *L. Paracasei*. У всех микроорганизмов диаметр зон ингибирования составили от 20 до 25 мм, в то время как микроорганизм *L. paracasei* проявил меньшую резистентность к данному антибиотику и диаметр зоны ингибирования составил 36 мм.

Большую устойчивость к пенициллину проявили микроорганизмы *Lactobacillus gallinarum*, *Enterococcus faecium*, *Lactococcus lactis* и *Lactobacillus paracasei*.

Все выделенные микроорганизмы оказались более устойчивы к действию стрептомицина. Так как их диаметр зон ингибирования составили от 8 мм (*Lactobacillus paracasei*) до 18 мм (*Lactobacillus gallinarum*).

Таким образом, в результате изучения антибиотической резистентности микроорганизмов, выделенных из кисломолочных напитков выявлено, что бактериальные клетки чувствительны к действию антибиотиков, ингибирующих синтез белка: тетрациклину, пенициллину, стрептомицину и в меньшей степени чувствительны к действию аминогликозидным антибиотическим веществам, нарушающим как синтез белка, так и процессы репликации генома клетки. К таким антибиотикам относят пенициллин и стрептомицин.

Реакция среды, в которой обитают микроорганизмы, оказывает на них большое влияние. Это один из наиболее важных факторов, от которых зависит рост и размножение микроорганизмов, так как он определяет доступность для организма различных веществ и неорганических ионов [9].

Напомним, что активная реакция среды является функцией ионов водорода, их активности и концентрации. Кислотность среды выражается символом pH. Значения pH лежат в интервале от 0 до 14 и представляют собой десятичный логарифм концентрации водородных ионов, взятый с обратным знаком. Значения pH кислых сред находятся в пределах 0—6, щелочных — 8—14, нейтральная точка соответствует pH 7,07 [10].

Для большинства микроорганизмов оптимальное значение pH — около 7. Очень кислая или очень щелочная реакция среды обычно токсичны для бактерий. Предельные значения pH, выше и ниже которых известные в настоящее время микроорганизмы прекращают рост и размножение, приблизительно равны 1 и 11. При pH 1 могут существовать лишь немногие бактерии и грибы, при pH 11 — только некоторые водоросли, грибы и бактерии. За редкими исключениями, бактерии не способны расти при pH ниже 4. Большая часть бактерий не размножается при pH выше 9 [11]. Следовательно, диапазон pH, при котором они развиваются, колеблется в пределах 4—9.

Устойчивость к низким значениям pH — одна из основных характеристик для пробиотических бактерий. Бактерии вместе с пищей попадают в неблагоприятные для них условия желудка. Хотя подавляющие условия желудка вызваны pH близкой к 1,5, в большинстве случаев, в лабораторных условиях *in vitro* выбирают обычно pH 3.

Нами были проведены эксперименты по определению устойчивости выделенных штаммов микроорганизмов к кислой среде. В жидкую среду MRS, устанавливая значения pH от 5,0 до 6,5 засеяли тестируемые бактерии (рис.123), результаты исследования показаны в таблице 123.

Как показано в таблице 123, все исследуемые штаммы микроорганизмов показали положительные результаты, кроме *L. fermentum*, так как этот микроорганизм не рос при значениях рН 5,0 и 5,5.

Таким образом, было определено, что штаммы молочнокислых микроорганизмов, выделенных из шубата и кумыса являются устойчивыми к значениям рН от 5,0 до 6,5. Результаты устойчивости, выделенных микроорганизмов, к разным значениям рН представлены на таблице 4.

Таблица 4. Устойчивость выделенных микроорганизмов к разным значениям рН

Микроорганизмы	Значение рН			
	5,0	5,5	6,0	6,5
<i>Lactobacillus paracasei</i>	+	+	+	+
<i>Enterococcus faecium</i>	+	+	+	+
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	+	+	+	+
<i>Lactobacillus fermentum</i>	-	-	+	+
<i>Lactococcus lactis</i>	+	+	+	+
<i>Lactobacillus gallinarum</i>	+	+	+	+
<i>Lactobacillus casei</i>	+	+	+	+
<i>Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus</i>	+	+	+	+

Заключение. Были изучены основные свойства выделенных штаммов микроорганизмов из национальных молочных продуктов Республики Казахстан. Установлено, что выделенные микроорганизмы имеют палочковидную, нитеобразную, шаровидную формы, характерные для бактерий рода *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Enterococcus*. Подобраны параметры культивирования бактерий из шубата и кумыса: продолжительность культивирования – 24 ч, температура процесса 37°C, среда – агаризованная среда (MRS). Изучена чувствительность штаммов, выделенных из казахских молочных продуктов, к антибиотикам. А также были установлены, что все исследуемые штаммы микроорганизмов показали положительные результаты, кроме *L. fermentum*, так как этот микроорганизм не рос при значениях рН 5,0 и 5,5.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Беясова, Н.А. Микробиология: Учебник / Н.А. Беясова. - Мн.: Вышэйшая шк., 2012. - 443 с.
- [2] Джей, Д.М. Современная пищевая микробиология / Д.М. Джей, М.Д. Лесснер, Д. Гольден. - М.: Бином, 2014. - 886 с.
- [3] Salminen, S.; von Wright, A; and Ouwehand, AC (eds.). Lactic Acid Bacteria: Microbiological and Functional Aspects. — 3rd ed, 2004.
- [4] Сейтов З.С. Кумыс. Шубат. — Алматы, 2005. — 288 с.
- [5] Wiley, J. Dairy Microbiology Handbook: The Microbiology of Milk and Milk Products, Third Edition / J. Wiley, R. K. Robinson. NJ. USA. – 2005. – P. 91-122.
- [6] Микроорганизмы: вирусы, бактерии, грибы: учеб. пособие. – СПб.: изд-во «ЭЛБИ-СПб», 2003. – 147 с.
- [7] Общая и санитарная микробиология с техникой микробиологических исследований / Под ред. А.С. Лабинской, Л.П. Блинковой, А.С. Ещиной. – М.: Медицина, 2004. – 576 с.
- [8] Wright G., 2005. Bacterial resistance to antibiotics: enzymatic degradation and modification. Adv. Drug Delivery, 57: 1451 – 1470.
- [9] Бухарин О.В. Механизмы выживания бактерий / Бухарин О.В., Гинцбург А.Л., Романова Ю.М. и др. - М.: Медицина, 2005. – 367 с.
- [10] Емельяненко В.А., Королюк А.М. Зависимость жизнедеятельности бифидобактерий от кислотности среды культивирования // Наука и современность, 2010. № 2-1. С. 23-28.
- [11] Нетрусов, Ф.И. Практикум по микробиологии / Ф.И. Нетрусов, М.А. Егорова, Л.М. Захарчук [и др.]. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 608 с.

Омарова А.Б., Тулемисова Ж.К., Бекенова М.Т., Курбанова Г.В., Зетбек Г.С.

Қазақстанның сүтқышқылды өнімдерінен бөлініп алынған микроағзаларды зерттеу

Түйіндеме. Бұл мақалада ұлттық сүтқышқылды өнімдерден, соның ішінде шұбат пен қымыздан микроағзаларды бөліп алу әдісі қарастырылған. Сүтқышқылды бактериялардың таза культураларды бөліп алу келесі кезеңдерді қамтиды: шикізат көздерін таңдау, үлгілерді таңдау, таза культураларды бөліп алу үшін қатты қоректік ортаға егу, бөлініп алынған штамдарды идентификациялау үшін олардың биологиялық қасиеттерін зерттеу. Микроағзалардың морфологиялық қасиеттері, сонымен қатар олардың тетрациклин, стрептомицин, пенициллин антибиотиктеріне сезімталдылығы қарастырылды. Сонымен қатар, бөлініп алынған микроағзалардың әр түрлі мән-дегі қышқыл ортаға төзімділігі анықталды.

Түйін сөздер. Шұбат, қымыз, қоректік орта, идентификация, микроағзалар, антибиотикке тұрақтылық, түрлі рН мәніндегі қышқыл ортаға төзімділік.

Omarova A.B., Tulemisova Zh.K., Bekenova M.T., Kurbanova G.V., Zetbek G.S.

Study of lactic acid microorganisms isolated from fermented milk products of kazakhstan

Summary. In this article, is described a method for isolating microorganisms from national fermented milk products, shubat and koumiss. The isolation of pure cultures of lactic acid bacteria includes several steps: selection of sources, sampling, sowing on a dense medium for the isolation of pure culture, studying the biological properties of the isolated strains for the purpose of their identification. Were described morphological properties of microorganisms, as well as their sensitivity to antibiotics: tetracycline, streptomycin, penicillin.

Key words. Shubat, koumiss, nutrient medium, identification, microorganisms, resistance to antibiotics.

УДК 537.523.3

¹ Sh.A. Bakhtaev, ² A.S. Tergeusizova, ³ A.Zh. Toigozhinova

(¹Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty, Kazakhstan,

²Kazakh National University named after al-Farabi, Almaty, Kazakhstan,

³Kazakh Academy of Transport and Communications named after M.Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan

E-mail: ²aliya55@mail.ru, ³aynur_t@mail.ru)

METHODS DEVELOPMENT FOR LINEAR PARAMETERS MEASURING OF MOVING NONCONDUCTING STRINGS

Abstract: Methods and devices for contactless and continuous measurement of linear parameters (drawing speed and diameter) of thin and ultra-thin dielectric filaments and optical fibers (10 - 125 microns) are developed on the basis of impulse characteristics of a unipolar corona discharge in the process of their manufacture. The developed devices differ from those known for high accuracy and reliability of measurements and are immune to changes in the electrical characteristics of discharge gaps and the state of ambient air. In both cases, the device for measuring the speed of drawing and the diameter of the dielectric thread uses the initial portion of the current-voltage characteristic of the positive corona discharge in the electrodes when the corona discharge is in the "waiting" mode, and the charging by ions of the surface of the moving dielectric filament is performed by applying additional pulses of negative polarity to the electrodes.

Key words: transfer speed, fiber diameter, corona discharge, pulse corona, ions, pulse signal generators, charging, discharging, "waiting" mode.

¹ Ш.А. Бахтаев, ² А.С. Тергеусизова, ³ А.Ж. Тойгожинова

(¹Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, Казахстан,

²Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

³Казахская Академия транспорта и коммуникации имени М.Тынышпаева, Алматы, Казахстан

E-mail: ²aliya55@mail.ru, ³aynur_t@mail.ru)

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖУЩИХСЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НИТЕЙ

Аннотация: На основе импульсных характеристик униполярного коронного разряда разработаны методы и устройства для бесконтактного и непрерывного измерения линейных параметров (скорость протяжки и диаметр) тонких и сверхтонких диэлектрических нитей и оптических волокон (10 – 125 микрон) в процессе их изготовления. Разработанные устройства отличаются от известных высокой точностью и надежностью измерений и обладают помехоустойчивостью к изменениям электрических характеристик разрядных промежутков и состояния окружающего атмосферного воздуха. В том и другом случае устройство для измерения скорости протяжки

и диаметра диэлектрической нити используется начальный участок вольтамперной характеристики положительного коронного разряда в электродах, когда коронный разряд находится в «ждушем» режиме, причем зарядка ионами поверхности движущейся диэлектрической нити производится подачей на электроды дополнительных импульсов отрицательной полярности.

Ключевые слова: скорость протяжки, диаметр оптоволоконной нити, коронный разряд, импульсная корона, ионы, генераторы импульсных сигналов, зарядка, разрядка, «ждущий» режим.

Введение. Тонкая и сверхтонкая проволока (5 – 100 микрон) из различных металлов и сплавов (вольфрам, молибден, нихром, медь и др.) широко применяется в электровакуумной и радиотехнической промышленности. Однородность параметров и надежность работы электро- и радиоламп в значительной степени зависят от качества проволоки, электрические характеристики которой при постоянстве состава металла определяются, в основном, геометрическими размерами ее сечения. Поэтому разработка новых методов и устройств для точного контроля размеров микропроволоки в условиях производства имеет большое практическое значение. В большинстве случаев микропроволоки из металлов и сплавов изготавливаются с помощью горячего или холодного волочения проволоки через алмазные фильеры.

Не меньшую актуальность имеет разработка методов для измерения линейных параметров (скорость протяжки и диаметра) движущихся диэлектрических нитей в виде тонких проволок сопротивления со стеклянной изоляцией тонких эмаль проводов и нитей оптического волокна. В этом случае, например, одной из основных стадий процесса изготовления оптического волокна (ОВ) является вытягивание его на установке вытяжки. Установлено, что колебание диаметра по длине волоконного стержня, во многом, определяют оптико – физические свойства ОВ (оптические потери при распространении сигнала, полосу пропускания, дисперсию и т.д.), а разброс скоростей вытяжки ОВ также существенно влияют на его прочность и оптико – физические свойства [1].

Большое разнообразие форм электродов и их расположения относительно друг от друга, а также возможность протекания коронного разряда в атмосферном воздухе создали предпосылки для разработки целого ряда новых методов и коронно-разрядных преобразователей, предназначенных для измерения параметров микропроводов и линейных размеров различных объектов [2].

Устройство для измерения скорости протяжки диэлектрических нитей [3]. Основной целью разработки устройства для измерения скорости протяжки диэлектрических нитей является обеспечение высокой точности и надежности измерения при независимости показаний результатов от изменения электрических характеристик разрядных промежутков, состояния атмосферного воздуха и значений геометрических параметров диэлектрических нитей.

Ранее был разработан способ для измерения скорости протяжки микропроволоки [4], который, содержит основной кольцевой электрод, охватывающий контролируемую проволоку, два дополнительных кольцевых электрода, идентичных по форме и размерам и расположенных соосно с двух сторон основного электрода, и балансную схему с выходным прибором. В устройстве по этому способу из-за возникновения электрогазодинамического эффекта вблизи поверхности движущейся проволоки возникают процессы уноса и вноса объемных зарядов в разрядные зоны дополнительных электродов, что, в конечном итоге, позволяет судить о значениях скорости протяжки проволоки. В данном устройстве отмечено, что применение балансной схемы измерения существенно снижает погрешности измерения скорости протяжки проволоки при изменениях электрических характеристик разрядов и геометрических параметров коронирующей проволоки. Между тем, из-за разного расположения дополнительных электродов, которые по сути являются измерительными, изменения температуры и давления окружающего атмосферного воздуха могут оказать влияние в значительной степени на точность измерения. Кроме того, в предложенном устройстве, также не учтено влияние отличия краевых эффектов у двух дополнительных электродов. К тому же, из-за невозможности замены коронирующей микропроволоки на диэлектрическую нить, это устройство не пригодно для наших целей.

В основу измерения скорости протяжки диэлектрических нитей положены принципы измерения скоростей методом меток, которые заранее наносятся на движущиеся объекты, а затем определяют скорости их прохождения с помощью различных измерительных приборов [5]. Однако возникают существенные трудности технического характера с нанесением меток при измерении скорости движения микрообъектов, таких как диэлектрическая нить или микропроволока с эмалевым покрытием (10 – 100 микрон).

В предлагаемом устройстве для нанесения меток на диэлектрическую нить используется внешняя область коронного разряда, возникающего при подаче достаточно высокого напряжения между

коронирующей проволокой и внешним плоскопараллельным электродом. Во внешней области коронного разряда обычно присутствуют однополярные ионы, которые заряжают поверхность диэлектрической нити. Одним из наилучших путей получения четкой картины электронных меток на поверхности диэлектрической нити является подача к разрядной камере дополнительно тактовых импульсов достаточной величины с определенной длительностью и частотой. При этом, диэлектрическая нить располагается параллельно коронирующей проволоке и по середине разрядного промежутка между проволокой и плоским электродом. Затем, диэлектрическая нить с электронными метками проходит через второй измерительный электрод, расположенного в некотором удалении от первого электрода. При прохождении нити через измерительный электрод возникают процессы разрядки нити и соответственно, на нагрузке электрода появляются электрические сигналы с частотой тактовых импульсов. Теперь, выбирая длительность опорных сигналов, иными словами, выбирая время счета тактовых импульсов за это время, по количеству импульсов определяют скорость протяжки нити.

Для повышения точности измерения и надежности результатов, а также повышения помехоустойчивости измерения к изменениям характеристик коронного разряда и геометрических параметров измеряемой диэлектрической нити – в обоих электродах используется положительный коронный разряд, его начальный участок вольт - амперной характеристики, когда коронный разряд находится в «ждущем» режиме или течет малый разрядный ток (не более 1мкА). Выбор положительного коронного разряда связан с тем, что он отличается высокой стабильностью характеристики и в нем отсутствуют электронные лавинные процессы, образующие случайные импульсы Тричеля [6]. В качестве тактовых импульсов для нанесения электронных меток на нить выбраны прямоугольные импульсы в виде формы «меандр», которые при положительной полуволне закрывают разрядный промежуток, а при другой полуволне создают импульсные разряды, которые заряжают движущуюся диэлектрическую нить.

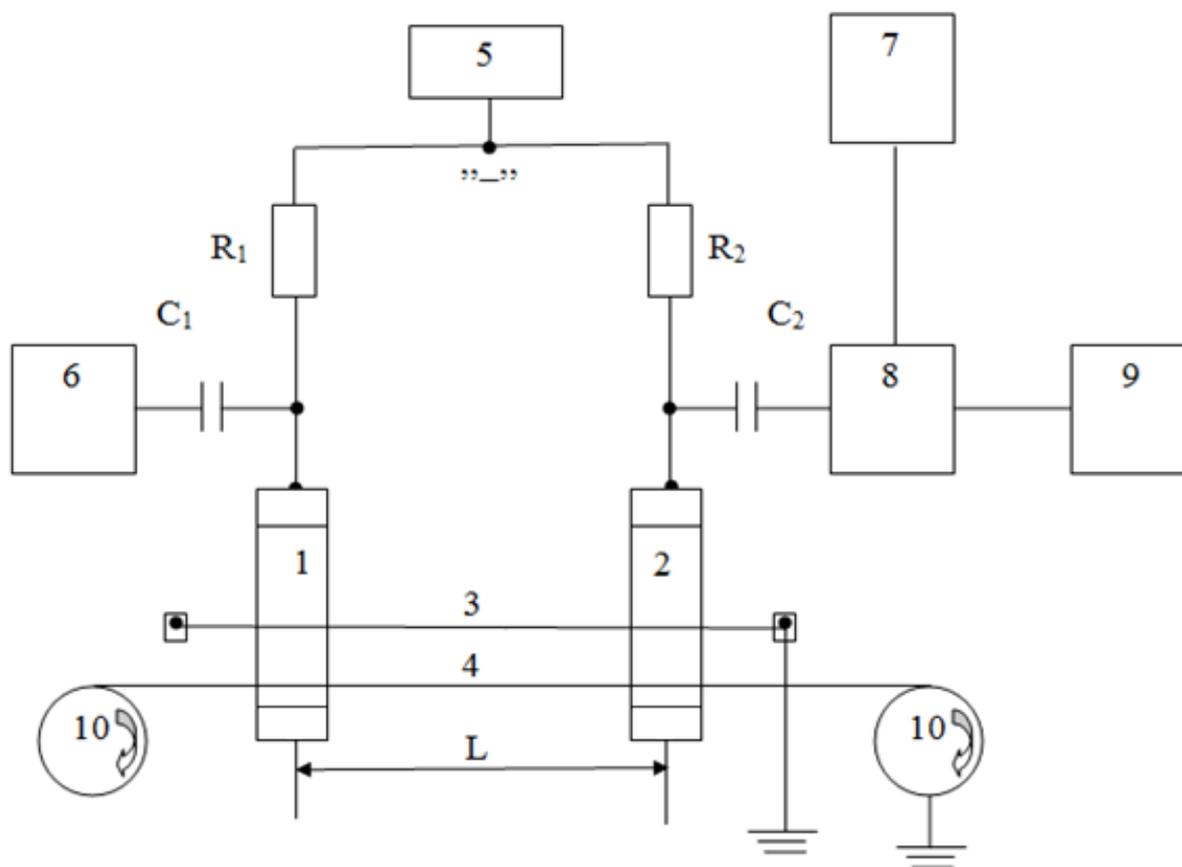


Рис. 1. Функциональная схема устройства для измерения скорости протяжки диэлектрической нити где 1,2 – два идентичных электрода плоскопараллельной формы, 3 – коронирующая проволока, 4 – диэлектрическая нить, 5 – источник питания, 6 – высокочастотный генератор тактовых импульсов, 7 – низкочастотный генератор опорных импульсов, 8 – электронный блок, 9 – счетчик импульсов, 10 – пермоточная установка

На рисунке 1 представлена функциональная схема устройства для измерения скорости протяжки диэлектрической нити в процессе ее изготовления. Устройство содержит два идентичных электрода плоскопараллельной формы 1,2, показанных на рисунке 2(а), которые соосно охватывают коронирующую проволоку 3 и расположены в некотором отдалении друг от друга. Контролируемая диэлектрическая нить 4 проходит через разрядную зону коронного разряда. В нашем случае используется источник высоковольтного питания 5 с отрицательной полярностью на выходе, что позволяет получить положительный коронный разряд в разрядных промежутках между электродами 1 и 2 и проволокой 3. Стабилизация характеристик коронного разряда в двух разрядных камерах 1 и 2 и создание условий «ждущего» режима достигаются с помощью высокоомных сопротивлений R_1 и R_2 . Кроме того, устройство содержит два генератора импульсных сигналов: один высокочастотный генератор тактовых импульсов 6, а другой низкочастотный – опорных импульсов 7. Подача и съем импульсных сигналов на высоковольтные точки схемы осуществляются высоковольтными конденсаторами C_1 и C_2 . Выходной сигнал с электрода 2 поступает в электронный блок 8 и после преобразования передается на счетчик импульсов 9. Электронный блок 8, приведенный на рисунке 2(б), состоит из формирователя импульсов 1 и электронного ключа 2. Расстояние между 1 и 2 обозначено L .

При подаче достаточно высокого напряжения отрицательной полярности на плоскопараллельные электроды 1 и 2 создаются условия для возникновения положительного коронного разряда между ними и проволокой 3. При наличии двух высокоомных сопротивлений R_1 и R_2 и регулируемого значения высокого напряжения 5 устанавливается «ждущий» режим в двух разрядных промежутках 1 и 2. Затем, на электрод 1 от генератора тактовых импульсов 6 через C_1 подаются прямоугольные импульсы в виде «меандр» и при отрицательной полуволне протекает через разрядный промежуток импульсный коронный разряд, что обеспечивает зарядку диэлектрической нити 4, находящейся в зоне разряда. При «ждущем» режиме разряда рабочая точка находится на начальном участке вольтамперной характеристики коронного разряда и поэтому, положительная полуволна тактовых импульсов закрывает разрядный промежуток, что позволяет произвести очистку зоны разряда и поверхности диэлектрической нити от посторонних заряженных частиц. При протяжке диэлектрическая нить с электронными метками поступает во второй измерительный электрод 2, где разряжается и при этом на нагрузке электрода R_2 появляются импульсные сигналы с частотой тактовых импульсов. Эти импульсы через C_2 подаются на вход электронного блока 8, состоящего из формирователя импульсов 1 и электронного ключа 2 (рисунок 2(б)). Они в формирователе импульсов 1 преобразуются в удобную форму для счетчика импульсов и поступают в электронный ключ 2. Электронный ключ 2 пропускает их только при подаче на него опорного сигнала от генератора 7 и за время равное длительности опорного сигнала. Счетчик импульсов 9 показывает количество импульсов, прошедших через электронный ключ, которое будет пропорционально скорости протяжки нити. Таким образом появляется возможность осуществить градуировку счетчика импульсов по заранее известным значениям скорости протяжки диэлектрической нити, измеренными в стационарных условиях контрольными приборами с более высокой точностью измерения.

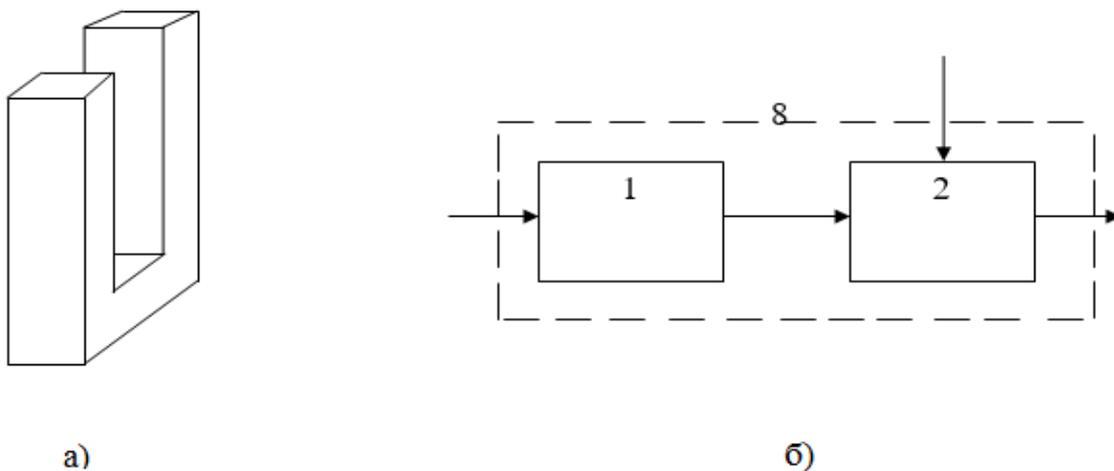


Рис. 2. форма электродов и электронный блок
 а) – форма электродов, б) – электронный блок,
 где 1 – формирователь импульсов, 2 – электронный ключ

В связи с тем, что метод электронных меток обычно работает по алгоритму «0 или 1», что означает сигнал есть или нет, то в принципе, возможно исключить влияние на точность измерения изменений ряда параметров измерительного устройства, например, изменения электрических характеристик коронного разряда, состояния окружающего атмосферного воздуха и геометрических размеров контролируемой нити. Если таким путем методическая погрешность измерения сводится к минимуму, то остальная часть погрешности измерения будет определяться инструментальной погрешностью измерительных приборов, используемых в устройстве. Несколько облегчает задачу то, что точности измерения применяемой стандартной аппаратуры заранее известны или имеется возможность их выбора.

Устройство имеет следующие параметры: плоскопараллельные электроды имеют ширину 1,5 см, рабочая длина - 1 см, зазор между ними $L=2$ см, диаметр коронирующей проволоки из вольфрама - 100 микрон. Контролируемая нить расположена на расстоянии 0,3 см. от поверхности внешнего электрода. Балластные сопротивления R_1 и R_2 равнялись 1 МОм, конденсаторы C_1 и C_2 - 1 мкФ. Для питания разрядных камер использован высоковольтный источник напряжения типа ВС-22. Источниками импульсных сигналов являлись генераторы Г5 - 88 ($f = 1$ кГц, $U = 100$ В) и Г5-72 ($f = 1$ Гц, $U = 10$ В).

Опытные испытания устройства были выполнены на перемоточной установке 10 (рисунок 1) с пределом изменения скорости перемотки до 30м/мин. В качестве диэлектрических нитей опробованы медные проволоки с эмалевым покрытием в диапазоне диаметров 20 - 100 микрон. Опытные измерения показали, что изменения давления атмосферного воздуха в пределах ± 20 кПа и диаметра проволоки на ± 10 микрон не оказывают влияния на точность измерения скорости протяжки диэлектрической нити, которая составила порядка 1 - 2% от измеряемой скорости. Полученная точность измерения скорости протяжки диэлектрической нити соответствует градуировочной кривой, построенной по значениям скоростей протяжки в диапазоне 1 - 30 м/мин, измеренных в стационарных условиях.

Устройство для измерения диаметра движущихся диэлектрических нитей [7]. Близким по технической сущности, предложенному устройству, является известное устройство по способу контроля неоднородности движущихся диэлектрических нитей [8], содержащее два кольцевых электрода, concentрично охватывающие общий коронирующий электрод в виде проволоки, источники высоковольтного питания с постоянным стабилизированным напряжением на выходе, нагрузочное сопротивление и вольтметр постоянного тока, причем контролируемая диэлектрическая нить протягивается через внешнюю зону коронного разряда, где равномерность распределения объемного заряда наиболее высока. В этом устройстве из-за присутствия эффекта стабилизации тока разряда при последовательном соединении двух зон коронного разряда, влияния изменения состояния атмосферного воздуха на точность контроля объекта будут незначительными. На самом деле, влияния изменения состояния атмосферного воздуха на разрядные токи в двух электродах могут существенно отличаться. Так как, при одинаковых напряжениях на электродах отрицательный коронный разряд протекает более эффективно и к тому же установлено, что при коронировании микроэлектродов отрицательной полярности всегда присутствует импульсный режим разряда[2]. В предложенном устройстве также не учтено влияние отличия краевых эффектов двух электродов. Все это может в значительной степени снизить точность измерения устройства.

Главным отличительным признаком предложенного устройства является то, что во всех трех электродах используется начальный участок вольтамперной характеристики положительного коронного разряда, когда коронный разряд находится в «ждущем» режиме, причем зарядка ионами поверхности движущейся диэлектрической нити происходит при подаче на средний электрод дополнительных импульсов отрицательной полярности в виде полуволн синусоидального напряжения. При этом, средний электрод охвачен с двух сторон электродами аналогичной формы и размеров, что исключает влияние краевых эффектов на этот электрод при импульсной зарядке нити.

На рисунке 3 представлена функциональная схема устройства для измерения диаметра диэлектрической нити в процессе ее протяжки. Устройство содержит три плоскопараллельных электрода 1, 2, 3 (рисунок 2(а)), идентичных по форме и размерам и расположенных на заданных расстояниях, коронирующую проволоку 4, контролируемую диэлектрическую нить 5, источник высоковольтного питания с отрицательной полярностью на выходе 6, источник однополярных импульсов 7, амплитудный детектор 8 и вольтметр постоянного тока 9. Подача импульсных сигналов, на высоковольтные точки измерительной схемы осуществляются высоковольтными конденсаторами C_1 и C_2 , а сьем их также через конденсатор C_3 . Стабилизация электрических характеристик коронного разряда в электродах и создание условия «ждущего» режима, обеспечиваются с помощью высокоомных сопротивлений R_1 , R_2 , R_3 и подбором величины высокого напряжения. На рисунке 4 показана схема источника однополярных импульсов, состоящая из повышающего трансформатора T_p со средней точкой во второй обмотке и

двух амплитудных преобразователей ($D_1 R_4$ и $D_2 R_5$). Он вырабатывает два вида однополярных импульсов для дополнительного питания электродов 1 и 2.

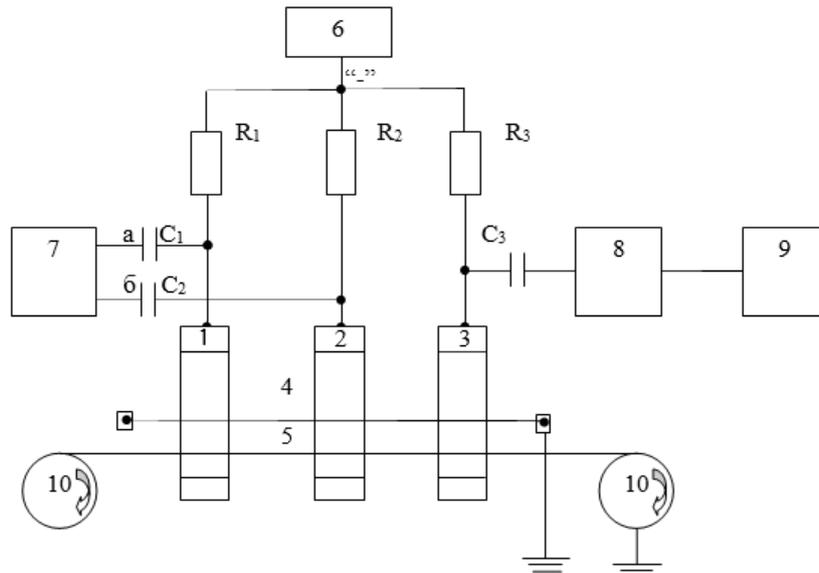


Рис. 3. Функциональная схема устройства для измерения диаметра диэлектрической нити где 1,2,3 – три идентичных электрода плоскопараллельной формы, 4 – коронирующая проволока, 5 – диэлектрическая нить, 6 – источник питания, 7 – источник однополярных импульсов, 8 – амплитудный детектор, 9 – вольтметр постоянного тока, 10 – перемоточная установка

При подаче достаточно высокого напряжения отрицательной полярности на внешние электроды создаются условия для возникновения положительного коронного разряда между ними и проволокой 4. Затем, регулируя значения высокого напряжения б и с помощью высокоомных сопротивлений $R1 - R3$ добиваются получения «ждущего» режима во всех разрядных промежутках. После этого, от источника однополярных импульсов подают через $C1$ на средний электрод 2 импульсы отрицательной полярности в виде полуволн синусоидального напряжения. При этом, в разрядном промежутке электрода 2 возникает импульсный коронный разряд, который заряжает положительными ионами поверхность диэлектрической нити 5, находящейся во внешней зоне разряда. Ввиду скоротечности перехода ионов разрядного промежутка (20 – 30 мкс) за время полуволны синусоидального напряжения диэлектрическая нить успевает зарядиться до «предельного заряда» в соответствии с теорией Потенье[9]. По этой теории установлено, что «предельный заряд» движущейся нити при постоянстве диэлектрической проницаемости материала будет, в первую очередь, зависеть от размеров площади поверхности нити, т.е. от её диаметра. Заряженная диэлектрическая нить поступает в электрод 3, находящийся в режиме «ожидания» и там разряжается. При разрядке нити на нагрузке $R3$ электрода 3 возникают импульсные сигналы, пропорциональные «предельному заряду» нити.

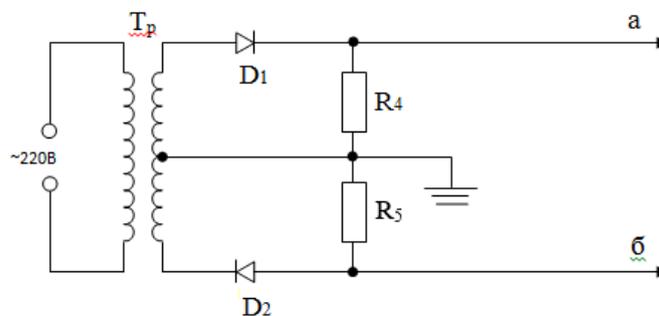


Рис. 4. Схема источника однополярных импульсов где T_p – повышающий трансформатор, $D_1 R_4$ и $D_2 R_5$ – амплитудные преобразователи, а – выход полуволны синусоидального напряжения положительной полярности, б - выход полуволны синусоидального напряжения отрицательной полярности

Импульсные сигналы преобразуются в амплитудном детекторе в постоянное напряжение, которое измеряется вольтметром постоянного тока. Градуировка шкалы вольтметра производится заранее по известным стандартным диаметрам диэлектрической нити. Одним из отличий устройства является то, что одновременно с полуволной отрицательной полярности синусоидального напряжения, поданного на электрод 2, полуволна положительной полярности подается на электрод 1, при этом, закрывается разрядный промежуток электрода 1 и исключается зарядка нити «темным» током коронного разряда, находящего в «ждушем» режиме.

Устройство имеет следующие параметры: плоскопараллельные электроды имеют ширину 1,5 см, рабочая длина – 1 см, зазор между ними – 0,1 см, диаметр коронирующей проволоки из вольфрама – 100 микрон, контролируемая нить расположена на расстоянии 0,3 см от поверхности внешнего электрода, балластные сопротивления R1, R2, R3 равнялись 1 мОм, конденсаторы C1, C2, C3 – 1 мкФ. В качестве высоковольтного питания использован источник напряжения типа ВС – 22.

Опытные измерения показали, что изменения состояния окружающего атмосферного воздуха и скорости движущейся нити не оказывают существенного влияния на точность измерения диаметра нити, которая составила порядка 1 – 2 % от измеряемого диаметра. Полученная точность измерения диаметра нити соответствует градуировочной кривой, построенной по известным стандартным диаметрам в диапазоне 20 – 100 микрон.

Выводы. Разработаны методы и устройства для бесконтактного и непрерывного измерения линейных параметров (скорости протяжки и диаметра) диэлектрических нитей оптического волокна, применение которых обеспечивает автоматический контроль и управление технологическим процессом изготовления ОВ.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Кондратьев Г.М., Дульнев Г.Н., Платунов Е.С., Ярышев Н.А. Прикладная физика: Теплообмен в приборостроении. Санкт – Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики. – СПб.: ИВА, 2003. – 513с.
- [2] Бахтаев Ш.А., Боканова А.А., Бочкарева Г.В., Сыдыкова Г.К. Физика и техника коронно разрядных приборов. Алматы, 2007. – 278с.
- [3] Заявка на полезную модель №2018/0174.2. «Устройство для измерения скорости протяжки диэлектрических нитей» / Бахтаев Ш.А., Тергеусизова А.С., Айтчанов Б.Х., Сыдыкова Г.К., Тойгожинова А.Ж. Заключение НИИС о выдаче патента на полезную модель от 19 марта 2018г.
- [4] Предпатент РК №12038 МПК G01 P 3/00. «Способ измерения скорости протяжки микропроволоки» / Абишев М.А., Бахтаев Ш.А., Бочкарева Г.В., Баймаханова З.А., Титова Т.С. Опубл. 16.09.2002
- [5] Ильинский В.М. Бесконтактное измерение расходов. М.Энергия, 1970г., с.5 – 28.
- [6] Джуварлы Ч.М., Горин Ю.В., Мехтизаде Р.Н., Коронный разряд в электроотрицательных газах. Баку, ЭЛМ, 1988. – 144с.
- [7] Заявка на полезную модель №2018/0175.2. «Устройство для измерения диаметра движущихся диэлектрических нитей» / Бахтаев Ш.А., Тергеусизова А.С., Айтчанов Б.Х., Сыдыкова Г.К., Мусапирова Г.Д. Заключение НИИС о выдаче патента на полезную модель от 19 марта 2018г.
- [8] Предпатент РК №12030. «Способ контроля неоднородностей движущихся диэлектрических нитей» / Абишев М.А., Бахтаев Ш.А., Бочкарева Г.В., Баймаханова З.А., Титова Т.С., Опубл. 16.09.2002г., МПК G01 B7/12
- [9] Верещагин И.П., Коронный разряд в аппаратах электронно-ионной технологии. М., Энергоатомиздат, 1985 - 159с.
- [10] Бахтаев Ш.А., Кожаспаев Н.К., Коджабергенова А.К. Расчет электрических полей униполярной короны со сложной конфигурацией электродов // Вестник АУЭС, №1(28), 2015. - С.46-51
- [11] Бахтаев Ш.А., Бочкарева Г.В., Мусапирова Г.Д. Методы определения размерных параметров чехла униполярной короны. // Вестник КазАТК, №5(90), 2014. – С.92-97
- [12] Бахтаев Ш.А., Бочкарева Г.В., Мусапирова Г.Д. Non-contact measurement meters of micro-sizes on coronary discharge // Известия НАН РК, №424 (2017), С.208-218.

Бахтаев Ш.А., Тергеусизова А.С., Тойгожинова А.Ж.

Диэлектрлік жіптерде қозғалатын сызықты параметрлерді өлшеу әдістерін өңдеу

Түйіндемесі: Дайындау процесінде, бір тасымалды тәжді (каронды) разрядтың импульсті сипаттамасының негізінде жұқа және өте жұқа диэлектрлік жіптердің және оптикалық талшықтардың (10 – 125 микрон) сызықты параметрлерін (жылдамдық, тартажонғыштар және диаметр) үздіксіз, шексіз өлшеу әдістері мен құрылғылары өңделген. Өңделген құрылғының белгілі құрылғылардан айырмашылығы дәлдігі жоғары, өлшеудің сенімділігімен, разряд аралығындағы электр сипаттамасының өзгерісіне және қоршаған орта атмосфера ауасының өзгерісіне қарсы тұра алатындығында. Осы және басқа жағдайларда жіптерді тарту жылдамдығын өлшеуге және диэлектрикалық жіптердің диаметрі үшін электр

тродтағы оң тәжді разрядының вольтамперлі сипаттамасының бастапқы аймағы қолданылады. Бұл жағдайда тәжді разряд «күту» режимінде болады, сонымен қатар диэлектрик жіптердің үстінде қозғалатын иондармен зарядтау электродтарға қосымша теріс полярлы импульстерді беру арқылы орындалады.

Түйінді сөздер: тартажонғыштар жылдамдығы, талшықты-оптикалық диаметр, тәжді разряд, импульстік тәж, иондар, импульстік сигналдардың генераторлары, зарядтау, разрядтау, «күту» режимі.

Bakhtaev Sh.A., Tergeusizova A.S., Toigozhinova A.Zh.

Development of methods for measuring linear parameters of moving dielectric filaments

Summary: The development of new methods and devices for precise control of microfiber sizes under production conditions is of great practical importance, especially the development of methods for measuring linear parameters (speed of drawing and diameter) of moving dielectric filaments in the form of thin resistance wires with glass insulation of thin enamel wires and optical fiber filaments. In this case, for example, one of the main stages of the process of manufacturing optical fiber (OB) is pulling it on the drawing unit. It is established that the oscillation of the diameter along the length of the fiber rod, in many respects, determines the optical - physical properties of the OB (optical losses in the propagation of the signal, bandwidth, dispersion, etc.), and the scatter of the exhaust velocities of the OM also significantly affect its strength and optics Physical properties. Methods and devices for contactless and continuous measurement of linear parameters (drawing speed and diameter) of thin and ultra-thin dielectric filaments and optical fibers (10 - 125 microns) are developed on the basis of impulse characteristics of a unipolar corona discharge in the process of their manufacture. The developed devices differ from those known for high accuracy and reliability of measurements and are immune to changes in the electrical characteristics of discharge gaps and the state of ambient air.

Key words: transfer speed, fiber diameter, corona discharge, pulse corona, ions, pulse signal generators, charging, discharging, "waiting" mode.

UDC 621.391

A. Zaurbek, D. Z. Dzhuruntayev
(Satpayev University, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: joldas.zaurbek@gmail.com)

FUNCTIONAL MODELING OF THE LINEAR FEEDBACK SHIFT REGISTER ON THE FPGA IN A CADSYSTEM QUARTUS II USING THE VERILOG LANGUAGE

Abstract. The paper considers an example of synthesis and simulation of the linear feedback shift register (RSLOS) on the basis of a programmable logic integrated circuit (FPGA) in the environment of the CAD system QUATUS II firm Altera, which supports all stages of designing digital devices based on a programmable and reconfigurable logic. To describe the behavior of the projected RSLOS, the Verilog hardware description language is used, which is widely used when creating projects based on FPGAs. Using QUATUS II CAD, the project was compiled, the RTL-scheme of linear shift register was synthesized and received, its functional modeling was performed.

Key words: Programmable logical integrated circuit, project compilation, simulation, FPGA programming, language of hardware description, project compilation.

А. Заурбек, Д.З. Джурунтаев
(Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева,
Алматы, Республика Казахстан,
joldas.zaurbek@gmail.com)

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕГИСТРА СДВИГА С ЛИНЕЙНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ НА ПЛИС В СРЕДЕ САПР QUARTUS II С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯЗЫКА VERILOG

Аннотация. В работе рассматривается пример функционального моделирования регистра сдвига с линейной обратной связью (РСЛОС) на основе программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС) в среде системы автоматизированного проектирования (САПР) QUATUS II фирма Altera, которая поддерживает все этапы проектирования цифровых устройств на основе программируемой и реконфигурируемой логики. Для описания поведения проектируемого РСЛОС используется язык описания аппаратуры Verilog, который широко применяется при создании проектов на основе ПЛИС. С помощью САПР QUATUS II выполнена компиляция проекта, синтезирована и получена RTL-схема регистра сдвига с линейной обратной связью, выполнена ее функциональное моделирование.

Ключевые слова: Программируемая логическая интегральная схема, компиляция проекта, моделирование, программирование ПЛИС, язык описания аппаратуры, компиляция проекта.

Введение. Система автоматизированного проектирования (САПР) Quartus II, разработанная фирмой Altera, предназначена для проектирования цифровых устройств с высокой степенью интеграции на основе программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС). В настоящее время на основе ПЛИС, которые содержат миллионы логических вентилях, можно создать цифровые устройства практически любой сложности.

В САПР *Quartus II* ввод схемы или описания проектируемого устройства может осуществляться текстовым или схемным методами [1,2]. При схемном методе ввода описания проекта, т. е. при создании файла в виде схемы необходимо запустить специальный графический редактор, который имеется в САПР *Quartus II*, и с его помощью рисовать логику проекта в виде схемы. При использовании текстового редактора ввод описания схемы осуществляется на языках *VHDL (Verilog Hardware Design Language)*, *AHDL (Altera Hardware Design Language)*, *Verilog* и *System Verilog* [3]. В данной работе мы выбираем текстовый метод ввода и для описания поведения проектируемого устройства используем язык описания аппаратуры (*Hardware Description Languages, HDL Verilog*), который в настоящее время широко применяется при создании проектов на ПЛИС. Следует также отметить, что почти все *IP* ядра, поставляемые со средой *Quartus II*, написаны на языке *Verilog*. Кроме того, синтаксис языка *Verilog* очень похож на синтаксис языка *C++*. Это тоже говорит в пользу языка *Verilog*. Использование языка *Verilog*, по сравнению со схемным методом описания проекта, приводит к существенному сокращению цикла проектирования цифровых устройств, уменьшению временных затрат и стоимости разработки, так как на протяжении всего цикла разработки используется одна и та же ПЛИС.

Методы. Рассмотрим пример синтеза и функционального моделирования регистра сдвига с линейной обратной связью (РСЛЮС, англ. *linear feedback shift register, LFSR*) в среде САПР *QUARTUS II* с использованием языка описания аппаратуры *Verilog* применительно к ПЛИС. Аппаратная реализация РСЛЮС будет выполнена на базе микросхемы ПЛИС *5CEBA4F23C7* семейства *Cyclone V*, установленной на плате *DE0-CV*.

Для создания проекта РСЛЮС запускаем систему *Quartus II Altera* и на стартовом окне системы *Quartus II* выбираем *New Project Wizard (NPW)*. Далее открываем диалоговое окно (рис. 1). В этом окне задаем текущую директорию, имени проекта и имени главного файла проекта или нажимаем кнопку просмотра  и выбираем папку. В поле «What is the working directory for this project?» вводим адрес директории *C:/Altera/17/AZregoc8*. В поле «What is the name of this project?» вводим название проекта *AZregoc8*. По умолчанию, заданное имя проекта автоматически присваивается модулю верхнего

иерархии – главному файлу проекта.

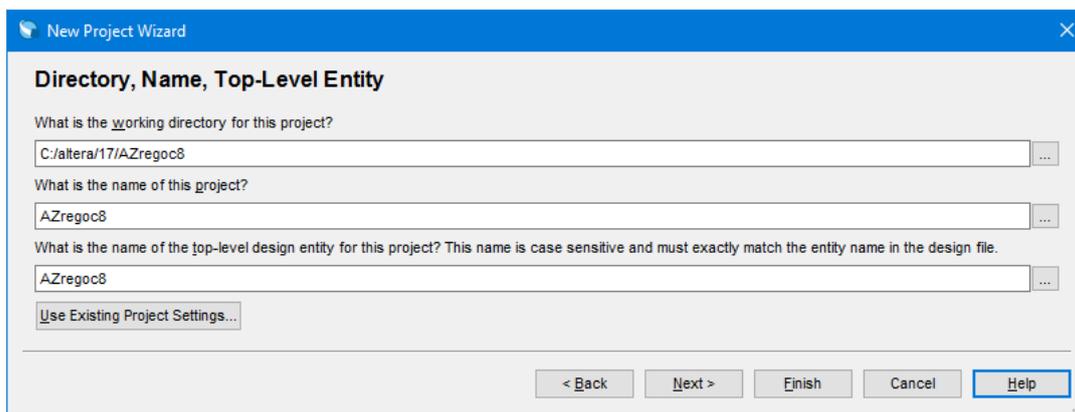


Рис. 1. Окно указания рабочей папки, имени проекта и модуля верхнего уровня

В данной директории будут располагаться все файлы нашего проекта. Далее с помощью кнопки *Next* открываем диалоговое окно выбора семейства и типа ПЛИС (рис. 2). В этом окне указываем на плате *DE0-CV* тип микросхемы ПЛИС *5CEBA4F23C7*, в поле *Family* выбираем микросхему *Cyclone V (E/GX/GT/SX/SE/ST)*, в поле *Device* – *Cyclone V EBase*, в поле *Package* – тип корпуса *FBGA*, в поле *Pin count* – количество выводов микросхемы (484), а в поле *Core speed grade* – класс скорости (7).

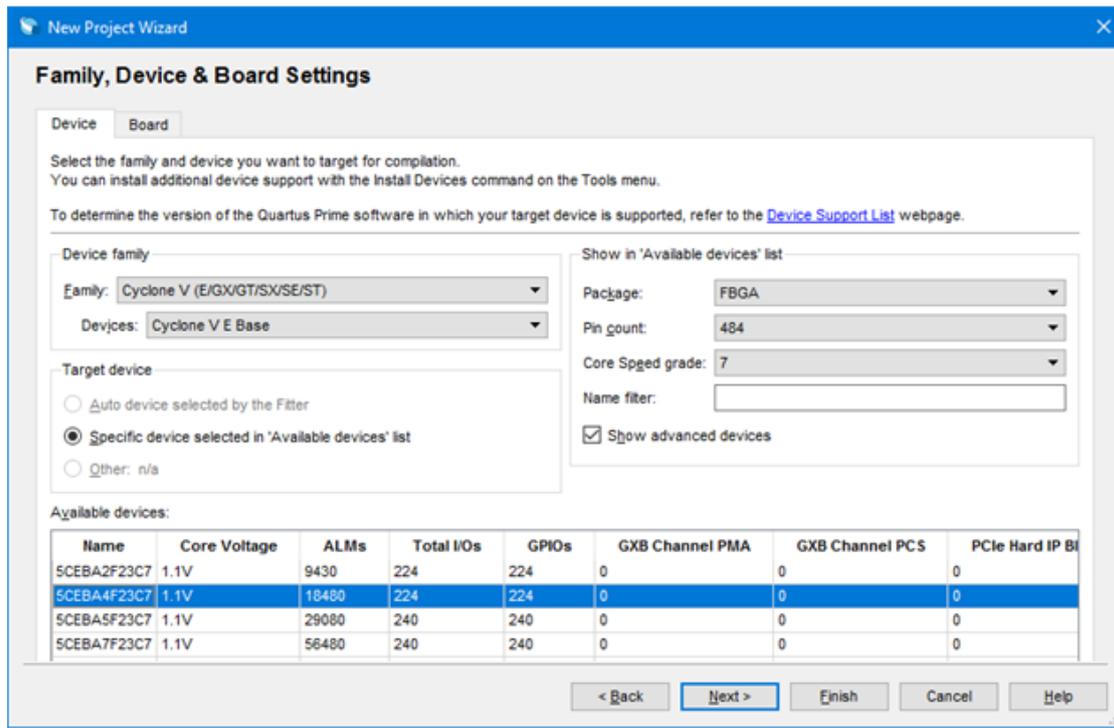


Рис. 2. Окно выбора семейства и типа ПЛИС

Информация о сделанных настройках будет находиться в окне *Summary*.

Нажимая на кнопку *Finish* и завершаем создание нового проекта.

Открываем диалоговое окно *New* (Создание) и в нем выбираем тип создаваемого файла. С помощью кнопки *OK* открываем окно *Text Editor* и в нем создаем (набираем или вводим текст программы) *Verilog* – описание конфигурируемого устройства.

Нажимаем *File>Save* и **открываем** окно (рис. 3) для задания имени файла.

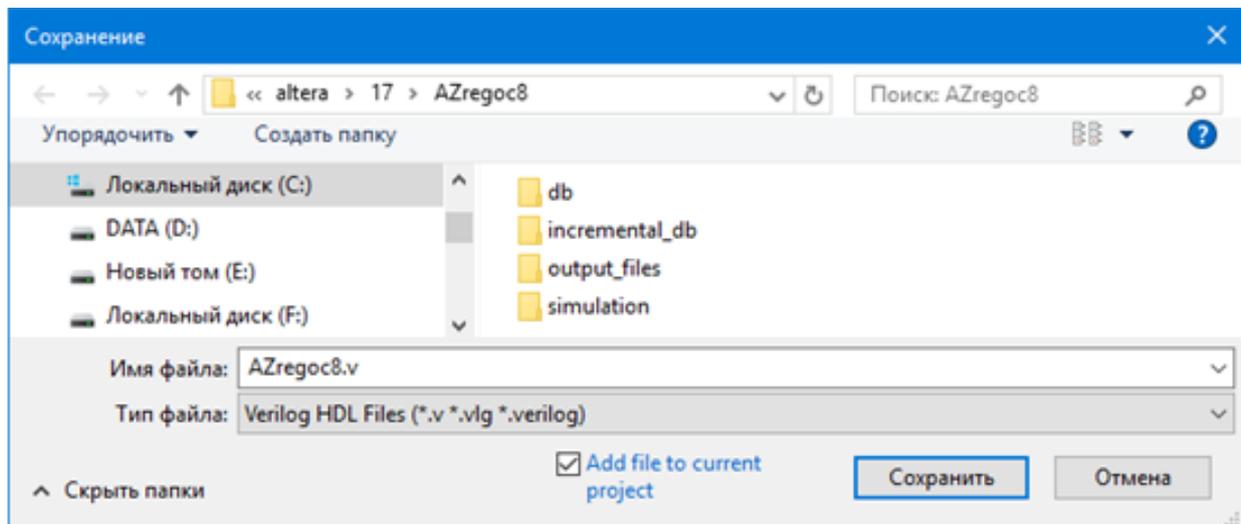


Рис. 3. Окно для задания имени файла

В этом окне мы задаем имя файла *AZregoc8.v* (в соответствии с названием модуля) и нажимаем *Save* (*Сохранить*). Новый файл с расширением **.v* будет сохранен в папке / *AZregoc8*. **Открывается** окно (рис. 4), где видно новое имя (*AZregoc8.v*) записываемого файла.

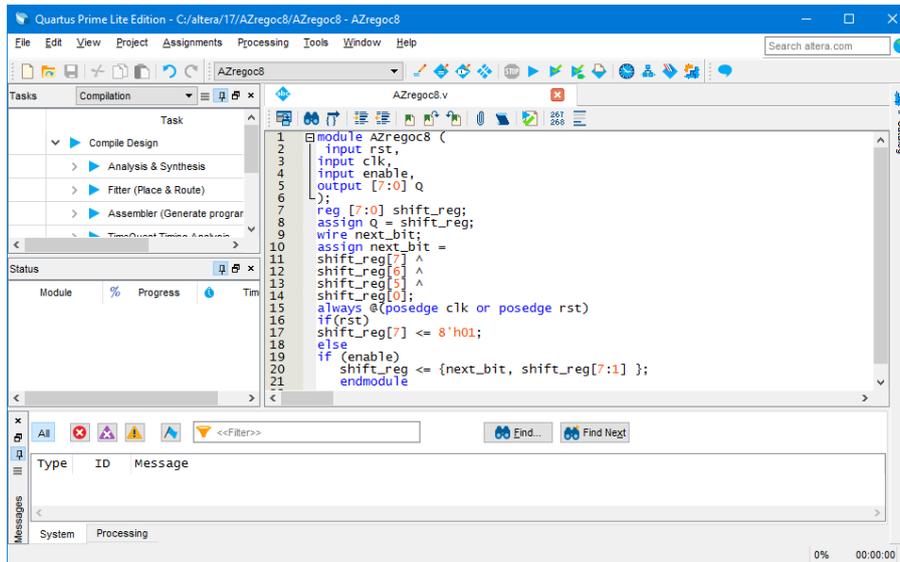


Рис. 4. Окно с новым именем файла AZregoc8.v

Компиляция проекта. Компилятор *Quartus II* анализирует проект на предмет ошибок, синтезирует логическую схему, подстраивает проект под устройство *Altera* и генерирует выходные файлы для моделирования. Компилятор создает файлы для программирования и конфигурирования ПЛИС *Altera*. Чтобы начать компиляцию в меню выбираем *Processing > Start Compilation* (Обработка > Начать компиляцию) или нажимаем на значок  на панели инструментов. В ходе процесса компиляции выявляются синтаксические ошибки в проекте. Проверяется логическая завершенность проекта, то есть возможность объединения файлов описания проекта в единое целое, и возможность реализации проекта на выбранном кристалле ПЛИС. Результаты компиляции (Отчет о компиляции) можно просматривать в окне *Compilation Report*. По мере выполнения этапов компиляции проекта в области *Tasks* (Задачи) в левой части окна (рис. 7) отображается информация о ходе выполнения. В области *Messages* (Сообщения) в нижней части окна отображаются различные сообщения: сообщения об успешной (или неуспешной) компиляции. Если в ходе компиляции возникнет какая-либо ошибка, щелчком правой кнопкой мыши по сообщению об ошибке, чтобы отобразить описание ошибки и возможные пути ее устранения. При успешной компиляции нажимаем на кнопку *OK*. Открывается окно отчета о компиляции *Compilation Report* (рис. 5).

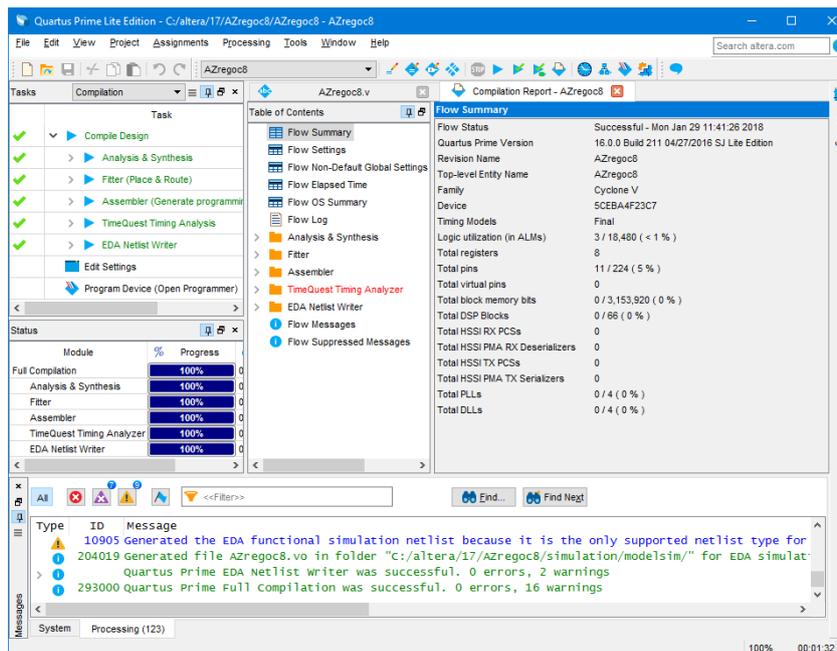


Рис. 5. Окно *Compilation Report*, появляющееся после успешной компиляции

Для логической реализации, т. е. для отображения схемы РСЛОС на уровне *RTL* нажимаем в меню *Tools>Netlist Viewers> RTL Viewer*. Открывается окно, показанное на рисунке 6.

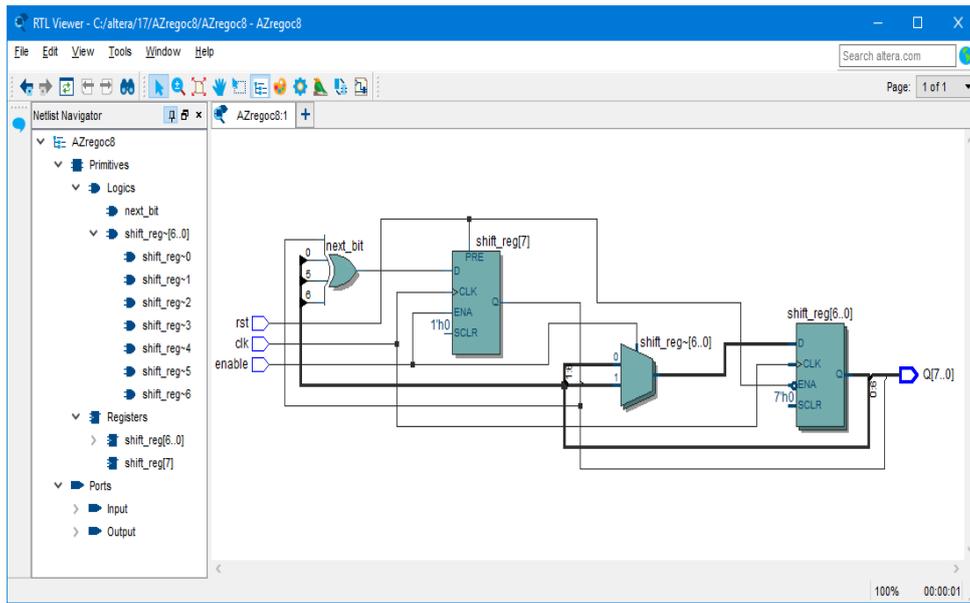


Рис. 6. Схема *AZregoc8* в окне средства просмотра *RTL*

Для сохранения данной схемы в папке *AZregoc8* в меню набираем опцию *File>export*. Открывается окно, в котором указываем имя файла *AZregoc8* и его сохраняем в формате *pdf* (рис.7).

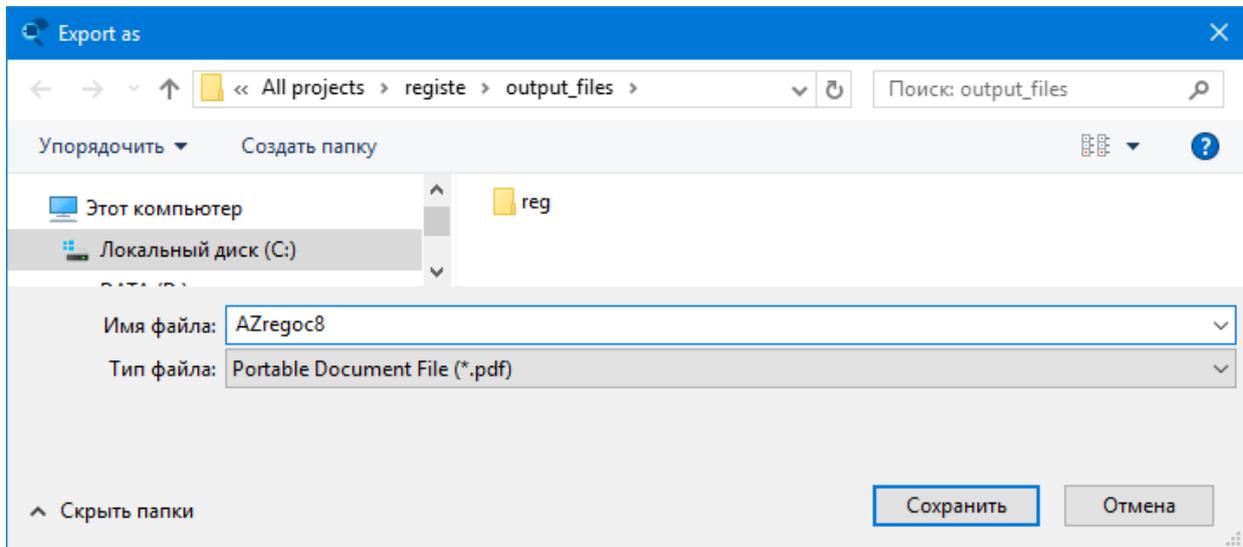


Рис. 7. Окно, в котором файл *AZregoc8* сохраняется в формате *pdf*

Нажимаем *сохранить* и закрываем окно *RTL Viewer* (рис. 6).

Моделирование (*Simulation*) проектируемого регистра сдвига с линейной обратной связью на *RTL*-уровне проводим для проверки выполнения требуемых им функций, т. е. алгоритмов его работы без физической отладки. Различают функциональное и временное моделирование проекта. Для того, чтобы оценить правильно ли выполнена поведенческая модель нашего проекта после синтеза в Quartus II, можно просмотреть временные диаграммы без учета трассировочных особенностей, т. е. достаточно выполнить функциональное моделирование. Функциональное моделирование проекта позволяет проверить правильность работы РСЛОС с точки зрения логики и схмотехники. Временное моделирование позволяет проверить не только правильность логического функционирования регистра сдвига с линейной обратной связью, но и его работу с учетом задержки распространения сигналов при

работе реальной схемы в ПЛИС. В окне *New* (Создание) выбираем категорию *University program VWF*, т. е. выполняем команду *File>New>University program VWF* (рис.8). Мы проводим функциональное моделирование.

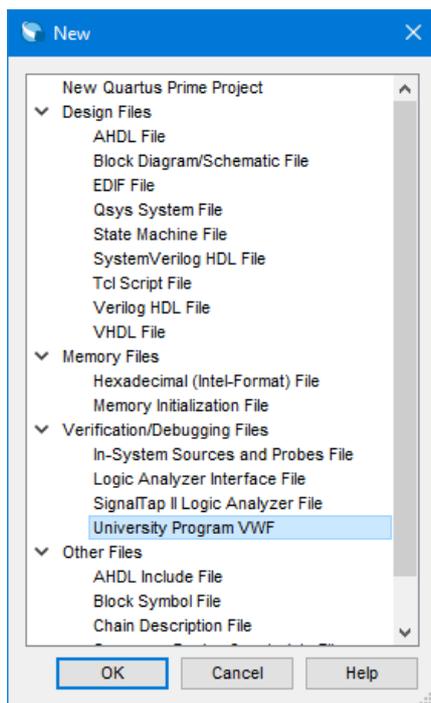


Рис. 8. Окно *New* для создания *University Program VWF*

Далее нажимая на кнопку *OK* открываем пустое окно редактора временных диаграмм с именем по умолчанию *Waveform1.wvf*. В пустую временную диаграмму вставим входные и выходные сигналы. Для этого выбираем пункт меню *Edit>Insert* и выполняем команду *Insert>Insert Node or Bus* или дважды нажимаем на чистое поле под *Name* (по области входных и выходных сигналов). Открывается диалоговое окно *Insert Node or Bus* (рис. 9).

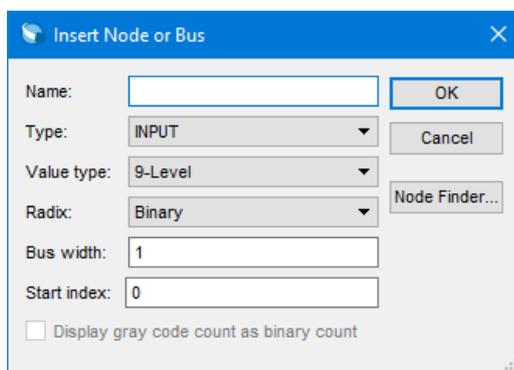


Рис. 9. Окно *Insert Node or Bus* (вставки вывода или шины)

В полях этого окна (рис. 9) автоматически указываются параметры сигнала. В поле *Type* для входных сигналов указывается тип *INPUT*. В поле *Value type* (тип значения) указывается *9-Level*. Этот тип определяет набор значений, которые может принимать проводник. В поле *Radix* указывается *Binary*. В поле *Bus width* (ширина шины) ставится 1, а в поле *Start index* – 0. Чтобы не вводить каждый сигнал отдельно нажимаем на кнопку *Node Finder*, т. е. воспользуемся системой поиска выводов. Открывается окно *Node Finder* – поиска выводов проекта (рис.10). Нас интересует входные и выходные контакты, поэтому в поле *Filter* устанавливаем критерий поиска *Pins:all*, что соответствует заданию всех внешних выводов проекта. Для нахождения искомым сигналов нажимаем кнопку *List*. После этого в левом окне *Node Finder* в поле *Nodes Found* отобразятся все порты модуля *AZregoc8*, т. е. появится

список имен, удовлетворяющих заданному критерию поиска. Далее копируем все выводы в поле *Selected Nodes*, для чего нажимаем на значок  и получаем то, что показано на рис. 10.

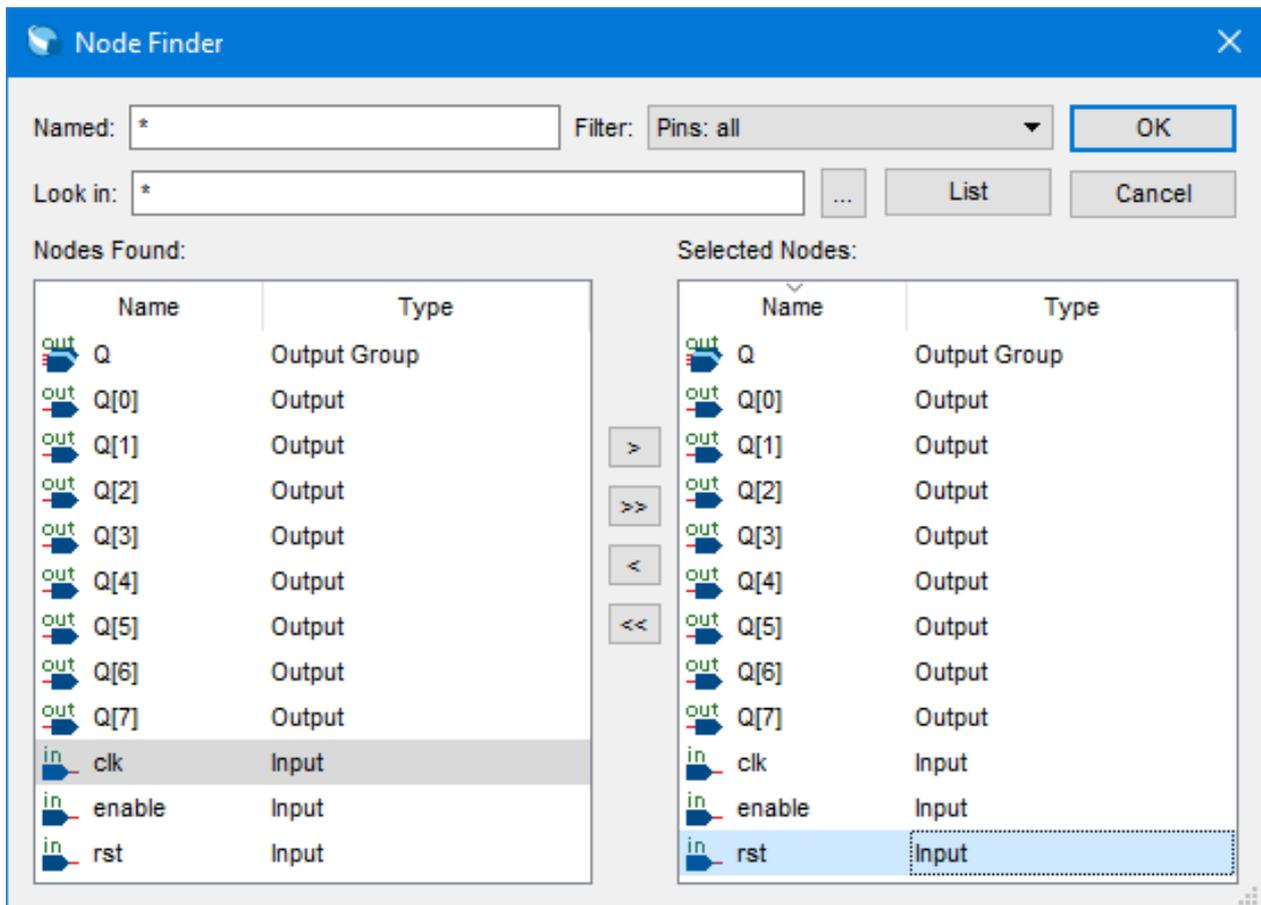


Рис. 10. Диалоговое окно *Node Finder* со скопированными выводами модуля *AZregoc8*

Нажимаем *OK* и закрываем окно *Node Finder*. Открываем окно моделирование *Waveform.vwf* – окно временных диаграмм редактора, в котором появляются оси для входных сигналов. Осям выходных сигналов в начале по умолчанию присваивается значение *X* (*forcingunknown* – неизвестное состояние).

С помощью пункта главного меню *Edit > Set end time >* устанавливаем конечный отрезок времени моделирования равный, 200 ns, а с помощью команды *Edit > Grid Size* устанавливаем шаг сетки, равной 5 ns. Далее выбираем сигнал *in clk* и нажимаем на панели инструментов кнопку *Count value* . Открывается диалоговое окно и в этом окне задаем длительность тактового сигнала *clk*, равной 10 нс.

С помощью команды *Forcing High*  устанавливаем значение сигнала *enable*, равным 1. Для сброса регистра сдвига с линейной обратной связью (LFSR) в 0 с помощью той же команды *Forcing High*  устанавливаем значение сигнала *rst*, равным 1. Запускаем команду *Simulation > Run Functional simulation* или нажимаем на кнопку . В окне *Quartus Prime* сохраняем тестирующий файл *Waveform.vwf* и нажимаем на кнопку *Yes*.

Для запуска с помощью команды *Forcing Low* устанавливаем значение сигнала *rst*, равным 0.

Нажимаем на кнопки:  (*Run Functional simulation*) и *Yes*. После успешной симуляции открывается окно *Simulation Waveform Editor*, где в его рабочем поле указаны временные диаграммы моделирования (рис. 11), которые характеризуют алгоритм работы регистра сдвига LFSR с точки зрения логики и схемотехники.

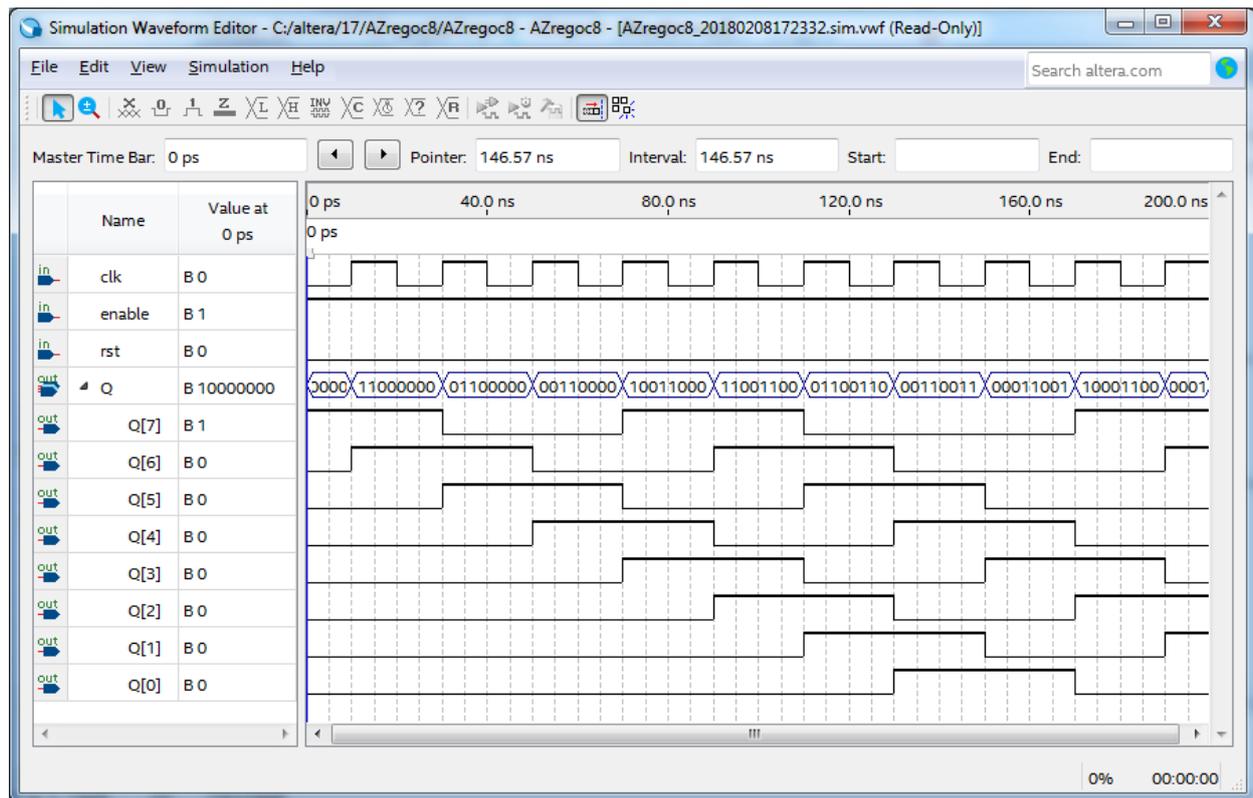


Рис. 11. Временная диаграмма изменения состояний входных и выходных сигналов регистра сдвига LFSR

В верхней строке рабочей области окна расположена временная шкала, деления которой соответствует периодам тактового сигнала. В левом столбце отображены список названий интерфейсных сигналов регистра сдвига LFSR: *clk* - тактовые сигналы; *enable* (разрешение) – сигнал, разрешающий изменение состояния регистра сдвига LFSR; *rst* (сброс) – сигнал сброса, устанавливающий регистр сдвига LFSR в состояние нуля и *Q[0-7]* – выходные сигналы. Слева от названия сигналов приведены пиктограммы, обозначающие их тип:  – *in* (входной) и  – *out* (выходной).

Результаты. В данной статье рассмотрены следующие этапы проектирования РСЛОС:

- создание проекта в среде САПР Quartus II;
- создание Verilog-описания РСЛОС;
- компиляция проекта и его логическая реализация в RTL;
- функциональное моделирование РСЛОС.

Особенностью проектируемого устройства является то, что на его базе, т. е. на основе регистра сдвига с линейной обратной связью можно реализовать цифровые генераторы псевдослучайных последовательностей импульсов, которые используются для создания криптографических алгоритмов шифрования[1,2].

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ефремов Н.В. Введение в систему автоматизированного проектирования Quartus II: учебное пособие. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2011. – 147 с.
- [2] Соловьев В.В. Проектирование цифровых систем на основе программируемых логических интегральных схем. 2-е изд., стереотип. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 273 с.
- [3] Тарасов И.Е., Певцов Е.Ф. Основы проектирования цифровых устройств с использованием языка Verilog: Учебное пособие. – М.: МГТУ МИРЭА, 2011. – 187 с.

УДК 543. 08

Ch. Nurzhanov, L. Naizabayeva

A MODEL OF THE GROWTH KINETICS OF A NEW PHYTO-REMEDY PLANT *MISCANTHUS X GIGANTEUS* IN THE HEAVY METALS CONTAMINATED SOIL

Abstract. The mathematical model of the dynamics of the growth of the new bioenergetic phyto plant *Miscanthus x giganteus* in the contaminated soil with heavy metals in different concentrations (Zc 165.4±17.1 mg/kg and Zc 20.0±3.1 mg/kg) using the least squares method was proposed. Has been obtained the equation of growth kinetics and the theoretical curves of plant development on the contaminated with heavy metals soil. Revealed that the growth of plants in the ontogeny depends from the concentration of heavy metals in the soil: the higher the concentration of heavy metals in the soil than the lower their growth. We assume that when growing *Miscanthus x giganteus* for phytoremediation of the contaminated land, it is necessary to take into account the concentration of heavy metals in the soil.

Key words: mathematical model, heavy metals, soil, bioenergetics plant, growth kinetics

Ч. Нуржанов, Л. Найзабаева

(Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, Алматы, Республика Казахстан
naizabayeva@gmail.com, darkeremite@yandex.kz)

МОДЕЛЬ КИНЕТИКИ РОСТА НОВОГО ФИТОРЕМЕДИАНТА *MISCANTHUS X GIGANTEUS* (МИСКАНТУС ГИГАНТСКИЙ) НА ЗАГРЯЗНЕННОЙ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ПОЧВЕ

Резюме. В статье предложена математическая модель динамика роста нового биоэнергетического фиторемедианта *Miscanthus x giganteus* загрязненной тяжелыми металлами почве в разной концентрации (Zc 165,4±17,1 и Zc 20,0±3,1 мг/кг), с помощью метода наименьших квадратов. Получено уравнение кинетики роста и установлены теоретические кривые развития растения на загрязненной тяжелыми металлами почве. Выявлено, что рост растений в онтогенезе зависит от концентрации тяжелых металлов в почве: чем выше концентрация тяжелых металлов в почве, тем ниже их рост. Предполагаем, что при выращивании *Miscanthus x giganteus* для фиторемедиации загрязненных земель необходимо учитывать концентрацию тяжелых металлов в почве.

Ключевые слова: математическое моделирование, кинетика роста, растение, тяжелые металлы, почва

Введение

Математических моделей роста и развития растений, с учетом процессов протекающие в антропогенно нарушенных почвах незначительны [1]. Модели направлены в основном для решения прикладных задач, таких, например, как диагностика агрометеорологических условий формирования урожая и оценка влияния наблюдаемых и ожидаемых изменений климата на продуктивность сельскохозяйственных культур, также от агротехнических условий [2]. Для создания таких моделей предлагаются различные аппроксимирующие зависимости такие, как экспоненциальная, линейная, параболическая и другие [3, 4]. При этом не учитывают влияние антропогенных факторов. Не секрет, что уровень загрязнения почвы, в частности тяжелыми металлами, представляют экологическую опасность окружающей среде. Многие пахотные земли загрязнены различными ксенобиотиками, в частности пестицидами, тяжелыми металлами. В результате выращенные растения на загрязненной почве могут содержать ксенобиотики в вегетативных органах, в результате они могут быть не пригодны для использования в пищевых и кормовых целях [5]. Для рационального использования загрязненных почв предлагают выращивать биоэнергетические виды растений, которые не требуют особых инвестиций в сельскохозяйственные приемы. Одним из обсуждаемых в мире является непродовольственное, биоэнергетическое растение *Miscanthus x giganteus* (мискантус гигантский), произрастающие на маргинальных деградированных землях более 30 лет [6]. Высокое содержание целлюлозы в стеблях *M. x giganteus* позволяет использовать биомассу для производства биоэтанола второго поколения, получения целлюлозных отходов и твердого биотоплива, а также в строительстве [7, 8]. Наряду с этим, данный вид обладает способностью восстанавливать загрязненные почвы, т.е. к фитостабилизации загрязненных почв [9]. Высокая продуктивность биомассы *M. x giganteus* на загрязненных деградированных землях превращает технологию фиторемедиации в прибыль отрасль биотехнологии и биоэнергетической промышленности [10-12]. В настоящее время *M. giganteus* успешно культивируют для получения биомассы на загрязненных и непригодных для продовольственных культур землях в Словакии и Украине [13, 14]. В обзоре V. Pidlisnyuk с соавторами [12] представлены данные ученых ЕС и США о возможности культивирования представителей рода мискантус на загрязненных тяжелыми металлами землях.

Авторами отмечено, что наибольший интерес в качестве фиторемедианта привлекает внимание ученых высокопродуктивный мискантус, так как обладает высокой продуктивностью на загрязненных почвах и способностью к фитостабилизации (корни растений ограничивают подвижность и биодоступность загрязнителя в почве, деградируют загрязнители в почве, либо аккумулируют их в корневой системе). Интерес мискантусу, как фитостабилизатору, связан с тем, что отпадает проблема утилизации, загрязненной фитомассы, так как они накапливают ионы тяжелых металлов в корневой зоне и отсутствует необходимость каждый год собирать и высаживать семена, растение стерильное.

Цель исследования: создать алгоритмы для моделирования роста и развития фиторемедианта *Miscanthus x giganteus* в условиях загрязнения почвы тяжелыми металлами в разной концентрации.

Методы исследования и материалы

В данной работе предлагается математическая модель роста и развития нового фиторемедианта *Miscanthus x giganteus* в условиях загрязнения почвы тяжелыми металлами в двух концентрациях (геохимический показатель загрязнения почвы $Zc\ 165,4 \pm 17,1$ и $Zc\ 20,0 \pm 3,1$ мг/кг). Для обоснования структуры математической модели при исследовании закономерностей роста растений использовали экспериментальные данные ИББР МОН РК [15].

Все экспериментальные данные по кинетике роста близки к логистической зависимости. Параметры кривой роста определяли с помощью метода наименьших квадратов (МНК), сумма квадратов отклонений рассчитывается по модели значений \hat{y}_t

от фактических y_t уровней временного ряда наименьшей:

$$\sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2 = \sum_{t=1}^n e_t^2 \rightarrow \min \tag{1}$$

$$e_t = y_t - \hat{y}_t \tag{2}$$

где остаток - расхождение фактических и модельных значений показателя Y.

При оценке параметров полиномиальных кривых использовали следующую формулу;

$$y_t = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + \dots + a_q t^q \tag{3}$$

В результате минимизации получили систему нормальных уравнений. Система состоит из $(q + 1)$ линейных уравнений, содержащих в качестве известных величин $\sum y_t, \sum y_t t, \sum y_t t^2, \sum y_t t^q$ и $(q + 1)$ неизвестных коэффициентов a_j .

Решение этой системы относительно $a_0, a_1, a_2, \dots, a_q$ позволяет вычислить искомые оценки параметров.

$$\sum_{t=1}^n y_t = a_0 n + a_1 \sum_{t=1}^n t + a_2 \sum_{t=1}^n t^2 + \dots + a_q \sum_{t=1}^n t^q \tag{4}$$

$$\sum_{t=1}^n y_t t = a_0 \sum_{t=1}^n t + a_1 \sum_{t=1}^n t^2 + a_2 \sum_{t=1}^n t^3 \dots + a_q \sum_{t=1}^n t^{q+1} \tag{5}$$

$$\sum_{t=1}^n y_t t^{q-1} = a_0 \sum_{t=1}^n t^{q-1} + a_1 \sum_{t=1}^n t^q + a_2 \sum_{t=1}^n t^{q+1} \dots + a_q \sum_{t=1}^n t^{2q-1} \tag{6}$$

$$\sum_{t=1}^n y_t t^q = a_0 \sum_{t=1}^n t^q + a_1 \sum_{t=1}^n t^{q+1} + a_2 \sum_{t=1}^n t^{q+2} \dots + a_q \sum_{t=1}^n t^{2q} \tag{7}$$

Качество полученных регрессионных моделей оценивали с использованием коэффициента детерминации (R^2) с помощью дисперсионного анализа.

Результаты и их обсуждение

На основании анализа экспериментальных данных создали структуру модели роста растений на незагрязненной и загрязненной почве, с помощью метода наименьших квадратов (МНК) и получили эмпирическое уравнение регрессии (рис.1).

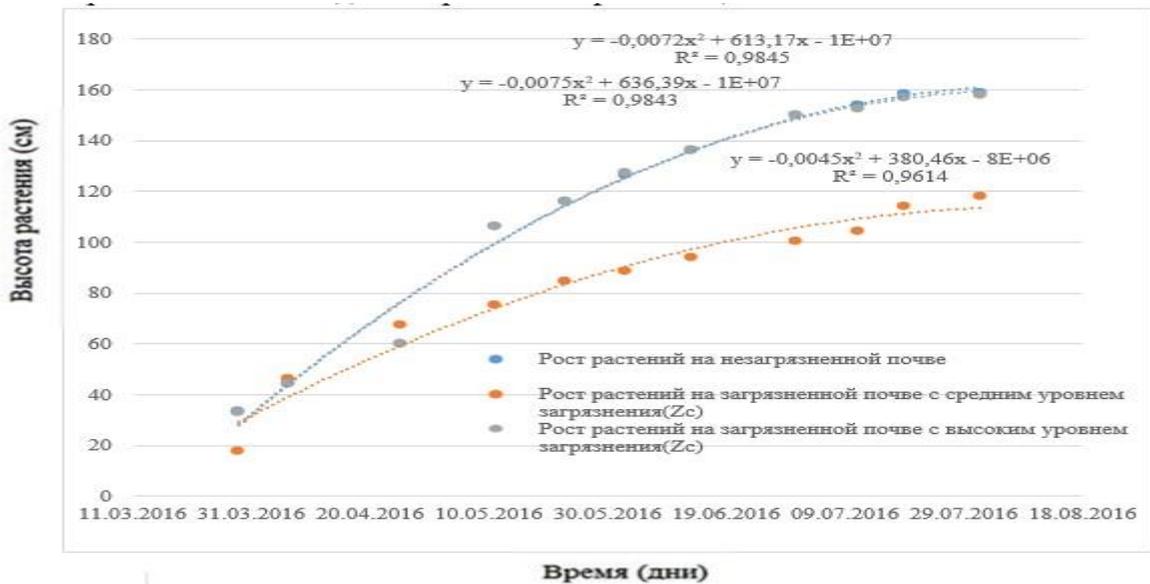


Рис. 1. Зависимость высоты растений *Miscanthus x giganteus* от времени произрастания с учетом концентрации тяжелых металлов в почве

Эмпирическое уравнение регрессии роста растений на незагрязненной почве:

$$y = -0.0072x^2 + 613.17x - 1E + 07 \tag{8}$$

При этом величина достоверности аппроксимации составляет: $R^2 = 0.9843$

Эмпирическое уравнение регрессии роста растений на загрязненной почве со средним уровнем загрязнения ($Z_c 20,0 \pm 3,1$ мг/кг)

$$y = -0.0075x^2 + 636.39x - 1E + 07 \tag{9}$$

При этом величина достоверности аппроксимации составляет: $R^2 = 0.9845$

Эмпирическое уравнение регрессии роста растений на загрязненной почве с высоким уровнем загрязнения ($Z_c 165,4 \pm 17,1$ мг/кг).

$$y = -0.0045x^2 + 380.46x - 8E + 06 \tag{10}$$

При этом величина достоверности аппроксимации составляет: $R^2 = 0.9845$

Для описания динамики роста растений использовали следующее уравнение [16, 17]:

$$\frac{dl}{dt} = \mu l \left(1 - \frac{l}{l_{max}}\right) \tag{11}$$

Где t – время (дни), l – текущая высота растения (см), l_{max} – теоретическая максимальная высота (см), которую может достигнуть растение по окончанию роста, μ – константа (удельная скорость роста, размерность – 1/день).

Решением данного уравнения была функция (l_0 – начальная высота растения):

$$l(t) = l_{max} \frac{l_0 e^{\mu t}}{l_{max} - l_0 + l_0 e^{\mu t}} \tag{12}$$

На основании данных уравнения (12) получили эмпирическое уравнение теоретической кривой роста растений на незагрязненной почве и загрязненной почве (рис.2).

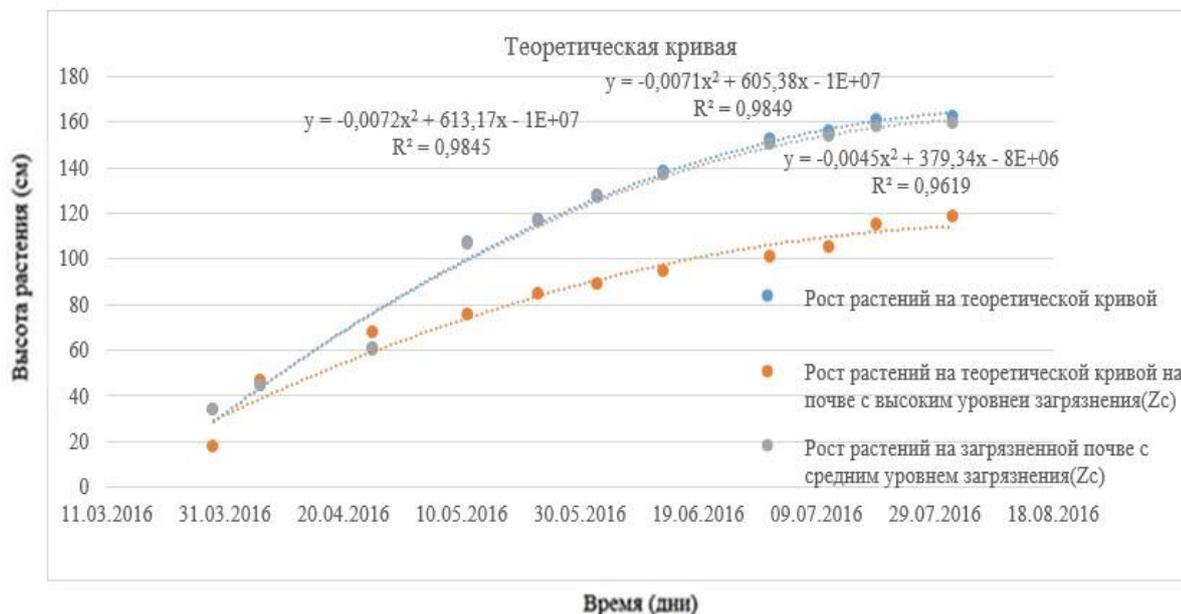


Рис. 2. Теоретическая кривая роста *Miscanthus x giganteus* от времени произрастания с учетом концентрации тяжелых металлов в почве

Эмпирическое уравнение теоретической кривой динамики роста на незагрязненной почве:

$$y = -0.0071x^2 + 605.38x - 1E + 07 \quad 13$$

При этом величина достоверности аппроксимации составляет: $R^2 = 0.9849$

Эмпирическое уравнение теоретической кривой динамики роста растений на загрязненной почве со средним уровнем загрязнения ($Z_c 20,0 \pm 3,1$ мг/кг)

$$y = -0.0072x^2 + 613.17x - 1E + 07 \quad 14$$

При этом величина достоверности аппроксимации составляет: $R^2 = 0.9845$

Эмпирическое уравнение теоретической кривой динамики роста на загрязненной почве с высоким уровнем загрязнения ($Z_c 165,4 \pm 17,1$ мг/кг).

$$y = -0.0045x^2 + 380.45x - 8E + 06 \quad 15$$

При этом величина достоверности аппроксимации составляет: $R^2 = 0.9614$

Таким образом, получено уравнение кинетики роста и создана теоретическая кривая динамики развития нового фиторемедианта *Miscanthus x giganteus* с учетом концентрации тяжелых металлов в почве. Выявлено, что при выращивании *Miscanthus x giganteus* для фиторемедиации загрязненных земель необходимо учитывать концентрацию тяжелых металлов в почве, так как концентрация тяжелых металлов ингибируют рост растений.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Водопьянов В.В. Математическое моделирование динамики роста грибных пропагул в почве, загрязненной нефтью // Вестник УГАТУ – 2007. –Т. 9. № 7 (25). – С. 79-82.
- [2] Добрачев Ю.П., Соколов А.Л. Модели роста и развития растений и задача повышения урожайности // Агрономия. – 2016. – № 3. – С. 90-96.
- [3] Колпак Е.П., Столбовая М.В. Математическая модель кинетики роста растений // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. Математика. – 2013. – № 12. – Р. 29-32.

- [4] Urban H.J. Modeling growth of different developmental stages in bivalves // Marine Ecology Progress Series – 2002. – Vol. 238. – P. 109-114.
- [5] Руденко О.В., Хить Я.В. Оценка влияния степени загрязнения почвы тяжелыми металлами на содержание свинца и кадмия в надземной части и клубнях топинамбура // Научные труды Кубани. – 2016. – № 16. – С.385-391.
- [6] Miguez F.E., Villamil M.B., Long S.P., Bollero G.A. Meta-analysis of the effects of management factors on *Miscanthus giganteus* growth and biomass production // Agricultural and Forest Meteorology. – 2008. – Vol.148, № 8-9. – P.1280-1292.
- [7] Han M., Choi G.W., Kim Y., Koo B.C. Bioethanol production by *Miscanthus* as a lignocellulose biomass: focus on high efficient conversion to glucose and ethanol // BioResources. – 2011. – Vol. 6. – P.1939-1953.
- [8] Collura S., Azambre B., Finqueneise, G., Zimny T., Weber J.V. *Miscanthus giganteus* straw and pellets as sustainable fuels. Combustion and emission tests // Environ. Chem. Lett. – 2006. – Vol. 4. – P. 75-78.
- [9] Nsanganwimana F., Pourrut B., Mench M., Douay F. Suitability of *Miscanthus* species for managing inorganic and organic contaminated land and restoring ecosystem services. A review // J. Environ. Management. – 2014. – Vol.143. – P.123-134.
- [10] Pogrzeba M., Krzyzak J., Sas-Nowosielska A. Environmental hazards related to *Miscanthus x giganteus* cultivation on heavy metal contaminated soil // Environmental Heavy Metal Pollution and Effects on Child Mental Development/ Risk Assessment and Prevention Strategies. – 2011. Springer Science/ Business Media B.V. – P. 213-225.
- [11] Techer D., Martinez-Chois C., Laval-Gilly P., Bennasroune A., Formanek P., D’Innocenzo M., Fall, J. Assessment of *Miscanthus x giganteus* for rhizoremediation of long-term PAH contaminated soils // Appl. Soil. Ecol. – 2012. – Vol. 62. – P. 42-63.
- [12] Pidlisnyuk B., Erickson L., Kharchenko S., Stefanovska T. Sustainable Land Management: Growing *Miscanthus* in Soils Contaminated with Heavy Metals // Journal of Environmental Protection, Special Issue in Environmental Remediation. – 2014. – Vol. 5. – P. 723-730.
- [13] Los L.V., Zinchenko L.V., Zajoronnovskiy V.P. Growing and gasification of biofuels as effective direction for solving energetic and ecological problems: case of *Miscanthus x giganteus* // Release of Zytomir National Agroecological university. – 2011. – Vol. 29, part 1. – P. 46-57.
- [14] Pidlisnyuk V.V. Expanding the potential of second generation biofuel crops for phytoremediation of sites contaminated by heavy metals: laboratory stage // Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. – 2012. – Вип. 4 (75). – P.104-108.
- [15] Отчет проекта 0451/ГФ4 «Разработка технологии улучшения загрязненных тяжелыми металлами и пестицидами земель с использованием растения мискантуса гигантского (*Miscanthus x giganteus*) – нового высокоэффективного фиторемедианта». 2016. – 85 с.
- [16] Горбунова Е.А., Колпак Е.П. Математические модели одиночной популяции // Вест. С.-Петербург. ун-та. Прикладная математика, информатика и процессы управления. – 2012. – Вып. 4, Сер. 10 – С.18-30.
- [17] Кузнецов В.И., Козлов Н.И., Хомяков П.М. Математическое моделирование эволюции леса для целей управления лесным хозяйством – М.: Ленад. 2005. 232 с.

Нуржанов Ч., Найзабаева Л.

Топырақтың ауыр металдармен ластанған кезіндегі жаңа фиторемедиант *Miscanthus x giganteus*-нің (алып мискантус) өсу кинетикасының моделі

Түйіндеме. Бұл мақалада әртүрлі концентрациядағы ($Zc\ 165.4 \pm 17.1$ мг/кг және $Zc\ 20.0 \pm 3.1$ мг/кг) ауыр металдармен ластанған топырақта жаңа биоэнергетикалық фиторемедиант *Miscanthus x giganteus*-нің өсу динамикасының математикалық моделі келтірілген, ең кіші квадраттар әдісі арқылы.

Өсу кинетикасының теңдеуі алынды және ауыр металдармен ластанған топырақта өсімдіктердің дамуының теориялық қисықтары анықталды. Онтогенездегі өсімдіктердің өсуі топырақтағы ауыр металдардың концентрациясына байланысты: топырақта ауыр металдардың концентрациясы неғұрлым жоғары болса, соғұрлым олардың өсуі төмен екендігі анықталды. Ластанған жерді фиторемедиациялау үшін *Miscanthus x giganteus* өсіру кезінде топырақтағы ауыр металдардың концентрациясын ескеру қажет екенін болжап отырмыз.

Түйінді сөздер: математикалық модельдеу, өсу кинетикасы, өсімдік, ауыр металдар, топырақ

Nurzhanov Ch., Naizabaeva L.

A model of the growth kinetics of a new phyto plant *Miscanthus x giganteus* on the heavy metals contaminated soil

Summary. The mathematical model of the dynamics of the growth of the new bioenergetic phyto plant *Miscanthus x giganteus* in the contaminated soil with heavy metals in different concentrations ($Zc\ 165.4 \pm 17.1$ mg/kg and $Zc\ 20.0 \pm 3.1$ mg/kg) using the least squares method was proposed. Has been obtained the equation of growth kinetics and the theoretical curves of plant development on the contaminated with heavy metals soil. Revealed that the growth of plants in the ontogeny depends from the concentration of heavy metals in the soil: the higher the concentration of heavy metals in the soil than the lower their growth. We assume that when growing *Miscanthus x giganteus* for phytoremediation of the contaminated land, it is necessary to take into account the concentration of heavy metals in the soil.

Key words: mathematical model, heavy metals, soil, bioenergetics plant, growth kinetics

УДК 51-74; 004.9

**Sh. Jomartova, G. Ziyatbekova, N. Issimov, A. Mazakova,
Zh. Bolatkhanova, A. Sametova**

BIOMETRIC IDENTIFICATION OF THE MAN FACE ON THE BASIS OF MULTICRITERIA OPTIMIZATION

Abstract. The article is devoted to the study of the biometric identification of a person in the face on the basis of the methods of multicriteria optimization. As informative signs used two-dimensional and three-dimensional characteristics of a person's face, taking into account the area and volume.

To account for such phenomena as portrait shift, different scale of photos and slope of the identifiable person, a complex identification algorithm was developed.

Key words: protection of information, two-dimensional and three-dimensional image, identification.

**Ш.А. Джомартова¹, Г.З. Зиятбекова², Н.Т. Исимов², А.Т. Мазакова²,
Ж.А. Болатханова¹, А.А. Саметова¹**

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, Алматы

²Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, Казахстан, Алматы

E-mail: ziyatbekova@mail.ru)

БИОМЕТРИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЧЕЛОВЕКА ПО ЛИЦУ НА ОСНОВЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Аннотация. Статья посвящена исследованию биометрической идентификации человека по лицу на основе методов многокритериальной оптимизации. В качестве информативных признаков использованы двух и трехмерные характеристики лица человека, учитывающие площадь и объем.

Для учета таких явлений, как сдвиг портрета, разный масштаб фотографий и наклон идентифицируемого лица, разработан сложный алгоритм идентификации.

Ключевые слова: защита информации, двух и трехмерное изображение, идентификация.

Введение. Проблема защиты информации и информационной безопасности является одним из важнейших аспектов развития современного общества. В настоящее время решение этой проблемы в области разработки и эксплуатации информационных систем различного назначения связано с разработкой всевозможных требований к обеспечению их безопасности и созданием программно-аппаратных средств от несанкционированного доступа.

Автоматическое распознавание лица для установления личности имеет большое количество приложений в различных областях. Проблемы общественной безопасности, потребность в удаленной аутентификации, развитие человеко-машинных интерфейсов вызывает повышенный интерес к данной технологии.

В связи с развитием аппаратно-программного обеспечения в последние годы многие разработчики перешли от исследования двумерных изображений лица к трехмерным, что позволило перейти от обработки характерных точек лица к объемным характеристикам [1-5]. Ранее авторами в работах [6-8] были предложены 25 параметров учитывающие такие характеристики лица человека как площадь и объем.

Методы. На основе методов многокритериальной оптимизации, линейной алгебры и прикладного программирования будет построена математическая модель и алгоритмы идентификации человека по лицу.

Результаты. На базе СУБД Visual FoxPro 9 реализована интерфейсная часть, включающая следующие режимы: 1) биологические характеристики, 2) параметры характеристик, 3) исходные базы данных, 4) настройка базы данных, 5) классификация, 6) простая идентификация, 7) сложная идентификация [9-10].

На данный момент в качестве биологической характеристики включен «видеообраз лица». В дальнейшем планируется работа со следующими биологическими характеристиками: «термограмма лица», «отпечаток пальца», «геометрия руки», «голос» и др.

Для параметров характеристик введены следующие типы:

1 - координата точки; 2 - расстояние (число); 3- площадь; 4 –объем.

В дальнейшем по мере введения новых биометрических характеристик будут вводиться новые типы.

Для характеристики «видеообраз лица» определены ряд параметров, представляющих собой:

- 1) точку - координаты зрачков глаз, переносицы, кончика носа,
- 2) расстояние – между глазами, между переносицей и кончиком носа, основанием носа,
- 3) периметр - треугольника (зрачки глаз и кончик носа), треугольника (переносица и основание носа),
- 4) площадь – изолинии глазниц, изолинии носа,
- 5) объем – глазниц, носа.

В качестве исходных данных для «видеообраза лица» используется объемная 3d-модель, представленная как регулярная матрица высот [5].

Алгоритмы обработки информационных параметров для идентификации человека по лицу:

1. Координаты центра зрачка левого глаза - (P1x, P1y): определяются из графического файла с фотографией человека;
2. Координаты центра зрачка правого глаза - (P2x, P2y): определяются из графического файла с фотографией человека;
3. Расстояние между зрачками - P3: вычисляются через данные (P1x, P1y) и (P2x, P2y);
4. Глубина левой глазницы - P4: определяются из файла с 3D-данными лица человека;
5. Площадь первой изолинии левой глазницы - P5: вычисляются файла с 3d-данными лица человека путем аппроксимации изолинии эллипсом;
6. Площадь второй изолинии левой глазницы - P6: вычисляются файла с 3d-данными лица человека путем аппроксимации изолинии эллипсом;
7. Площадь третьей изолинии левой глазницы - P7: вычисляются файла с 3d-данными лица человека путем аппроксимации изолинии эллипсом;
8. Объем левой глазницы - P8: вычисляются через данные P5, P6, P7 и расстояние (шаг) между изолиниями;
9. Глубина правой глазницы - P9: вычисляется аналогично параметру P4;
10. Площадь первой изолинии правой глазницы – P10: вычисляется аналогично параметру P5;
11. Площадь второй изолинии правой глазницы – P11: вычисляется аналогично параметру P6;
12. Площадь третьей изолинии правой глазницы – P12: вычисляется аналогично параметру P7;
13. Объем правой глазницы – P13: вычисляется аналогично параметру P8;
14. Координаты кончика носа – (P14x, P14y): определяются из графического файла с фотографией человека;
15. Координаты левого основания носа – (P15x, P15y): определяются из графического файла с фотографией человека;
16. Координаты правого основания носа – (P16x, P16y): определяются из графического файла с фотографией человека;
17. Высота кончика носа – P17: определяются из файла с 3d-данными лица человека;
18. Высота переносицы – P18: определяются из файла с 3d-данными лица человека;
19. Площадь первой изолинии левой носа – P19: вычисляются файла с 3d-данными лица человека путем аппроксимации изолинии трапецией;
20. Площадь второй изолинии левой носа – P20: вычисляются файла с 3d-данными лица человека путем аппроксимации изолинии трапецией;
21. Площадь третьей изолинии левой носа – P21: вычисляются файла с 3d-данными лица человека путем аппроксимации изолинии трапецией;
22. Объем носа – P22: вычисляются через данные P19, P20, P21 и расстояние (шаг) между изолиниями;
23. Периметр треугольника «нос-глаза» – P23: вычисляются через данные (P1x, P1y), (P2x, P2y) и (P14x, P14y);
24. Площадь треугольника «нос-глаза» – P24: вычисляются через данные (P1x, P1y), (P2x, P2y) и (P14x, P14y) по формуле Герона;
25. Отношение «Расстояние между зрачками» / «Расстояние между переносицей и основанием носа» – P25: вычисляются через данные (P1x, P1y), (P2x, P2y) и (P14x, P14y).

Режим – «классификация». В программе реализована классификация по одному или нескольким параметрам. В данном случае задача классификации состоит в упрощении матрицы данных, слишком обширной для непосредственного анализа человеком. В программе реализованы различные алгоритмы

классификации, так называемые стратегии объединения (агломеративные системы): гибкая стратегия, стратегия ближайшего соседа, стратегия дальнего соседа, стратегия группового среднего, центроидная стратегия, стратегия на сумме квадратов [11-13].

Введем следующие обозначения:

m – количество информационных параметров для идентификации человека по лицу, в нашем случае равно 25;

N – количество образов в исходной базе данных;

K - число классов, полученных или заданных при обработке исходной базы образов в режиме «классификация»;

N_i – количество образов в исходной базе данных, относящихся к i - му классу, $i = \overline{1, K}$; удовлетворяющих условию

$$\sum_{i=1}^K N_i = N;$$

I_i – множество индексов в исходной базе данных, относящихся к i - му классу, $i = \overline{1, K}$; так, что справедлива формула

$$\bigcup_{i=1}^K I_i = [1, \dots, N];$$

P_{ij} – значение i - го параметра j –го образа в исходной базе данных, где $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, K}$;

μ_{ij} – среднее значение i - го параметра для j –го класса, определяется по формуле

$$\mu_{ij} = \frac{1}{N_j} \sum_{t \in I_j} P_{it};$$

где $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, K}$;

X_i – численное значение i - го параметра искомого лица, $i = \overline{1, m}$.

Для выделения степени влияния отдельных информационных признаков предлагается следующий алгоритм.

Для каждого класса $k = \overline{1, K}$ составляется функционал [14]

$$J_k(\alpha^k) = \sum_{j \in I_k} \sum_{i=1}^m \alpha_i^k (P_{ij} - \mu_{ik})^2. \quad (1)$$

Минимум функционала (1) определяется при следующих ограничениях

$$A = \left\{ 0 \leq \alpha_i^k \leq 1; \sum_{i=1}^m \alpha_i^k = 1 \right\}. \quad (2)$$

Легко показать, что A является выпуклым замкнутым множеством в пространстве R^m .

Обозначим через $\alpha_i^{k,n}$ n -е приближение для вычисления коэффициента α_i^k .

Построим итерационный процесс

$$\alpha_i^{k,n+1} = P_A \left(\alpha_i^{k,n} - \gamma_n J'_k(\alpha_i^{k,n}) \right). \quad (3)$$

Здесь P_A - оператор проектирования на множество A . Коэффициенты $\gamma_n \geq 0$, определяющие длину шага на n -м этапе, могут быть определены из условия $J_k(\alpha_i^{k,n} - \gamma_n J'_k(\alpha_i^{k,n})) = \min_{\gamma \in R} J_k(\alpha_i^{k,n} - \gamma J'_k(\alpha_i^{k,n}))$ или в процессе дробления шага.

В качестве нулевого приближения выбирается $\alpha_i^{k,0} = 1/N_k$.

Теорема. Пусть множество A выпукло и замкнуто. Тогда последовательность $\{\alpha_i^{k,n}\}$, определяемая по формуле (3) сходится к решению задачи минимизации функционала (1) на множестве (2).

Доказательство. Так как множество A является выпуклым и замкнутым, функционал (1) является выпуклым и дифференцируем, то любая предельная точка последовательности $\{\alpha_i^{k,n}\}$ является точкой минимума [15].

Режим – «простая идентификация». В данном режиме для вводимого изображения лица, которое необходимо идентифицировать, осуществляется поиск в соответствии с ниже приведенным алгоритмом. При этом для исключения сдвига координаты всех точек сдвигаются относительно правого глаза.

На основе введенных обозначений для искомого лица определяются класс, к которому он может принадлежать из условия минимума расстояния

$$d_k = \sum_{i=1}^m \alpha_i^k (X_i - \mu_{ik})^2.$$

Далее внутри класса определяются вероятность совпадения искомого лица с образом из базы данных из условия минимума расстояний

$$\rho_j = \sum_{i=1}^m \alpha_i^k (X_i - P_{ij})^2,$$

где $j \in I_k$. В случае, если $\min \rho_j > \varepsilon$, то делается вывод об отсутствии искомого лица в исходной базе данных. Здесь ε – задается на основе проведения экспериментальных испытаний.

Режим – «сложная идентификация». В данном режиме для вводимого изображения лица, которое необходимо идентифицировать осуществляется поиск в соответствии с режимом «простая идентификация» с добавлением следующих функций:

1) для исключения сдвига координаты всех точек смещаются относительно правого глаза,

2) для исключения наклона лица за точку все координаты точек поворачиваются на угол, соответствующий разности ординат левого и правого глаз в соответствии со следующими шагами:

- пусть (x_1, y_1) – координаты правого глаза, (x_2, y_2) – координаты левого глаза, (x_2, y_2) – координаты левого глаза, – координаты левого глаза, (x'_2, y'_2) – координаты нового положения левого глаза, (x_3, y_3) – координаты любой точки, которую надо повернуть в соответствии с алгоритмом, (x'_3, y'_3) – координаты нового положения точки (x_3, y_3) .

Перенос начала координат в точку (x_1, y_1)

2: $(x_2 - x_1, y_2 - y_1)$, 3: $(x_3 - x_1, y_3 - y_1)$,

2': $(x'_2 - x_1, y'_2 - y_1)$, 3': $(x'_3 - x_1, y'_3 - y_1)$,

Вычисляется матрица поворота на угол α [16]: $A = \begin{pmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha \\ -\sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix}$

$$\text{Дано: } 2 \rightarrow 2' \begin{pmatrix} x_2 - x_1 \\ y_2 - y_1 \end{pmatrix} = A \begin{pmatrix} x'_2 - x_1 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \alpha (x'_2 - x_1) \\ -\sin \alpha (x'_2 - x_1) \end{pmatrix}$$

откуда

$$\cos \alpha = \frac{x_2 - x_1}{x'_2 - x_1}, \sin \alpha = \frac{y_1 - y_2}{x'_2 - x_1}.$$

Приведенная формула корректна, т.к.

$$|x'_2 - x_1| = \sqrt{(x'_2 - x_1)^2 + (y'_2 - y_1)^2}$$

Из формулы

$$\begin{pmatrix} x'_3 - x_1 \\ y'_3 - y_1 \end{pmatrix} = A^T \begin{pmatrix} x_3 - x_1 \\ y_3 - y_1 \end{pmatrix} = \frac{1}{x'_2 - x_1} \begin{pmatrix} x_2 - x_1 & y_2 - y_1 \\ y_1 - y_2 & x_2 - x_1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_3 - x_1 \\ y_3 - y_1 \end{pmatrix}$$

находим координаты нового положения точки 3

$$x'_3 = \frac{(x_2 - x_1)(x_3 - x_1) + (y_2 - y_1)(y_3 - y_1)}{x'_2 - x_1} + x_1$$

$$y'_3 = \frac{(y_1 - y_2)(x_3 - x_1) + (x_2 - x_1)(y_3 - y_1)}{x'_2 - x_1} + y_1$$

3) для исключения возможности рисунков разного масштаба, все данные преобразуются пропорционально расстояниям между глазами.

Обсуждение. Разработана АРМ «Биометрическая система защиты информации». Определены структуры таблиц базы данных и их взаимосвязь. На основе предварительной классификации объектов ускорен поиск заданного лица в исходной базе. На основе применения методов многокритериальной оптимизации для каждого класса вычисляются свои коэффициенты, позволяющие ранжировать критерии по важности. Исследованы свойства предложенного математического алгоритма.

Для учета таких явлений, как сдвиг портрета, разный масштаб фотографий и наклон идентифицируемого лица, разработан сложный алгоритм идентификации.

Работа выполнена за счет средств грантового финансирования научных исследований на 2018-2020 годы по проекту AP05131027 «Разработка биометрических методов и средств защиты информации».

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Болл Р.М., Коннел Дж.Х., Панканти Ш., Ратха Н.К., Сеньор Э.У. Руководство по биометрии. – М.: Техносфера, 2007. – 368 с.
- [2] Кухарев Г.А., Каменская Е.И., Матвеев Ю.Н., Щеголева Н.Л. Методы обработки и распознавания изображений лиц в задачах биометрии. – М.: Политехника, 2013. – 416 с.
- [3] Прудников И.В. Исследование возможностей повышения точности идентификации информационных биометрических систем: дис. ... канд. техн. наук.: 05.25.05. – 2012. – 163с.
- [4] Компьютерная геометрия /Голованов Н.Н., Ильютко Д.П., Носовский Г.В., Фоменко А.Т. – М.: Изд. центр «Академия», 2006. – 512 с.
- [5] Колесниченко Н.М., Черняева Н.Н. Инженерная и компьютерная графика. –М.:ИНФРА - Инженерия, 2018. – 236с.
- [6] Джомартова Ш.А., Исимов Н.Т., Байрбекова Г.С., Зиятбекова Г.З., Абдразақ Ж. Идентификация личности на основе 2D- и 3D-изображений //Вестник Национальной инженерной академии Республики Казахстан, 2018, № 2(68), с.16-20
- [7] Мазакөв Т.Ж., Айпанов Ш.А., Тусупова С.А., Байрбекова Г.С., Зиятбекова Г.З., Мазакөва А.Т. Биометрическая идентификация человека по лицу //Труды научной конференции Института информационных и вычислительных технологий МОН РК «Современные проблемы информатики и вычислительных технологий». – Алматы, 2018. – с.159-165
- [8] Джомартова Ш.А., Мазакөв Т.Ж., Мазакөва А.Т. Автоматизированная система поиска кольцевых структур //Вестник национальной инженерной академии Республики Казахстан, 2016, № 1 (59), с.59-64.
- [9] Клепинин В.Б., Агафонова Т.П. Visual FoxPro 9. – СПб.: «БХВ-Петербург», 2007. – 1216с.
- [10] Омельченко Л.Н. Самоучитель Visual FoxPro 8. – Санкт-Петербург «БХВ-Петербург», 2003. – 688с.
- [11] Айвазян С.А., Бухшбергер В.М., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика. Классификация и снижение размерности. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 607с.
- [12] Дюк В., Самойленко А. Data mining: учебный курс. – СПб.: Питер, 2001. -368 с.
- [13] Барсегян А.А. Куприянов М.С., Степаненко В.В. Холод И.И. Методы и модели анализа данных: Олар и Data Mining. – СПб.: «БХВ-Петербург», 2004. – 336с.
- [14] Емельянов С.В., Коровин С.К. и др. Математические методы теории управления. Проблемы устойчивости, управляемости и наблюдаемости. – М.: Физматлит, 2014. – 200 с.
- [15] Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач. – М.: Наука, 1980. – 400 с.
- [16] Курош А.Г. Курсы высшей алгебры. – М.: Наука, 1975. – 432с.

Джомартова Ш.А., Зиятбекова Г.З., Исимов Н.Т., Мазакөва А.Т., Болатханова Ж.А., Саметова А.А.

Көп критерийлі оңтайландыру әдістерінің негізінде тұлғаның беті бойынша биометриялық сәйкестендіруді зерттеу

Түйіндеме. Бұл мақала көп критерийлі оңтайландыру әдістерінің негізінде тұлғаның беті бойынша биометриялық сәйкестендіруді зерттеуге арналған. Ақпараттық белгілер ретінде адам бетінің екі өлшемді және үш өлшемді сипаттамалары қолданылып, аудан мен көлемі ескерілген.

Портрет ауысымы, суреттердің әртүрлі масштабы және сәйкестендірілетін адамның көлбеуі сияқты құбылыстарды есепке алу үшін кешенді сәйкестендіру алгоритмі жасалды.

Түйін сөздер: ақпаратты қорғау, екі өлшемді және үш өлшемді кескін, сәйкестендіру.

Jomartova Sh., Ziyatbekova G., Issimov N., Mazakova A., Bolatkhanova Zh., Sametova A.

Biometric identification of the man face on the basis of multicriteria optimization

Summary. The article is devoted to the study of the biometric identification of a person in the face on the basis of the methods of multicriteria optimization. As informative signs used two-dimensional and three-dimensional characteristics of a person's face, taking into account the area and volume.

To account for such phenomena as portrait shift, different scale of photos and slope of the identifiable person, a complex identification algorithm was developed.

Key words: protection of information, two-dimensional and three-dimensional image, identification.

ӘОЖ 004.04

H.J. Duissenov¹, M.J. Koshinbaeva¹, P.A. Kozhabekova², D.B. Tastemir, Z.A. Makhanova
(¹Miras University, ²SKSU named after M.Auezov, Shymkent, Kazakhstan
E-mail: dgnurzak@mail.ru)

METHODS OF SOFTWARE DEVELOPMENT USING CRYPTOGRAPHIC CONVERTING ALGORITHMS

Abstract. This article is devoted to the research of methods of multilevel cryptosystems and development of a new multilevel crypto algorithm and application of modern programming methods. In the course of the work the following tasks were studied and solved:

- the newest methods and algorithms of multi-level cryptosystems are studied;
- algorithms for solving the problem have been designed;
- developed an analysis algorithm and compiled a database.

The developed program is easily used in client computers and is easy to use.

Key words: Encryption, Decryption, Cryptography, Cryptanalysis, Hierarchy, Cryptographic Protocol, Information Systems, Hardware and Software.

Н.Ж.Дуйсенов¹, М.Ж.Кошкинбаева¹, П.А.Кожобекова², Д.Б.Тастемір², З.А.Маханова²
(¹Мирас университеті, ²М.Әуезов атындағы ОҚМУ, Қазақстан, Шымкент қаласы
dgnurzak@mail.ru)

КРИПТОГРАФИЯЛЫҚ ТҮРЛЕНДІРУ АЛГОРИТМДЕРІН ҚОЛДАНЫП БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ӨНІМ ЖАСАУ ӘДІСТЕРІ

Аннотация. Бұл мақалада жаңа көпдеңгейлі криптожүйелерді жасау және жаңа көпдеңгейлі криптоалгоритмдерді пайдалана отырып бағдарламалық қамтама құру әдістері қарастырылған. Жұмысты орындау барысында келесідей тапсырмалар қарастырылды:

- 1) көпдеңгейлі криптожүйелердің жаңа әдістері мен алгоритмдері зерттелді;
- 2) қойылған есепті шешу алгоритмі жобаланды;
- 3) талдау алгоритмі және деректер қоры құрастырылды.

Құрастырылған бағдарламаны эксплуатация жасау және клиент компьютерінде пайдалану өте қолайлы.

Кілттік сөздер. Шифрлау, Дешифрлау, Криптография, Криптоанализ, Иерархия, Криптографиялық хаттама, Ақпараттық жүйе, Аппараттық-бағдарламалық кешен, Бағдарламалық өнім.

Кіріспе. Қазақстанның дамыған 50 ел қатарына кіру стратегиялық мақсатына қол жеткізу үшін ғылыми-техникалық прогрестің заманауи жетістіктерін, атап айтқанда заманауи ақпараттық технологиялардың жетістіктерін кең қолдану қажет. Қазіргі кезде өндірістік саланы ғана емес, сонымен қатар қатардағы азаматтардың күнделікті өмірін де әр түрлі ақпараттық және телекоммуникациялық жүйелерсіз елестету мүмкін емес. Бүкіләлемдік интернет желісі және оның ақпараттық қызметтері адам өмірінің ажырамас бөлігі болып қалыптасты.

Осыған байланысты, барлық ақпараттық және телекоммуникациялық жүйелердің нысандары мен субъектілері арасындағы ақпараттық өзара алмасу үдерісінің қауіпсіздігін қамтамасыз ету мәселесінің мәні күннен-күнге жоғарлап келеді. Сондықтан басты мәселе – ақпараттық және телекоммуникациялық жүйелерді қолданушылардың сақтаудағы және қолданыстағы ақпараттық ресурстарына рұқсатсыз кіруден сенімді қорғау. Осының барлығы ақпараттық қауіпсіздік технологияларды және оларды жүзеге асыру құралдарын үнемі жетілдіруді және дамытуды қажет етеді [1,2].

Ақпараттық қауіпсіздікті қамтамасыз етудің ерекше маңызды бағыттарының бірі – криптографиялық қорғау. Электронды төлемді жүзеге асыру, құпия ақпараттарды ашық байланыс желілерімен жіберу, түрлі қажеттіліктегі компьютерлік желілерде жасырын ақпараттарды сақтау мүмкіндігі криптографиялық әдістерге негізделген. Осының барлығы криптографиялық құралдарды дамыту мен жетілдірудің, оның ішінде жаңа жоғары нәтижелі құралдарды әзірлеудің маңыздылығын күшейте түседі [6,7]. Бұл міндеттерді шешу үшін ақпараттарды криптографиялық қорғау заманауи құралдарды саласында қалыптасқан жағдайды терең талдап, олардың күшті және әлсіз жақтарын анықтау, сараптау негізінде осындай құралдарды әзірлеуге жаңа тәсілдер мен тұжырымдамалар, бағыттар ұсыну қажет.

Криптография дегеніміз ақпараттың мазмұнын жасыру, оның бұрмалануы және оған рұқсатсыз кіруге мүмкіндік бермеу мақсатында хабарламаларды өзге түрге ауыстыру құралдары, тәсілдері мен принциптерін біріктіретін білім саласы [3].

Криптография – бұл криптографиялық түрлендіруге, яғни құпия алгоритмдер бойынша мәліметтерді өзге түрге ауыстыруға негізделген, қалыпты өту жағдайынан мақсатты түрде ауытқытудан ақпараттық әрекеттестік үдерістерін қорғау тәсілдерін зерттеу болып табылады [8,9].

Байланыс каналдары бойынша жіберілетін немесе ақпараттарды өңдеу желілерінде сақтаулы мәліметтермен рұқсатсыз танысудан және оларды әдейі бұрмалаудан қорғау криптографияның маңызды міндеті. Криптография аталған мәселені қорғалатын мәліметтерді шифрлау арқылы шешеді, бұл дегеніміз қарама-қарсы екі өңдеуді – шифрлауды және шифрды ашуды қолдану.

Аталған түрлендірулердің әрқайсысын жүзеге асыратын алгоритмдер жұбы шифрды құрайды. Екінші алгоритмнің құпиялылығы мәліметтермен рұқсатсыз танысуға мүмкіндік бермейді, ал бірінші алгоритмнің құпиялылығы жалған мәліметтерді орналастыруға мүмкіндік бермейді. Шифрды ашу алгоритімін білмей шифрланған түрлендірулер бойынша ашық мәліметтерді алу дешифрлеу арқылы жүргізіледі [4,5].

Негізгі бөлім. Криптографиялық түрлендірулер алгоритмі дегеніміз шығатын ашық мәтінді шифрланған мәтінге түрлендіру және керісінше түрлендіру бойынша, шифрлау кілтін тәуелді операциялардың мазмұнымен жүйелілігін анықтайтын математикалық ережелер жиынтығы. Заманауи шифрлау алгоритмі ЭЕМ – ге арналған бағдарлама түріндегі, шифрлау алгоритімін жүзеге асыратын интегралды тізбек – крипточип негізгі бөлігі болып табылатын белгілі бір электронды құрылғылар арқылы жүзеге асырылады [8-10].

Кез – келген криптографиялық алгоритм кілттің қорғалу деңгейіне байланысты болады. Бұл кезде туындайтын негізгі мәселе – кілтті корректілі бақылау болып табылады. Аталған мәселе арнайы криптографиялық хаттамалар қолдану арқылы шешілуі мүмкін.

Криптографиялық хаттама – шифрлау кілттері мен криптоалгоритмді қолдануды анықтайтын ережелер мен рәсімдер жиынтығы.

Криптографиялық алгоритм, хаттамалар және кілттерді басқару рәсімдер жиынтығы криптографиялық жиынын құрайды. Ресми тұрғыдан ол жүйе ашық мәтінді шифрланған мәтінге ұқсас қайтымды түрлендірулерді анықтайды.

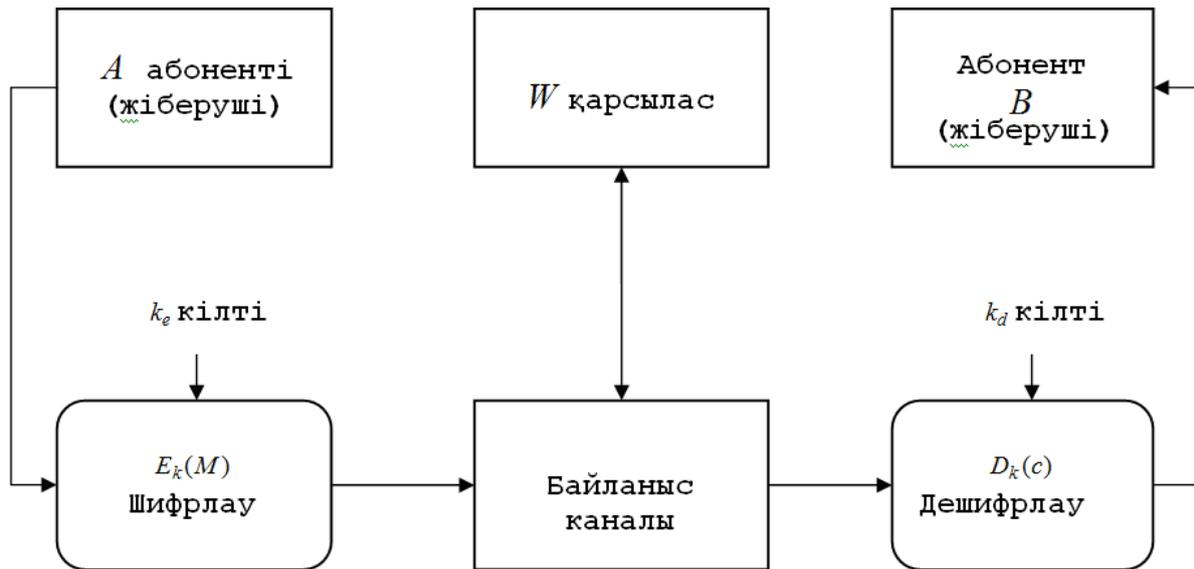
Криптожүйе белгілі анықталған әдістеме бойынша жұмыс істейді (процедура бойынша, 1-сурет). Ол шифрлаудың бір немесе одан да көп алгоритмдерінен (математикалық формулалар); осы шифрлау алгоритмдеріне қолданылатын кілттерден; кілттерді басқару жүйелерінен; шифрланбаған мәтіннен; және шифрланған мәтіннен (шифрмәтін) тұрады.



1-сурет. Криптожүйе жұмысының методологиясы

Методологияға сай мәтінге алдымен шифрлау алгоритмі және одан шифрмәтін алуға арналған кілт қолданылады. Сосын шифрмәтін тиісті орынға жіберіледі, ол жерде мәтінді қайта алу мақсатында шифрдан шығару үшін дәл сол алгоритм қолданылады. Методологияға сонымен қатар кілттерді жасау және оларды тарату рәсімдері кіреді.

2- суретте классикалық криптографияны зерттеудің негізгі нысандары көрсетілген, А және В – заңды тұтынушылар, - қарсылас немесе криптосарапшы.



2-сурет. Байланыс каналы бойынша ақпаратты жеткізу кезіндегі криптокорғау

Шифрлау (encryption) және шифрдан шығару (decryption) ресімдерін келесі түрде көрсетуге болады:

$C = E_k(M)$ – шифрлау

$M = D_k(c)$ – шифрдан шығару

M және c – ашық (plaintext) және шифрланған (cipher text) мәтіндер, k_e және k_d - шифрлау және шифрдан шығару кілттері;

E_k және D_k – k_e кілтімен шифрлау және k_d кілтімен шифрдан шығару функциялары, сонымен бірге кез – келген M ашық мәтіні үшін тура

$$D_k(E_k(M)) = M$$

Заманауи криптожүйелер аппараттық, сонымен қатар бағдарламалық түрде жүзеге асырылады. Жүзеге асырылу тәсіліне қарамай оларға келесі жалпыға орта талаптар қойылады:

- шифрдың криптосараптамаға қарсы тұру тұрақтылығы өте жоғары болуы қажет, шифрды ашу мүмкіндігі кілттерді толығымен талдап – қарастыру тапсырмаларын шешу арқылы және заманауи компьютерлердің мүмкіндік шегінен тыс деңгейде (желілік есептеулерді ұйымдастыру мүмкіндіктерін есепке ала отырып) немесе қымбат бағалы есептеу жүйелерін қолдануды талап ету арқылы шешіледі;

- криптотұрақтылық алгоритмнің құпиялылығымен емес, кілттің құпиялылығымен қамтамасыз етіледі (жалпы қолдану (алгоритмге ықтимал бұзушы қол жеткізе алады) және шектеулі қолдану (алгоритм құпия түрде болады) криптожүйелері боып бөлінеді);

- шифрланған хабарлама тек кілт арқылы ғана оқылуы тиіс;

- бұзушыға бастапқы мәліметтердің және осыған сай шифрланған мәліметтердің көп бөлігі белгілі болған жағдайда да шифр тұрақты болуы қажет;

- кілттің немесе бастапқы мәтіннің шамалы өзгеруі шифрланған мәтін түрінің маңызды өзгеруіне әкеліп соғуы қажет;

- шифрлау алгоритмінің құрылымдық элементтері өзгермейтін болуы қажет;

- шифрмәтіннің бастапқы ақпараттан көлемі бойынша айырмасы аз болуы қажет; шифрлау үдерісінде хабарламаға енгізілген қосымша биттер шифрланған мәтінде толығымен және сенімді түрде жасырылуы қажет;

- шифрлау кезінде туындайтын қателіктер, ақпараттың жоғалуына немесе бұрмалануына әкеліп соқпауы қажет;

- шифрлау үдерісі кезінде бірізділікпен қолданылатын, кілттер арасындағы оңай және тез анықталатын тәуелділіктер болмауы қажет;

- көптеген, болуы мүмкін кілттердің кез – келгені теңдей криптоберіктікті қамтамасыз етуі қажет (кілттердің біркелкілік (біртекетес) жазықтығын қамтамасыз ету);

- шифрлау уақыты көп болмауы қажет;

- шифрлау құны жабылатын ақпарат құнымен теңгерілуі қажет.

Криптографияның классикалық міндеті шифрмәтін немесе криптограмма деп аталатын, кейбір белгілердің кездейсоқ реттілігі сияқты көрінетін, қандай да бір бастапқы мәтіннің (ашық мәтін) қайтымды түрленуі болып табылады. Бұл кезде шифр – пакетте ашық хабарламада бар белгілер де, жаңа белгілер де болуы мүмкін. Жалпы жағдайда бастапқы мәтіндегі және криптограммадағы белгілер саны әр түрлі болуы мүмкін. Белгілі дешифрлау ресімін қолдану арқылы бастапқы мәтінді сол мағанада және толық қалпына келтіру мүмкіндігі бұлжымас талап болып табылады [11,12].

Криптографияның қарқынды дамуы оны жүзеге асыру тәсілдері мен құралдары санының күрт артуын туғызды. Осы жағдайға байланысты оларды жүйелеу, бірінші кезекте, түрлі жүйелік нышандары бойынша жіктеу қажеттілігі туындады.

Криптографиялық тәсілдердің жіктелуі әр түрлі болуы мүмкін, бірақ көбінесе олар кілттердің түріне, шифрланатын ақпарат блогының өлшеміне, шифрлау үдерісі кезінде мәліметтерді түрлендіру операцияларының сипатына, қорғалатын ақпараттарды кодтау принциптеріне қарай жіктеледі. Осы тұрғыдан алғанда, олардың түрлері:

- кілттері симметриялы және ассиметриялы криптоалгоритмдер;
- толассыз және блокты шифрлар;
- құрамдастырылған, аддитивтік (гаммалау), аналитикалық, белгі қосу, ауыстыру (орнын ауыстыру) тәсілдері.

Мағыналық, құрамдастырылған, символдық секілді ақпараттарды криптографиялық жабудың тәсілдерінің әр түрі қолданылуы мүмкін. Ақпаратты жабу сондай – ақ стенография, сығымдау/ кеңейту, жару/тіркеп жазу арқылы да жүзеге асырылуы мүмкін.

Криптографиялық жабудың көптеген белгілі тәсілдерін үш үлкен топқа бөледі: шифрлау, кодтау, арнайы тәсілдер[14]. Осыдан кейін олардың әрқайсысының жіктелуін ағаш түрінде көрсетуге болады (3-сурет).



3-сурет. Ақпараттарды криптографиялық жабудың тәсілдері

- Шифрлау
- Ауыстыру: карапайым (біралфавиттік), көпалфавиттік, басқарылатын белгі қосу;
- Орнын ауыстыру: жай, кесте бойынша күрделенген, маршрут бойынша күрделенген, басқарылатын орнын ауыстыру;
- Аналитикалық түрлендіру: матрицалар алгебрасы ережелері бойынша, ерекше тәуелділіктер бойынша;
- Гаммалау: қысқа гаммамен шектелу, ұзын гаммамен шектелу, шексіз гаммамен;

- Құрамдастырылған тәсілдер: ауыстыру + орнын ауыстыру, ауыстыру + гаммалау, орнын ауыстыру + гаммалау, гаммалау + гаммалау;
- Кодтау
- Мағыналық: арнайы кестелер (сөздік) бойынша;
- Символдық: кодтық алфавит бойынша.
- Арнайы тәсілдер:
- Жару – тіркеп жазу: мағыналық, механикалық.
- Сығымдау – кеңейту

Криптографиялық жүйелерді жіктеу криптожүйелердің тәжірибелік тиімділігін бағалау тұрғысынан қарастырғанда барынша мақсатқа сай келеді. Оның ішінде криптожүйелердің түрлі типтерге ұқсастығы, жүзеге асыру ерекшеліктері, криптоалгоритм туралы ақпаратқа қолжетімділік. Тиісті жіктеу криптожүйелердің келесі класстарын бөліп көрсетеді:

- қолданылуы шектеулі криптожүйелер;
- жалпы қолданылатын криптожүйелер;
- кілттер саны бойынша:
- кілтсіз;
- біркілтті;
- екікілтті;
- көпкілтті;
- криптоалгоритм беріктігі бойынша:
- шүбәсіз берік;
- дәлелденетін берік;
- шамамен берік;
- қолданылған шифрлау құралдары бойынша:
- бағдарламалық;
- аппараттық;
- бағдарламалық ақпараттық;
- сертификатына байланысты:
- сертификатталған;
- сертификатталмаған.

Қолданылатын кілттер санына байланысты криптожүйелерді келесі типтерге бөледі:

- кілтсіз, яғни криптографиялық түрлендірулер үдерісінде қандай да бір кілттер қолданылмайды;
- біркілтті, өз есептеулерінде құпия кілтті қолданады;
- екікілтті, есептеудің түрлі кезеңдерінде екі түрлі кілттер қолданады: құпия және ашық;

Екікілтті криптожүйелерде шифрлау және шифрдан шығару үшін әр түрлі функциялар қолданылады. Асимметриялық алгоритмдер бірнеше математикалық мәселелерге негізделген. Олардың тиімділігін қамтамасыз ету - осы мәселелер шешімінің полиноминалды алгоритмі табылмағанша, бұл алгоритмдер берік болады.

Танымал асимметриялық криптожүйелерге жататындар [15,17]:

- рюкзактық криптожүйе (Knapsack Crypto_system);
- криптожүйе RSA;
- Эль_Гамаль – EGCS криптожүйесі (El Gamal Cryptosystem);
- эллипстік қисық сызық қасиеттеріне негізделген криптожүйе – ECCS (Elliptic Curve Cryptosystems).

Ашық кілтті шифрлау алгоритмдерін қолдану келесі мүмкіндіктерге жол ашады:

- алдын ала кілттермен алмасу үшін құпия байланыс каналын қажет етпейді;
- шифрды бұзу үшін қиын математикалық есеп шығару қажеттілігі, яғни криптожүйе беріктігі жаңаша тұрғыдан негізделеді;
- криптография құралдарымен шифрлаудан басқа міндеттерді шешу, мысалыға, электронды құжаттардың заңды маңыздылығын қамтамасыз ету міндеті.

Жіктеудің басқа да, барынша толық нұсқалары да бар. Бірақ олар осы жұмыс аясында қарастырылмайды.

Криптожүйелердің маңызды элементі хэш-функция болып табылады. Оларды есептеп шығу біршама оңайлығымен сипатталады, бірақ шифрдан шығару мүмкін емес дерлік. Хэш-функцияның бастапқы мәліметтері айнымалы ұзындықта болады және белгілі өлшемдегі қатарды қайтарады (кейде хабарлама дайжесті деп аталады - MD), әдетте 128 бит [7].

Қорытынды. Қазіргі таңда криптографиялық алгоритмдерді құру оңай және мұндай алгоритмдер көптеген тәуелсіз бағдарламашылар мен фирмалармен таратылатындығы туралы пікір қалыптасқан. Бірақ бұл алгоритмдердің беріктігін нақты бағалау мүмкін емес, өйткені оларды құрастырушылардың көпшілігі оларды ашуды қаламайды, ал ол мұндай алгоритмдердің криптоанализін жүргізу мүмкіндігін бермейді. Бұл алгоритмдердің беріктігі жарияланғандардан жоғары деп санауға болмайды. Бұл сұрақ бойынша мамандардың, сонымен қатар шетел мамандарының пікірі бірыңғай: бұл ақпаратты қандай да бір себептермен жасыратындарға қарағанда оның бағдарламалық техникалық реализациясы кезінде олардың алгоритмдері мен құралдары қалай жұмыс жасайтындығы туралы барлық мәліметтерді жеткізуге тырысатын және пайдаланушыдан ешқандай құпиясы жоқ құрушылармен істес болған сенімдірек

Қорыта келгенде нақты жүйелер үшін таңдау әлсіз және мықты жақтардың толық анализіне немесе қорғаудың басқа әдістеріне негізделген болуы қажет екендігін айтуға болады. Бірақ кез келген жағдайда криптографиялық әдістердің таңдалған кешені қолданудың ыңғайлылығы, иілгіштігі және оперативтілігі сияқты ақпараттар жүйесіндегі зиян келтірушілерден сенімді қорғаныспен де сәйкес болуы керек.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Назарбаев Н.Ә. Қазақстан-2030: Барлық Қазақстандықтардың өсіп- өркендеуі, қауіпсіздігі және әл-ауқатының артуы: Ел Президентінің Қазақстан халқына Жолдауы : - Алматы : Білім, 2001. - 94б.
- [2] Анохин М. И., Варновский Н. П., Сидельников В. М., Яценко В. В. Криптография в банковском деле. - М. : МИФИ, 1997.
- [3] Баричев С. Г., Гончаров В. В., Серов Р. Е. Основы современной криптографии. - М.: «Горячая линия - Телеком», 2001.
- [4] Иванов М.А. Криптографические методы защиты информации в компьютерных системах и сетях. - М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2001. - 368 с.
- [5] А.А.Молдовян, Н.А.Молдовян, Советов Б.Я., "Криптография": СПб.: Издательство "Лань", 2000.
- [6] 10. Петров А.А. Компьютерная безопасность. Криптографические методы защиты. - М.,: ДМК, 2000.
- [7] Аграновский А.В., Хади Р.А., Ерусалимский Я. М., "Открытые системы и криптография", Телекоммуникации, 2000.
- [8] N. Koblitz. A Course in Number Theory and Cryptography. Springer, Berlin, 2nd edition, 1994.
- [9] П. Б. Хорев, Криптографические интерфейсы и их использование, Горячая Линия - Телеком 2007.- 280 стр.
- [10] Панасенко С.П. Алгоритмы шифрования. Специальный справочник. – СПб.: БХВ-Петербург, 2009 – 576 с.
- [11] D.Hankerson, A. Menezes, and S. A. Vanstone. Guide to Elliptic Curve Cryptography. Springer, New York, 2004.
- [12] N.Koblitz. Algebraic Aspects of Cryptography. Springer, Berlin, 1998.
- [13] Zhukabayeva T.K., Sembiev O, Khu Ven-Tsen Information analysis of hierarchy system. Procedia Technology ISSN: 2212-0173 (Published by Elsevier Ltd.)
- [14] , Volume 1, 2012, Pages 328–333 World Conference on Information Technology, November 23-27, Antalya-Turkey 2011.
- [15] Zhukabayeva T.K., Sembiev O, Research of cryptosystems resistance on cascade codes to nonalgebraic decoding attacks International conference on applied analysis and algebra, 2nd July 2011, Istanbul-Turkey, Yildiz Technical University p.216.
- [16] Zhukabayeva T.K., Akzhigitova M, Khu Ven-Tsen Development of Code-Theoretic on Generalized Cascade codes International Conference, Informatics engineering and information science, Kuala Lumpur, Malaysia, November 14- 16, 2011 Proceedings Spinger, Tiergartenstraße 17, 69121 Heidelberg, Germany www.springer.com p.132-140
- [17] Zhukabayeva T.K., Introduction of cryptosystems by polybasic algebraic system Procedia - Social and Behavioral Sciences, ISSN: 1877-0428 (Published by Elsevier Ltd.) Volume 46, 2012, Pages 5816-58234th World Conference on Educational Sciences, 02-05 February, Barseelona-Spain 2012
- [18] Zhukabayeva T.K., Khu Ven-Tsen Situational Decomposition Method International Journal of Computer Science Issues ISSN: 1694-0814, Vol 9, Issue 2, №3 March 2012. P-487-490.
- [19] Zhukabayeva T.K. Analysis of Approach to Increasing Efficiency of Information Security and Issues of Their Realization on Unified Calculating Machine Proceedings of the 2nd International Conference on Mathematics & Information Science 10-13 Sep. 2011 Sohag, Egypt

Дуйсенов Н.Ж., Кошкинбаева М.Ж., Кожобекова П.А., Тастемір Д.Б., Маханова З.А.

Методы разработки программных средств на основе алгоритмов криптографических преобразований

Резюме. Данная статья посвящена вопросам исследования методов многоуровневых критосистем и разработки нового многоуровневого криптоалгоритма и применением современных методов программирования.

Ключевые слова: Шифрование, дешифрование, криптография, криптоанализ, иерархия, криптографический протокол, информационные системы, аппаратное и программное обеспечение.

Duissenov N.J., Koshinbaeva M.J., Kozhabekova P.A., Tastemir D.B., Makhanova Z.A.

Methods of software development using cryptographic converting algorithms

Summary This article is devoted to the research of methods of multilevel cryosystems and development of a new multilevel crypto algorithm and application of modern programming methods.

Key words: Encryption, Decryption, Cryptography, Cryptanalysis, Hierarchy, Cryptographic Protocol, Information Systems, Hardware and Software.

УДК 677.024

А.К. Bektursunova, N.E. Botabayev, A.E. Aripbayeva

(M. Auezov South Kazakhstan State University. Shymkent Republic of Kazakhstan

E-mail: bektursunova7979@mail.ru)

OBTAINING TEXTILE MATERIALS WITH ANTIBACTERIAL PROPERTIES

Abstract. In this paper, we studied the possibility of obtaining a biodegradable bactericidal composition containing silver nanoparticles by the method of silver ion reduction using carboxymethyl starch and UV irradiation, and also processing of knitted articles with the obtained composition in order to impart bactericidal properties to them. It has been shown that cellulosic knitted materials treated with the developed composition have high antimicrobial activity against Gram-positive fungal cultures of *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* and Gram-negative *Pseudomonas aeruginosa* and meet the requirements for cellulose materials directed to the manufacture of sanitary products.

Key words: cellulose fiber, silver, knitted materials, textile materials, antimicrobial cellulosic materials

А. К. Бектурсунова, Н. Е. Ботабаев, А. Е. Арипбаева

(Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауезова, Республика Казахстан:

bektursunova7979@mail.ru)

ПОЛУЧЕНИЕ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ

Аннотация. Исследована возможность получения биоразлагаемой бактерицидной композиции содержащей наночастицы серебра методом восстановления ионов серебра с применением карбоксиметилкрахмала и УФ – облучения, а также обработка трикотажных изделий полученной композицией с целью придания им бактерицидных свойств.

Показано, что целлюлозные трикотажные материалы, обработанные разработанным составом, обладают высокой антимикробной активностью в отношении грамположительных грибковых культур *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* и грамотрицательных *Pseudomonas aeruginosa* и соответствуют требованиям, предъявляемым к целлюлозным материалам, направляемым на изготовление изделий санитарно-гигиенического назначения.

Ключевые слова: целлюлозное волокно, серебро, трикотажные материалы, текстильные материалы, антимикробные целлюлозные материалы.

Одно из главных направлений биоцидной защиты человека с помощью специально обработанных текстильных материалов – профилактика кожных заболеваний, особенно в профессиональной сфере. По данным экспертов комитета Всемирной Организации Здравоохранения, заболевания кожи составляют треть всей кожной патологии и занимают 3-4 место в общей структуре заболеваемости после гриппа, респираторных и сердечно-сосудистых заболеваний. В данной ситуации в

Казахстане, как и во всем мире, важное значение приобретает профилактика заболеваний кожи. Хорошо известно, что легче предотвратить заболевание, чем его лечить / 1 /.

Антимикробные материалы из целлюлозных волокон нашли широкое применение в производстве медицинских повязок, салфеток, санитарно-гигиенических изделий, нательного и постельного белья, чулочно-носочных изделий, стелек, а так же защитной спецодежды при работе с возбудителями опасных инфекций.

Сообщение текстильным материалам антибактериальных свойств выполняет защиту поверхности материала от действия различных микроорганизмов, а также защиту человеческого тела от действия болезнетворной микрофлоры, попадающей на текстильные материалы и под одежду. Во втором случае необходимо создание условий для превентивной атаки со стороны текстильного материала на болезнетворные бактерии и грибы для предохранения от их действия защищаемого объекта /20/.

Известно, что серебро в наноразмерном состоянии обладает более высоким бактерицидным, противовирусным, выраженным противогрибковым и антисептическим действием и служит высокоэффективным обеззараживающим средством в отношении патогенных микроорганизмов, вызывающих острые инфекции /2,3/.

На сегодняшний день существует множество методов синтеза наночастиц серебра, однако большинство из них используют в своей основе токсичные реагенты, используемые либо для стабилизации получаемых наночастиц, либо для восстановления ионов серебра. В то же время для использования наночастиц обеспечивающих безопасность для потребителя необходимо исключить использование токсичных веществ на каком-либо этапе синтеза /4,5,6/.

Нами исследована возможность получения биоразлагаемой бактерицидной композиции содержащей наночастицы серебра методом восстановления ионов серебра с применением карбоксиметилкрахмала и УФ – облучения, а также обработка трикотажных изделий полученной композицией с целью придания им бактерицидных свойств.

Объектом исследований являются трикотажное полотно. В работе использован метод восстановления ионов серебра с применением органических веществ и УФ - облучения. Восстановление осуществляли в присутствии карбоксиметилкрахмала (NaКМК) в качестве стабилизатора и восстановителя.

Выбор NaКМК обусловлен тем, что она широко применяется в текстильной промышленности и благодаря способности к биодegradации обладает гелеобразующими, сорбционными и другими биологическими свойствами / 7 /.

Для получения водного композиционного раствора содержащей NaКМК и наночастиц серебра, в емкость наливают расчетное количество воды, добавляют туда NaКМК и механической мешалкой перемешивают в течение 15 мин, затем в этот раствор добавляют раствор нитрата серебра и продолжают перемешивание до получения однородного раствора. Полученный раствор подвергают ультразвуковому диспергированию в течение 15 мин. Далее на трикотажный материал аэрозольным методом наносят расчетное количество полученного раствора наночастиц серебра (нанесение 100%), после чего материал передают к отлежке, а затем УФ-облучению и сушке. При этом использованный раствор $Ag^+КМК^-$ играет роль связующего между материалом и наночастицами серебра. В то же время, сам $Ag^+КМК^-$, также обладает бактерицидными свойствами, что позволяет её использовать в двух направлениях как стабилизатор наночастиц серебра и как полимер – носитель с собственной биологической активностью.

Условия осуществления способа получения антимикробного серебросодержащего целлюлозного трикотажного материала приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Условия осуществления способа получения				
№	Целлюлозный материал	Концентрация NaКМК в растворе, мас. %.	Конц. соли серебра в растворе, мас. %.	Конц. наночастиц серебра на материале мас. %
1	Трикотаж	0,400	-	-
2	Трикотаж	0,400	0,25	0,150

При обработке трикотажных материалов раствором $Ag^+КМК^-$, образуются сетчатые структуры, так называемые «ловушки» для ионов серебра, за счет образования связей между карбоксиметильными

группами КМК. При аэрозольном нанесении раствора, они фиксируются в структуре трикотажных материалов, после УФ-облучения обработанных материалов происходит восстановление ионов серебра до наночастиц серебра, находящихся в структуре стабилизированных растворов $Ag^+КМК^-$, которые после сушки переходят в нерастворимое состояние.

Диагностику и тестирование антимикробных целлюлозных материалов, содержащих наночастицы серебра, проводили в соответствии с Межгосударственным Стандартом ГОСТ Р ИСО 20743-2012 «Материалы текстильные. Определение антибактериальной активности изделий с антибактериальной обработкой»

Активность антимикробных серебросодержащих образцов трикотажных материалов оценивали по зоне задержки роста бактериальных и грибковой культур под воздействием веществ, диффундировавших из образца в агаризованную питательную среду. Тест-культуры *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* выращенные на питательной среде, засеивали методом «газона» на питательных средах в чашках Петри и после подсыхания поверхности чашки методом аппликации с соблюдением условий асептики наносили на поверхность среды образцы испытуемых материалов размером 10×10 мм. Чашки помещали на инкубацию при температуре 37°C.

Результаты проведенных испытаний показаны в таблице 2 и на рисунке 1.

Таблица 2. Влияние обработки ткани НЧ серебра на рост и развитие условно патогенных микроорганизмов (3 сутки)

Штамм	Антагонистическая активность d (зона подавления роста), мм		
	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
Трикотаж (контроль)	-	-	-
Трикотаж с НЧ серебра	17,0	25,0	22,0

Примечание: «-» зона подавления роста отсутствует

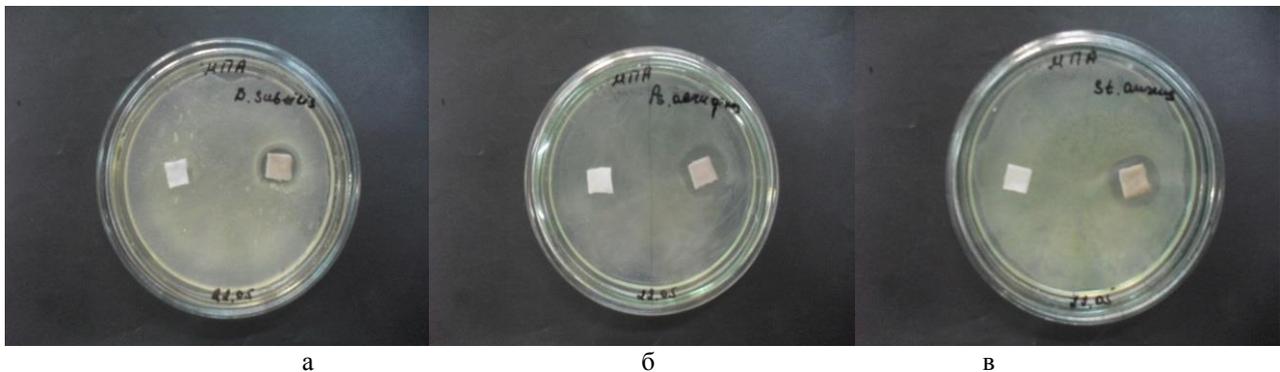


Рис.1. Зона задержки роста бактерий (слева контроль; справа – образец с НЧ серебра).
а - *Bacillus subtilis*; б - *Pseudomonas aeruginosa*; в - *Staphylococcus aureus*.

Представленные результаты показывают, что антимикробные целлюлозные трикотажные материалы, обладают высокой антимикробной активностью в отношении грамположительных грибковых культур *Bacillus subtilis* (17 мм), *Staphylococcus aureus* (22 мм) и грамотрицательных *Pseudomonas aeruginosa* (25 мм) и соответствуют требованиям, предъявляемым к целлюлозным материалам, направляемым на изготовление изделий санитарно-гигиенического и технического назначения.

Также проведены исследование влияния предлагаемой композиции на цветовые характеристики окрашенных и отбеленных целлюлозных материалов.

На рис. 2 и 3 показаны фотографии трикотажных материалов после обработки растворами КМК и $Ag^+КМК^-$, УФ-облучения и сушки.



Рис. 2. Фотографии цветного трикотажа после обработки растворами КМК и $\text{Ag}^+\text{КМК}^-$, УФ-облучения и сушки: а – раствором NaКМК – 0,4%; б – в растворе NaКМК – 0,4%, AgNO_3 – 0,25%;



Рис. 3. Фотографии отбеленного трикотажа после обработки растворами КМК и $\text{Ag}^+\text{КМК}^-$, УФ-облучения и сушки: а – в растворе NaКМК – 0,4%; б – в растворе NaКМК – 0,4%, AgNO_3 – 0,25%;

Из рисунков видно, что при использовании цветного трикотажа цвет меняется не значительно, а при использовании отбеленного трикотажа, материал приобретает сероватый цвет, что может ограничивать применение данной технологии для производства антибактериальных текстильных материалов светлых оттенков.

Контрольный материал, обработанный раствором NaКМК , не оказывает антимикробного действия на тестируемые штаммы.

Предлагаемый антибактериальный композиционный раствор содержащий NaКМК и наночастиц серебра, обладает высокой антимикробной активностью в отношении тестируемых штаммов.

Данный метод производства является экологичным, за счет использования аэрозольного нанесения раствора наночастиц серебра на материал, который не требует дополнительных затрат на очистку сточных вод, вырабатываемых в процессе производства.

Следует отметить, что в состав композиции входят натуральные экологически чистые компоненты, не вызывающие раздражающего воздействия на кожу человека, что позволяют рекомендовать новую антибактериальную биоразлагаемую композицию на основе наночастиц серебра для изделий санитарно-гигиенического назначения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Кричевский Г.Е. и др. Химическая технология текстильных материалов / Кричевский Г.Е., Корчагин М.В., Сенахов А.В. – М.: Легпромбытиздат, 1985.- 159с..
- [2] Вегера А.В. Синтез и физико - химические свойства наночастиц серебра А.В. Вегера, А.Д. Зимон // Московский государственный университет технологии и управления. - 2006. - С 5-12.
- [3] Михиенкова А.И., Муха Ю.П. Наночастицы серебра: характеристика и стабильность антимикробного действия коллоидных растворов // Environment & health. - 2011.- № 1. - С. 55-59.
- [4] Zolotuhina E.V. Kravchenko T.A., Peshkov S.V. Sposob polucheniya nanochastic serebra. Patent na izobretenie no. 2385293 // Rossijskaja Federacija. C01G 5/00, B82B 3/00. 27.03.2010. B.9. 7 p.
- [5] Parsaev A.A., Abhalimov E.V., Jakimova E.E., Ershov B.G. Poluchenie nanochastic serebra v vodnyh rastvorah, soderzhashhih karbonat-iony // Vestnik MITHT. 2010. T. 5, no. 5. pp. 24–26.
- [6] Б.Р. Таусарова и др. Антибактериальные свойства наночастиц серебра: достижения и перспективы. Алматы технологиялық университетінің хабаршысы. 2014. №1.

- [7] Жушман А.И. Модифицированные крахмалы // Пищепромиздат. 2007. – 236 с.
- [8] Хузина, Л.М. Полимерные материалы в производстве спортивной одежды / Л.М. Хузина, О.Г. Ивашкевич // Вестник Казанского технологического университета. -2012. - № 18. - С. 171-173.
- [9] Гребенкин А. А. Металлизация текстильных полотен в гидродинамическом поле / А.А. Гребенкин, А.Н. Гребенкин, С.В. Зверлин, А.Е. Макаров // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1: Естественные и технические науки. - 2010. - № 3. - С. 40-42.
- [10] Горберг Б.Л. Технология и оборудование для металлизации текстильных материалов методом магнетронного распыления / Б.Л. Горберг, А.А. Иванов, В.А. Титов, Э.И. Куликовский // Новости материаловедения. Наука и техника. - 2013. - № 2. - С. 7.
- [11] Пат 2350356 Ru. Антибактериальный текстильный волокнистый материал и способ его получения / А.В. Вишняков, Т.В. Минаева, В.А. Чашин, Д.В. Хотимский. -№ 2007124816/12; заявл. 03.07.2007; опубл. 27.03.2009
- [12] Кузьмин В. В. Математическое моделирование технологических процессов: учебник для вузов/ В. В. Кузьмин[и др.]. Москва: Высшая школа, 2008. 279 с
- [13] Мартынова, А.А. Технология изготовления тканей: учебник для нач. проф. образования / А. А. Мартынова, О. Ф. Ягченко, А. В. Васильев. - М. : Академия, 2007. - 304 с.
- [14] Bischof Vukusic, S. Textile finishing treatments influenced with microwaves / Bischof Vukusic S., Katovic D. // The Textile Institute 83rdWorld Conference, Shanghai, China. – 2004. – P.1165-1169
- [15] Fouda, M. Microwave curing for producing cotton fabrics with care and antibacterial properties/ M. Fouda, A. El Shafei, A. Hebeish // Carbohydrate Polymers. –2009. – Т. 77– P. 651-655

Бектурсунова А.К., Ботабаев Н.Е., Арипбаева А.Е.

Бактериаға қарсы құрылымы бар тоқыма материалдарын алу

Түйіндеме. Бұл мақалада карбоксиметилкрахмал мен цифрлық техниканы игерудің қарқынды иондарының әдісін қалпына келтіру әдісімен, сондай-ақ бактериялық қасиеттердің арқасында трикотаждық материалдарды өңдеуге арналған күрделі бактерицидтік композицияларды алу мүмкіндігі зерттелді.

Түйін сөздер: целлюлозалық талшық, күміс, трикотаж материалдары, тоқыма материалдары, микробқа қарсы целлюлозалық материалдар

Bektursunova A.K., Botabayev N.E., Aripbayeva A.E.

Obtaining textile materials with antibacterial properties

Summary. The ability to obtain complex bactericidal compositions was investigated, with the help of the method of recovery of the carboxymethylchryl and intensive ions of the digital technique, as well as the processing of knitted materials due to bacterial properties.

Key words: cellulose fiber, silver, knitted materials, textile materials, antimicrobial cellulosic materials

УДК 504:553/9.614.876

N.B. Ermukhanova¹, P.A. Tanzharykov², Z.M. Kerimbekova¹
(¹M. Auezov South Kazakhstan State University³, Shymkent, Kazakhstan
²Korkyt Ata Kyzylorda State University¹, Kyzylorda, Kazakhstan
E-mail: Nurzhamal77@mail.ru)

**ASSESSMENT OF THE TECHNOGENIC IMPACT OF RADIONUCLIDES
ON THE SOIL OF OIL AND GAS DEPOSITS**

Abstract. The main sources of pollution by soil radioactive nuclides in oil and natural gas include saline residues consisting of chemical reagents, drill muds, drilling and oil sludge, radioactive isotopes of crude oil, oil contaminated soils and destroyed equipment. These sources of damage are caused by radioactive isotopes salts, radionuclide contaminants, and rainfall over the surface of the soil surface. with radionuclides. The environmental impact of the pollution was assessed on the basis of a sample sample carried out on the Kumkol field soil and on the basis of the radiation norm for the samples obtained from well drilling or drilling rocks for oil fields.

Key words: natural radionuclides, chemical reagents, drilling muds, isotopes of radium, thorium and radon, formation water.

Н.Б. Ермуханова¹, П.А. Танжарықов², З.М. Керімбекова¹
(¹М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті,
²Қорқыт Ата атындағы Қызылорда мемлекеттік университеті,
E-mail:Nurzhamal77@mail.ru)

МҰНАЙ-ГАЗ КЕНОРЫНДАРЫНЫҢ ТОПЫРАҒЫНА РАДИОНУКЛИДТЕРДІҢ ТЕХНОГЕНДІК ӘСЕРІН БАҒАЛАУ

Аңдатпа. Мұнай және табиғи газ кен орындарында топырақты радионуклидтермен ластаушы негізгі көздерге химиялық реагенттер, бұрғылау ертінділері, бұрғылау және мұнай шламдары, шикі мұнай, мұнаймен ластанған топырақ және істен шыққан құрал-жабдықтардағы радиоактивті изотоптардан тұратын тұзды қалдықтар жатады. Бұл зақымдау көздері радиоактивті изотоптардан тұратын тұздар, радионуклидті ілеспе сулармен жауын-шашынның салдарынан топырақ жамылғысының бетіне өтіп, радионуклидтермен ластайды. Ластану деңгейінің қоршаған ортаға әсері Құмкөл кен орны топырағына жүргізілген сынама үлгі арқылы және мұнай кен орындары үшін ұңғымадан алынған бұрғылау ертіндісі немесе бұрғылау кезіндегі шыққан жыныстардан алынған үлгі бойынша радиациялық норма негізінде қарастырылды.

Кілтті сөздер: табиғи радионуклидтер, химиялық реагенттер, бұрғылау ертінділері, бұрғылау және мұнай шламдары, қабаттық сулар.

Кіріспе. Мұнай мен газды өндірудің қоршаған ортаға тигізетін әсерінің жағымсыз жақтарының бірі радиоактивті ластану болып табылады. Соңғы уақытқа дейін, қоғам назарынан тыс қалған мұнайды өндіру және қайта өңдеу кезіндегі технологиялық үдерістермен бірге жүретін ол, радиациялық қауіптілік болды. Бұл мұнай өндіруші аудандардың топырақ пен қабатаралық суында уран, торийдің табиғи радионуклидтерінің жоғарғы концентрациясының шоғырлануымен олардың ыдырау өнімдерін қамтиды[1].

Кен орындарындағы радиобелсенділік көзі табиғи радионуклидтердің әрекетінен бастау алып, техногендік әсердің нәтижесінде белсенділік мәнге дейін жетеді. **Біріншіден**, мұнай мен газ радиобелсенді элементтердің жинақталатын табиғи сорбенті ретінде табиғи органикалық қосылыстар ретінде қарастырылып, геохимиялық процестер нәтижесінде одан бөлініп шыққан радионуклидтер қабаттық жыныстарда, қабатаралық суларда жинақталады. Мұнай мен газдың жер беті радионуклидтерімен ластануы екі жолмен жүреді. Біріншісі, көмірсутектер уранға бай сланецпен бірге жүреді. Көмірсутектерде уран концентрациясы 1000 г/т және одан да көп болуы мүмкін. Негізгі кеуекті құмтастардағы тұздар ²²⁶Ra және оның еншілес өнімдерін бірте-бірте ерітеді. Содан кейін бұл өнімдер мұнай мен газ кен орындарына түсіп, оларды радионуклидтермен ластайды. Екінші ластау тәсілі, мұнай қабаттарына (²²²Rn)радон-222 және оның ыдыраумен еншілес өнімдерінің өту диффузиясына байланысты, **Екіншіден**, радиобелсенділік қабаттарға техногенді әсер (мұнай мен газ, конденсат, су, газ) тау жыныстарын бұрғылау кезінде жоғарылайды, радиобелсенділіктің шамасын ұңғымадан алынған тау жыныстарымен мұнай шламдарындағы бұрғылау ертіндісімен шламның меншікті радиобелсенділігінен анықтауға болады. Бұрғылау ұңғымаларын пайдалану басталған кезде мұнай мен газ құрғақ болады, бірақ содан кейін оған қабаттық сулар араласып, сұйықтықты эмульсия немесе кей тұстарда бұл аэрозоль құрайды. Бұл сулар жоғары минералданған (1 литр суда 10 нан 100 г, тіпті одан да жоғары тұз), сондықтан бұл суларға галогендер (Cl, Br, J) жоғары болуы тән, сондай-ақ бор, барий, стронций, ал бірқатар жағдайларда - екі валентті темір және күкіртсутегі де болады. Бұл қабатаралық суда еріген Cu, Sr және Ba сульфаттары мен карбонаттары болады. **Үшіншіден**, табиғи радионуклидтер мұнай суларының төгілу орындарында шөгіп, шоғырланады, сондай-ақ технологиялық жабдықтар мен құбырлар қабырғаларында жиналып, альфа және гамма-сәулелену жүздеген және мыңдаған есе белсенділікте болып, төменгі және орташа мәндегі радиоактивті қалдықтар салыстырмалы мәннен асып түседі. Мұнай мен газды алу кезінде температура мен қысымның өзгеріп отыруы әсерінен құбырлы түтіктердің қабырғаларында радий және оның еншілес өнімдерінен тұзды шөгінділер пайда болуы мүмкін [1,2]. Мұнай кен орындарының қабатаралық суларында еріген түрінде радий барлық уақытта өзіне жақын химиялық аналогтары бариймен бірге болады. Егер судағы сульфат иондары жоғарыласа, онда радий мен барийдің шөгуінен радиобарит Ba(Ra)SO₄ түзіледі. Ұңғымаға радийдың жоғары мөлшері бар су түсе бастаған кезде, құбыр тесіктері арқылы немесе сүзу процесі кезінде ұңғыма қабырғасын айнала ағып, радиобарит ұңғыманың цементтелген сақинасының үстіне түседі. Ұңғыма бойымен сұйықтық көтерілгенде, радиоактивті тұздар электрлік ортадан тепкіш сорғыларға, сорғылы - компрессорлық құбырларға және жер үсті резервуарларына түседі. Ұңғымадағы технологиялық жабдықтағы жинақталған шөгінді

өзінің физикалық-химиялық қасиеті жағынан ерекшеленеді. Бірақ 90...95 % шөгінді қалдық радиобариттан - Ba(Ra)SO₄, ал қалған аз мөлшері басқа қосылыстардан тұрады [1, б.18]. Мұндай шөгінділердің нақты белсенділігі $1,5 \cdot 10^7$ Бк/кг жетуі мүмкін. Бұл шөгінділер құбырлардың сиымдылығын төмендетіп, құрал-жабдықтардың мерзімінен бұрын тозуына алып келеді. Әрі нақты құбырлардың қабырғаларына жанасып орналасады. Мұнай өндіруші аймақтардағы қоршаған ортаның техногендік ластануы, көбінесе, кен орнынан шыққан мұнаймен оның қабаттық суларындағы ²²⁶Ra, ²³²Th табиғи радионуклидтермен оның ыдырау өнімдерінің жоғарылығымен сипатталады [3]. Жоғары мөлшердегі шөгінділердің аз дозасымен сәулеленудің өзі қызметкерлерге аса қауіп төндіреді [4,5].

Көмірсутегі шикізатын өндіру артқан сайын радиациялық мониторинг жүйесіне түсетін жүктеме де артады [6].

Зерттеу әдістері мен нысандары. Мұнай және газды өндіру, өңдеу және тасымалдау барысында ²³⁸U, ²³²Th, сол сияқты ⁴⁰K тобынан қоршаған ортаға табиғи радионуклидтер түседі. Радионуклидтер жабдықтардың ішкі бетіне (сорғыш-компрессорлық құбырлардың, сыйымдылықтардың және басқаларының), ұйымның аумағына және жұмысшы үй-жайлардың беттеріне жинақталып, жекеленген жағдайда олардың деңгейі жұмыскерлерді, тұрғындарды жоғарғы деңгейдегі сәуле соққысына ұрындыруы, сол сияқты қоршаған ортаны ластауы мүмкін [6]. Сондықтан радиациялық заттар әсерін тексеру үшін ай сайын бұрғылау ертіндісі, бұрғылау шламына (бұрғылау кезіндегі шыққан қатты жыныстар) бұрғылау, насостық компрессорлық құбырларға, бұрғылау құрал-жабдықтары, су құбыры, жұмыс аймағының ауасына дозиметрлік өлшеу жүргізіледі, оның нәтижесінде бұрғылау бригадасы мүшелері қабылдаған сәулені азайтуға арналған санитарлық - гигиеналық іс-шаралар қарастырылады. Ал радиациялық шлам, және сұйық қалдықтарды жинаушы, тасымалдаушы бригаданың әрбір мүшесінің (А категориясы) осы жұмысты атқаруға арналған санитарлық құжаты болады. Бұл топтағы қызметкерлерге арнаулы сауықтыру іс-шаралары қарастырылады. Бұрғылау бригадасы мүшелері үшін бекітілген шекті доза календарлық жылға 50мЗв (РҚН-99. 3.1-кесте) жоғары емес ($1\text{м}^3=0,1\text{бэр}$). Бұрғылау бригадасы мүшелері үшін алғашқы иондаушы сәуле көздерінің әсері, жер қабатын бұрғылау жыныстарынан шығатын табиғи радионуклидтерден болса, ал екіншісі радионуклидтермен ластанған құбырлар мен контейнерлердің қабырғаларымен олардың шаңынан түсетін техногендік ластану әсерінен болады. Әрбір вахталық жұмысты тапсыру кезінде киімдердің радиациялық ластану деңгейі тексеріліп, нормадан жоғарысы жойылуға жіберіледі. Бұрғылау алаңында тыныс алу органдарын қорғайтын шаң өткізбейтін маска немесе респираторлар пайдалану ұсынылады. Нормадан жоғары ластанған бұрғылау құралдары, құбырлар, бұрғылау құралдарының арнайы агрегаттары сулы ертінділермен (өткір натрий - 10г + трилон – Б - 10 г + су - 1 литр) немесе басқа да сілтілі дезактивация өнімдерімен арнайы қамбаларда дезактивацияланады [7].

Шишков И.А., Бахур А.Е. [8] және басқа да [9] авторлардың мәліметтері бойынша, Қазақстанның ең ірі мұнай өндірісі аймақтарында (Атырау, Маңғыстау) экологиялық жағдайдың нашарлауы байқалады. Батыс Қазақстандағы мұнай өндірісіндегі белсенділігі 128 Кюри болатын радиациялық қалдықтар 2,4 млн. тоннаны құрайды. Күрделі мәселе, ол бұрын пайдалануда болған технологиялық жабдықтар мен құбырлар қабырғаларында жиналған радиациялық шөгінділерді дезактивациялау мен топырақты залалсыздандыру әдістерін дамытуды талап етеді. Айталық, кейбір мұнайлы аймақтарда ²²⁶Ra мен ²³²Th топырақтың беткі қабатында булану өрісі $n \times 10^4$ Бк/кг. белсенділікті (Бк/кг) құрайды. Мұнай қалдықтарымен ластанған топыраққа өтетін басты доза түзуші радиобелсенді көздерге радий, торий және радон изотоптары: ²²⁶Ra, ²²⁸Ra, ²²⁴Ra, ²²⁸Th, ²³²Th, ²²²Rn, ²²⁰Rn жатады [8].

Зерттеу әдістері мен нысандары. Қызылорда облысында радионуклидтердің негізгі көздері - уран мен мұнай кен орындарымен оны өндіру болып табылады. **Құмкөл мұнай кен орны** Қазақстанның жер қорын табиғи және ауылшаруашылық аудандастыруға сәйкес, Арал-Балқаш шөл аймағында орналасқан. Мұнай құрамы бор және юра мұнайларының құрамына ұқсас. Суының құрамында бром, литий және стронций кездеседі.

Аймақтық топырақ типінде шөлдің сұр-құба топырақ басымырақ. Ал жазықтың көп жерін сұр-құба топырақтың тұзды аналогтары мен сортаң және сор топырақтар алып жатыр. Барлық топырақ гумус горизонтының салыстырмалы түрде қалыңдығы төмендігімен, коректік заттардың аз мөлшері және төмен сіңіру қабілетімен сипатталады [9].



1- сурет. Құмкөл кен орны келісімшарт территориясындағы мұнай бұрғылау қондырғысы

Құмкөл кен орны келісімшарт территориясындағы технологиялық үдерістер нәтижесінде топырақ мұнай қалдықтарымен ластанады. 1-суретте бұрғылау қондырғысы орнатылған жұмыс істеп тұрған ұңғыма маңының әлсіз ластану көрінісі. Мұнаймен ластанудың ауданы ұңғымадан 100-150 м қашықтықта байқалады, Мұнай өнімдерімен ластанудың фондық көрсеткіші 100-300 мг/кг, ал жалпы топырақтағы мұнай көрсеткіші 0,01-0,03% аралығында. Құмкөл кен орны келісімшарт территориясындағы мұнай бұрғылау қондырғысы маңы топырағының мұнай өнімдерімен ластануы айтарлықтай қауіп туғызады. Кен орнында топырақ мониторингі ластаушы заттарды анықтау мақсатында үш тоқсан бойынша жүргізіледі. Қыс айында жердің қатуына байланысты сынама алынбайды. Дегенмен топырақтағы ластаушы өнімдер горизонтальды және вертикальды бағытта жылжып мөлшері өзгеріп отырады. Белгілі бір мөлшері ауаға буланады.

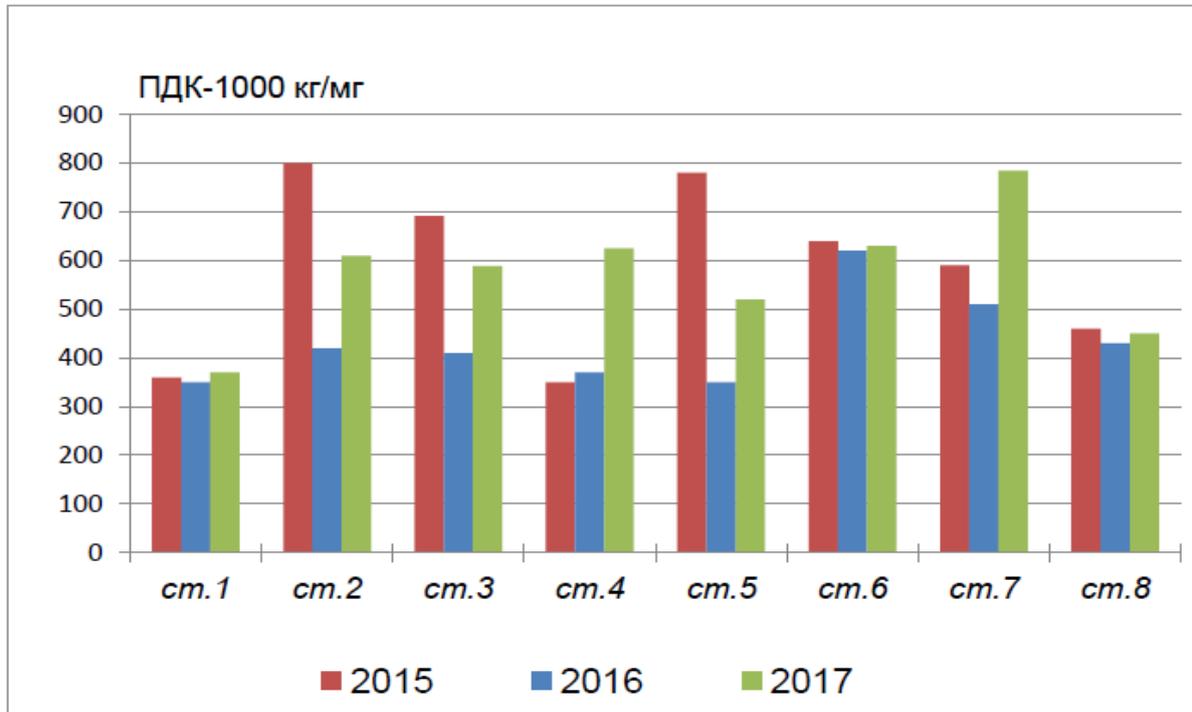


2-сурет. Мұнай өндіру кезіндегі технологиялық жабдықтардың мұнай қалдықтарымен ластануы

2-суретте берілген мұнай өндіру кезіндегі технологиялық жабдықтардың мұнай қалдықтарымен ластануының да өзіндік зиянды әсерлері бар.

Зеттеу нәтижелерін талдау. Топырақ бетіне ластанған құрал-жабдықтардан шаң-тозаң, мұнай майлары, отын бөлшектері және т.б. түрінде түседі. Ластанудың техногендік әсері жоғары болса, құбырлар мен контейнерлердің қабырғаларын арнайы жұмысты атқаруға арналған бригада мүшелері жеке қорғаныс киімдерін пайдаланып, тазартып отырады. Нормадан жоғары ластанған жабдықтар дезактивацияланады. Қажет болған жағдайда дозиметрлік бақылау жүргізіледі. Ғимараттың беті онда тұрақты жұмыс істейтін қызметкерлер және олардағы жабдықтардың (РҚН-99, кесте.8.9) үстіңгі бетінің шақтамалы радиоактивтік ластану деңгейлері бойынша, жиілігі/(см⁻² × мин):

- альфа белсенді нуклидтер үшін, 5 жиілігі/(см⁻² × мин);
- бета-белсенді нуклидтер үшін, 2000 жиілігі/(см⁻² × мин)[7].



3-сурет. Құмкөл кен орны бойынша станциялардағы (көктемгі) топырақтағы көмірсутектердің (мг/кг) мөлшері

Бірінші кезекте, топырақты ластаушы радионуклидтер көзіне мұнай құрамындағы көмірсутектер жатады. Мұнайдың құрамының көрсеткішіне қарай, топырақтың қаншалықты мазутталғаны анықталады. 3-суретте көрсетілгендей, Құмкөл кен орны бойынша соңғы жылдардағы (көктемгі) топырақтағы көмірсутектердің мөлшері топырақтың құрғақ массасында 270-850 мг/кг дейін аралығында өзгеріп отырған. Бұл ластанудың бірінші деңгейі 300-1000 мг/кг - ластанудың төмен деңгейіне жатады. Соңғы жылдардағы топырақты мұнай өнімдерінен тазалаудың жан-жақты іс-шаралары нәтижесінде көмірсутектердің мөлшері төмендеген.

Зеттеу нәтижелерін талдау. Топырақ бетіне ластанған құрал-жабдықтардан шаң-тозаң, мұнай майлары, отын бөлшектері және т.б. түрінде түседі. Ластанудың техногендік әсері жоғары болса, құбырлар мен контейнерлердің қабырғаларын арнайы жұмысты атқаруға арналған бригада мүшелері жеке қорғаныс киімдерін пайдаланып, тазартып отырады. Нормадан жоғары ластанған жабдықтар дезактивацияланады. Қажет болған жағдайда дозиметрлік бақылау жүргізіледі. Ғимараттың беті онда тұрақты жұмыс істейтін қызметкерлер және олардағы жабдықтардың (РҚН-99, кесте.8.9) үстіңгі бетінің шақтамалы радиоактивтік ластану деңгейлері бойынша, жиілігі/(см⁻² × мин):

- альфа белсенді нуклидтер үшін, 5 жиілігі/(см⁻² × мин);
- бета-белсенді нуклидтер үшін, 2000 жиілігі/(см⁻² × мин)[7].

Топырақ қабатына кері әсер ететін бұрғылау қалдықтары. Топырақ қабатына кері әсер ететін бұрғылау қалдықтарына – мұнай мен оның өнімдері, қиын тотығатын органиктер, ауыр металдар, минералдық тұздар, әсіресе улы тұзды компоненттер: натрий, калий, хром иондары, гидрокарбонаттар, хлоридтер мен сульфаттар жатады. Бұл аймақтағы топырақтың тұздану ерекшелігі сол территорияда сода тұздары құрамы (NaHCO₃) болуымен сипатталады. Көбіне, содалы-тұзды топырақ кеуіп қалған

көлдердің түбінде, ежелгі теңіз шөгінділерінде қалыптасады. Гидролитикалық сілтілі тұздарға жататын сода сортаң топырақ пен сортаңданудың пайда болуына ықпал етеді. Топырақтағы сода жасалу топырақта натрий бикарбонатымен карбонаты болуымен сипатталады және топырақ құраушы жыныстардың тұздануымен де байланысты [9, с.131]. Топырақтың табиғи тұздану ерекшелігімен бірге оның жай-күйіне әсер ететін негізгі техногендік факторлар әсерінен радионуклидтердің тұнуы мен шөгуі байқалады. Әсіресе істен шыққан құрал-жабдықтардағы қақтар дені радиоактивті изотоптардан тұратын тұздардан құралады. Ол тұздардың топыраққа түсуі техногендік әсерді арттырады.

Топырақтағы әр түрлі гранулометриялық құрамы бойынша ^{226}Ra орташа мөлшері 19-25 Бк/кг аралығында. Бірақ ол біртіндеп топырақ қатары бойынша өсіп отырады: құмды және құмдауытты < жеңіл саздақты < орташа саздақты < ауыр саздақты. Сазды топырақтағы ^{226}Ra орташа мөлшері ауыр саздақты топыраққа қарағанда бірнеше есе төмен болады. Топырақтағы әр түрлі гранулометриялық құрамы бойынша ^{232}Th орташа мөлшері 22-32 Бк/кг аралығында, ал оның мөлшері құмды және құмдауытты топырақтан сазды топыраққа қарай өсіп отырады. Табиғи изотоп ^{40}K биота радиобелсенділігіне жер қыртысы мен мұхит суына үлкен үлес қосады, ^{40}K ядросы ыдырауынан энергия бөлініп, жердің жылу балансында маңызды рол атқарады.

1-кесте. Құмкөл кен орнының топырақ үлгілерін гамма-спектрометриялық талдау

№ үлгі сынамасы	^{228}Th БК/кг	^{226}Ra БК/кг	^{228}Ra БК/кг	^{137}Cs БК/кг	^{40}K БК/кг
ст. 1	15,2	15,9	16,5	9,0	575,0
ст. 2	17,5	19,7	18,5	8,5	352,0
ст. 3	19,5	17,5	20,8	4,7	401,0
ст. 4	37,4	35,3	36,4	5,5	675,0
ст. 5	18,1	20,0	20,0	9,7	341,0
ст. 6	9,58	9,0	10,8	<3,26	168,0
ст. 7	33,2	33,0	33,9	14,5	558,0
ст. 8	15,2	16,9	19,1	20,1	344,0
ст. 9	16,3	19,3	20,0	7,8	252,0
ст. 10	17,1	14,5	12,5	17,3	323,0

Құмкөл кен орнының келісімшарт аймақтарындағы 2016-2017 жылдардағы станциялардағы топырақ үлгілерінен алынған (ЦНИЛ ОАО «Волковгеология» гамма-спектрометриялық қондырғысы) гамма-спектрометриялық талдау нәтижесі (1-кесте) радионуклидтердің кейбір станцияларда салыстырмалы алғанда көтеріңкі екендігін көрсетті. Әсіресе төртінші және сегізінші станцияларда радионуклидтердің деңгейі көтеріңкі болуы, ол жыныстардың жер бетіне жақын орналасуымен техногендік радионуклидтер әсерінен деп болжауға болады. Дегенмен, станциялардағы радиоактивті фон және топырақтағы тиімді меншікті белсенділік мәні «Радиациялық нормалардан» аспайды (РҚН – СП 2.6.1.758-99) (1 класс - 370 Бк / кг немесе 20 мкР/сағ), бұл жұмысшы персонал үшін қауіпті емес [7,9].

Қорытынды. Топырақтың жай-күйіне әсер ететін негізгі факторлардың жалпы бағалануы топырақ жамылғысының бұзылуын және жергілікті аудандардың тозуын анықтайды. Зерттеу нәтижелеріне негізделген мұнай кен орындары технологиялық факторлардан туындаған дағдарыстық экологиялық жағдай аймақтарына жатады. Бұл топырақтардың мазутталуы мен ластануын, газ және мұнайдың булануын, радиоактивті ластануды, шаңдануды және тағы басқаларды қамтиды. Көптеген авторлардың еңбектерінде көрсетілгендей, зерттелген барлық учаскелерде радиациялық ластану аймақтары мен жалпы топырақтың ластануының қатынасы орташа есеппен 1:3 құрайды [10].

Кен орнындағы радиобелсенділік көрсеткішін анықтау мұнай кен орындары үшін ұңғымадан алынған бұрғылау ертіндісі немесе бұрғылау кезіндегі шыққан жыныстардан алынған үлгі бойынша радиациялық норма негізінде қарастырылады.

1. Шлам (бұрғылау кезіндегі шыққан қатты жыныстар) үшін меншікті радиобелсенділігі:
 - бета белсенді заттар - 2×10^{-6} ки/кг;
 - гамма белсенділікті заттар үшін - 1×10^{-7} г/экв. радий/кг;
 - альфа белсенділікті заттар үшін - 2×10^{-6} .

2. Бұрғылау ертіндісі, мұнай, конденсат (сұйық заттар) үшін 1×10^{-5} Ки/л мәндерден жоғары болған жағдайда ұңғыма құрылысымен ары қарай бұрғылауды тереңдету үшін, арнайы СЭС мамандарының рұқсаты қажет болады [11,12]. Кен орналасқан жердің топырағында мұнай қалдықтары мен

зиянды радиоактивті заттар және сәулелер санитарлық қалыптан аспайды. Ал бүгінгі Қазақстанның мұнайлы аудандарындағы топырақтың радиациялық қауіпсіздік мәселесінде топырақты және бұрын пайдалануда болған технологиялық құбырларды тазарту мен дезактивациялық әдістерін жетілдіру проблемасы өзекті болып табылады. Жыл сайын жүргізілген радиациялық мониторингтер нәтижесі Құмкөл мұнай кен орнының келісімшарттық аумағындағы СҚЗ шекарасындағы радиациялық жағдайды бағалау бойынша өткізілген зерттеулер сәулелену фонының рұқсат етілген шектерден аспайтынын көрсетті [15, с.26].

Радиациялық зақымдалудан қорғанудың тиімді әдісі, ол радионуклидтерді ерімейтін органикалық қосылыстар кешенімен (хелат) бекіту. Топырақтың рН жоғары болғанда калий мен кальций айналымы стронций, калий сияқты радионуклидтерді сорбциялайды. Сазды минералдар көптеген радионуклидтерді (стронций, цезий) жақсы бекітеді. [13, с.303]. Соңғы онжылдықта топырақты дезактивациялаудың электрохимиялық, экстрагенді технологиялық әдістерімен бірге, биомедиациялық [14] және сорбенттермен тазалау әдістерімен бірге, гидросепарация әдістері жиі қолданылып жүр. Бұл әдістерді қолданудағы проблемалар әлі де зерттелуде. Сонымен бірге радионуклидтер көзі болатын топырақты ластаушы мұнай өнімдерін тазарту жолы тікелей радионуклидтерді тазартудан гөрі басқаша. Соңғы жылдары мұнай өнімдерін табиғи сорбенттермен тазалаудың экономикалық және экологиялық тиімділігі туралы мәселе көтеріліп жүр. Авторлардың Цомбуева Б.В., Горяшкиева З.В., Щербакоева Л.Ф. [16] және басқа да авторлардың [16] мәліметтері бойынша жергілікті табиғи сорбенттермен (мал жүні, ағаш қалдығы, шымтезек және олардың қосылыстары кешені) күріш қауызымен [17] және минералдармен [18] тазалаудың тиімділігін ұсынады.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Глухов Г.Г., Зукау В.В., Нестерова Ю.В., Чикова И.В. Радиационный контроль в современных процессах нефтедобычи // Вестник науки Сибири. - 2012. - № 2 (3). - С.16-21.
- [2] Миндияров В.Р. Потенциальная опасность радиационного загрязнения компонентов окружающей среды отходами добычи // Технология нефти и газа. - Москва, 2014. - №4(93). - С.8-12.
- [3] Мустафин С.К. Актуальность радиационного мониторинга объектов нефтегазодобычи // XIII Международная научно-практическая конференция «Новые идеи в науках о земле». - Москва, 2017. 05 – 07 апрель. - Т.2. - С.119.
- [4] Мустафин С.К., Трифонов А.Н. Радиационный контроль и мониторинг процесса нефтегазодобычи как инструменты управления экологическими рисками предприятий // Материалы XI Международ. науч.-практ. конф. «Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах». - Кемерово, 2017. - С. 123-127.
- [5] Мустафин С.К. Радиационный мониторинг объектов добычи углеводородов // Сб. Тезисы докладов Международной научно-технической конференции «Системы контроля окружающей среды» - Севастополь: ИПТС, 2016. - С. 205-206.
- [6] Аладьев А.П., Омелянюк М.В. Удаление отложений солей и радионуклидов на нефтяных и газовых месторождениях // Научный потенциал вуза - производству и образованию. - 2017. - № 1(2); URL: anti.esrae.ru/2-21 (дата обращения: 11.05.2018).
- [7] Ионизирующее излучение, радиационная безопасность СП 2.6.1.758-99. «Нормы радиационной безопасности» (НРБ-99). Утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Казахстан от 9.12.1999 г. № 10 Введены в действие с 01.01.2000 г.
- [8] Шишков И.А., Бахур А.Е. Лабораторно-методическое обеспечение радиозэкологических исследований в Республике Казахстан // Известия НАН РК. Серия «геологии и технических наук». - 2013. № 6 (402). - С.78-85.
- [9] Хорошун Д.В. Экологический мониторинг состояния окружающей среды месторождения Кумколь. // Вестник КазНУ. Серия экологическая. - 2014. - №2 (41). - С.127-134.
- [10] Юдин С.С. Радиозэкологическая обстановка в нефтепромысловых районах. // Вестник Российского университета дружбы народов. серия: Экология и безопасность жизнедеятельности – 2004. - №1 (10). - С.158-165.
- [11] Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами (СПОРО-97) СП 5.01.011-97*. Правила консервации земель.
- [12] АО «Петро Казахстан Кумколь Ресорсиз». ПредОВОС к проекту оценочных работ на Контрактной территории № 1398 на период 2016-2018гг в пределах территории блоков в Карагандинской области РК. - Кызылорда, 2017. - С.94.
- [13] Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Лозановская Л.Н. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. - 2-е изд. - Москва.: Высшая школа. - 2002. - 334 с.
- [14] Селивановская С.Ю., Гумерова Р.Х., П.Ю.Галицкая. Оценка эффективности способов биоремедиации отхода нефтедобывающего комплекса // Сибирский экологический журнал. - Новосибирск, 2013. - № 5. - С.717-724.

[15] Ермуханова Н.Б. Научные основы радиационной безопасности в нефтегазовых объектах//Актуальные научные исследования в современном мире. 2018. № 5-8 (37). С. 21-26.

[16] Цомбуева Б.В., Горяшкина З.В., Щербакова Л.Ф. Метод очистки почвы от нефтяного загрязнения с помощью природных сорбентов//Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11: Естественные науки. - Волгоград, 2017. - Т.7. № 2. – С.19-25.

[17] Абдибаттаева М.М., Нурымова Р.Д., Жиенбаева Л.Б., Бекетова А.К. Оценка эффективности использования рисовой шелухи в качестве нефтесорбента//Научный журнал: Исследования, результаты. – Алматы, 2014. – С.112-118.

[18] D. L.Bish, D.W.Ming.Natural Zeolites: Occurrence, properties, applications/D.L. Bish,D.W.Ming(Eds.). - Mineral.Geochem,2001.–Vol.45.-P.619-654.

Ермуханова Н.Б., Танжарыков П.А., Керимбекова З.М.

Оценка техногенного воздействия радионуклидов на почву нефтегазовых месторождений

Резюме. Рассматриваются проблемы загрязнения почв радионуклидами, такие как проблема очистки и дегазации почвенного загрязнения и ранее использованных технологических трубопроводов. На нефтяных и газовых месторождениях загрязнителями почвы с радионуклидами являются химические реагенты, буровые растворы, буровые и нефтяные шламы, сырая нефть и загрязненная нефтью почва. Основными дозообразующими радиоактивными источниками в почвах, загрязненных нефтяными отходами, являются радиевые, ториевые и радоновые изотопы. Накипь устаревшего оборудования состоит в основном из солей радиоактивных изотопов. Эти соли в почве усиливают техногенный эффект. Радиоактивные источники в загрязненных почвах в крупнейших нефтедобывающих зонах Казахстана вызвали ухудшение состояния окружающей среды. Поэтому основной проблемой является прежде всего очистка почвы от радионуклидов и, во-вторых, улучшение методов дезактивации ранее использованных технологических трубопроводов С этой целью был проведен и проанализирован мониторинг загрязнения почв в месторождение Кумколь.

Ключевые слова. загрязнение почв радионуклидами, химические реагенты, буровые растворы, пластовые воды, изотопы радий, торий и радон, осадочных отложений в технологическом оборудовании.

Ermukhanova N.B., Tanzharykov P.A., Kerimbekova Z.M.

Assessment of the technogenic impact of radionuclides on the soil of oil and gas deposits

Summary. The article deals with the problems of soil contamination with radionuclides, such as the problem of cleaning and degassing of soil pollution and previously used technological pipelines. In oil and gas fields, soil pollutants with radionuclides are chemical reagents, drilling fluids, drilling and oil sludge, crude oil and oil-contaminated soil. The main dose-generating radioactive sources in soils contaminated with oil waste are radium, thorium and radon isotopes. The scale of obsolete equipment consists mainly of salts of radioactive isotopes. These salts in the soil enhance the technogenic effect. Radioactive sources in contaminated soils in the largest oil-producing areas of Kazakhstan have caused environmental degradation. Therefore, the main problem is first of all cleaning the soil from radionuclides and, secondly, improving the methods of decontamination of previously used technological pipelines for this purpose, monitoring of soil contamination in the Kumkol field was carried out and analyzed.

Key words: soil contamination with radionuclides, chemical reagents, drilling muds, formation water, isotopes of radium, thorium and radon, sediment in technological equipment.

UDK 004.89;004.93;004:85

D.K. Darkenbayev

(Faculty of Information Technology, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
e-mail: dauren.kadyrovich@gmail.com)

NUMERICAL SOLUTION OF THE REGRESSION MODEL FOR ANALYSIS AND PROCESSING OF BIG DATA

Abstract: In this article, numerical methods for solving the regression model for processing large amounts of data are considered. Due to the increase in the population on the globe, the world data volume is more than doubled every two years. There were great difficulties in data processing and storage. One of the most important problems today is the processing of large amounts of data, data security and rapid analysis, as well as the determination of their structure, monitoring of growth rates and speed of processing. The article presents a regression analysis of external factors affecting the growth of the data volume, a numerical solution of the regression model for processing large amounts of data. I found the regression coefficient, the free term and the coefficient of determination of this problem using the method of least squares. Defined the direction of the data and plotted the function. I was convinced that the method of least squares is the

most optimal and effective method for analyzing and constructing a regression model. Accordingly, these methods are a reliable statistical tool for testing and evaluating linear relationships.

Key words: Model, regression analysis, data, information, processing, function, variables, characteristics of relationships.

Introduction

Currently, many companies compete with each other by increasing the volume of processing big data, as the consumers of their software grow every year. This leads to the fact that software development companies must improve the processing of big data. Today the processing of large data and ensuring the safety and storage of them in a safe place is very important for everyone, the solution of such a task must be fast and reliable [1]. Usually big data sets are a process of continuous accumulation of various types of unstructured data. It describes a set of data that exponentially grows, which are big, rough and unstructured for analysis by relational database methods. Terabytes or petabytes - the exact amount is not as important as understanding where the data ends and how they can be used. The information value of big data sets, examples of tasks that can be solved by analyzing big data streams:

- predict the amount of data, conduct regression analysis, improve the work of technical support services, websites and traffic;
- development of predictive models
- detection of fraud in real time
- Risk analysis
- construction of situational premises;
- interactive analytical processing, etc.

Regression analysis is one example that includes methods and analyzes of processing big amounts of data. This problem is solved by using an adequate regression model using the existing and new technology algorithms. The regression model is an equation in which the variable explained is represented as a function of the explanatory variables. For example, the model of demand for some goods, depending on its price and the income of buyers. By the form of the function, linear and nonlinear regression models are distinguished. The methods of evaluation and analysis of linear regression models are most often studied in detail and in the econometric analysis[2,3].

The regression equation

The main goal of the regression analysis is to determine the relationship between some characteristic Y of the observed phenomenon or object and the variables x_1, x_2, x_n , which determine, explain the changes in Y . The variable Y is called the dependent variable (response), the variables x_1, x_2, x_n are called factors (regressors). The establishment of the form of dependence, the selection of the regression model (equations) and the evaluation of its parameters are the tasks of regression analysis[4].

Regression analysis studies models of the form $Y = \varphi(X) + \varepsilon$, where Y is the resultant characteristic (response, random dependent variable); X - factor (nonrandom non-dependent variable); ε is a random variable characterizing the deviation of factor X from the regression line (residual variable). The regression equation is written as: $y_x = \varphi(x, b_0, b_1, \dots, b_p)$, where x is the value of X ; $y_x = M_x(Y)$, b_0, b_1, \dots, b_p are the parameters of the regression function φ . Thus, the problem of regression analysis consists in determining the function and its parameters and the subsequent statistical study of the equation. Depending on the type of the chosen equation, linear and nonlinear regression are distinguished (in the latter case, further refinement is possible: quadratic, exponential, logarithmic, etc.). Depending on the number of interrelated characteristics, pair and multiple regression are distinguished. If the relationship between the two characteristics (result and factor) is studied, then the regression is called a pair if there are multiple (multifactorial) regressions between three or more signs.

At the first stage of the regression analysis, the observational data or the experiment is represented graphically.

The dependence between the variables X and Y is represented by points on the coordinate plane (x, y) and connect them by a broken line. This broken line is called the empirical line of Y regression by X . By the form of the empirical regression line, the assumption is made about the form (form) of the dependence of the variable Y on X . In this case it is logical to assume a linear dependence. If the form of the function φ

in the regression equation is chosen, then the least-squares (OLS) method is used to estimate the unknown parameters b_0, b_1, \dots, b_p . According to the method, the unknown parameters of the function are chosen so that the sum of the squares of the deviations of the experimental (empirical) values of y_i from their calculated (theoretical) values is minimal, i.e.

$$S = \sum_{i=1}^n (y_{i\text{exp}} - y_i^p)^2 = \sum_{i=1}^n (y_{i\text{exp}} - \varphi(x_i, b_0, b_1, \dots, b_p))^2 \rightarrow \min$$

where y_i^p is the value calculated from the regression equation; $y_i - y_i^p = \varepsilon$ - deviation (error, balance); n is the number of pairs of source data[5].

Pairwise linear regression model

Let's consider a pair linear regression model of the interrelation of two variables, for which the regression function $\varphi(x)$ is linear. We denote by $y(x)$ the conditional mean of Y in the general population for a fixed value of x with the variable X . Then the regression equation will have the form:

$y_x = ax + b$, where a is the regression coefficient (linear slope of the linear regression line). The regression coefficient shows how many variables on average Y varies with the change in the variable X by one unit. With the help of the least squares method, formulas are obtained for calculating the parameters of linear regression:

Table 1. **Formulas for calculating linear regression parameters**

Free member b	The regression coefficient a	Coefficient of determination
$b = \frac{\overline{y \cdot x^2} - \overline{x} \cdot \overline{xy}}{x^2 - (\overline{x})^2}$	$a = \frac{\overline{xy} - \overline{x} \cdot \overline{y}}{x^2 - (\overline{x})^2}$	$R^2 = \frac{\sum (y_i^p - \overline{y})^2}{\sum (y_i - \overline{y})^2}$
<i>Testing the hypothesis of the significance of the regression equation</i>		
$H_0 : R^2 = 0$	$H_1 : R^2 > 0$	$F_{obs} = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{n - p - 1}{p}$
$F_{cur}(\alpha; k_1; k_2), k_1 = p, k_2 = n - p - 1, \text{ Annex 7 (for linear regression } p = 1 \text{)}$		

The direction of communication between variables is determined based on the sign of the regression coefficient. If the sign with a regression coefficient is positive, the relationship between the dependent variable and the independent variable will be positive. If the sign for the coefficient of regression is negative, the relationship between the dependent variable and the independent variable is negative (inverse)[6].

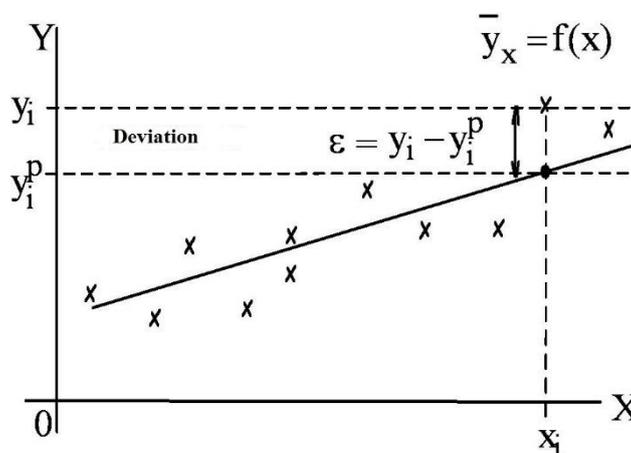


Figure 1 - The concept of deviation (linear regression)

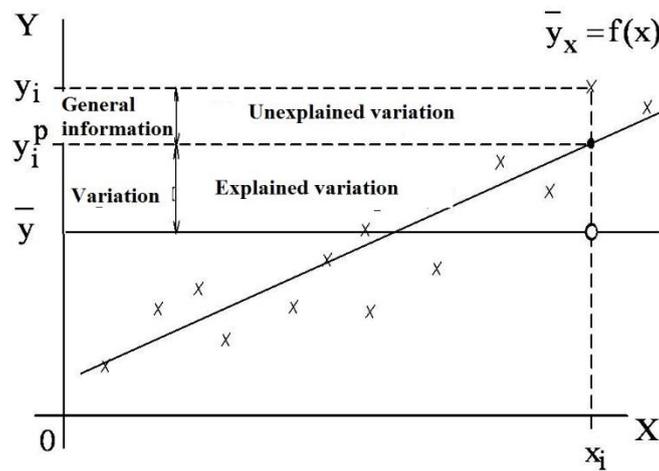


Figure 2 - Graphical interpretation of the determination coefficient (linear regression)

To analyze the overall quality of the regression equation, the determination coefficient R_2 , also called the square of the multiple correlation coefficient, is used. The coefficient of determination (measure of certainty) is always within the interval $[0;1]$. If the value of R_2 is close to one, this means that the model constructed explains almost all the variability of the corresponding variables. Conversely, the R_2 value is close to zero, which means poor quality of the constructed model. The coefficient of determination R_2 shows, by how many percentages $(R^2) \cdot 100\%$, the regression function found describes the relationship between the initial values of Y and X . Fig. 3 shows $(y_i^p - \bar{y})$ - the variation explained by the regression model and $(y_i - \bar{y})$ is the total variation. Accordingly, the quantity $(1 - R^2) \cdot 100\%$ shows how many percent of the variation of the parameter Y are due to factors not included in the regression model. With a high value of the determination coefficient $R^2 \geq 75\%$, we can make a prediction $y^* = f(x^*)$ for a particular value of x^* within the range of the original data. For forecasts of values that are not within the range of the initial data, the validity of the obtained model can not be guaranteed. This is due to the fact that the influence of new factors that the model does not take into account may appear. The significance of the regression equation is estimated using the Fisher criterion (see Table 1). Under the condition that the null hypothesis is valid, the criterion has a Fisher distribution with the number of degrees of freedom $k_1 = p, k_2 = n - p - 1$ (for paired linear regression $p = 1$). If the null hypothesis deviates, then the regression equation is considered statistically significant. If the null hypothesis does not deviate, then the statistical insignificance or unreliability of the regression equation is recognized[7].

Formulation of the problem.

In the mechanical shop, the structure of the cost of production and the share of purchased components are analyzed. It was noted that the cost of components depends on the time of their delivery. As the most important factor affecting the delivery time, the distance traveled is selected. Regression analysis of supply data:

Distance, miles	3,5	2,4	4,9	4,2	3,0	1,3	1,0	3,0	1,5	4,1
Time, min	16	13	19	18	12	11	8	14	9	16

For regression analysis:

1. to plot the initial data, to approximately determine the nature of the dependence;
2. Select the form of the regression function and determine the numerical coefficients of the model by the method of least squares and the direction of the connection;
3. Evaluate the strength of regression dependence using the coefficient of determination;

4. Evaluate the significance of the regression equation;

5. Make a forecast (or a conclusion about the impossibility of forecasting) according to the adopted model for a distance of 2 miles.

1. The constructed points are not exactly on the line: apart from the distance at the time of delivery, traffic jams, time of day, road works, weather, driver's qualification, mode of transport influence. But these points are collected along a straight line, so we can assume a linear positive relationship between the parameters.

2. Let us calculate the sums necessary for calculating the coefficients of the linear regression equation and the determination coefficient R_2 :

№	x_i	y_i	x_i^2	$x_i y_i$	y_i^p	$(y_i^p - \bar{y})^2$	$(y_i - \bar{y})^2$
1	3,5	16	12,25	56,00	15,22	2,63	5,76
2	2,4	13	5,76	31,20	12,30	1,70	0,36
3	4,9	19	24,01	93,10	18,95	28,59	29,16
4	4,2	18	17,64	75,60	17,09	12,15	19,36
5	3,0	12	9,00	36,00	13,89	0,08	2,56
6	1,3	11	1,69	14,30	9,37	17,88	6,76
7	1,0	8	1,00	8,00	8,57	25,27	31,36
8	3,0	14	9,00	42,00	13,89	0,09	0,16
9	1,5	9	2,25	13,50	9,90	13,67	21,16
10	4,1	16	16,81	65,60	16,82	10,36	5,76
Σ	28,9	136	99,41	435,30	–	112,42	122,40

$$\bar{x} = \frac{\sum n_i x_i}{n} = 2,89; \bar{y} = \frac{\sum n_i y_i}{n} = 13,6; b = \frac{13,6 \cdot 9,941 - 2,89 \cdot 43,53}{9,941 - 2,89^2} = 5,91; a = \frac{43,53 - 2,89 \cdot 13,6}{9,941 - 2,89^2} = 2,66.$$

The desired regression dependence has the form: $y^p = 2,66x + 5,91$. We determine the direction of the relationship between the variables: the sign of the regression coefficient is positive, therefore, the connection is also positive, which is confirmed by the graphical assumption[8].

3. Let's calculate the determination coefficient: $R^2 = \frac{112,41}{122,40} = 0,92$ or 92%. Thus, the linear model explains

92% of the variation in the delivery time, which means the correct choice of the factor (distance). 8% of the time variation is not explained, which is due to other factors affecting the delivery time, but not included in the linear regression model.

4. Let's check the significance of the regression equation:

$$F_{\text{observations}} = \frac{0,92^2}{1 - 0,92^2} \cdot \frac{10 - 1 - 1}{1} = 44,1$$

As $F_{observations} = 44,1 > F_{curve}(0,05;1;10-1-1) = 5,32$ - regression equation (linear model) is statistically significant.

5. Solve the problem of forecasting. Since the determination coefficient R_2 has a sufficiently high value and the distance of 2 miles for which it is necessary to make a prediction is within the range of the initial data, it is possible to make the prediction:

$$y^*(x = 2 \text{ miles}) = 2,66 \cdot 2 + 5,913 = 11,2 \text{ min.}$$

Regression analysis is conveniently carried out using the capabilities of various mathematical programs. The "Regression" mode of operation serves for calculating the parameters of the linear regression equation and checking its adequacy for the process under study. In the dialog box, you need to fill in the following parameters:

- The input interval Y is a range of data by the resultant characteristic, it must consist of one column.
- The input interval X is the range of cells containing the values of factors (independent variables).

Number of input ranges (*columns*) ≤ 16 .

- A check mark is set if the first line of the range contains a heading.
- The Reliability level checkbox is activated if you enter a reliability level in the field next to it, which is different from the default level 95% .

The constant is zero. This check box must be set if the regression line passes through the origin ($b = 0$).

- A check box in the Residual and Residuals group is set if you want to include the corresponding columns or graphs in the output range.

Conclusion of the results

Regression statistics	
Multiple R	0,958275757
R-square	0,918292427
The normalized R-square	0,90807898
Standard error	1,11809028
Observations	10

	Coefficients	Standard error	t-statistics	P-Value
Y-crossing	5,913462144	0,884389599	6,686489927	0,00015485
Variable X	2.65970168	0,280497238	9,482095791	1,26072E-05

Consider the results of the regression analysis presented in the table. The value of the R -square, also called a measure of certainty, characterizes the quality of the regression line obtained. This quality is expressed by the degree of correspondence between the initial data and the regression model (calculated data). In our example, the measure of certainty is 0,91829, which indicates a very good fit of the regression line to the original data and coincides with the coefficient of determination R_2 , calculated by the formula. Multiple R - coefficient of multiple correlation R - expresses the degree of dependence of the independent variables X and the dependent variable Y and is equal to the square root of the determination coefficient. In a simple linear regression analysis, the multiple coefficient R is equal to the linear correlation coefficient ($r = 0,958$). Coefficients of the linear model: the Y - intersection derives the value of the free term b , and the variable x_1 - the regression coefficient a . Then the linear regression equation: $y = 2,659x + 5,9135$ (which agrees well with the calculation results). Next, we check the significance of the regression coefficients: a and b . Comparing the values of the columns coefficients and standard error in the table in pairs, we see that the absolute values of the coefficients are greater than their standard errors. In addition, these coefficients are significant, which can be judged from the values of the P -value, which are less than a given level of significance $\alpha = 0,05$ [9].

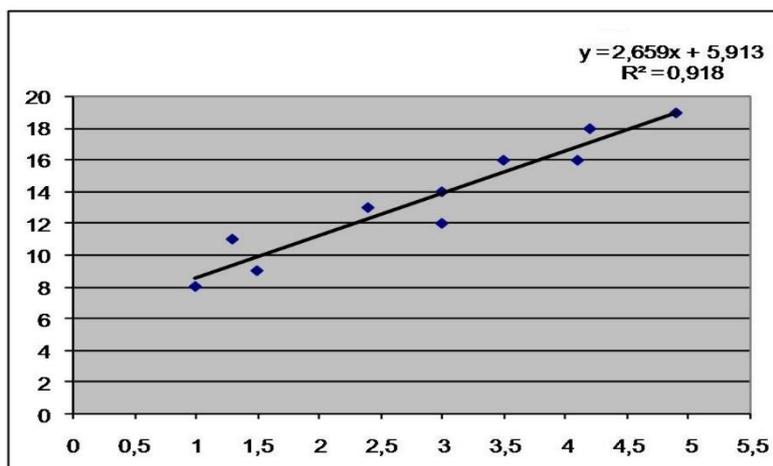


Figure 3. Initial data and regression line

<i>Observation</i>	<i>Predicted Y</i>	<i>Remains</i>	<i>Standard errors</i>
1	15,22241803	0,777581975	0,737641894
2	12,29674618	0,703253823	0,667131568
3	18,94600038	0,053999622	0,051225961
4	17,0842092	0,915790799	0,868751695
5	13,89256718	-1,892567185	-1,795356486
6	9,371074328	1,628925672	1,545256778
7	8,573163824	-0,573163824	-0,543723571
8	13,89256718	0,107432815	0,101914586
9	9,903014664	-0,903014664	-0,8566318
10	16,81823903	-0,818239033	-0,776210624

The table shows the results of the withdrawal of residuals. With this part of the report, we can see the deviations of each point from the constructed regression line. The greatest absolute value of the remainder in this case is 1,89256, the smallest is 0,055399. For better interpretation of these data, a plot of the initial data and a constructed regression line are constructed. As can be seen from the construction, the regression line is well "adjusted" to the values of the initial data, and the deviations are random[10].

Conclusion

The creation of a regression model is an iterative process. This process is aimed at finding effective independent variables, to explain the dependent variables that we are trying to model or understand by starting a regression tool to determine which quantities are effective predictors. Then, step-by-step delete or add variables until you will not find the best fitting regression model. As the process of creating a model is often research, it should never become a simple "fit" of data. Building process the regression model should take into account theoretical aspects, opinion of experts in this field and common sense.

REFERENCES

[1] D.Caire, R.Kossmann. Credit scoring: Is It Right for Your Bank?, Bannock Consulting, 2003;
 [2] C.Ong, J.Huang, G.Tzeng, Building credit scoring models using genetic programming, Expert Systems with Applications 29, 2005-41-47p.
 [3] K.Nurlybayeva,G.Balakayeva. Algorithmic Scoring Models,Applied Mathematical Sciences,Vol.7,no.12,2013-571-586p.
 [4] G.A.Timofeeva, A.V.Martynenko. Ekonometrika.- E.: UrGUPS, 2016 –
 [5] 9-12p.
 [6] Glen J.Myatt. Making Sense of Data. A Practical Guide to Exploratory Data Analysis and Data Mining. Published by John Wiley & Sons, Inc.Hoboken, New Jersey,2007 – 162-164p.
 [7] John O.Rawlings, Sastry G.Pantula,David A.Dickey. Applied Regression Analysis: A research Tool,Second Edition.Springer Verlag,NewYork, Berlin,Heidelberg SPIN 10660129.1998-24-25p.

[8] Daniel Zelterman. Applied Linear Models with SAS. Published in the USA by Cambridge University Press, New York. 2010-62-64p.

[9] 8.Rao V.Dukkipati Numerical Methods. Copyright 2010, New Age IntKinect for Windows SDK, <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/hh855347.aspx> (date of review: 10.03.2015).

[10] Steven C.Chapra. Second Edition Applied Numerical Methods with Matlab for Engineers and Scientists. Published by McGraw-Hill, a business unit of The McGraw-Hill Companies, Inc., 1221 Avenue of the Americas, New York, NY 10020. Copyright © 2012 by The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved. Previous editions © 2008 and 2005-320p.

[11] N.R.Draper, H.Smith. Applied Regression Analysis, Second Edition. Published by John Wiley&Sons NewYork, Chichester, Toronto, Singapore. 1981-29-31p.

Даркенбаев Д. К.

Үлкен көлемді деректерді талдаудағы және өңдеудегі регрессиялық модельдің сандық шешімі

Түйіндеме. Бұл мақалада үлкен көлемді деректерді өңдеудегі регрессиялық модельдің сандық шешімі қарастырылды. Жер шарында адам санының көбеюіне байланысты, дүние жүзілік ақпарат көлемі екі жыл сайын екі еседен артық өсіп отыр. Деректерді өңдеумен сақтауға қатысты қиындықтарда аз емес. Қазіргі таңдағы өзекті мәселелердің бірі деректерді өңдеу, жедел талдау жүргізу, деректердің қауіпсіздігін қамтамасыз ету, сонымен қатар деректердің құрылымын анықтау, өсу үдерісіне мониторинг жасау өңдеу жылдамдығын арттыру болып тұр. Мақалада ақпарат көлемінің артуына тікелей әсер ететін сыртқы факторларға талдау жасалып, үлкен көлемді деректерді өңдеудегі регрессиялық модельдің сандық шешімі табылды. Қойылған есептің регрессия коэффициентін, бос мүшесін және детерминация коэффициентін кіші квадраттар әдісін қолданып таптым. Алынған деректердің байланысу бағыты анықталып сәйкесінше функция сұлбасы алынды. Кіші квадраттар әдісі регрессиялық талдаудың ең тиімді әрі нәтижелі әдісі екеніне көз жеткіздім. Сәйкесінше бұл әдістер сызықтық қатынастарды тестілеу және бағалау үшін сенімді статистикалық құрал болып табылады.

Түйінді сөздер: Модель, регрессиялық талдау, деректер, ақпарат

Даркенбаев Д. К.

Численное решение регрессионной модели для анализа и обработки больших данных

Резюме: Рассмотрены численные методы решения регрессионной модели для обработки больших объемов данных. Из-за увеличения численности населения на земном шаре, мировой объем данных увеличивается более чем в два раза каждые два года. Возникли большие трудности обработки данных и их хранения. Одной из наиболее важных проблем является обработка больших объемов данных, безопасность данных и быстрый анализ, а также соответственно определение их структуры, мониторинг темпов роста и увеличение скорости обработки. В статье приведен регрессионный анализ внешних факторов, влияющих на рост объема данных, численное решение регрессионной модели при обработке больших объемов данных. Найден коэффициент регрессии, свободный член и коэффициент детерминации данной задачи, используя метод наименьших квадратов. Определено направление полученных данных и построен график функции. Следовательно, наименьших квадратов является самым оптимальным и эффективным методом для анализа и построения регрессионной модели. Соответственно, эти методы являются надежным статистическим инструментом для тестирования и оценки линейных отношений.

Ключевые слова: Модель, регрессионный анализ, данные, информация, обработка, функция, переменные, характеристики связей.

УДК 004.9

O.Z. Sembiev, Zh.S. Kemelbekova, A.H. Mahatova

(M. Auezov South Kazakhstan State University,
Shymkent, The Republic of Kazakhstan.

E-mail: ordabai@mail.ru)

LOAD BALANCING IN THE CIRCUIT SWITCHING MODE ON THE NODES OF AN ASYNCHRONOUS NETWORK

Abstract. The problem of the quality of servicing the computer network is very important, since the Internet technology is going on in the country. Very different Internet technologies are developing in Kazakhstan. One of them is a broadband network with the integration of services based on asynchronous data transfer technology. Therefore, we investigated load distributions in the circuit switching mode for each node, in the absence of free nodes, the adjacent load distribution along the bypass paths.

Key words: asynchronous transfer mode, channel switching, integrated group paths, traffic, virtual connections.

О.З. Сембиев, Ж.С. Кемельбекова, А.Х. Махатова
(М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті,
Шымкент, Қазақстан Республикасы.
E-mail: ordabai@mail.ru)

АСИНХРОНДЫ ТАСЫМАЛДАУ ЖЕЛІ ТҮЙІНДЕРІНДЕ КАНАЛДАР КОММУТАЦИЯСЫ РЕЖИМІНДЕГІ ЖҮКТЕМЕНІ ҮЛЕСТІРУІ

Аңдатпа. Бұл мақалада компьютерлік желілер технологиясы ішінде асинхронды тасымалдау режиміндегі коммутациялар каналы және көп каналды шақырулар қарастырылған. Коммутациялар каналында жүктемелерді үйлестіру жолдары, әр бір түйінде жүктеменің таратылуы, бос болмай қалған жағдайда өтпелі түйіндерге жүктемелер үйлестірулері зерттелген. Сонымен бірге жұпталған түйіндер арасында тармақталған жолдар құру, бастапқы түйіндердің және барлық транзитті түйіндер бағыты, тармақталған жолдардың тармақтары бойынша жұптасқан түйіндер арасында кіріс жүктемелерін таратуда, бірінші кезекте егерде бар болса және бос болса тағайындалған тура жол, тура жол бос болмаған жағдайда кіріс жүктемелер бұрма жолдың шығарылатын жолының біреуі арқылы тасымалданып тармақ түйіндерінде түйін ағынын мәнін анықтау тәсілі көрсетілген.

Кілттік сөздер: асинхронды тасымалдау режимі, каналдар коммутациясы, пакеттер коммутациясы, коммутацияның гибриді түйіндері, интегралды топтастырылған трактілер, трафиктер, виртуалды қосулар.

Қазіргі таңда Интернет желілерінің ең негізгі қызметі электрондық почта қызметі және мамандықтары бір немесе ортақ қызығушылығы бар топтардың немесе ізденушілердің бір-бірімен жылдам мәлімет алмасуы болып табылады.

Интернет күннен-күнге қуатты және екпінді дамуда, оған көптеген мекемелер мен кәсіпорындар және қарапайым тұтынушылар үздіксіз қосылуда. Сол себепті қазіргі кезеңді интернет технологиялардың даму кезеңі деп атауға болады. Интернет технологиялардың көптеген түрлері өз қызметтерін іске асыруда. Солардың біріне асинхронды тасымалдау режимі (АТМ) технологиясын жатқызуға болады. АТМ (Asynchronous Transfer Mode) немесе асинхронды тасымалдау режимі – бұл мәлімет алмасу үшін тұрақты ұзындықты ұялар қолданылатын коммутациялар технологиясы [1]. Үлкен жылдамдықпен жұмыс істей алатын АТМ желілері біріктірілген мәлімет жиындарын – сөзді, қозғалыстағы бейнелер мен жай мәліметтерді бір арнамен тасымалдау ісін жүзеге асыра отырып, жергілікті және аймақтық тармақталған желі рөлдерін атқара алады. Мұндай технологиялар Интернет қызметі түрлерінен құрылып, арнайы инфрақұрылымдардың пайда болуын талап етеді және олар желі сегменттерін бір-бірімен біріктіріп байланыстыратын магистральдық желі ретінде қолданылады [2].

Мәліметтерді берудің асинхронды тасымалдау режимі (АТМ) мәліметтерді, дауысты, бейне материалдарды жалпы қолданудағы желі бойынша беру үшін 53 битті пакеттерді пайдаланатын, пакетті коммутацияға негізделген глобалды желілік технология. АТМ-нің протоколдар жиыны ашық жүйелердің арақатынасы (OSI) моделінің мәліметтерді беру арнасы деңгейі және физикалық деңгейде жұмыс істейтін протоколдардан тұрады [3]. АТМ желілері мультиплекстелген информациялармен жұмыс істейді, яғни бірнеше информациялық арналар бір мәліметтер тасқынына бірігуі мүмкін.

АТМ желісі ірі территориялық желіде және классикалық құрылымды болып келеді, соңғы станциялар дара арналар мен төменгі дәрежедегі коммутаторлардың қосылуы кезінде, яғни өз кезінде жоғарғы дәрежедегі коммутаторлармен қосылғанда. АТМ коммутаторлары виртуалды арнаның техника негізгі маршруттық трафикке арналған соңғы түйіндерде 20-байттық адресермен пайдаланылады. Жеке АТМ желілері үшін маршруттың кестесін автоматты түрде құра алатын коммутаторлар көмегімен PNNI (Private NNI) маршруттың протоколдары анықталды. АТМ желісінің жариялануында маршрут кестесі администраторлардың қолымен құрыла алады, X.25 желісіндегі немесе PNNI протоколына сүйене алады.

Пакеттер коммутациясы виртуалды арналардың (Virtual Channel Identifier, VCI) идентификаторы негізінде жүргізіледі, оны құруда қосуға тағайындалған және қосылуының айырылуында жойылады [4]. АТМ түйінінің соңғы адресі иерархиялық құрылымы бар виртуалды арна негізінде салынады және қызметтердің жабдықтаушыларының желілеріне, елдердің кодтарына сәйкес префикстер қолданылады және CIDR технологиясының агрегаттандырылған IP адрестерінің сәйкес қолданылуында маршруттың сұраныстарды құрып қосуды жеңілдетеді.

Виртуалды қосулар тұрақты (Permanent Virtual Circuit, PVC) және коммутациялық (Switched Virtual, SVC) бола алады. Коммутация тездетілуі үшін үлкен желіде виртуалды жолдың ұғымы қолданылады – Virtual Path виртуалды арнаны біріктіреді, АТМ желісі бар жалпы маршрут шығулар арасымен және ақырғы түйіндер немесе UNI (User Network Interface) стандарты төменгі деңгейдегі

коммутаторлармен бірге АТМ ақырғы бірнеше екі коммутатор желісімен қосылуы жалпы бөлім маршрутының арасындағы станциясы анықталады.

АТМ технологиясында келесі негізгі сандық параметр жатады[5]:

- Peak Cell Rate (PCR) - мәліметті берудің максималды жылдамдығы;
- Sustained Cell Rate (SCR) - мәліметті берудің минималды жылдамдығы;
- Minimum Cell Rate (MCR) - пульсацияның максималды мөлшері;
- Cell Loss Ratio (CLR) - жоғалған ұяшықтың үлесі;
- Cell Transfer Delay (CTD) - ұяшық берілуінің кешігуі;
- Cell Delay Variation (CDV) - кешіккен ұяшықтың вариациясы

Жылдамдық параметрлері ұяшықта секундқа өлшенеді, пульсацияның максималды мөлшері - ұяшықта, ал уақытша параметрлері – секундте. Пульсацияның максималды мөлшері егер орташа жылдамдық берілсе PCR максималды жылдамдықпен беріле алатын ұсыныстың ұяшық санын береді. Виртуалды қосылу дуплексті болып келсе, онда әрбір бағыт үшін қосылуға параметрлердің әртүрлі мағыналары беріле алады.

АТМ технологиясында ”қызмет ету сапасы” термин түсіндіруіне дәстүрлі подход қабылданған – QoS[6,7]. Әдетте трафиктің қызмет ету сапасы қабілеттіліктің жіберілу параметрлерімен сипатталады (мұнда бұл RCR, SCR, MCR, MBS), кешігу пакеттерінің параметрімен (CTD және CDV), сонымен қатар пакеттің берілу сенімділігінің параметрлерімен (CLR). АТМ-да қабілеттіліктің жіберілу сипаттамасы трафиктің параметрлері деп аталады және оларды QoS қызмет көрсету сапасының параметрлері санына қоспайды, бірақ олар солай болып табылады. АТМ-да QoS параметрлері тек CTR, CDV және CLR параметрлері болып табылады. Желі қызмет көрсетудің осындай деңгейін, талап мағыналарын және параметрлер трафигі, ұяшық кешігуін, ұяшық жоғалуының үлесін қамсыздандыруға талаптанады.

Ұсыныс арасындағы келісім және АТМ желісі трафик-контракт деп аталады. Frame relay желісінде қолданылған келісімнен айырмашылығының негізі анықталған трафик кластарының бірнешеуінен біреуін таңдау болып табылады. Frame relay желісінде трафик класы біреу, және ол тек өткізу қабілеттерінің параметрлерімен сипатталады.

Трафик параметрлерінің тапсырмасы (QoS параметрлерімен бірге) жиі талап ету қызметіне толық емес сипатталады, сондықтан трафик класының тапсырмасы желінің қосылуына қызмет ететін керек мінездемені анықтау үшін пайдалы.

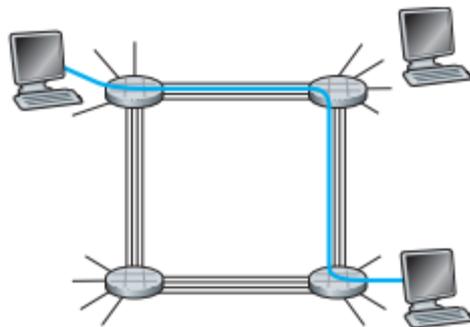
Егер ұсыныс үшін QoS және өткізу қабілеттерінің параметрлерін қолдау сынсыз болса, онда ол құрылудың қосылуындағы ұсыныста “Best Effort” белгісін көрсете отырып, осы параметрдің тапсырмасынан бас тарта алады. Трафиктің осындай типі трафиктің анықталмаған биттік жылдамдығы атын алды – UBR, Unspecified Bit Rate.

Виртуалды қосылудың айқындалуына жататын трафик-контракт нәтижесінен кейін, АТМ желісінде қызмет етуді керек сапамен қамтамасыз ететін бірнеше протоколдар жұмыс жасайды[8]. UBR трафигі үшін желі “мүмкіншілік” ресурстарын белгілейді, яғни, дәл қазіргі уақытта виртуалды қосуларды қолданудан бос, қызмет ету сапасының айқын параметрлеріне тапсырыс беруде.

АТМ технологиясы тұрақты сияқты коммутациялық виртуалды арналарға сүйеу үшін өңделді. Трафик-контрактің автоматты нәтижесі коммутациялық виртуалды қосылудың жасалуында өзімен бірге жай емес тапсырманы ұсынады, АТМ коммутаторларына анықтау қажет, әрбір арнаның қызмет ету сапасының талаптары орындалу үшін, басқа виртуалды арналардың трафигі осы виртуалды арналардың трафигінің берілуін қамтамасыз ете алатындығын.

АТМ – технология негізіндегі интеграциялық қызметі бар кең жолақты сандық жүйені қарастырамыз, мұнда гибриді коммутация әдісі іске асырылады, ол коммутацияның гибриді түйіндерінен (КГТ) тұрады және оларды интегралды топтастырылған трактілерге (ИТТ) біріктіреді[9]. Осындай әр түйін арнайы коммутационды және канал түзетін аппаратурамен жабдықталған, интеграция деңгейі абоненттерге әртүрлі ақпараттарды, ауызша ақпаратқа, деректерді табыстыру, бейнекөрініс, бейнеконференция материалдарына және т.б. қол жеткізу мүмкіндігін ұсынады. Канал мен коммутатор жүйесі арқылы мәліметтерді ауыстырылуының негізгі екі тәсілі бар: каналдар коммутациясы және деректер коммутациясы[10]. Жүйелерде канал коммутациясының ресурстары соңғы жүйелер арасында байланысты қамтамасыз ететін жолдарға (буферлер, тасымалдау таспасының жылдамдығы) қажет, соңғы жүйелер арасындағы байланыс сеансының жалғастыру үшін кейінге сақтайды[11]. Коммутация пакеті бар жүйелерде бұл ресурстарды қолдамайды; сеанс мәлемдемелері үшін талап бойынша ресурстар қолданады және осы салдардан байланыс таспасына қол жетімділікті күту керек (өз кезегін) болуы мүмкін.

Дәстүрлі сымтетік жүйесі коммутациялы каналдар жүйесіне мысал бола алады. Бір адам сымтетік жүйесі бойынша екінші адамға ақпаратты (дыбыс немесе факсимиле) жіберген кезде не болатынын қарастырайық (сурет 1). Жіберуші ақпарат жіберу алдын, жүйе жіберуші мен қабылдаушы арасында байланысты орнату керек[12].



Сурет 1. Коммутациялы каналдар жүйесін бейнелеу

Бұл жүйеде төрт коммутатор төрт канал бойынша ауыстырып қосады. Әр осы таспада төрт сызба-нұсқа бар, мұнда әр сілтеме бір уақытта бірдей төрт байланыстырды ұстанады. Түйін (мысалы, ПК және жұмысшы станциялар) осы коммутаторларды біріне қосылады. Егерде екі түйін бір-бірімен байланысқысы келсе, жүйе екі түйін арасында арнайы өтпелі байланыстар орнатады. Осылайша, А түйіні В түйінімен байланыстыру үшін, жүйе алдымен екі сілтеменің әрқайсысына бір сызба-нұсқаны кейінге сақтайды. Бұл мысалдағы ерекшеленген өтпелі қосылыстар бірінші каналдағы екінші сызба-нұсқаны және байланыстың екінші каналдағы төртінші сызба-нұсқаны қолданады. Әр таспада төрт тізбек болғандықтан, қолданатын өтпелі байланыстар әр байланыс таспасы үшін, байланыстың барлық уақыт аралығында каналдардың жалпы жеткізілетін байланыстардың төрттен бір бөлігін алуға қабілетті. Керісінше, бір түйін екінші түйінге коммутациялы деректер арқылы жіберген кезде не болатынын қарастырайық, мысалы Интернет. Мұнда коммутациялы каналдар секілді деректер байланыс таспасымен жеткізіледі. Бірақ, коммутациялы каналдардан айырмашылығы, құжат жүйеге қандай да бір канал ресурстарына сақтамай-ақ жіберуге болады. Егерде сілтемелердің біреуі бос болмаған жағдайда, сондықтанда басқа да деректер сілтеме бойынша бір уақытта жеткізілуі мүмкін, онда дерек буферде жеткізу таспасы жағынан жеткізуді және алынатын деректерді ұсталынып қалуын күті керек. Интернет деректерді өз уақытысында жеткізу үшін барлық шарттарды ұсынады, бірақ ешқандай кепіл бермейді.

Көп пунктлі (топтастырылған) таспа жұмыстарын басқару үшін бірнеше арнайы талаптар ұсынады. Мұнда басқару жүйесі талап етілетін пункті шақыруды іске асыруды ғана емес және ақпаратты жеткізуді қамтамасыз ету керек, сондай-ақ таспа жұмысының режимдерін, байланыс каналдарын қолдануды жақсартуда бір біріне пункттерді өзара әсер етуді шеттеу мүмкіндігі бойынша реттеу керек. Топтастырылған таспаларда ақпараттарды жеткізуді басқаруды іске асыру аппаратты әдістер секілді (арнайы УУ), ЭЕМ бағдарламасын қолдану (арнайы басқарылатын немесе әмбебап, бір уақытта басқа да қызметтерді орындайды) секілді әдістермен асырылады. Осылайша коммутация түйіндерінде топтастырылған таспаларда ақпаратты басқару УУ түйіні арқылы іске асырылады[13].

Жүйедегі ақпараттар ағынын басқару үшін ақпараттар ағынын үлестіру жүйенің беріктілігін және өміршеңдігін, жүйе күйінің шарттары өзгерген жағдайда оның дұрыс қызмет етуін, бөлек бағыттарда жүктемелердің пайда болуын және т.б. қамтамасыз етеді. Ақпараттар ағынын басқарудың негізге мақсаты - қажетті сапалы талаптарды (дұрыс және өз уақытысында жеткізілуі, қабылданған ақпараттардың шынайлығы) сақтай отырып, оңтайландырған жол бойынша келіп түскен ағындарды жеткізілуін қамтамасыз ету, сондай-ақ мүмкіндігінше материалдар шығынын азайту. Соңғысы оңтайландырылған жолдарды, жүктеу каналдарды және басқа да жабдықтарды таңдауды қарастырады. Байланыс жүйесі оның бөлек тармақтары мен түйіндердің қалпынан секілді, сондай-ақ ағындарды жүктеу есебінен үздіксіз өзгереді, сондықтанда басқару жүйесі адаптивті болу керек. Қызмет көрсетіп жатқан жүйенің алгоритмін өзгерту онша сирек (өзгерген жағдайға жеткілікті жылдам жауап қайтару) болмайды, бірақ сонымен қатар онша жиі де болмау керек.

Осыған байланысты **АТМ жүйесінде** коммутация режимінің екі интеграциясы іске асырылады: коммутациялы каналдар(КК) режимі және коммутациялы деректер(КД) режимі, сондай-ақ деректер КД режимінде жеткізіледі, ал ауызша ақпараттар, бейнесуреттер – КК режимінде жеткізіледі[14].

$Z^u(i) = \{K^u(i); N^u(i)\}$ болған жағдайда – жіберуші – түйінінен ақпараттарды жеткізу жолдарының бұтағы u жолданушы- түйінге дейін i , мұнда $K^u(i)$ - барлық тармақтар түйнегінің жиынтығы, $N^u(i) = \{(jk) | j, k \in K^u(i)\}$ – тармақтар жиынтығы. Көптеген бірыңғай k түйіндерді $L^u(i)$ арқылы белгілейміз, бұлар жолданушылар i үшін, түйіндерден j берілетін барлық шығыс деректер (jk) тармақталған жолдарға $Z^u(i)$ бағытталған. Кез келген жұпталанған түйіндер арасында тармақталған жолдар құру үшін, бастапқы түйіндердің (жіберуші-түйіні) және барлық транзитті түйіндер бағытының сәйкес келетін бағандық матрица таңдалады.

Тармақталған жолдардың тармақтары бойынша жұптасқан түйіндер арасында кіріс жүктемелерін таратуға, бірінші кезекте егерде бар болса және бос болса тағайындалған тура жол таңдалады. Тура жол бос болмаған жағдайда кіріс жүктемелер бұрма жолдың шығарылатын жолының біреуі арқылы бағытталады[15]. Бұрма жолдың таңдау реті оның ұзындығымен, сондай-ақ транзит (ең алдымен ең қысқа жолдан және саны аз транзит аймақтарынан орын алады) санымен анықталады. Ең соңғы бағытта соңғы таңдау жолын қолданады. Келесідей белгілеулер ендіреміз

$$h_{jk}(i) = \varphi_{jk}(i)[1 - \rho_{jk}(i)] \forall j, k, i \in K \quad (1)$$

мұнда $h_{jk}(i) \in [0;1)$ – жүктеменің $t_j(i)$ жіберілген тармақтарының сипаттамасы (jk) . $h_{jk}(i)$ қызметі жүктеменің $t_j(i)$ тармақтар арқылы (jk) өту ықтималдылығының шарты болып табылады, осы бағыттағы тармақтардың қызмет көрсетуі бос болмаған жағдайда. Алдыңғы уақытта, $h_{jk}(i)$ тармақталған (jk) ықтималды $t_j(i)$ қызмет көрсету деп атаймыз, ал $h_{jk}(i) * t_j(i)$ мәні – жүктеменің жіберілген тармақ (jk) .

Кіріс жүктемені барлық келесідей тармақтарды арқылы тарату ықтимал қызмет көрсету арқылы іске асырылады, ол барлық алдыңғы тармақтардан есептелініп алынған. Өз кезегінде, жіберілген тармақ $(mn) \in N^u(i)$ жүктемесі бір уақыттағы және түйінге $n \in K^u(i)$ арналған кіріс жүктемесі болып табылады. Мұндай жүктемені түйіндегі j транзиттегі жүктеме деп атауға болады. Егерде $r_j^u(i) - Z^u(i)$ тармақталған жолдардың кіріс жүктемесі. Түйінде j транзитті жүктемені $t_j^u(k, i)$ арқылы белгілейміз, ол тармақталған жолдардың тармақтары $Z^u(i)$ мен кіріс j түйінімен $k \in K^u(i)$ көрші түйін арқылы өтетін жүктеменің $r_j^u(i)$ таралу процесінде түзіледі. Тармақтың әр түйінінде транзитті түйіндердің болуы келесі формула көмегімен іске асырылады

$$t_j^u(k, i) = t_i^u(j, i) * h_{ij}(i), \quad (2)$$

мұнда $(lj) \in N^u(i), i, j, k, l \in K^u(i)$. Жалпы шығынсыз болуды ескерсек, тармақталған жолдардың барлық түйіндері үшін $j = u, t_j^u(k, i) = r_j^u(i)$, мәні, $j, k = i$ түйіндері үшін $t_i^u(i, i) = t_i^u(i)$ мәнге ие.

Ескере кететін жайт, тармақталған жолдардың кез келген түйіні секілді, бастапқыдан басқасы бір тармақ қана кіреді, бірақ бұл түйінде одан шығып жатқан бағыттарды таңдаудан тәуелсіз, осындай барлық транзитті жүктеме мәндері бірдей болады. Осылайша, кез келген түйін $j \in K^u(i), (j \neq u)$ және барлық түйіндер үшін $k_m \in K^u(i), m = 1, 2, \dots, s$, бұлар бір-бірімен қатынаста болады.

$$t_j^u(k_1, i) = t_j^u(k_2, i) = \dots = t_s^u(k_1, i) = r_j^u(i), \quad (3)$$

мұнда $r_j^u(i)$ - түйінге j және i түйінге арналған, келіп түсетін кіріс жүктемесі, S - түйіннен j шығатын бағыттардың саны. Ескере кететін жайт, бұл жағдайда кіріс және транзитті жүктемелер бір-бірінен айырмашылығы жоқ. Төменде транзитті жүктемені кез келген Z граф түйіндерінде түйін жүк-

темелерін есептеуде қолдану ыңғайлы, ол өз кезегінде қатаң орнатылған бағыт бойынша көрші түйіндері арқылы жіберіледі. Басқаша айтқанда, транзитті жүктемелердің шығарылуы, оларды тасымалдау үшін процесте тұйық бағытты болдырмау үшін керек. Кіріс жүктемесі $r_j^u(i)$ кез келген түйін j одан шығып жатқан бағыттардың $(jk) \in N^u(i)$ барлығы бойынша таралады. Кез келген түйін үшін кіріс жүктемесі барлық шығып жатқан бағыттар $(jk) \in N^u(i)$ бойынша таралады. Егерде $g_{jk}^u(i)$ - жүктеменің жолдаушының i орташа қарқындылығы, $(jk) \in N^u(i)$ жіберілген тармақ. Сірә, дегенмен

$$g_{jk}^u(i) = t_j^u(k, i) * h_{jk}(i). \quad (4)$$

Бұл формула тармақталған жолдар бойынша $Z^u(i)$ кіріс жүктеменің $r_j^u(i)$ таралу құрылымын анықтайды.

$g_{jk}^u(i)$ арқылы жіберілген тармақ арқылы $(jk) \in N$ суммарлы жүктемені белгілейміз. Әр тармақ үшін осы жүктемені анықтау, әр тармақталған жолдардағы барлық жіберілген жүктеменің кестесіп жинақталу әдісі арқылы туындайды, дегенменде

$$g_{jk}(i) = \sum_u g_{jk}^u(i) \quad (5)$$

$t_j(k, i)$ - жіберуші i бойынша түйін жүктемесі, сәйкес келетін тармақтар жолының кіріс трафиктерін таратуда түйінде j түзіледі және көрші түйінге $k \in L_j(i)$ жеткізуге арналған. Бұл жағдайда түйін жүктемесі $t_j(k, i)$ барлық тармақталған жолдардан түйіндерде j жинақталған транзитті жүктемелердің жиынтығы секілді ретінде көрсетіледі, дегенменде

$$t_j(k, i) = \sum_u t^u(k, j). \quad (6)$$

болатынына көз жеткізе келе, келесідей теоремаға орын берейік:

Теорема 1 Кез келген түйін $j \in K$ үшін, түйін жүктемесінің түзілуі келесідей формула бойынша іске асырылады

$$t_j(k, i) = r(i) + \sum_l t_l(j, i) h_{lj}(i), \quad \forall k, i, l \in K. \quad (7)$$

Дәлелдеме. (2), (3) және (6) қатынастарды қолдана отырып, () теңдеудің шынайлығын көрсетемі. Әр түйінде i және әр бағытта (jk) түйін жүктемесі түзіледі

$$t_j(k, i) = \sum_u t^u(k, j) = t_j^u(k, i) + \sum_{u \neq l} t_j^u(k, i) = r_j(i) + \sum_{u \neq i} t_l^u(j, i) * h_{lj}(i) = r_j(i) + t_l(i) h_{lj}(i).$$

Шынында да, түйіндегі j жүктеме жалпы кіріс және түйін жүктеменің суммасымен анықталады, ол түйіннен j және көрші түйіннен l келіп түседі. Түйінге j келіп түсетін барлық бағыттары (lj) үшін, аламыз

$$t_j(k, i) = \sum_l [r_j(i) + t_l(i) h_{li}(i)] = r(i) + \sum_l t_l(j, i) h_{lj}(i),$$

дәлелдеу керек болды.

Бұл теорема көп каналды шақырулардағы ағындарды өтпелі жолмен тасымалдауда тармақ түйіндерінде түйін ағынын орнатуға мүмкіндік береді.

КК режимдерінің толық ағынын мәні кез келген АТМ жүйесінде жіберушілер i бойынша тармақталған жолдары бойынша таратылған ағын мәндерін қосу арқылы анықталады, (4) формула бойынша, бұл дегеніміз

$$g = \sum_i g_{jk}(i). \quad (8)$$

Қорыта келе, асинхронды тасымалдау режимінде көп каналды шақыруларда тасымалданғалы жатқан ағындарды әр бір түйіндердегі транзитті жүктемелерді тасымалдау үшін процесте тұйық бағытты болдырмау, яғни барлық түйіндерге жүктемелер таралуы немесе өтпелі жолмен тасымалдау тармақ түйіндерінде түйін ағынын орнатып, толық ағынын мәнін анықтауға болады.

Зерттеу жұмыстары ҚР БҒМ Ғылым комитеті қаржыландыратын гранттық ғылыми жоба (15.03.18 ж. №164) шеңберінде жүргізілген.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Олифер, В. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: ЖОО үшін оқулық - СПб.: Питер, 2012. - 944 б.
- [2] Кузин, А.В. Компьютерные сети: Оқу құралы - М.: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 192 б.
- [3] Кузьменко, Н.Г. Компьютерные сети и сетевые технологии - СПб.: Наука и техника, 2013. - 368 б.
- [4] Куроуз, Д. Компьютерные сети. Нисходящий подход - М.: Эксмо, 2016. - 912 б.
- [5] Боккер П. Цифровая сеть с интеграцией служб. Понятия, методы, системы. - М.: Радио и связь, - 1991. - 304 б.
- [6] Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями, - М.: Мир, - 1979. - 600 б.
- [7] Максимов, Н.В. Компьютерные сети: Орта профессионалды білім беру орындарының студенттеріне арналған оқу құралы - М.: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 464 б.
- [8] Олифер, В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. Стандарт третьего поколения - СПб.: Питер, 2013. - 944 б.
- [9] Ашиғалиев Д.У., Калимолдаев М.Н., Кемельбекова Ж.С. Оптимальное распределение канальных ресурсов для передачи смешенного трафика по интегральной сети // «Проблем управления и информационных технологий» атты халықаралық конференцияның материалдары, НАН КР. - Бішкек: ИАИТ, 2010. - №2. - Б.12-16.
- [10] А.Зайка. Компьютерные сети. -М.: ОЛМА-ПРЕСС, 2006. - 448с.
- [11] Фратта Л., Лазарев В.Г., Паршенков Н.Я. Адаптивное управление канальными ресурсами в интегральной цифровой сети связи. Сети пакетной коммутации ЭВМ// IV совет-итальян семинарының еңбектері, - М.: Наука, - 1984. -Б. 59-63.
- [12] Jim Kurose, Keith Ross. Computer Networking. A Top Down Approach, 5th edition. Addison – Wesley, - 2009. - 862 p.
- [13] Natalia Olifer, Victor Olifer. Computer Networks: Principles, Technologies and Protocols for Network Design. Wiley & Sons, Hardcover, England, - 2005. - 1000 p.
- [14] Сембиев О.З., Кемельбекова Ж.С. Интеграция информационных служб связи в Казахстане // «Ауезов оқулары - 8: Ғылыми жетістіктер – өркениеттің мәдени және экономикалық дамуының негіздері» атты халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференцияның еңбектері. - Шымкент, 2009. - Т.5. - Б. 246-250.
- [15] Джолдасова М.С., Кемельбекова Ж.С., Сембиев О.З. Распределение канальных ресурсов на сети по обходным путям передачи нагрузок в режиме коммутации каналов // «Ауезов оқулары - 10: 20 жылдық белес: ғылым, білім және мәдениеттің инновациялық даму бағыттары» атты халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференцияның еңбектері. - Шымкент, 2011. - Т.7. - Б. 184-188.

Сембиев О.З., Кемельбекова Ж.С., Махатова А.Х.

Распределение нагрузки в режиме коммутации каналов на узлах асинхронной сети

Резюме. Рассматривается асинхронная технология передачи в режиме коммутации каналов и многоканальные вызовы компьютерной сети. Исследовано распределение нагрузки по каждому узловым коммутации каналов, при прямой свободной узле, если прямые узлы не свободны то по обходным направлениям. А также дана теорема позволяющая формирование узлового потока на узлах дерева обходных путей передачи потока многоканальных вызовов.

Ключевые слова: режим асинхронной передачи, коммутация каналов, коммутация пакетов, гибридные узлы коммутации, интегральные групповые тракты, трафики, виртуальные соединения.

Sembiyev O.Z., Kemelbekova Zh.S., Mahatova A.H.

Load balancing in the circuit switching mode on the nodes of an asynchronous network

Summary. This article considers asynchronous transmission technology in the circuit-switching mode and multi-channel calls of the computer network. The distribution of the load for each node switching of channels is studied, with

a direct free node, if the forward nodes are not free, then bypass directions. Also given a theorem allowing the formation of a node-by-node flow on the nodes of the tree of workarounds for the flow of multichannel calls.

Key words: asynchronous transfer mode, channel switching, packet switching, hybrid switching nodes, integrated group paths, traffic, virtual connections.

УДК 532.536

Zh.K. Akasheva¹, B.K. Assilbekov², A.A. Kudaikulov³

¹Kazakh National Research Technical University after K.I. Satpaev Almaty, Kazakhstan

²LLP «KBTU BIGSoft», Almaty, Kazakhstan

³Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

e-mail: zhibek_akasheva@mail.ru)

STIMDESIGN SOFTWARE MODULE FOR AUTOMATIC SELECTION OF A SUITABLE METHOD FOR OIL FLOW STIMULATION TO THE WELL

Abstract. The developed StimDesign software module serves as a tool for analyzing the design of the main methods for oil flow stimulation to the well (acid treatment and hydraulic fracturing). This module can be used to selection of the optimal conditions for the methods oil flow stimulation. The paper presents an algorithm for working with a software module, formulas for calculating, data library. The developed module has a friendly interface, which makes it easy to enter data on the lithological and mineralogical composition of rocks, the well, the reservoir, etc.

Key words: acid treatment, software module, automatic method selection, user interface, data library.

Ж.К. Акашева¹, Б.К. Асилбеков², А.А. Кудайкулов³

¹КазННТУ им. К.И.Сатпаева, Алматы, Казахстан

²ТОО «KBTU BIGSoft», Алматы, Казахстан

³Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

e-mail: zhibek_akasheva@mail.ru)

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ STIMDESIGN ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫБОРА ПОДХОДЯЩЕГО МЕТОДА ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРИТОКА НЕФТИ К СКВАЖИНЕ

Аннотация. Разработанный программный модуль StimDesign служит инструментом для анализа дизайна основных методов интенсификации притока нефти к скважине (кислотной обработки и гидравлического разрыва пласта). Данный модуль может быть использован для подбора оптимальных условий проведения методов интенсификации притока нефти к скважине. В работе представлен алгоритм работы с программным модулем, формулы расчета, библиотека данных. Разработанный модуль имеет дружественный интерфейс, что позволяет с легкостью вводить данные о литологическом и минералогическом составе пород, о скважине, пласта и т.д.

Ключевые слова: Кислотная обработка, программный модуль, автоматический выбор метода, пользовательский интерфейс, библиотека данных.

Введение

Одними из эффективных методов интенсификации притока нефти в скважину являются кислотная обработка (КО) и гидроразрыв пласта (ГРП) путем повышения проницаемости пласта вблизи скважины [1].

Кислотная обработка матрицы - метод стимуляции скважины, в котором кислотный раствор вводится в пласт, чтобы растворить некоторые из присутствующих минералов и, следовательно, восстанавливать или увеличивать проницаемость в окрестности вблизи ствола скважины [2]. Целью КО является улучшение продуктивности, т.е. уменьшение величины скин-фактора в коллекторе путем растворения «загрязнений» пласта или создания новых приточных каналов в пределах от нескольких сантиметров до одного-двух метров вокруг ствола скважины [3].

Поврежденные пласты требуют различных сценариев кислотной обработки, которые варьируются от типа пласта, места повреждения и температуры [4]. Именно поэтому дизайну кислотной обработки уделяется большое внимание. Различают несколько видов солянокислотных обработок, среди которых: обычная СКО, кислотная ванна, СКО под давлением, поинтервальная или ступенчатая СКО и др [5].

Разработанный программный модуль StimDesign помогает пользователю автоматически выбрать подходящий метод или комбинацию методов интенсификации притока флюида к скважине на основе анализа данных о породе (литологический и минералогический состав), скважине, толщине продуктивного слоя и загрязнении призабойной зоны скважины (ПЗС). В результате StimDesign автоматически генерирует файл с выбранным методом интенсификации и его подобранными параметрами, а также рекомендациями по его применению, готового к дальнейшему использованию.

Результаты

StimDesign состоит из 2-х частей. В первой части «Stim Design Input» необходимо ввести входные данные, такие как данные скважины, пласта, добычи и минералогии. Во второй части «Stim Design Database» можно получить рекомендации по проведению выбранного метода или комбинаций методов интенсификации притока флюида к скважине на основе анализа введенных данных.

Интерфейс программного модуля StimDesign представлен на трех языках: казахском, русском и английском. Как показано на рисунке 1 для изменения языка интерфейса на русский язык следует выполнить следующие действия: Help<Language<Russian.

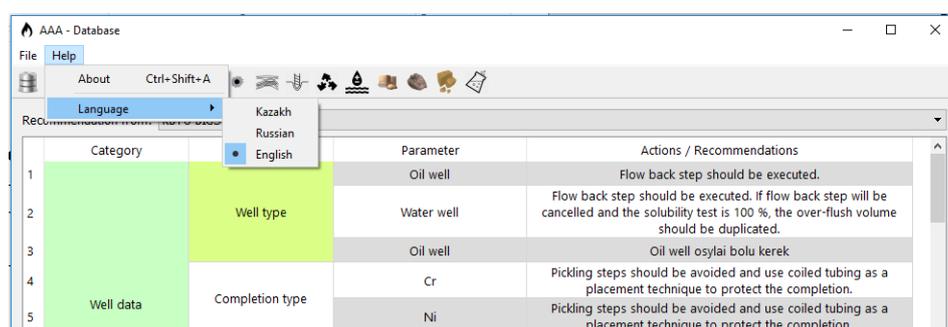


Рис. 1. Главное окно программного модуля StimDesign

Основные функции работы программного модуля StimDesign - Database

В верхней части окна данного приложения находятся кнопки, которые открывают справочники. Все эти справочники могут редактироваться пользователем самостоятельно, с помощью нажатия на правую кнопку мыши.

Ниже в таблице 1 предоставлен перечень имеющихся справочников.

Таблица 1. Перечень имеющихся справочников

	- здесь находится справочник всех учреждений – рекомендантов
	- справочник всех типов скважин
	- справочник всех видов заканчивания
	- справочник всех видов отклонения скважины
	- справочник всех типов забоя
	- справочник всех видов резервуара
	- справочник всех видов режимов работы залежи
	- справочник всех видов совместимости лабораторных данных
	- справочник всех типов пород
	- справочник всех видов глин
	- справочник всех категорий повреждения
	- справочник всех видов повреждения
	- справочник всех видов присадок

Программный модуль Stim Design состоит из 5 шагов [6].

Шаг первый - Ввод данных

Как показано на рисунках 2-6 на данном этапе вводятся данные скважины, пласта, добычи, минералогии и лабораторных исследований.

Данные скважины

Тип скважины: Нефтяная скважина

Объем трубы: 0 m³

Наклон скважины: Горизонтальный

Vp (Объем обсадной колонны ниже пакера): m³

Тип заканчивания: Cg

Наружный диаметр заканчивания: m

Минимальный внутренний диаметр: m

Внутренний диаметр: m

Rw (Радиус скважины): m

Вид отверстия: Открытое отверстие

Интервал перфорирования: m

Первичное цементирование:

Общая глубина: m

Конец трубы: m

Рис. 2. Ввод данных скважины

Данные резервуара

Пористость: m³

Кoeffициент загрязнения: nap

Проницаемость резервуара: m²

Тип резервуара: Гетерогенный

Давление резервуара: Pa

Газовый резервуар

Температура резервуара: °K

Нефтяной или водной резерву...

Давление разрыва: Pa

Радиус дренирования: m

Давление насоса: Pa

Режим работы залежи: Водоносный режим

Контакт нефтяного газа: m

Режим газовой шапки

Режим газовой шапки и воднос...

Рис. 3. Ввод данных резервуара

Данные добычи

Обводненность: m³/s

Дебит: m³/s

Кoeffициент продуктивности: m³/s

Скорость откачки: m³/s

Rd: m

H2S: m³/s

Радиус повреждения: m

Кoeffициент заполнения: m³/s

Включение / выключение оправки:

Вязкость: P

Содержится ли асфальтен?:

Удельный вес: m³/s

Содержится ли парафин?:

Рис. 4. Ввод данных добычи

Минералогические данные

Тип породы: Carbonate

Типы глины: Elite

Содержание глины: m³/s

Является ли цементирующий материал карбонатом?

Ухудшение коллекторских свойств пласта

Type	Name
1	Paraffin
2	Asphaltine
3	Calcium carbonate
4	Iron carbonate
5	Iron sulfide
6	Iron sulfate
7	Gypsum

Рис. 5. Ввод данных минералогии

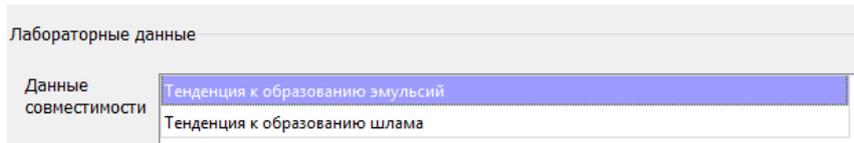


Рис. 6. Ввод лабораторных данных

Шаг второй - Ввод данных программы кислотной обработки

На данном этапе вводятся данные технологии кислотной обработки, дизайн, технология расположения, объем кислоты, тип и количество присадок, давление закачки, скорость закачки. На рисунке 7 показан ввод параметров желаемой кислотной обработки.

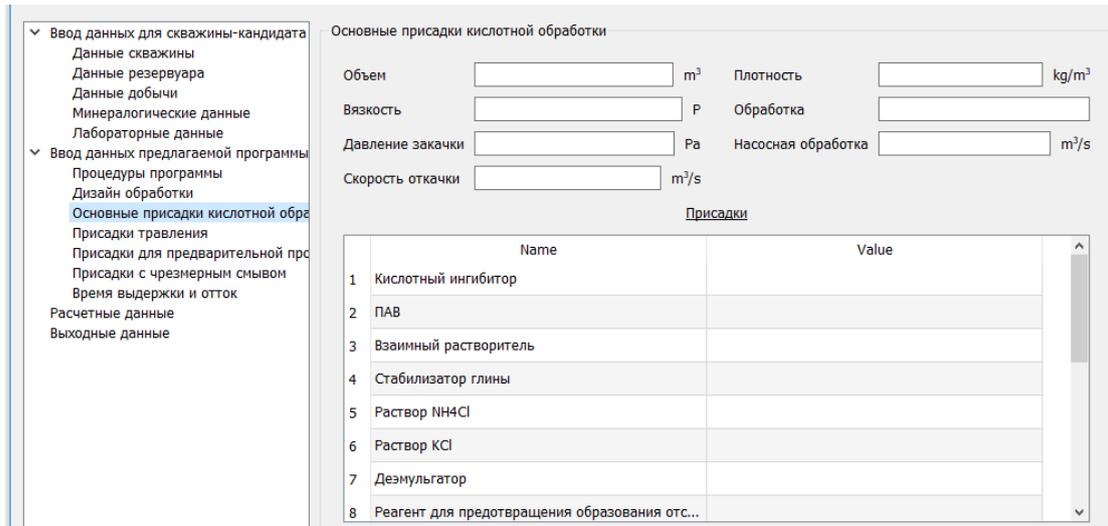


Рис. 7. Ввод параметров кислотной обработки

Шаг третий – Расчеты

Данный этап является одним из основных шагов в программном модуле StimDesign. Здесь выполняются расчеты по значениям, которые были введены при шагах 1 и 2 с помощью формул материалов [1, 7, 8, 9].

Максимальная скорость закачки определяется по следующей формуле:

$$Q_{max} = \frac{4.916 * 10^{-6} K h (P_{frac} - P_{res} - P_{safe})}{(\mu \beta \ln \frac{r_e}{r_w} + S)}, \tag{1}$$

где Q_{max} – максимальная скорость закачки (m^3/c), K – неповрежденная проницаемость пласта (m^2), h – толщина пласта (м), P_{frac} – давление разрыва (Па), P_{res} – среднее пластовое давление (psi), P_{safe} – безопасный резерв (Па), μ – вязкость закачиваемой жидкости (сР), β – объемный коэффициент, r_e – радиус дренирования (м), r_w – радиус скважины (м), S – скин-фактор.

Минимально допустимая скорость закачки определяется по следующей формуле:

$$Q_{min} = \frac{(Vol_{acid} - Vol_{pump})}{42 * 60 t_{Cl}}, \tag{2}$$

где Q_{min} – минимально допустимая скорость закачки (m^3/c), Vol_{acid} – общий объем кислоты (m^3), Vol_{pump} – закаченный объем кислоты (m^3), t_{Cl} – время предотвращения коррозии (час).

Давление устья скважины определяется по следующей формуле:

$$P_s = P_{frac} - P_{fric} - P_{hyd} - P_{safe}, \tag{3}$$

где P_s – давление устья скважины (Па), P_{fric} – давление на трения (Па), P_{hyd} – гидростатическое давление (Па).

Давление трения и гидростатическое давление рассчитываются по формулам (4) и (5) соответственно.

$$P_{fric} = 518 \frac{\rho^{0.79} q^{1.79} \mu^{0.207}}{ID^{4.79}}, \quad (4)$$

$$P_{hyd} = 0.052 * \rho d * h, \quad (5)$$

где ρ – плотность жидкости (кг/м³), q – скорость закачки (м³/с), ρd – плотность жидкости (ppg). Объем травления определяется по следующей формуле:

$$V_{pickling} = 4.68743 * t_s * L * F * (ID + t_s), \quad (6)$$

где $V_{pickling}$ – объем травления (м³), t_s – толщина фрезы (м), L – длина обсадных труб (м), F – коэффициент безопасности (равен 1.1), ID – внутренний диаметр (м).

Объем обсадных труб рассчитывается по следующей формуле:

$$V_{tbg} = \frac{ID^2}{1029} * L. \quad (7)$$

Скин-фактор определяется по формуле Хокинса:

$$S = \left(\frac{K}{K_d} - 1 \right) \ln \frac{r_d}{r_w}, \quad (8)$$

где K – неповрежденная проницаемость пласта (м²), K_d – проницаемость измененной зоны (м²), r_d – радиус измененной зоны (м), r_w – радиус скважины (м).

При $k_d < k$ (повреждение) скин-фактор является положительным, при $k_d > k$ (интенсификация) скин-фактор является отрицательным, а при $k_d = k$ скин-фактор равен 0 [10].

Шаг четвертый - Оценка и модификация

На данном этапе программный модуль StimDesign сравнивает входные данные по скважине и кислотной обработке с рекомендациями в библиотеке. Именно на данном этапе могут обнаружиться причины неэффективного дизайна КО. Сравнение происходит в соответствии со специальной библиотекой данных, которая включает критерии отбора по данным скважины, пласта, добычи, минералогии, концентрации кислотных присадок. Библиотека может порекомендовать оптимальный объем кислоты и количество присадок.

Шаг пятый – Результат

На данном этапе программный модуль предоставляет отчет оценки проведения КО (рисунок 8). Если желаемый дизайн проведения КО неуспешный, то программный модуль отмечает причины провала и дает альтернативные решения для улучшения дизайна кислотной обработки. Результаты расчета можно распечатать вместе с входными данными.

<ul style="list-style-type: none"> ▼ Ввод данных для скважины-кандидата <ul style="list-style-type: none"> Данные скважины Данные резервуара Данные добычи Минералогические данные Лабораторные данные ▼ Ввод данных предлагаемой программы <ul style="list-style-type: none"> Процедуры программы Дизайн обработки Основные присадки кислотной обра Присадки травления Присадки для предварительной про Присадки с чрезмерным смывом Время выдержки и отток Расчетные данные Выходные данные 	<p>Расчетные данные</p> <table border="0"> <tr> <td>F</td> <td><input type="text"/></td> <td>P_{safe}</td> <td><input type="text"/></td> <td>Pa</td> </tr> <tr> <td>Кoeffициент безопасности</td> <td></td> <td>Безопасный резерв</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kd</td> <td><input type="text"/></td> <td>P_{fric}</td> <td><input type="text" value="nan"/></td> <td>Pa</td> </tr> <tr> <td>Поврежденная проницаемость</td> <td>m^2</td> <td>Давление трения</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>t_s</td> <td><input type="text"/></td> <td>P_{hyd}</td> <td><input type="text" value="0"/></td> <td>Pa</td> </tr> <tr> <td>Толщина фрезы</td> <td>m</td> <td>Гидростатическое давление</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Vol_{acid}</td> <td><input type="text"/></td> <td>P_s</td> <td><input type="text" value="nan"/></td> <td>Pa</td> </tr> <tr> <td>Общий объем кислоты</td> <td>m^3</td> <td>Давление в скважине</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Vol_{pump}</td> <td><input type="text"/></td> <td>Q_{max}</td> <td><input type="text" value="nan"/></td> <td>m^3/s</td> </tr> <tr> <td>Закаченный объем кислоты</td> <td>m^3</td> <td>Максимальная скорость закачки</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>$Vol_{backing}$</td> <td><input type="text" value="0"/></td> <td>Q_{min}</td> <td><input type="text" value="nan"/></td> <td>m^3/s</td> </tr> <tr> <td>Объем травления</td> <td>m^3</td> <td>Минимально допустимая скорость откачки</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ρ</td> <td><input type="text"/></td> <td>t_{cl}</td> <td><input type="text"/></td> <td>s</td> </tr> <tr> <td>Плотность жидкости</td> <td>kg/m^3</td> <td>Время предотвращения коррозии</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ρ_d</td> <td><input type="text" value="0"/></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Плотность жидкости</td> <td>ppg</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	F	<input type="text"/>	P_{safe}	<input type="text"/>	Pa	Кoeffициент безопасности		Безопасный резерв			Kd	<input type="text"/>	P_{fric}	<input type="text" value="nan"/>	Pa	Поврежденная проницаемость	m^2	Давление трения			t_s	<input type="text"/>	P_{hyd}	<input type="text" value="0"/>	Pa	Толщина фрезы	m	Гидростатическое давление			Vol_{acid}	<input type="text"/>	P_s	<input type="text" value="nan"/>	Pa	Общий объем кислоты	m^3	Давление в скважине			Vol_{pump}	<input type="text"/>	Q_{max}	<input type="text" value="nan"/>	m^3/s	Закаченный объем кислоты	m^3	Максимальная скорость закачки			$Vol_{backing}$	<input type="text" value="0"/>	Q_{min}	<input type="text" value="nan"/>	m^3/s	Объем травления	m^3	Минимально допустимая скорость откачки			ρ	<input type="text"/>	t_{cl}	<input type="text"/>	s	Плотность жидкости	kg/m^3	Время предотвращения коррозии			ρ_d	<input type="text" value="0"/>				Плотность жидкости	ppg			
F	<input type="text"/>	P_{safe}	<input type="text"/>	Pa																																																																													
Кoeffициент безопасности		Безопасный резерв																																																																															
Kd	<input type="text"/>	P_{fric}	<input type="text" value="nan"/>	Pa																																																																													
Поврежденная проницаемость	m^2	Давление трения																																																																															
t_s	<input type="text"/>	P_{hyd}	<input type="text" value="0"/>	Pa																																																																													
Толщина фрезы	m	Гидростатическое давление																																																																															
Vol_{acid}	<input type="text"/>	P_s	<input type="text" value="nan"/>	Pa																																																																													
Общий объем кислоты	m^3	Давление в скважине																																																																															
Vol_{pump}	<input type="text"/>	Q_{max}	<input type="text" value="nan"/>	m^3/s																																																																													
Закаченный объем кислоты	m^3	Максимальная скорость закачки																																																																															
$Vol_{backing}$	<input type="text" value="0"/>	Q_{min}	<input type="text" value="nan"/>	m^3/s																																																																													
Объем травления	m^3	Минимально допустимая скорость откачки																																																																															
ρ	<input type="text"/>	t_{cl}	<input type="text"/>	s																																																																													
Плотность жидкости	kg/m^3	Время предотвращения коррозии																																																																															
ρ_d	<input type="text" value="0"/>																																																																																
Плотность жидкости	ppg																																																																																

Рис. 8. Расчетные данные

Программный модуль StimDesign представляет рекомендации, разделенные по таким категориям, как скважина, резервуар, добыча, минералогия, лабораторные данные, диапазон присадок. На рисунке 9 представлены рекомендации для резервуара

8	Температура резервуара	Tres	Необходимо добавить ингибитор кислоты.
9		Tres	Следует использовать органическую кислоту или комбинированную кислоту.
10		Tres	Техника отклонения VESCO не может быть использована из-за превышения температуры.
11		Tres	Технология изолированной гелевой кислоты не может быть использована из-за превышения температуры.
12	Давление резервуара	Гидростатическое давление (Larger than)	Если пластовое давление меньше, чем гидростатическое давление, то для отработки скважины следует использовать механизированный способ добычи (такие как закачка азота или газлифтный клапан).
13	Режим работы залежи	Водоносный режим	Если используется кислотная обработка с замедленным действием, то водонефтяной контакт (WOC) должен быть отдален на расстояние более 100 футов.
14		Режим газовой шапки	Если используется кислотная обработка с замедленным действием, то газонефтяной контакт (GOC) должен быть отдален на расстояние более 100 футов.
15		Режим газовой шапки и водоносный режим	Если используется кислотная обработка с замедленным действием, то водонефтяной/газонефтяной контакт WOC/GOC должен быть отдален на расстояние более 100 футов.

Рис. 9. Рекомендации для данных резервуара

На рисунке 10 представлены рекомендации для лабораторных данных, а на рисунке 11 представлены рекомендации для диапазона кислотных присадок.

60	Лабораторные данные	Данные совместимости	Тенденция к образованию эмульсий	Следует добавить реагент для предотвращения образования эмульсий.
61			Тенденция к образованию шлама	Следует добавить реагент для предотвращения шламообразования.

Рис. 10. Рекомендации для лабораторных данных

62		0.002 < Кислотный ингибитор < 0.02	0,2>кислотный ингибитор>2
63		0.001 < ПАВ < 0.005	0,1>ПАВ>0,5
64		0.05 < Взаимный растворитель < 0.1	5>взаимный растворитель> 10
65		0.001 < Стабилизатор глины < 0.002	0,1>стабилизатор глины>0,2
66		0.02 < Раствор NH ₄ Cl < 0.05	2>NH ₄ Cl<5
67		0.001 < Деэмульгатор < 0.005	0.1>деэмульгатор>0.5
68		0.05 < Реагент для предотвращения образования отстоя на границе кислота-нефть < 0.25	5>реагент для предотвращения образования отстоя на границе кислота-нефть>25
69	Диапазон нормальных концентрации кислотных добавок	0.002 < Неэмульсионный тип < 0.02	0,2>неэмульсионный тип>2
70		0.01 < Эмульгатор < 0.04	1>эмульгатор>4
71		0.3 < Органический растворитель / кислота < 0.7	30:70
72		0.04 < Стабилизатор железа < 0.08	4>стабилизатор железа>8
73		0.005 < Раскислитель H ₂ S < 0.0025	0,5>раскислитель H ₂ S>0.5
74		0.001 < Понижитель трения < 0.005	0,1>понижитель трения>0.5

Рис. 11. Диапазон кислотных присадок

Пользователь имеет возможность самостоятельно редактировать имеющийся список рекомендаций с помощью нажатия на правую кнопку мыши.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы была разработана первая версия программного модуля StimDesign для автоматического выбора подходящего метода или комбинаций методов интенсификации притока флюида к скважине на основе анализа данных о породе (литологический и минералогический состав), о скважине, пласта и т.д. В работе представлен алгоритм работы с программным модулем, формулы расчета, библиотека данных, также приведены рабочие окна пользовательского интерфейса.

Разработанный модуль имеет дружелюбный интерфейс, что облегчает работу на нем и не требует специального курса обучения пользователей.

Данный модуль разработан в рамках подпроекта APP-JRG-17/0448F «Разработка и внедрение интегрированного программного продукта для комплексного решения проблем интенсификации добычи на углеводородных месторождениях» который финансируется в рамках проекта «Стимулирование продуктивных инноваций».

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ahmed Tarek. Reservoir Engineering Handbook. - 2nd edition. – USA: Gulf Professional Publishing, 2006. – 1376 pp.
- [2] Michael J. Economides, A. Daniel Hill and others. Petroleum Production Systems. - 2nd edition. – USA: Pearson Education, Inc, 2013. – 732 pp.
- [3] Томас Р., Масмонтейл Ж., Кроуи К. Тенденции в кислотной обработке матрицы // Нефтяное обозрение. - 1996. - №3 - С.20-30.
- [4] Faruk Civan. Reservoir Formation Damage (Fundamentals, Modeling, Assessment, and Mitigation). – USA: Houston, 2000. – 741 pp.

- [5] И.Т. Мищенко. Скважинная добыча. – М:Нефть и газ РГУ нефти и газа им.Губкина, 2003. – 816 с.
- [6] Yasser A. Ahmed, Mahmoud Abu El Ela, El Sayed El Tayeb, Abdel Aziz Osman, “Development of an Advisor Auditor Computer Program for the Acidizing Operation Design”, J. of Pet. Sci. Research, 2014. – 14 pp.
- [7] Syed A. Ali, Leonard Kalfayan, Carl Montgomery. Acid Stimulation. – SPE, 2016. – 588 pp.
- [8] H.A.Ohen, F.Civan and others. Predicting Skin Effects Due to Formation Damage by Fines Migration. - SPE journal, 1991. - 12 pp.
- [9] Ming Lui, Shicheng Zhang, Jianye Mou. Effect of normally distributed porosities on dissolution pattern in carbonate acidizing. Elsevier Journal of petroleum Science and Engineering, 2012. - 12 pp.
- [10] Economides Michael J., Kenneth G. Nolte. Reservoir Stimulation. - 3d edition. - USA: Wiley 2000. – 856 pp.

Акашева Ж.К., Асилбеков Б.К., Кудайкулов А.А.

Мұнайдың ұңғыға ағып келуін интенсификациялаудың қолайлы әдісін автоматты таңдауға арналған StimDesign бағдарламалық модулі

Түйіндеме. StimDesign бағдарламалық модулі мұнайдың ұңғыға ағып келуін интенсификациялаудың негізгі әдістерінің (қышқылдық өңдеу мен қабатты гидравликалық жару) дизайнын талдауға арналған құрал болып табылады. Бұл модульді ұңғыға мұнайдың ағып келуін интенсификациялау әдістерін жүргізудің тиімді шарттарын таңдауға қолдануға болады. Аталған модуль қабат, ұңғы жайлы, жыныстың литологиялық және минералогиялық құрамы туралы, т.б. ақпараттарды оңай енгізуге мүмкіндік беретін ыңғайлы интерфейстен тұрады.

Түйінді сөздер: Қышқылдық өңдеу, бағдарламалық модуль, әдісті автоматты таңдау, қолданушы интерфейсі, мәліметтер қоры

Akasheva Zh.K., Assilbekov B.K., Kudaikulov A.A.

StimDesign software module for automatic selection of a suitable method for oil flow stimulation to the well

Summary. The developed StimDesign software module serves as a tool for analyzing the design of the main methods for oil flow stimulation to the well (acid treatment and hydraulic fracturing). This module can be used to selection of the optimal conditions for the methods oil flow stimulation. The developed module has a friendly interface, which makes it easy to enter data on the lithological and mineralogical composition of rocks, the well, the reservoir, etc.

Key words: acid treatment, software module, automatic method selection, user interface, data library.

УДК 681.3

A.S. Boranbayev¹, S.N. Boranbayev², A.M. Nurusheva², K.B. Yersakhanov¹

(¹Nazarbayev University, Astana, Kazakhstan

²L.N. Gumilev Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

E-mail: ¹aboranbayev@nu.edu.kz, ²sboranba@yandex.kz, ²nurusheva.assel@mail.ru, ¹yk_94@mail.ru)

APPROACHES, METHODS AND TOOLS TO ENSURE THE RELIABILITY OF THE INFORMATION SYSTEM FUNCTIONING

Abstract. Some methods for information systems functioning, analysis and evaluation of information system risk are considered in the article. A review of the most commonly used methods of analysis and evaluation of information risks is made. The developed software system for analysis and evaluation of risks, as well as its neutralization based on the information system functioning is described. The recommendations for further updating of the software system are developed.

Key words: information systems, software, software system, reliability, risk assessment.

А.С. Боранбаев¹, С.Н. Боранбаев², А.М. Нурушева², К.Б. Ерсаханов¹

(¹Nazarbayev University, Astana, Kazakhstan

²Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан

E-mail: ¹aboranbayev@nu.edu.kz, ²sboranba@yandex.kz, ²nurusheva.assel@mail.ru, ¹yk_94@mail.ru)

ПОДХОДЫ, МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Аннотация: В статье рассмотрены некоторые подходы и методы по обеспечению надежности функционирования информационных систем, анализу и оценке рисков возникновения их отказов. Сделан обзор наиболее часто используемых подходов анализа и оценки информационных рисков. Описана разработанная про-

граммная система по обеспечению надежности функционирования информационных систем на основе подходов анализа и оценки риска, а также его нейтрализации. Разработаны рекомендации для дальнейшей модернизации программной системы.

Ключевые слова: информационные системы, программное обеспечение, программная система, надежность, оценка рисков.

Введение. Данная работа выполнена по гранту МОН РК, ИРН: AP05131784.

Общеизвестно, что в настоящее время компании обычно закупают и внедряют в эксплуатацию информационные системы и программное обеспечение, не учитывая оценку их надежности. Зачастую это приводит к увеличению уровня рисков отказов информационных систем и программного обеспечения. По этой причине необходимо проводить регулярные исследования риски и проводить мероприятия, направленные на их снижение. Так, компании имели бы возможность вовремя узнавать о существующих угрозах отказа закупленной информационной системы и/или программного обеспечения и успешно и своевременно их устранять. Помимо прочего, выявление таких потенциальных отказов в информационной системе или программном обеспечении на раннем этапе работы дает возможность предприятиям сэкономить время и ресурсы на исправление.

Рассмотрим анализ выбора компаниями инструментов и методов анализа и оценки рисков с целью снижения последствий потенциальных операционных рисков. Анализ видов и последствий отказов (FMEA), Анализ дерева отказов (FTA), Анализ дерева событий (ETA), Анализ рисков по методу «Галстук-Бабочка», Анализ «Что-Если», Анализ опасности и работоспособности (HAZOP) и Анализ уровня защиты (LOPA) являются наиболее распространенными инструментами, используемыми в наиболее крупных и промышленных организациях. Эти инструменты оценивают потенциальные риски и пытаются поддерживать их в допустимых пределах [1-3].

Методы исследования. Подходы анализа и оценки рисков. Проведем краткий обзор подходов, инструментов и методов анализа и оценки рисков (Таблица 1).

Таблица 1. Краткий обзор подходов, инструментов и методов анализа и оценки рисков [4-16].

Наименование подхода, инструмента и метода анализа и оценки рисков	Краткое описание
Анализ видов и последствий отказов – Failure modes and effects analysis (FMEA)	структурированный подход, предназначенный для идентификации потенциальных отказов, которые могут существовать при разработке продукта. Приоритеты отказов основываются на серьезности последствий отказа, частоте возникновения отказов и уровне сложности обнаружения отказов. Подход хранит знания о рисках для дальнейшего использования.
Анализ дерева отказов – Fault tree analysis (FTA)	подход анализа надежности и безопасности. Начинается с инициирующих событий и обнаруживает комбинацию отказов, вызывающих эти события. Диаграммы дерева отказов являются логическими блок-схемами, отображающими состояние системы в терминах состояний ее компонентов, которые являются графическим методом проектирования. FTA – дедуктивный анализ, визуально изображающий путь отказа.
Анализ дерева событий – Event tree analysis (ETA)	ETA начинается с инициирования событий и рассматривает их альтернативные последовательности. Наиболее эффективен при моделировании несчастных случаев, когда используются защитные меры. Дерево событий является типом последовательных оценок рисков. Дерево событий начинается с инициирующего события. Последствия события сопровождаются последовательностью возможных путей. Вероятность появления присваивается каждому пути, может вычисляться вероятность различных возможных результатов.
Анализ рисков по методу «Галстук-Бабочка»	Простой схематический способ описания и анализа путей реализации риска, начиная с опасности до последствий и результатов, а также анализа методов управления. В данном подходе объединены логика дерева неисправностей, с помощью которого проводят анализ причин события, и дерева событий, с помощью которого анализируют последствия.

Анализ «Что-Если»	Система, помогающая группе специалистов идентифицировать риск. Применяется в комплекте с другими подходами анализа и оценки риска.
Анализ опасности и работоспособности – Hazards and operability studies (HAZOP)	систематический и структурированный метод оценки системы и управления рисками. Подход основан на теории, предполагающей, что события риска вызваны отклонениями от проектных целей. Обнаружение отклонений облегчается посредством использования наборов управляющих слов «guide words» в качестве систематического списка перспектив отклонения. Концепция HAZOP состоит в том, что во время встреч многопрофильная команда использует «мозговой штурм», следуя структуре, предоставленной «guide words», и опытом руководителя группы.
Анализ уровня защиты (LOPA)	Позволяет оценить средства управления и их эффективность. Подход называется также анализом барьеров.

Несмотря на то, что все перечисленные подходы отличаются друг от друга, эти подходы имеют общие характеристики: эксперт идентифицирует риск на основе экспертного опыта. В этой связи, эксперту необходимо обладать профессиональными знаниями о произошедших и потенциальных отказах. Практически во всех известных методах анализа и оценки рисков эксперт несет ответственность за анализ и оценку рисков.

Проведение мер по идентификации, анализу и оценке рисков является недостаточным для повышения надежности информационной системы. Одним из немаловажных этапов обеспечения надежности информационных систем является принятие мер по смягчению уровня отказов путем выявления наиболее опасных и негативных элементов, несущих риск для системы, и их исключению (уменьшению, снижению).

Описание программной системы по обеспечению надежности функционирования информационных систем. В данной статье приведено описание разработанной программной системы на базе следующих подходов:

1) подход по оценке рисков информационных систем. Использованный подход является метод оценки рисков – RED (Risk in Early Design) [7]. Он использовался ранее в промышленной и иных отраслях, включая область электромеханического проектирования. Данный подход был изложен более подробно в работах [17-18] в качестве подхода по обеспечению надежности информационных систем. Также подход RED наряду с методами ЕТА и FТА были описаны в работах [19-20];

2) подход по оценке нейтрализации эффекта события генерируемого риска (GREEN). Данный подход был ранее использован в качестве нового инструмента помощи для инженеров и менеджеров при выборе подходящего подхода по снижению идентифицированных и оцененных рисков. Подход также использовался в промышленной отрасли, включая добывающую промышленность [21-24].

Для реализации подхода GREEN и эффективного выбора соответствующих стратегий снижения рисков, в разработанной программной системе хранится историческая база данных отказов, выявленных посредством подхода RED. GREEN, используя эту базу данных, указывает на наиболее подходящую стратегию по минимизации последствий.

Разработанная программная система была выполнена при выполнении нижеперечисленных задач:

- 1) Анализ методов RED и GREEN;
- 2) Разработка алгоритма;
- 3) Проектирование структуры программной составляющей;
- 4) Кодирование;
- 5) Отладка и тестирование программы;
- 6) Подготовка отчетов об ошибках (для тестирования);
- 7) Анализ результатов;
- 8) Подготовка плана доработок.

Приведем краткое описание функционала программной системы в таблице 2.

Таблица 2. Краткое описание функционала программной системы.

Наименование функционала	Краткое описание
<i>Загрузка данных</i>	Загрузка данных может быть осуществлена двумя способами: 1) вручную – путем ввода информации через клавиатуру или выбора из базы системы. 2) Загрузка данных с помощью CSV. Достаточно заполнить данные в файл и сохранить в формате csv в базе программной системы.
<i>Вывод результатов анализа</i>	Программная система выводит результаты риска в двух формах: 1) кольцевая диаграмма. Пользователь может выбрать одну из 4-х финальных диаграмм, более подходящей требованиям выбранной системы. Риски на кольцевой диаграмме обозначены в трех цветах: красный – высокий; желтый – средний; зеленый – низкий. 2) текстовый файл с подробной информацией о рисках. В файле описывается идентифицированный риск.
<i>Стратегии</i>	В программной системе хранится готовая база со стратегиями снижения риска. Программная система позволяет выбрать подходящую стратегию из имеющейся базы, либо добавить в базу свою стратегию.
<i>Выгрузка данных</i>	Пользователь может выгрузить результаты в файл формата csv для дальнейшего использования.
<i>Риски, пользователи и разработчики</i>	На основе данных, хранящихся в базе данных, можно вывести наиболее популярные из них: 1) ТОП-10 повторяющихся отказов; 2) ТОП-10 пользователей; 3) ТОП-10 разработчиков.
<i>Сведения о программе</i>	Раздел «Информация о программе» (About) пользователю в максимально удобной форме поясняет каждый шаг работы с программной системой. Также помимо текстовой информации и изображений, пользователь может ознакомиться с работой программной системы, просмотрев специальный видео-урок.

Первая версия программного продукта была впервые представлена в работе [18].

Обсуждение результатов исследований. Анализ используемого подхода эвристики в разработанной программной системе. В разработанной программной системе используется 4 категории эвристики, используемые в предложенных подходах. 4 комбинации, отображаемые в программной системе, показаны в таблице 3. Предполагается, что при использовании конкретной категории, пользователь может выгрузить соответствующий отчет. Соответствующая комбинация отображения вероятности и последствий, объединенных с хорошо разработанной базой данных, в значительной степени поможет разработчикам в выявлении и оценке рисков.

Таблица 3. Эвристика RED [25]

		Тип продукта	
		Человекоцентричный	Беспилотный
Уровень проектирования	Системный уровень	L2, C1	L2, C2
	Подсистемный уровень	L1, C1	L1, C2

Каждая из этих пар образует комбинации категорий продукта. При оценке риска необходимо выбрать одну из 4-х комбинаций. Комбинации категорий продукта выглядят следующим образом [25]:

- L1C1 - Уровень подсистемы и Человеко-ориентированный.
- L1C2 - Уровень подсистемы и Беспилотный.
- L2C1 - Системный уровень и Человеко-ориентированный.
- L2C2 - Системный уровень и Беспилотный.

Далее представлены определения категорий продукта [25]:

- 1) Системный уровень рассматривает риск продукта в целом.
- 2) Уровень подсистемы рассматривает риск подсистемы или более мелких частей продукта.

3) Человеко-ориентированный уровень рассматривает человеко-ориентированный продукт, т.е. продукт, в котором человек участвует в работе.

4) Беспилотный уровень рассматривает беспилотный продукт, который непосредственно не взаимодействует с человеком во время операции.

Закключение. В статье обозначено, что вопросы обеспечения надежности функционирования информационных систем играют значительную роль [26-29]. Информационные системы сталкиваются со многими рисками в течении всего жизненного цикла. Риском является потенциальное событие, которое может негативно повлиять на работу информационной системы, нанести репутационный, финансовый или иной ущерб компании или стране в зависимости от значимости функционирования информационной системы.

Регулярная проверка на наличие рисков с использованием надежного надлежащего инструмента для оценки риска позволяет предотвратить последствия, которые могут приостановить или испортить работу системы. Для прогнозирования потенциальных отказов в информационной системе, инструменты оценки риска должны базироваться на экспертных знаниях, что дает возможность определить частоту появлений отказов и их последствия. Сведения о произошедших отказах должны быть корректно заполнены и использованы, так как неточные сведения могут привести к серьезным потерям.

В статье сделан обзор существующих методов обеспечения надежности функционирования информационных систем. В разработанной программной системе был использован подход RED, который был адаптирован для информационных и программных систем, и позволяет проводить анализ и оценку риска на ранних этапах разработки информационных систем. Для нейтрализации идентифицированных рисков был использован подход GREEN и также адаптирован для информационных и программных систем.

В дальнейшей работе планируется добавление нового функционала путем добавления новых подходов и рассмотрения других областей, таких как оценка работы со стороны разработчика или пользователя, а также за счет создания и использования дополнительных баз данных, расширения отчетов по ТОП разделам.

Разработанный инструмент может помочь инженерам и лицам, принимающим решения, в признании потенциальных видов отказов в системе процессов и смягчении их вероятности и последствий; особенно на начальных этапах проектирования информационной системы.

В качестве будущей работы также планируется добавление аспекта человеческого фактора из-за его важности слияния со сложными технологиями. Тесное взаимодействие между человеком и машинами в среде очень нестабильного процесса делает необходимым рассмотреть вопрос интеграции человека-системы и часть человеческого фактора в общей конструкции системы.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Flin R.; Mearns K.; Fleming M. & Gordon R. (1996). Risk perception and safety in the offshore oil and gas industry. Sheffield: HSE Books.

[2] Vinnem J. E., Hestad J. A.; Kvaløy J.T.; Skogdalen L.E. (2010). Analysis of root causes of major hazard precursors (hydrocarbon leaks) in the Norwegian offshore petroleum industry. Reliability Engineering & System Safety, 1142-1153.

[3] Yasseri S.; Mahani R. (2013). Quantitative Risk Assessment for Oil and Gas Facilities. Manchester, UK: Smart Petroleum Ltd. Retrieved July 19, 2013.

[4] Altabbakh, Hanan Mohammad, Risk analysis: comparative study of various techniques. Doctoral Dissertations, Missouri University of Science and Technology, 2013, p.1-114.

[5] Siemens PLM Software. How to conduct a failure modes and effects analysis (FMEA). [Электронный ресурс]. URL: https://polarion.plm.automation.siemens.com/hubfs/Docs/Guides_and_Manuals/Siemens-PLM-Polarion-How-to-conduct-a-failure-modes-and-effects-analysis-FMEA-wp-60071-A3.pdf

[6] Quality-One website. Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). [Электронный ресурс]. URL: <https://quality-one.com/fmea/>

[7] Lough, K. G., Stone, R. and Turner, I. The risk in early design method. Journal of Engineering Design, 20(2), 2009, p.155-173.

[8] Cheng, Yao, Reliability prediction in early design stages. Doctoral Dissertations, Missouri University of Science and Technology, 2017, p.1-194.

[9] Product Quality Research Institute website. Hazard & Operability Analysis (HAZOP). [Электронный ресурс]. URL: http://pqri.org/wp-content/uploads/2015/08/pdf/HAZOP_Training_Guide.pdf

[10] The University of Auckland website. Hazard and Operability (HAZOP) Studies. [Электронный ресурс]. URL: <https://cdn.auckland.ac.nz/assets/ecm/documents/Hazard-Operability-Studies.pdf>

- [11] Weibull.com website. Fault Tree Analysis. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.weibull.com/basics/fault-tree/index.htm>
- [12] Quality-One website. Fault Tree Analysis (FTA). [Электронный ресурс]. URL: <https://quality-one.com/fta/>
- [13] Xing, L. and Amari, S. Fault tree analysis. In Handbook of Performability Engineering, 2008, p. 595-620.
- [14] Reliability Engineering education resources for professionals website. Event Tree Analysis. [Электронный ресурс]. URL: http://www.reliabilityeducation.com/intro_et.html
- [15] Булгакова В. В. Обзор методов оценки риска опасных производственных объектов / В. В. Булгакова, Р. Р. Габдулхаков, Г. А. Кадырова // Новая наука: Проблемы и перспективы. – 2017. – Т. 1, № 2. – С. 57–61.
- [16] Титова Т. С. Разработка методических основ определения и оценки состояния потенциально опасных объектов / Т. С. Титова, Р. Г. Ахтямов, Г. А. Бухарбаева // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-1. – С. 342.
- [17] Боранбаев А.С., Боранбаев С.Н., Ерсакханов К.Б., Нурушева А.М. Выявление потенциальных отказов программного обеспечения и их нейтрализация //Сб.докл. IVМежд. науч-практ. конф., Астана, 2017 – с.338-340.
- [18] A. Boranbayev, S. Boranbayev, K. Yersakhanov, A. Nurusheva, and R. Taberkhan. Methods of Ensuring the Reliability and Fault Tolerance of Information Systems. 15th International Conference of Information Technology, Information Technology – New Generations, 2018, pp.729-730.
- [19] D. A. Krus and K. Grantham Lough, Risk Due to Function Failure Propagation, International Conference on Engineering Design, ICED'07, 2007, p. 787-788.
- [20] D. A. Krus and K. Grantham Lough, Function-Based Failure Propagation for Conceptual Design, Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing, Cambridge University Press, 2009, p. 409–426.
- [21] Krus, Daniel A., The risk mitigation strategy taxonomy and generated risk event effect neutralization method. Doctoral Dissertations, Missouri University of Science and Technology, 2012, p.1 -176.
- [22] Krus D., Grantham K., Failure Prevention Through the Cataloging of Successful Risk Mitigation Strategies. Journal of Failure Analysis and Prevention, (13), 2013, p. 712–721.
- [23] Krus D., Grantham K., Generated risk event effect neutralization: identifying and evaluating risk mitigation strategies during conceptual design, in INCOSE 2012, Rome, 2012, p. 1225 – 1237.
- [24] Mohammad A. AlKazimi, HananAltabbakh, Susan Murray, Katie Grantham, Evaluating Generated Risk Event Effect Neutralization as a New Mitigation Strategy Tool in the Upstream Industry, Procedia Manufacturing, 3, 2015, p. 1374– 1378.
- [25] Lough K.G., Stone R.B., Tumer I.Y., Implementation procedures for the risk in early design (red) method. J Ind Syst Eng 2(2), 2008, p. 126–143.
- [26] Василенко Н.В., Макаров В.А. Модели оценки надежности программного обеспечения //Вест. Новг. гос. унив-та – 2004. – № 28- 126-132.
- [27] Мальков М.В. О надежности информационных систем // Труды Кольского научного центра РАН. — 2012. – Т.4 №11. Вып. 3. – С. 49-58.
- [28] Боранбаев С.Н., Нурушева А.М., Ерсакханов К.Б. Анализ состояния информационной безопасности Республики Казахстан и перспективы его развития // Сборн. докл. IV Межд. науч-практ. конф., Астана, 2017 – с.341-344.
- [29] A.Boranbayev, S.Boranbayev, K.Yersakhanov, A.Nurusheva. The Modern State and the Further Development Prospects of Information Security in the Republic of Kazakhstan. 15th International Conference of Information Technology, Information Technology – New Generations, 2018, pp. 33-38.

Боранбаев А.С., Боранбаев С.Н., Нурушева Ә.М., Ерсакханов К.Б.

Ақпараттық жүйесінің функцияларының сенімділікті қамтамасыз ету үшін әдістері, тәсілдері және аспаптық құралдары

Түйіндемe: Осы мақалада ақпараттық жүйелердің жұмысының сенімділікті қамтамасыз ету үшін кейбір тәсілдер мен әдістер қарастырылған және ақпараттық жүйесіндегі қауіп-қатерді бағалауда негізгі әдістердің функциялары көрсетілген. Ақпараттық қауіп-қатерді бағалау және жиі қолданылатын тәсілдерді талдау жасалған. Тәсілдерді талдау және бағалау сондай-ақ оны жою негізінде бағдарламалық жүйе сипатталған, сонымен қатар ақпараттық жүйелердің сенімділігін қамтамасыз ету бойынша бағдарламалық жүйе әзірленген. Бағдарламалық жүйенің одан әрі жақсарту үшін ұсынымдар әзірленді.

Кілт сөздер: ақпараттық жүйелер, бағдарламалық қамсыздандыру, бағдарламалық жүйе, сенімділік, қауіп-қатерді бағалау.

Boranbayev A.S., Boranbayev S.N., Nurusheva A.M., Yersakhanov K.B.

Approaches, methods and tools to ensure the reliability of the information system functioning

Summary: Some methods and approaches for information system functioning, analysis and evaluation of information system risk are considered in the article. A review of the most commonly used methods of analysis and evaluation of information risks is made. The developed software system for analysis and evaluation of risks, as well as its neutralization based on the information system functioning is described. The recommendations for further updating of the software system are developed.

Key words: information systems, software, software system, reliability, risk assessment.

УДК 681.3

S.N. Boranbayev¹, A.S. Boranbayev², A.M. Nurusheva¹, V.N. Slabkevich

¹L.N. Gumilev Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

²Nazarbayev University, Astana, Kazakhstan

E-mail: ¹sboranba@yandex.kz, ²aboranbayev@nu.edu.kz, ¹nurusheva.assel@mail.ru)

ANALYSIS OF RISK METHODS IN INFORMATION SYSTEMS

Abstract: The article is devoted to the research of methods risk analysis aimed at ensuring the reliability and security of information systems. The developed software system on ensuring the reliability of functioning of information systems is described. The regulatory requirements for mandatory risk analysis for the banking sector are given. The method developed for the analysis of information security risks in the banking sector is described and analyzed.

Key words: method, reliability, security, risk analysis, risk assessment

С.Н. Боранбаев¹, А.С. Боранбаев², А.М. Нурушева¹, В.Н. Слабкевич

¹Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан

²Nazarbayev University, Astana, Kazakhstan

E-mail: ¹sboranba@yandex.kz, ²aboranbayev@nu.edu.kz, ¹nurusheva.assel@mail.ru)

АНАЛИЗ МЕТОДИК РИСКОВ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Аннотация: Статья посвящена исследованию методики анализа рисков, направленных на обеспечение надежности и безопасности информационных систем. Описана разработанная программная система по обеспечению надежности функционирования информационных систем. Приведены нормативные требования к обязательному анализу рисков для банковского сектора. Описана и проанализирована методика, разработанная для анализа рисков информационной безопасности в банковском секторе.

Ключевые слова: метод, надежность, безопасность, анализ рисков, оценка рисков.

Введение. Данная работа выполнена по гранту МОН РК, ИРН: AP05131784.

Исполнение поручения Правительства Республики Казахстан, в части правового регулирования цифровых инноваций и реализации Государственной программы «Цифровой Казахстан», приводит к форсированному применению и внедрению цифровых инноваций, включая технологии блокчейн, открытые данные, «Yellow Pages Rules», роботизация и искусственный интеллект, биометрическая аутентификация, краудфандинг, большие данные и др. Темпы развития цифровых технологий порождают необходимость повышения уровня информационной безопасности и надежности внедряемых технологий. [1]

Описание значимости многих исследований по созданию инструментов для эффективного управления рисками приведено в [2-4]. Учитывая вышеуказанную необходимость, рассмотрим две разработанные методики анализа рисков:

- 1) методика анализа рисков отказов функционирования информационных систем;
- 2) методика анализа рисков информационной безопасности для банковской системы.

В рамках внедрения *первой методики*, ранее была разработана программная система по анализу рисков [5], выполненная в формате веб-приложения и предполагающая круглосуточное предоставление услуг по анализу рисков функционирования информационных систем. Данное веб-приложение было разработано на основе методов анализа рисков на ранних этапах проектирования [6-7] и нейтрализации эффекта события риска [8-9].

Также были изучены работы других авторов [10-13] по использованию вышеуказанных методов в других сферах деятельности. Методы помогают определить, какие отдельные компоненты пользователь должен исследовать для обеспечения надежности, прежде чем информационная система будет введена в эксплуатацию, т.е. на раннем этапе развития продукта [14]. В результате использования методов пользователь получает количественную оценку рисков исследуемой системы. Данный метод дает возможность исключить необходимость использования дорогостоящих ресурсов для идентификации рисков [15].

Для успешной нейтрализации рисков используются эффективные стратегии уменьшения степени рисков, которые хранятся в базах данных веб-приложения.

В рамках реализации исследования по разработке *второй методики*, были проведены исследования по построению системы управления рисками информационной безопасности (СУРИБ) – ком-

плекс мероприятий и процедур по идентификации, измерению, мониторингу, контролю и минимизации рисков информационной безопасности. Тематика анализа рисков в области банковского сектора является одной из наиболее важных тем, на которые в эти дни обращают внимание многие исследователи [16]. Целью СУРИБ является предотвращение и/или снижение угрозы возникновения негативных финансовых и нефинансовых последствий, связанных с эксплуатацией/ использованием информационных систем, а также внешних факторов, влияющих на информационные системы. СУРИБ соответствует внешней операционной среде, стратегии, размеру, характеру и уровню сложности операций и направлена на минимизацию рисков в деятельности банка, связанных с нарушением целостности, конфиденциальности и доступности информационных систем, возникших вследствие преднамеренного деструктивного воздействия со стороны работников и (или) третьих лиц.

Метод исследования и обсуждение результатов исследования. В данной статье рассмотрим более подробно реализацию методики выявления и анализа рисков для банковского сектора, ввиду высокой критичности необходимости защиты именно информационных систем банков. Также актуальность данного вопроса повышает утверждение в 2018 году Постановления Национального Банка Республики Казахстан «Об утверждении Требований к обеспечению информационной безопасности банков и организаций, осуществляющих отдельные виды банковских операций, Правил и сроков предоставления информации об инцидентах информационной безопасности, включая сведения о нарушениях, сбоях в информационных системах».

Ниже приведены основные этапы выявления и обработки рисков информационной безопасности для банков.

1) Выявление рисков информационной безопасности:

Выявление рисков информационной безопасности осуществляется на основании анализа уязвимостей для каждой конкретной информационной системы и (или) бизнес-процесса. Для определения наличия уязвимостей информационного актива используются следующие методы:

- специализированное программное обеспечение по автоматическому выявлению уязвимостей в информационных системах и оборудовании;
- мониторинг открытых источников информации на предмет наличия информации об использовании тех или иных методов в случаях реализации (или попыток реализации) угроз;
- база данных инцидентов (база данных событий по рискам), имевших место в прошлом;
- оперативная информация от работников о недостатках функционирования информационной системы в части информационной безопасности, и (или) наличия потенциально уязвимых мест в бизнес-процессах банка;
- проведение самооценки по рискам, посредством которой выявляет и оценивает потенциальные риски (уязвимости), оценивает эффективность контроля за выявленными рисками (уязвимостями) и определяет уровень остаточного риска.

2) Оценка рисков информационной безопасности:

Для оценки рисков используется разработанная методика, при построении которой используется как опыт экспертов, требования законодательства Республики Казахстан, так и общепринятые модели оценки рисков в качестве базисных и требования к ним таких стандартов и коммерческих инструментов для оценки рисков, как:

- Рекомендации Национального института Стандартов и технологий NIST SP 800-30:2002;
- Международного стандарта требований к системам управления рисками информационной безопасности BS 7799-3;
- CRAMM (the UK Government Risk Analysis and Management Method) — метод, разработанный Службой Безопасности Великобритании, является государственным стандартом Великобритании;
- OSTATE (Operationally Critical Threat, Asset, and Vulnerability Evaluation) – является методологией анализа рисков, которая включает выполнение всех фаз по определению и оценке критичных активов, угроз и уязвимостей для организации.

Методика расчета количественных показателей рисков разрабатывается и регулярно оценивается на основе экспертного способа.

Методика расчета количественных показателей рисков.

Экспертом по результатам анализа рисков экспертным путем по каждой угрозе проводятся следующие работы:

- определение вида угрозы. Пример определения некоторых видов угроз приведен в таблице 1. Перечень угроз обновляется по мере возможных в будущем либо существующих на данный момент

угроз, создающих условия нарушения работоспособности всей информационно й системы по атрибутам информационной безопасности (К – конфиденциальность, Ц – целостность, Д – доступность).

Одним из примеров для реализации данных видов угроз являются:

- хищение информации с последующим использованием в целях получения коммерческой выгоды;
- хищение информации в целях нанесения ущерба (финансового, репутационного);
- хищение денежных средств;
- нарушение технологических процессов в целях нанесения ущерба (финансового, репутационного).

- определение уровня, определяющего повышение риска возникновения угрозы, выставляемый по пятибалльной шкале: 1 - «риск минимизирован», 2 - «уровень риска ниже среднего», 3 - «средний уровень риска», 4 - «уровень риска выше среднего», 5 - «высокий уровень рисков» (рисунок 1).

Таблица 1. **Определение видов угроз**

№	Виды угроз ИБ	Нарушения К, Ц, Д
Физические угрозы:		
1	Кража носителей информации с конфиденциальной для банка информацией	К
2	Кража бумажных документов инсайдерами с конфиденциальной для банка информацией	К
3	Кражи, модификации, уничтожения информации	К, Ц, Д
<i>Нецелевое использование компьютерного оборудования и сети Интернет сотрудниками организации</i>		
4	Непреднамеренная модификация (уничтожение) информации представляющая К/ Ц/ Д сотрудниками банка	К, Ц, Д
5	Использование сетевых средств несанкционированным образом	Ц, Д
<i>Угрозы утечки конфиденциальной информации</i>		
6	Утечка конфиденциальной информации из сети по каналам связи (e-mail, web, и т.п.)	К
...

Шкала рисков
1 - риск минимизирован
2 - уровень риска ниже среднего
3 - средний уровень риска
4 - уровень риска выше среднего
5 - высокий уровень рисков

Рис. 1. Шкала рисков к оценке угроз по отношению к защищаемым объектам

- проведение аналитического расчета по каждой модели нарушителей. Максимальный балл зависит от уровня возможности снизить риск на данном участке, то есть к примеру «Качество аудиторского следа» не требует расчета по пяти цифрам или пяти балам, достаточно принять существование возможности снизить риск либо 1- «НЕТ» либо 2 - «ДА», ноль (0) - принимается в том случае, если та или иная модель потенциальных нарушителей и виды угроз не имеют никакой защиты.

Например, в случае возникновения такой угрозы как «Умышленная отправка информации за пределы банка, работниками банка принимается возможность понижающего риска «Качество аудиторского следа», берется значение «1» либо «2», где 1- присутствует частичный аудиторский след, ограничивается возможностями, 2 – аудиторский след присутствует в полном объеме и позволяет максимально защитить от неблагоприятного события.

В случае, если угроза требует более глубокого анализа для проведения расчетов, принимается возможность расчета по 5 (пяти) балам, где цифра 5 принимается за 100% целого значения бала, то есть максимально.

Например, «Заражение персональных компьютеров работников банка вирусами посредством вредоносного программного обеспечения через электронную почту» в данном случае угроза требует более детального анализа по такой возможности понижающего риска как «Организационная сложность реализации со стороны злоумышленника», значения принимаются от «1» до «5», где 1 – сложность реализации минимальна, 2 – сложность реализации выше минимума, 3 – сложность реализации средняя, мотивация частично присутствует, 4 – сложность реализации выше среднего уровня, мотивация ограничена, 5 – сложность реализации максимальна, мотивация отсутствует.

Далее по столбцу МАХ суммируются все балы и определяется итоговая сумма и так по всем категориям, по итогу, когда все категории просчитаны, общая сумма МАХ баллов делится на итоговую суммированную общую сумму по всем моделям потенциальных нарушителей и в самом нижнем поле мы имеем уровень того или иного риска;

Итоговые цифры, определяющие уровень риска, переносятся в карту рисков и отмечаются цветами от «Зеленого» до «Красного» (рисунок 1). По тому или иному цветовому значению предпринимаются те или иные мероприятия, например, «Приемлемая зона» - мероприятия допускаются не проводить, «Желтая зона» - усилить контроль, «Оранжевая зона» - Критичная ситуация - требует внимания, «Красная зона» - Очень критичная ситуация – требует неотложного вмешательства.

Оценку рисков для каждой информационной системы и анализ достаточности мероприятий по управлению рисками осуществляют эксперты.

Оценка рисков учитывает, но не ограничивается следующими факторами:

- размер, характер и сложность деятельности банка;
- состояние информационной системы, технологий и их возможности;
- квалификацию и опыт персонала, вовлеченного в процесс управления рисками;
- законодательство Республики Казахстан;
- вероятность реализации выявленных рисков;
- тяжесть последствий реализации выявленных рисков;
- реализованные организационно-технические меры по минимизации рисков.

Таблица ведения матрицы оценки рисков в банке по понижающемуся/увеличивающемуся уровню определяется в соответствии с матрицей расчетов на примере таблицы 2.

Таблица 2. Матрица расчетов

Тип угрозы по отношению к защищаемому объекту	Задаваемая балльность к понижающему риску	Категории потенциальных нарушителей												
		A	B	C	D	E	F	G	H	K	L	M		
Умышленная отправка информации за пределы банка работниками банка	МАХ													
1) Качество аудиторского следа														
2) Наличие контроля периодический(постфактум)/оперативный (пересечение)														
...														

Количественные показатели выявленного риска для каждой категории модели потенциальных нарушителей учитывают:

- теоретическую возможность реализации угрозы;
- факты реализации угрозы в банке (наличие инцидентов);
- информацию в открытых источниках о фактах реализации угрозы у третьих лиц;
- техническую сложность реализации угрозы;
- организационную сложность получения выгоды злоумышленниками от реализации угрозы;
- массовость (возможность единичных инцидентов или массовых случаев);
- наличие прямого или косвенного ущерба банку;
- наличие организационных мер защиты;
- наличие технических мер защиты;

- мотивацию злоумышленников;
- качество аудиторского следа;
- наличие контроля (периодический либо оперативный);
- затратность реализации рисков со стороны злоумышленника.

3) Построение карты рисков информационной безопасности

В целях реализации информированности и непрерывности процесса управления рисками в банке разрабатывается и поддерживается в актуальном состоянии карта рисков, которая является основой для определения мер реагирования, направленных на управление идентифицированными рисками. Форма карты рисков отображена в таблице 3.

Таблица 3. **Форма карты рисков**

№	Виды угроз информационной безопасности	Объект банка, подверженный риску	I,II,III,IV кварталы (20.. год)										
			Категории потенциальных нарушителей										
1	A	B	C	D	E	F	G	H	K	L	M
		

4) Мероприятия и меры реагирования

Для каждого выявленного риска СУРИБ обеспечивает принятие банком мер реагирования в зависимости от наличия технических, организационных и финансовых ресурсов: принятие рисков, избежание рисков, минимизация рисков или передача рисков.

Банк разрабатывает планы мероприятий, направленные на управление рисками, для каждого выявленного риска, указанного в карте рисков.

В процессе согласования плана мероприятий проводится анализ достаточности мероприятий управления рисками, необходимых ресурсов и сроков их реализации.

По результатам выполнения плана мероприятий формируются ежеквартальные отчеты.

В случае появления новых угроз, разрабатываются рекомендации по корректировке планов мероприятий.

5) Самооценка рисков информационной безопасности:

Проведение самооценки рисков – инструмент, посредством которого банк выявляет и оценивает потенциальные риски, оценивает эффективность контроля за выявленными рисками и определяет уровень остаточного риска.

Самооценка рисков формируется из следующих стадий:

- ознакомление с опросным листом (Таблица 4) в части рассмотрения групповых и частных показателей информационной безопасности;
- приведение вычислительных значений оценок в средний числовой показатель;
- составление плана по минимизации основных рисков;
- согласование финального отчета.

Таблица 4. **Форма опросного листа по самооценке рисков**

№	Групповой показатель (Наименование группового показателя)										
	Частный показатель (Наименование частного показателя)	Оценка частного показателя					Итоговый средний показатель ИБ				
		1	2	3	4	5					
1											

Заключение. Отказ в работе информационной системе, особенно в банковской системе, может привести не только к нарушению или прекращению ее функционирования, но и к более глобальным по-

следствиям в виде масштабной денежной потери, ее необратимому негативному разрушению либо значительному снижению уровня безопасности компании на длительный период времени. Возможность нарушения работы таких систем порождает соответствующие риски. В свою очередь, наличие рисков с неизбежностью приводит к необходимости поиска эффективных методов управления ими [17-22].

Разработанная методика предназначена для выявления, оценивания и нейтрализации рисков в банковских системах, с целью повышения их надежности. Методика внедрена в разработанное веб-приложение по определению и смягчению рисков информационной безопасности. Также данная методика может быть доработана для применения в других информационных и автоматизированных системах: экономическая, промышленная, финансово-экономическая и др.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] A.Boranbayev, S.Boranbayev, A.Nurusheva, K.Yersakhanov. The Modern State and the Further Development Prospects of Information Security in the Republic of Kazakhstan // 15th International Conference of Information Technology, Information Technology – New Generations, 2018, pp. 33-38.
- [2] B. W. Boehm, "Software risk management: principles and practices," Software, IEEE, vol. 8, pp. 32-41, 1991.
- [3] R. N. Charette, Software engineering risk analysis and management: Intertext Publications, 1989.
- [4] R. P. Higuera and Y. Y. Haimes, "Software Risk Management," DTIC Document 1996.
- [5] A. Boranbayev, S. Boranbayev, K. Yersakhanov, A. Nurusheva, and R. Taberkhan. Methods of Ensuring the Reliability and Fault Tolerance of Information Systems // 15th International Conference of Information Technology, Information Technology – New Generations, 2018, pp.729-730.
- [6] Lough, K. G., Stone, R. and Turner, I. The risk in early design method // Journal of Engineering Design, 20(2) – 2009 – p.155–173.
- [7] Lough K.G., Stone R.B., Tumer I.Y., Implementation procedures for the risk in early design (red) method // J Ind Syst Eng 2(2) – 2008 - p. 126–143.
- [8] Krus D., Grantham K., Generated risk event effect neutralization: identifying and evaluating risk mitigation strategies during conceptual design // in INCOSE – 2012 – Rome, p. 1225-1237.
- [9] Mohammad A. AlKazimi, HananAltabbakh, Susan Murray, Katie Grantham. Evaluating Generated Risk Event Effect Neutralization as a New Mitigation Strategy Tool in the Upstream Industry // Procedia Manufacturing, 3 – 2015. – p. 1374-1378.
- [10] Grantham Lough K., Stone R., and Tumer I.. Prescribing and implementing the risk in early design (RED) method // In Proceedings of DETC'06, Philadelphia, USA, - Philadelphia, 2006. - pp. 431-439. doi:10.1115/DETC2006-99374
- [11] D. Krus, K. Grantham, Failure Prevention Through the Cataloging of Successful Risk Mitigation Strategies (2013), 13: 712–721. doi:10.1007/s11668-013-9728-8
- [12] Krus D. A., "The risk mitigation strategy taxonomy and generated risk event effect neutralization method". PhD thesis. Missouri, 2012. 176 p.
- [13] Lough KG, Stone RB, Tumer IY, The Risk in Early Design (RED) Method: Likelihood and Consequence Formulations, Proceedings of DETC'06: ASME 2005 International Design Engineering Technical Conferences And Computers and Information in Engineering Conference, 2007. P. 1-11. DOI: 10.1115/DETC2006-99375
- [14] J. P. Vucovich et al., "Risk Assessment in Early Software Design Based on the Software Function-Failure Design Method," Proceedings of the 31st Annual International Computer Software and Applications Conference, 2007, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).
- [15] Katie Grantham, Cassandra Elrod, Barry Flaschbart, William Kehr. Identifying Risk at the Conceptual Product Design Phase: A Web-Based Software Solution and Its Evaluation. Modern Mechanical Engineering – 2012 - 2 - 25-34.
- [16] Yousefi, H. (2008) «Risk assessment and risk analysis in information security» // 7th Conference on Quality & Productivity in Electronic Industry.
- [17] Boranbayev A.S. Defining methodologies for developing J2EE web-based information systems. Journal Non-linear Analysis: Theory, Methods & Applications, Volume 71, Issue 12, 15 December 2009, USA, p.1633-1637.
- [18] Boranbayev A.S., Boranbayev S.N. Development and Optimization of Information Systems for Health Insurance Billing. Seventh International Conference on Information Technology: New Generations (ITNG 2010), Las Vegas, Nevada, USA, 2010, p.1282-1284.
- [19] Askar Boranbayev, Seilkhan Boranbayev, Sanzhar Altayev, Askar Nurbekov. Mathematical model for optimal designing of reliable information systems. Proceedings of the 2014 IEEE 8th International Conference on Application of Information and Communication Technologies-AICT2014. –Astana, Kazakhstan, 2014. –P. 123-127.
- [20] Askar Boranbayev, Seilkhan Boranbayev, Sanzhar Altayev, Yerzhan Seitkulov. Application of diversity method for reliability of cloud computing. Proceedings of the 2014 IEEE 8th International Conference on Application of Information and Communication Technologies-AICT2014. –Astana, Kazakhstan, 2014. – P. 244-248.
- [21] Askar Boranbayev, Seilkhan Boranbayev, Sanzhar Altayev. Applying the method of diverse redundancy in cloud based systems for increasing reliability. Proceedings of the 12th International Conference on Information Technology: New Generations (ITNG 2015), Las Vegas, Nevada, USA, pp.796-799.

[22] Askar Boranbayev, Mikhail Mazhitov, Zhanat Kakhanov. Implementation of Security Systems for Prevention of Loss of Information at Organizations of Higher Education. Proceedings of the 12th International Conference on Information Technology: New Generations (ITNG 2015), Las Vegas, Nevada, USA, pp.802-804.

Боранбаев С.Н., Боранбаев А.С., Нурушева Ә.М., Слабкевич В.Н.

Ақпараттық жүйелерді тәуекелдік әдістерді талдау

Түйіндеме: Мақала ақпараттық жүйелердің сенімділігі мен қауіпсіздігін қамтамасыз етуге бағытталған тәуекелдерді талдау әдістерін зерттеуге арналған. Ақпараттық жүйелер жұмысының сенімділігін қамтамасыз ету бойынша әзірленген бағдарламалық жүйе сипатталған. Банк секторы үшін міндетті болатын тәуекелдерді талдау бойынша нормативтік талаптар келтірілген. Банк секторындағы ақпараттық қауіпсіздік тәуекелдерін талдау үшін әзірленген әдіс сипатталады және талданады.

Түйінді сөздер: әдіс, сенімділік, қауіпсіздік, тәуекелді талдау, тәуекелді бағалау.

Boranbayev S.N., Boranbayev A.S., Nurusheva A.M., Slabkevich V.N.

Analysis of risk methods in information systems

Summary: The article is devoted to the research of methods risk analysis aimed at ensuring the reliability and security of information systems. The developed software system on ensuring the reliability of functioning of information systems is described. The regulatory requirements for mandatory risk analysis for the banking sector are given. The method developed for the analysis of information security risks in the banking sector is described and analyzed.

Key words: method, reliability, security, risk analysis, risk assessment

УДК 665.66

К. Syrmanova, A. Kovaleva, K.-O. Hinrichsen, Zh. Kaldybekova, B. Beloborodov

(M. Auezov South Kazakhstan State University,
Shymkent, Kazakhstan, anastasiya2301@mail.ru)

**DETERMINATION OF ULTRASOUND INFLUENCE ON UNDESIRABLE COMPONENTS
OF USED MOTOR OIL**

Abstract. The article is devoted to the research of ultrasonic treatment effect on pollutants in the composition of used motor oil. Asphalt-resinous substances under the influence of intense microflows and pressure drops caused by the passage of oscillations in a liquid medium are partially destroyed to the molecular state. The time of ultrasound exposure may vary depending on the mass fraction of mechanical impurities in the used engine oil. The sonochemical process is a preliminary stage before using adsorption treatment of used motor oil in order to restore its quality. It has been established that by adding hydrogen peroxide, the process of decomposition of metal-containing compounds in the composition of used engine oil is intensified; carrying out the process in an oxidizing environment is more efficient than in a reducing one.

Key words: chemical activation, ultrasound, metals, aromatics, adsorbent, purification.

К.К. Сырманова, А.Е. Ковалева, К.-О. Хинриксен, Ж.Б. Калдыбекова, Б.Е. Белобородов

(Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан,
anastasiya2301@mail.ru)

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ УЛЬТРАЗВУКА НА НЕЖЕЛАТЕЛЬНЫЕ КОМПОНЕНТЫ
ОТРАБОТАННОГО МОТОРНОГО МАСЛА**

Аннотация. Статья посвящена изучению влияния ультразвуковой обработки на загрязняющие вещества, находящиеся в составе отработанного моторного масла. Асфальто-смолистые вещества под воздействием интенсивных микропотоков и перепадов давления, вызванных прохождением колебаний в жидкой среде частично разрушаются до молекулярного состояния. Время ультразвукового воздействия может варьироваться в зависимости от массовой доли механических примесей в отработанном моторном масле. Sonoхимический процесс является предварительным этапом перед применением адсорбционной очистки отработанного моторного масла с целью восстановления его качества. Установлено, что при добавлении пероксида водорода интенсифицируется процесс распада металлосодержащих соединений в составе отработанного моторного масла; проведение процесса в окислительной среде эффективнее, чем в восстановительной.

Ключевые слова: химическая активация, ультразвук, металлы, ароматические соединения, адсорбент, очистка.

Моторное масло может быть рассмотрено как неотъемлемая часть техники и как конструкционный материал. По завершению срока эксплуатации появляются значительные объемы отработанных моторных масел, которые в настоящее время являются одним из основных типов техногенных отходов, которые оказывают негативное влияние на окружающую среду. Загрязнение водоемов отработанными нефтяными маслами, к примеру, составляет 20% от общего объема техногенного загрязнения и 60% - от загрязнения нефтепродуктами [1].

До 50-ти процентов от используемых смазочных материалов необратимо теряется в ходе эксплуатации техники: испаряется, сгорает в двигателях, проливается, смывается и т.д. Остальные 50% процентов подвергаются сильным изменениям под действием условий эксплуатации и подлежат удалению из техники [1].

Согласно Закону Республики Казахстан от 28 апреля 2016 года №506-V «О внесении изменений и дополнений в некоторые законодательные акты Республики Казахстан по вопросам перехода Республики Казахстан к «зеленой экономике» в Экологический кодекс Республики Казахстан [2] были внесены поправки предусматривающие запрет на захоронения на полигонах отработанных автомобильных масел.

Однако, в настоящее время в Казахстане не существует положительной практики введения централизованной системы сбора, регенерации либо утилизации отработанных моторных масел, организационно и законодательно оформленной и предъявляющей к получаемым продуктам установленные единые требования. Это является основной причиной того, что сбор и утилизация отработанного моторного масла до настоящего времени остаются серьезной проблемой. Увеличение сроков службы моторного масла, которое оправданно с экономической позиции, приводит к накоплению в маслах экологически опасных продуктов, что лишь осложняет процессы утилизации [3-5].

Ресурсы отработанных моторных масел оцениваются примерно в 48-50% от потребления свежих продуктов (что составляет 30% всех нефтяных отходов) [1].

Изменение состава отработанных моторных масел обусловлено воздействием различных факторов, таких как эксплуатация при повышенных температурах, интенсивные контакты с кислородом воздуха и с продуктами сгорания топлива; каталитический эффект металлов и сплавов; вариации в скоростном и нагрузочном режиме двигателя; техническое состояние двигателя и т.д. Также необходимо отметить, что кроме колебаний температур, условия эксплуатации автомобилей характеризуются значительными изменениями влажности, запыленностью, вибрациями и т.д. Все эти факторы, оказывающие влияние на состав моторного масла и ведущие к изменениям его первоначального качества, условно можно подразделить на эксплуатационные, климатические и конструкционные [6-8].

В настоящей статье приводятся результаты исследований по определению влияния процесса ультразвукового воздействия (с последующей адсорбционной доочисткой) на очистку отработанного моторного масла от нежелательных компонентов.

Одним из важных преимуществ применения ультразвукового воздействия для снижения уровня загрязнения является то, что процесс протекает при нормальных температуре и давлении, что не только экономит энергию, но и снижает воздействие токсических компонентов на окружающую среду. Сонохимический процесс является предварительным этапом перед применением адсорбции.

Частицы металлов отработанном моторном масле могут содержаться как в чистом виде (механические примеси), так и в составе оксидов и солей. В целом, усредненный компонентный состав отработанного моторного масла можно представить следующим образом:

- нефтепродукты (углеводороды) – 70-98,2%;
- присадки – 0-12%;
- вода – до 2%;
- механические примеси – до 1%.

Кроме металлов, в составе отработанного моторного масла содержатся углеводородные компоненты, удаление которых становится первоочередной задачей.

Изучались два различных образца отработанного моторного масла (№1 и №2), а также для сравнения два образца неиспользованного моторного масла марок 0W40 и 10W40 (№3 и №4). При проведении исследования, концентрация индивидуальных ароматических углеводородов (бензола, толуола, этибензола и ксилола) и металлов в отработанном моторном масле определялась с помощью газовой хроматографии и масс спектроскопии (таблицы 1-2).

Таблица 1. Содержание ароматических и полиароматических соединений в изучаемых образцах масла

№ образца	Содержание						
	вода, %	сера, %	бензол, ppm	толуол, ppm	этилбензол, ppm	ксилол, ppm	Полиароматические углеводороды
1	0,05	0,3238	-	136	116	584	-
2	3,45	0,3442	-	324	202	635	-
3	0	0,2897	-	-	-	-	-
4	0	0,2567	-	-	-	-	-

Таблица 2. Содержание металлов в изучаемых образцах масла

№ образца	Содержание, ppm									
	Ba	Cd	Cr	Pb	Zn	Al	B	Ca	Cu	Mg
1	0,76	0,51	10,59	2,36	401,26	53,15	118,26	203,25	45,65	506,24
2	0,08	0,12	8,65	4,28	186,13	40,31	67,21	89,12	34,46	421,18
3	-	-	-	-	421,88	5,24	121,15	94,23	-	5,42
4	-	-	-	0,15	85,57	13,40	49,07	57,87	0,98	7,65

Результаты показали, что во всех четырех образцах не наблюдается загрязнения полиароматическими соединениями. Индивидуальные ароматические углеводороды обнаружены в образцах отработанного масла, однако, уровень их концентрации был относительно невысок. Возможно, это обусловлено тем, что образцы масла брались из верхней части маслосборника. Загрязняющие вещества, как правило, осаждаются на дне емкости для хранения с тяжелыми частицами или коллоидами после некоторого периода простоя. Этим же фактором может объясняться небольшое содержание воды в составе отработанного масла.

Для каждой навески использованного масла, для того, чтобы узнать, соблюдено ли условие эмульгирования для эффективного воздействия ультразвуком, состояние эмульсии «вода в масле» должно быть рассмотрено под микроскопом. Также должно быть измерено содержание воды в исходной навеске отработанного масла. Важно правильно отобрать исходные навески отработанного моторного масла, для того чтобы определить оптимальное содержание воды в партии масла в целом.

Для отбора навесок из образцов отработанного моторного масла, полученного из разных источников, емкости для хранения и бутылки встряхивались с инверсией в течение 30 секунд, а затем выдерживались в покое 15 секунд. Это позволяло осесть крупным частицам, но сохраняло образцы других компонентов в гомогенном состоянии. Затем соответствующее количество отработанных проб масла (75) мл помещалось в пробирки для обработки ультразвуком или в смеситель для получения образцов эмульсии (в зависимости от содержания воды).

Навеску отработанного моторного масла массой 75 г переносили в 125-мл реакционную емкость и подвергали ультразвуковой обработке. Водяная баня используется для поддержания рабочей температуры при $25 \pm 5^\circ\text{C}$. Во время процесса обработки ультразвуком вводили сжатый аргон со скоростью $5 \text{ м}^3/\text{мин}$. Перед началом обработки, в систему вводится раствор 1% масс. перекиси водорода для предотвращения быстрого выделения водорода из образца и получения достаточного количества радикалов в системе.

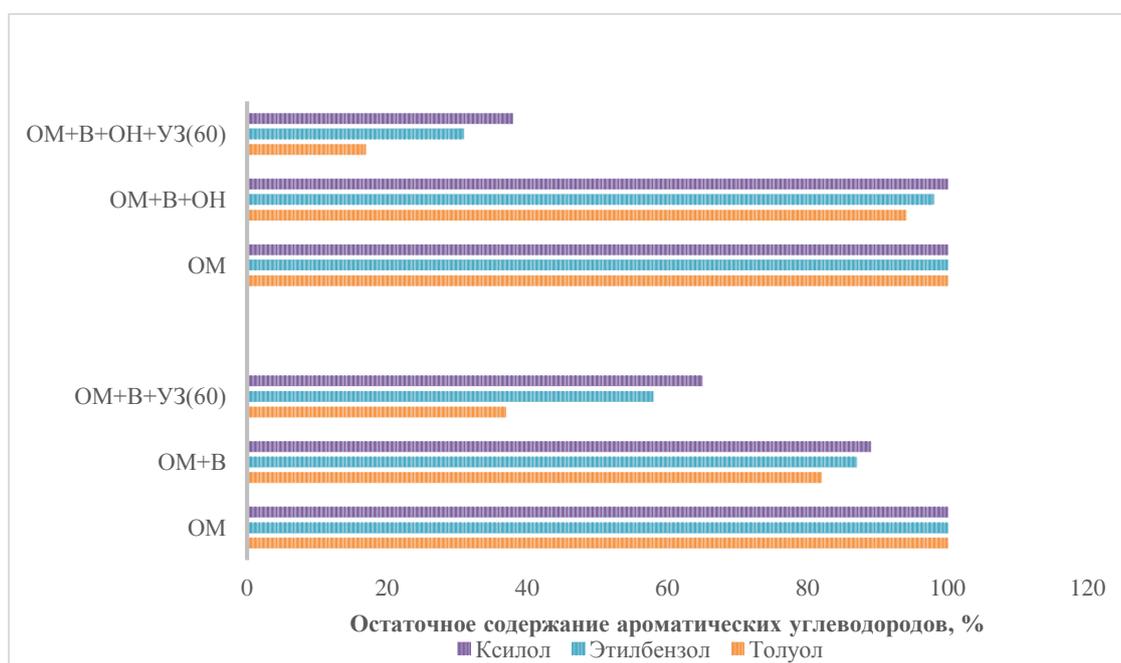
Когда углеводороды в образцах масла подвергаются ультразвуковому облучению, они могут изменяться двумя разными способами. Во-первых, некоторые алкильные или арильные радикалы могут быть получены непосредственно из углеводородов, и эти радикалы вместе с радикалами от разделения воды (если таковые имеются) могут распространяться через стадии переноса или завершения цепи. Таким образом, составляющие отработанного масла могут изменяться из-за рекомбинации молекул. Во-вторых, свободные радикалы (воды или углеводородов) способны атаковать молекулы в местах, где наблюдается наиболее слабая связь. Разрыв связи в таких случаях приводит к образованию конденсированных колец в некоторых ароматических соединениях.

Экспериментальные данные по определению влияния ультразвуковых волн на ароматические соединения представлены на рисунке 1. Исследования проводились при изменении рабочих условий: содержания воды, времени воздействия ультразвука, типа добавления вспомогательных химических веществ. В результатах приводятся данные по трем ароматическим соединениям: толуолу, этилбензолу и ксилолу, так как бензол не был обнаружен ни в одном из исследуемых образцов.

При изучении влияния времени воздействия ультразвука на масло, опыты проводились с разной длительностью. Полученные результаты свидетельствуют о том, что с увеличением времени достигается более высокая степень удаления ароматических компонентов.

Установлено, что добавление пероксида водорода интенсифицирует процесс удаления ароматических соединений в присутствии дополнительного количества воды и при предварительном механическом эмульгировании.

В процессе ультразвуковой обработки коагулированные асфальто-смолистые вещества разрушаются до молекулярного состояния. Отделяются от механических примесей смолистые составляющие. Этому способствуют интенсивные микропотоки и перепады давления, вызванные прохождением колебаний в жидкой среде.



Условия проведения эксперимента:

1. Подача газа Ar 5 м³/мин;
2. Температура 25±5 °С.

Обозначения:

OM – Отработанное масло (образцы 1 и 2);
 В – Вода;
 УЗ(60) – Ультразвуковая обработка в течение 60 мин;
 OH – Пероксид водорода.

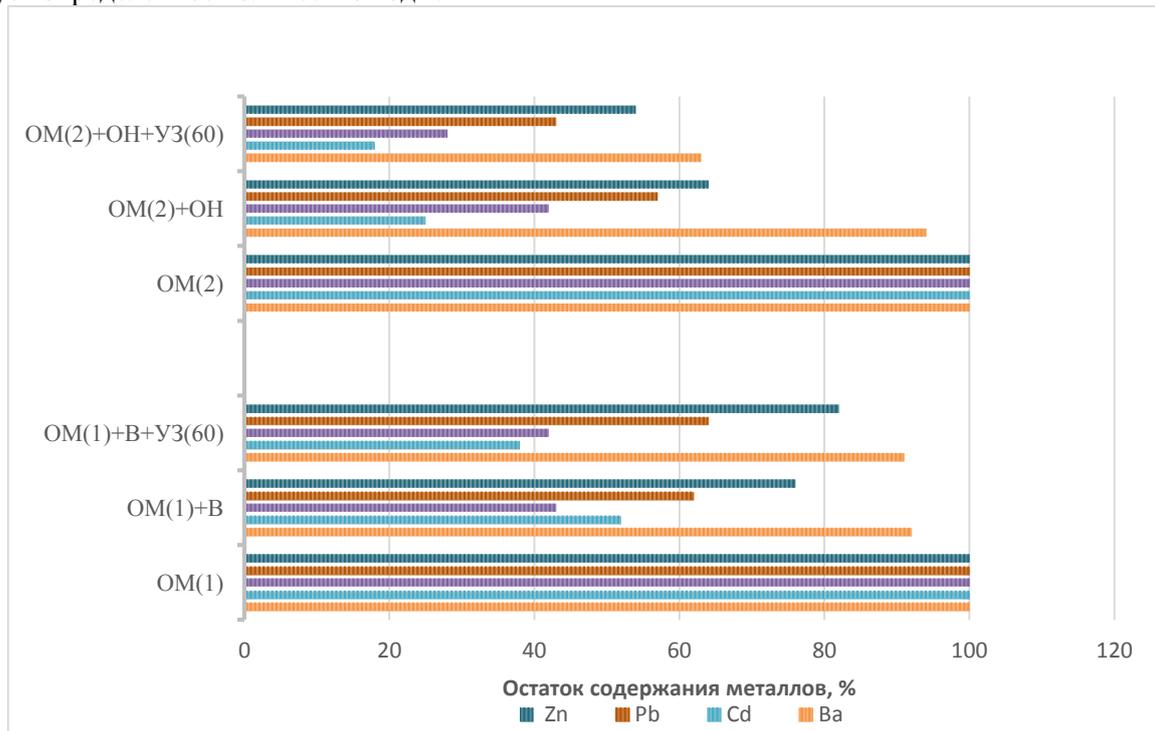
Рис. 1. Влияние ультразвука и пероксида водорода на содержание ароматических углеводородов в отработанном моторном масле

Время ультразвукового воздействия может варьироваться от массовой доли механических примесей в отработанном моторном масле. Таким образом, воздействие колебаний сложного спектра частот, состоящего из колебаний ультразвуковой частоты, рекомендовано для включения в схему очистки отработанного моторного масла.

Ультразвуковое воздействие осуществляется путем погружения излучателя в обрабатываемый образец отработанного масла. В суммированных колебаниях, излучаемых звукопроницаемой оболочкой, присутствуют гармоники с частотами от десяти килогерц до мегагерц.

На рисунке 2 представлены результаты эксперимента по ультразвуковой обработке образцов отработанного моторного масла при добавлении воды и пероксида водорода. Результаты показывают,

что существует зависимость скорости удаления тяжелых металлов от количества добавляемого пероксида водорода. Причем, пероксид водорода эффективен только тогда, когда в составе эмульсии присутствует определенное количество воды.



Условия проведения эксперимента:

3. Подача газа Ar 5 м³/мин;
4. Температура 25±5 °С.

Обозначения:

- OM – Отработанное масло (образцы 1 и 2);
- B – Вода;
- УЗ(60) – Ультразвуковая обработка в течение 60 мин;
- OH – Пероксид водорода.

Рис 2. Влияние ультразвука и пероксида водорода на содержание металлов в отработанном моторном масле

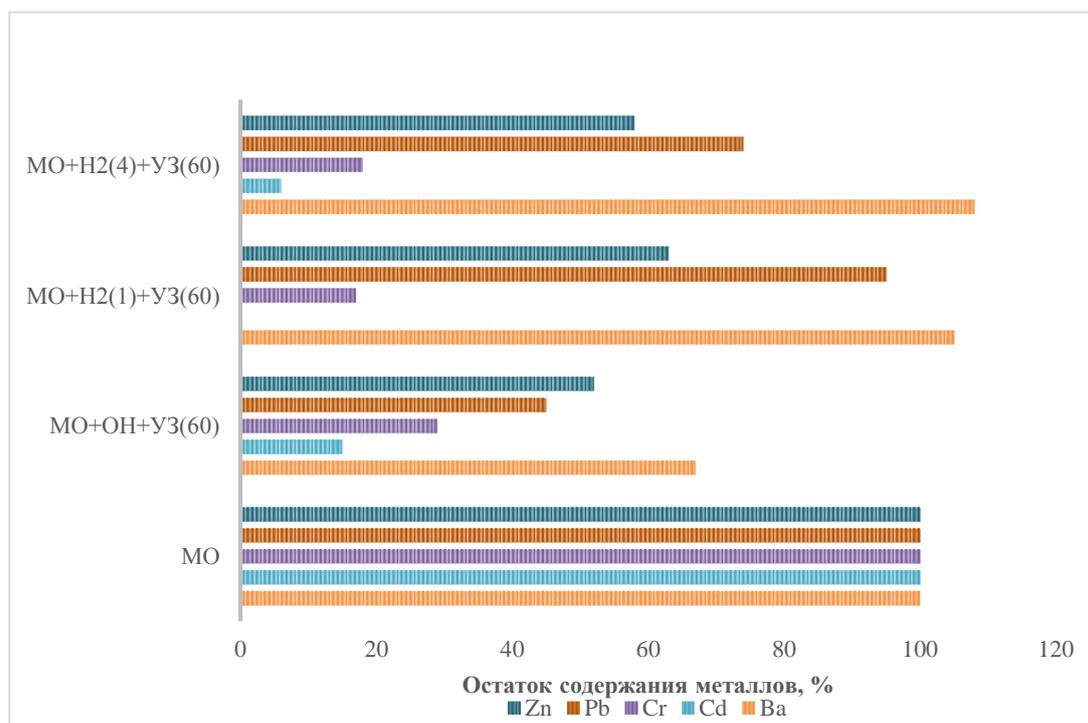
Результаты показывают, что добавление перекиси водорода может интенсифицировать скорость удаления тяжелых металлов, только когда к исходному отработанному маслу добавляется дополнительное количество воды(эмульгирование). Повышение содержания воды, без добавления пероксида водорода, не влияет на удаление тяжелых металлов.

Для сравнения были проведены исследования по применению ультразвука в окислительной и восстановительной среде (рисунок 3). С этой целью в исследуемые эмульсии были добавлены пероксид водорода и боргидрид натрия. Результаты показали, что в присутствии боргидрида натрия, то есть в восстановительной среде, удаление металлов происходит слабее, чем в присутствии пероксида водорода.

Сравнение эффектов ультразвука в окислительной и восстановленной среде показало, что пероксид водорода лучше удаляет тяжелые металлы, чем боргидрид натрия (то есть в восстановительной среде).

По результатам испытаний условия проведения эксперимента, которые дали лучшие результаты в деструктивной адсорбционной реакции удаления тяжелых металлов и ароматических углеводов из отработанного масла следующие:

- при добавлении пероксида водорода в эмульгированный образец отработанного моторного масла;
- проведение процесса в окислительной среде эффективнее, чем в восстановительной;
- масляная эмульсия после приведения в активированное состояние ультразвуком подвергается адсорбционной очистке вермикулитовым сорбентом.



Условия проведения эксперимента:

5. Подача газа Ar 5 м³/мин;
6. Температура 25±5 °С.

Обозначения:

- ОМ – Отработанное масло (образцы 1 и 2);
- В – Вода дистиллированная, добавлено 20% масс.;
- ОН – Пероксид водорода, 1% масс.;
- Н2(1) – Боргидрид натрия, 0,5% масс.;
- Н2(4) – Боргидрид натрия, 0,5% масс. 4 раза с интервалом 10 мин.;
- УЗ(60) – Ультразвуковая обработка в течение 60 мин.

Рис 3. Влияние ультразвука, пероксида водорода и боргидрида натрия на содержание металлов в отработанном моторном масле

Сонохимический процесс является предварительным этапом перед применением адсорбционной очистки отработанного моторного масла с целью восстановления его качества. В дальнейших исследованиях, сонохимический процесс и процесс адсорбции исследуемых образцов будут оцениваться дифференцированно, и эффективность процессов деструкции будет сравниваться с целью разработки оптимальной схемы переработки отработанных моторных масел.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Капустин В.М., Тонконогов Б.П., Фукс И.Г. Технология переработки нефти: Учеб. пособие. В 4-х частях. Часть третья. Производство нефтяных смазочных материалов. – М.: Химия, 2014. – 328 с.
- [2] Экологический кодекс Республики Казахстан от 9 января 2007 года №212-III, Статья 301
- [3] Фукс И.Г., Шабалина Т.Н. Состояние и перспективы отечественного производства масел//Нефть новой России. Ситуация, проблемы, перспективы. – М.: Древлехранилище, 2007. –С. 429–460.
- [4] Бочаров А.И. Производство смазочных масел//Мир нефтепродуктов. – 2002. – № 4. – С. 3–5.
- [5] Бутов Н.П. Научные основы проектирования малоотходной технологии переработки и использования отработанных минеральных масел. – Зерноград: ВНИПТИМЭСХ, 2000. – 410 с.
- [6] Остриков В.В., Зазуля А.Н., Голубев И.Г.Современные технологии и оборудование для восстановления отработанных масел. – М.: ФГНУ «Росинформатех», 2001. – 64 с.
- [7] Картошин А.П. Концепция сбора и переработки отработанных смазочных масел//Химия и технология топлив и масел. – 2003. – № 4. – С. 3–5.
- [8] Евдокимов А.Ю., Фукс И.Г., Шабалина Т.Н., Багдасаров Л.Н. Смазочные материалы и проблемы экологии. – М.: ГУП Издательство «Нефть и газ» РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2000. – 423 с.

Syrmanova K., Kovaleva A., Hinrichsen K.-O., Kaldybekova Zh., Beloborodov B.

Determination of ultrasound influence on undesirable components of used motor oil

Summary. The article is devoted to the research of ultrasonic treatment effect on pollutants in the composition of used motor oil. Asphalt-resinous substances under the influence of intense microflows and pressure drops caused by the passage of oscillations in a liquid medium are partially destroyed to the molecular state. The time of ultrasound exposure may vary depending on the mass fraction of mechanical impurities in the used engine oil. The sonochemical process is a preliminary stage before using adsorption treatment of used motor oil in order to restore its quality. It has been established that by adding hydrogen peroxide, the process of decomposition of metal-containing compounds in the composition of used engine oil is intensified; carrying out the process in an oxidizing environment is more efficient than in a reducing one.

Keywords: chemical activation, ultrasound, metals, aromatics, adsorbent, purification.

Сырманова К.К., Ковалева А.Е., Хинриксен К.-О., Калдыбекова Ж.Б., Белобородов Б.Е.

Пайдаланылған мотор майының жағымсыз компоненттеріне ультрадыбыстың әсерін анықтау

Түйіндеме. Мақала пайдаланылған мотор майы құрамындағы ластаушы заттарға ультрадыбыстық өңдеудің әсерін зерттеуге арналған. Асфальт-шайырлы заттар қарқынды микропотоктардың және сұйық ортада тербелістердің өтуіне байланысты қысымның ауытқуы әсерінен молекулалық жағдайға дейін ішінара бұзылады. Ультрадыбыстық әсер ету уақыты пайдаланылған мотор майындағы механикалық қоспалардың массалық үлесіне байланысты өзгеруі мүмкін. Сонохимиялық процесс оның сапасын қалпына келтіру мақсатында пайдаланылған мотор майын адсорбциялық тазартуды қолданар алдында алдын ала кезең болып табылады. Сутегі пероксидін қосу кезінде пайдаланылған мотор майы құрамында металл бар қосылыстардың ыдырау процесі қарқындатыны анықталды; тотықтырғыш ортада процесті жүргізу қалпы тотықсыздануға қарағанда тиімді.

Кілтті сөздер: химиялық активация, ультрадыбыс, металдар, ароматикалық қосылыстар, адсорбент, тазалау.

K. Syrmanova, A. Kovaleva, K.-O. Hinrichsen, S. Sakibayeva, B. Beloborodov

M. Auezov South Kazakhstan State University,
Shymkent, Kazakhstan, anastasiya2301@mail.ru

ADSORPTION TREATMENT OF USED MOTOR OIL BY VERMICULITE SORBENT

Abstract. The article presents the research results on the purification of used motor oil with vermiculite sorbent, previously subjected to ultrasonic treatment. A comparative analysis of the vermiculite activation effectiveness by the method of acid activation, thermal activation, and intercalation have been carried out. The data on the reduction of the metals content, aromatic and polyaromatic hydrocarbons in the oil composition are given. An efficient method for used motor oil purification using environmentally friendly, non-energy-consuming and cheap technology has been described.

Keywords: adsorption, adsorbent, motor oil, vermiculite, purification.

УДК 665.66

К.К. Сырманова, А.Е. Ковалева, К.-О. Хинриксен, Ж.Б. Калдыбекова, С.А. Сакибаева
(Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан,
anastasiya2301@mail.ru)

**АДСОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА ОТРАБОТАННОГО МОТОРНОГО МАСЛА
ВЕРМИКУЛИТОВЫМ СОРБЕНТОМ**

Аннотация. В статье приводятся результаты исследований по очистке вермикулитовым сорбентом отработанных моторных масел, предварительно подвергнутых ультразвуковой обработке. Проведен сравнительный анализ эффективности активации вермикулита методом кислотной активации, термической активации, а также интеркаляции. Приведены данные по снижению содержания металлов, ароматических и полиароматических углеводородов в составе масла. Описан способ очистки отработанного моторного масла по экологически чистой, не энергоёмкой и дешевой технологии.

Ключевые слова: адсорбция, адсорбент, моторное масло, вермикулит, очистка.

На процесс старения работающих моторных масел и состояние двигателей внутреннего сгорания оказывают влияние несколько факторов, которые условно можно подразделить на эксплуатационные, климатические и конструкционные [1-2].

В моторных маслах при работе двигателя активно происходят термохимические процессы, которые приводят к понижению качества масла по причине срабатывания присадок и образования продуктов превращений (нерастворимые продукты).

Схема старения моторного масла во-многом зависит от конструкционных особенностей двигателя, а также характера процесса его работы. Например, термохимические превращения, происходящие в маслах, в случае дизельного двигателя, обусловлены наличием продуктов неполного сгорания топлива, сажи, содержанием серы в топливе, а в бензиновых – оксидов азота, продуктов превращения топлив, содержащих антидетонаторы и т.д. [3].

Все процессы, протекающие в маслах, в условиях их применения, можно разделить на окисление, различного рода термические превращения и седиментацию. Указанные процессы вносят основной вклад в изменение состояния моторных масел, сопровождаемое снижением качества последних.

Примеси, попавшие в масло извне (охлаждающая жидкость, вода, твердые частицы), как правило, в разной степени ускоряют развитие тех или иных нежелательных процессов, что в конечном итоге приводит к снижению надежности двигателя.

Несмотря на то, что отработанные смазочные масла представляют существенную экологическую опасность, они являются ценным вторичным сырьем и подлежат сбору и утилизации, которые очень сложны организационно и до настоящего времени остаются серьезной проблемой [4].

Очистка и регенерация (восстановление качества смазочного материала до уровня, сравнимого с исходным) отработанных моторных масел имеет чрезвычайно важное значение, что обусловлено высокой стоимостью и в ряде случаев экологической опасностью таких продуктов.

В подавляющем большинстве современные схемы регенерации отработанных моторных масел, применяемые в развитых странах, включают адсорбционную очистку синтетическими или природными сорбентами (бентониты, глины) [5].

Адсорбционная очистка отработанных масел заключается в использовании способности веществ, служащих адсорбентами, удерживать загрязняющие масло продукты на наружной поверхности гранул и на внутренней поверхности пронизывающих гранулы капилляров. В качестве адсорбентов применяют вещества природного происхождения (отбеливающие глины, бокситы, природные цеолиты) и полученные искусственным путем (силикагель, окись алюминия, алюмосиликатные соединения, синтетические цеолиты) [6].

В настоящей статье исследовалось применение в качестве адсорбента глинистого минерала с пористой структурой – вермикулита. Выбор его определяется наличием месторождений в Туркестанской области и относительной дешевизной, а также хорошей способностью адсорбировать продукты окисления углеводородов – смолы, гетероорганические соединения и др. [7].

В условиях территориальной близости источников сорбентов и важности вопроса восстановления качества отработанных моторных масел, актуально создание схемы переработки данного типа смазочных материалов, включающей стадию адсорбционной очистки вермикулитом.

Исследования проводились при введении отработанного моторного масла в активированное состояние ультразвуковой обработкой. Компоненты таких масел, содержание которых нежелательно, под воздействием интенсивных микропотоков и перепадов давления, вызванных прохождением колебаний в жидкой среде частично разрушаются до молекулярного состояния. Последующая адсорбционная очистка моторного масла вермикулитовым сорбентом позволяет значительно уменьшить содержание вредных примесей.

Для определения качественных характеристик вермикулита, были выполнены следующие анализы: определение содержания вермикулита (методом ручной выборки из крупных классов и подсчетом содержания в продуктах менее 1 мм под бинокляром); определение степени гидратации и влажности (прокаливание пробы при 900°C в течение 15 мин); определение зернового состава и объемного веса вермикулита (путем отсева средней пробы в количестве 0,5 кг); определение удельной поверхности и размера пор (с помощью анализатора Autosorb-1 для измерения площади поверхности, распределения мезопор по размерам и анализа микропор методами при использовании в качестве адсорбата азота или любого некорродирующего газа). Произведено измерение удельной поверхности твердых

веществ по адсорбции газов статическим объёмометрическим методом в полностью автоматизированном режиме [8].

Качественные характеристики вермикулита представлены в таблице 1.

Таблица 1. **Химический состав вермикулита Кулантауского месторождения**

Состав и содержание оксидов, % мас.									
SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	H ₂ O
45,4	1,8	0,11	8,44	5,2	25,1	0,06	4,67	0,07	9,15

Химический состав вермикулита непостоянен благодаря наличию в его структуре изоморфных замещений и может варьироваться в следующих пределах, %: SiO₂ – 35 – 42; Al₂O₃ – 10 – 17; Fe₂O₃ – 3 – 17; Mg – 14 – 25; содержание воды достигает 20% [9]. Его особенностью является высокое содержание MgO (более 14%), невысокое содержание FeO (0,41-0,68%).

В таблице 2 представлены физические характеристики вермикулита месторождения Кулантау.

Таблица 2. **Физические характеристики Кулантауского вермикулита**

Наименование показателя	Значение
Содержание вермикулита в руде, %	4 – 35
Объёмный вес вспученного вермикулита, кг/м ³	75-200
Средний объёмный вес, кг/м ³	135
Фракции вспученного вермикулита, мм	+0,15-5,0
Теплопроводность вермикулита, ккал/м·ч·град	0,04-0,06
Хрупкость, %	2 - 40
Коэффициент вспучивания	4,8-11

Вермикулит содержится в руде в количестве от единиц до 35%. Объёмный вес вспученного вермикулита варьируется от 75 до 200 кг/м³. Средний объёмный вес вермикулита месторождения Кулантау равен 135 кг/м³. Вспученный вермикулит относится к фракции 0,15-5,0 мм. Теплопроводность вермикулита равна 0,04-0,06 ккал/м·ч·град. Показатель хрупкости зерен варьируется от 2 до 40%. Коэффициент вспучивания вермикулита находится в пределах 4,8-11. Вермикулит относится к гидрослюдам со средней степенью гидратации.

Применение активированного вермикулита в качестве адсорбента является более эффективным, т.к. при активации происходит растворение значительной части оксидов магния, железа, алюминия, и за этот счет содержание SiO₂ в образцах увеличивается, что влечет повышение поглотительной способности.

Одним из современных эффективных методов химического модифицирования поверхности и регулирования пористости синтетических сорбентов является интеркаляция. Интеркаляция значительно зависит от физического и химического поведения минеральных поверхностей. При исследованиях, освещенных в настоящей статье, интеркаляция вермикулита проводилась органическими молекулами – октадециламином.

Рентгеновская дифрактометрия всех интеркалированных образцов продемонстрировала значительные изменения по сравнению с необработанными образцами вермикулита. При этом, были определены нано-слои цепей органических молекул, образованные в процессе интеркаляции. Слой не покрывает поверхность вермикулита полностью и равномерно, а создает нерегулярную сеть цепей различной ширины. На ее форму и положение влияет распределение электрического заряда на поверхности, либо поверхностные изменения, вызванные частичной дегидратацией Mg²⁺ при температуре 80°C.

Аппаратное оформление адсорбционной очистки отработанных моторных масел включает комплекс оборудования и его обвязки, обеспечивающий следующие технологические операции: подачу масла в адсорбер, контакт масла с сорбентов в адсорбере, отделение очищенного масла от адсорбента и его вывод из адсорбционной аппаратуры, вывод отработанного адсорбента из адсорбера с утилизацией или регенерацией его, загрузку в адсорбер чистого адсорбента.

Исходя из дисперсного состава адсорбента (вермикулита) и фильтрующей загрузки, выбрали принципиальную конструкцию адсорбционных установок с неподвижной загрузкой, через которую масляный поток фильтруется нисходящим потоком со скоростью до 10 м/ч.

Предварительно состав отработанных моторных масел был изучен в лабораторных условиях на приборе Thermo Scientific iCAP 7400 ICP-OES при использовании стандартного метода (ASTM D5185) **многоэлементного анализа использованных и неиспользованных смазочных масел и базовых масел методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой.**

При проведении исследований, активированное ультразвуком отработанное моторное масло, поступает на адсорбционную очистку вермикулитовым сорбентом различных типов активации (кислотной, термической активации и интеркаляции). Результаты по определению адсорбционной способности активированного вермикулита представлены в таблице 3.

Таблица 3. Данные по адсорбционной способности активированного вермикулита к очистке отработанного моторного масла от примесей металлов

Металлы в отработанном моторном масле	Содержание металлов в адсорбтиве, ppm	Содержание металлов в адсорбате, ppm		
		Вермикулит кислотной активации, ppm	Вермикулит термически активированный, ppm	Интеркалированный вермикулит, ppm
- свинец (Pb);	21,16	8,24	8,96	0,98
- цинк (Zn);	402,96	203,17	256,45	140,99
- алюминий (Al);	57,94	13,02	27,51	12,65
- кальций (Ca);	171,94	78,39	85,65	67,54
- магний (Mg);	436,12	287,82	245,84	124,36
- медь (Cu);	37,85	7,28	9,34	3,54
- хром (Cr).	18,26	9,14	12,48	5,89

Установлено, что интеркалированный вермикулит обладает лучшей адсорбционной способностью, чем кислотно-активированный и термически-активированный.

Полученные в результате комплексной обработки отработанных моторных масел данные, приведенные в таблице 4, свидетельствуют о том, что способ обеспечивает эффективную регенерацию масла, т.к. наблюдается снижение содержания металлов (рисунок 1), ароматических и полиароматических углеводородов в составе масла, также адсорбционная доочистка вермикулитовым сорбентом позволяет значительно снизить содержание механических примесей и воды.

Таблица 4. Физико-химические свойства моторных масел

Показатели	Отработанные моторные масла		Регенерированные моторные масла	
	№1	№2	№1	№2
Вязкость, мм ² /с				
- при 40 °С	60,59	59,74		
- при 100 °С	9,52	9,57		
Содержание механических примесей, %, не более	0,087	0,072	0,016	0,023
Содержание воды, %, не более	0,03	0,01	-	-
Температура вспышки, °С, не менее	190	205	205	217
Температура застывания, °С, не более	-23	-22	-29	-30
Плотность, кг/м ³ , не более	880	882	875	877
Содержание (ppm):				
- серы;	0,3139	0,3443	0,2432	0,2156
- бензола;	23,4	12,8	-	-
- толуола;	406	307	-	-

- ксилола;	823	594	-	-
- полиароматические углеводороды.	11,8	7,8	-	-
Содержание (ppm):				
- свинец (Pb);	21,16	10,69	0,98	0,89
- цинк (Zn);	402,96	387,56	140,99	138,25
- алюминий (Al);	57,94	41,36	12,65	11,03
- кальций (Ca);	171,94	203,12	67,54	63,41
- магний (Mg);	436,12	440,96	124,36	122,15
- медь (Cu);	37,85	32,48	3,54	3,03
- хром (Cr).	18,26	7,95	5,89	2,18

При изучении закономерностей адсорбции важно выявить кинетику установления сорбционного равновесия в таких системах для оптимизации процессов удаления загрязняющих веществ.

Установлено, что количество адсорбированных ионов тяжелого металла увеличивается с временем контакта масло-адсорбент до 30 минут. Дальнейшее увеличение времени контакта оказывает незначительное влияние на сорбцию ионов металлов. Поэтому в качестве оптимального времени контакта было выбрано 30 минут. Это указывает на то, что с течением времени более высокая доля ионов металлов мигрирует из объемного раствора через пограничный слой адсорбента на активные участки адсорбента с последующей адсорбцией. Эта усиленная сорбция иона металла с увеличением времени может быть связана с уменьшением устойчивости пограничного слоя к массопереносу в объемном растворе и ростом кинетической энергии иона гидратированного металла. В общем случае адсорбция состоит из двух стадий: начальная быстрая стадия, где наблюдается быстрая сорбция, и вторая, более медленная стадия, в которой достигается равновесное поглощение. Первая стадия связана с диффузией ионов в растворе к поверхности сорбента, и адсорбцией их на поверхности адсорбента. Вторая стадия связана с диффузией ионов внутри сорбента к его активным центрам. Изменение количества каждого иона металла, удаляемого адсорбентом, может быть связано с природой и концентрацией поверхностных групп (активных центров), ответственных за взаимодействие с ионами металлов.

Способ регенерации отработанных моторных масел путем ультразвуковой обработки в условиях диспергирования асфальтосмолистых соединений с последующей очисткой вермикулитовым сорбентом универсален, т.к. применим для различных сортов масел, а также обеспечивает эффективную регенерацию масла по экологически чистой, не энергоемкой и дешевой технологии.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Мещерин Е.М., Назаров В.Н., Нафтулин Н.С. Современные методы исследования, прогнозирования и оптимизации эксплуатационных свойств моторных масел. – М.: ЦНИИТЭНефтехим, 1990. – 64 с.
- [2] Чуршуков Е.С., Коваленко В.П., Турчанинов В.Е. Современные способы и средства регенерации отработанных масел. – М.: ЦНИИТЭНефтехим, 1987. – 75 с.
- [3] Лашхи В.Л., Меджибовский А.С., Мещерин Е.М., Шор Г.И. Повышение работоспособности моторных масел в условиях эксплуатации. – М.: ГОСНИТИ, 2003. – 52 с.
- [4] Капустин В.М., Тонконогов Б.П., Фукс И.Г. Технология переработки нефти: Учеб. пособие. В 4-х частях. Часть третья. Производство нефтяных смазочных материалов. – М.: Химия, 2014. – 328 с.
- [5] Шашкин П.И., Брай И.В. Регенерация отработанных нефтяных масел. 2-е издание, перер. и доп. М.: Химия, 1970. - 303 с.
- [6] Рылякин Е.Г., Волошин А.И. Очистка и восстановление отработанных моторных масел // Молодой ученый, №1 (81), 2015. – С. 92-94.
- [7] Syrmanova K., Kovaleva A., Botabayev N., Baibazarova E., Bektursunova A., Kaldybekova Z., Rivkina T. // Oil products quality improvement by adsorption methods. Oriental Journal of Chemistry, V.33, №1, - P. 282-287.
- [8] Syrmanova K. K., J. B. Kaldybekova, N. E. Batabaev. Vermiculites adsorbents. Scientific monograph; [sub editioner N. R. Krasovskaya] – М.: Libellorum Domus. Interscience, 2016.
- [9] Da Fonseca M.G., Oliveira M.M., Arakaki L.N.H., Espinola J.G.P., Airoldi C., Natural vermiculite as an exchanger support for heavy cations in aqueous solution. J. Colloid Interface Sci. 280, 2005. – P.50–55.

Syrmanova K., Kovaleva A., Hinrichsen K.-O., Sakibayeva S., Beloborodov B.

Adsorption treatment of used motor oil by vermiculite sorbent

Summary. The article presents the research results on the purification of used motor oil with vermiculite sorbent, previously subjected to ultrasonic treatment. A comparative analysis of the vermiculite activation effectiveness by the method of acid activation, thermal activation, and intercalation have been carried out. The data on the reduction of the metals content, aromatic and polyaromatic hydrocarbons in the oil composition are given. An efficient method for used motor oil purification using environmentally friendly, non-energy-consuming and cheap technology has been described.

Keywords: adsorption, adsorbent, motor oil, vermiculite, purification.

Сырманова К.К., Ковалева А.Е., Хинриксен К.-О., Сакибаева С.А., Белобородов Б.Е.

Пайдаланылған мотор майын вермикулитті сорбентпен адсорбциялық тазалау

Түйіндеме. Мақалада алдын ала ультрадыбыстық өңдеуге ұшыраған өңделген мотор майларын вермикулитті сорбентпен тазалау бойынша зерттеу нәтижелері келтіріледі. Вермикулитті қышқылдық активтендіру, термиялық активтендіру, сондай-ақ интеркаляция әдісімен активтендіру тиімділігіне салыстырмалы талдау жүргізілді. Май құрамындағы металдардың, ароматтық және полиароматикалық көмірсутектердің құрамын төмендету бойынша деректер келтірілген. Пайдаланылған мотор майын экологиялық таза, энергияны аз қажет ететін және арзан технология бойынша тазарту әдісі сипатталған.

Түйінді сөздер: адсорбция, адсорбент, мотор майы, вермикулит, тазалау.

A. S.Omarbekova, A. B. Zakirova, G. Nurgazinova

**SET QUESTIONS AND ANSWERS
WITHIN THE SCOPE OF ALGEBRA KNOWLEDGE BASE**

Abstract. Nowadays there is a need of the application of artificial intelligence technology in development of educational resources and in the learning process. Currently, the Research Institute "Artificial Intelligence" of L.N Gumilyov Eurasian National University conducts research in this area, developing a knowledge base on the various subject areas. Let's look at the possibility of automatic generation of test questions from the knowledge base. This article describes the development of the system for the automatic generation of test questions based on the knowledge base. This work has an applicable nature and provides detailed examples of the development of ontology and implementation the SPARQL queries in RDF-documents. Also it describes implementation of the program generating questions and answers in the Python programming language including the necessary libraries while working with RDF-files.

Keywords: generator, knowledge base ontograph, ontology.

А.С.Омарбекова, А.Б.Закирова, Г.Нургазинова

(Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г.Астана, Республика Казахстан,
omarbekova@mail.ru, alma_zakirova@mail.ru)

**ГЕНЕРАЦИЯ ВОПРОСОВ И ОТВЕТОВ НА ОСНОВЕ БАЗЫ ЗНАНИЙ
ПО АЛГЕБРЕ**

Аннотация. В Казахстане существует необходимость применения технологий искусственного интеллекта в разработке образовательных ресурсов и в процессе обучения. В настоящее время в научно-исследовательском институте «Искусственный интеллект» Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева ведутся исследования в данной области, разрабатываются базы знаний по различным предметным областям. Описывается разработка системы для автоматической генерации тестовых вопросов на основе базы знаний. Данная работа имеет прикладной характер, предоставляет подробные примеры разработки онтологии и выполнение SPARQL-запросов в RDF-документы. Также описана реализация программы генерации вопросов и ответов на языке программирования Python с подключением необходимых библиотек для работы с RDF-файлами.

Ключевые слова: генератор, онтограф базы знаний, онтология

В настоящее время во всем мире интенсивно применяется электронное обучение. Количество студентов электронного образования увеличивается с каждым годом. Что касается Казахстана, то сектор электронного образования почти отсутствует. Имеются только системы, автоматизирующие некоторые сопутствующие процессы традиционного образования, которые никак не относятся к электронному образованию. Казахстан, интегрируясь в мировое сообщество, должен обеспечивать достаточный (по отношению к мировому уровню) уровень развития электронного образования.

В стратегии развития образования Республики Казахстан на 2011-2020 годы предусмотрено внедрение электронного обучения. Для этого планируется создание интерактивных цифровых образовательных ресурсов по каждому предмету, изучаемому в основных и профильных школах. Также в Республике Казахстан принята Государственная программа «Цифровой Казахстан 2020», в которой предусматривается развивать смарт-технологии в области образования, здравоохранения и других областей. В этой связи проблема разработки технологии смарт-обучения становится очень актуальной.

Смарт-обучение предполагает наличие интеллектуальных цифровых образовательных ресурсов, а также интеллектуальных технологии обучения, контроля и оценки знаний. Последние создаются на основе генерации тестовых вопросов и ответов на заданные вопросы из базы знаний, а также системы интеллектуальной оценки знаний, содержащихся в конкретном ответе. Все эти компоненты основываются на базы знаний по конкретной предметной области (учебной дисциплине). Поэтому требуется разработка базы знаний на том или ином формальном языке представления знаний [1].

Разработка базы знаний

Разработка систем способных делать логические выводы из базы знаний динамично развивается во всем мире. Извлечение существующих и генерация новых знаний и утверждений из существующей

базы знаний осуществляется с помощью специализированных движков, предназначенных рассуждать и делать логические выводы. В статье [2] авторы предлагают использовать RDF для представления знаний и использовать язык запросов для извлечения знаний. В [3-5] разработчики описывают методы обработки базы знаний, извлечения триплетов, формирования запросов.

В настоящее время в научно-исследовательском институте «Искусственный интеллект» Евразийского национального университета им.Л.Н.Гумилева ведутся исследования в данной области, разрабатываются базы знаний по различным предметным областям, а также системы контроля и обучения, основанные на базе знаний.

В ходе исследований нами разработана онтология «Алгебра» в редакторе онтологий Protege. Онтограф показан на рисунке 1. Подробнее можно посмотреть по ссылке http://e-zerde.kz/zerde/Algebra_ru/OntologAlgebra.jpg.

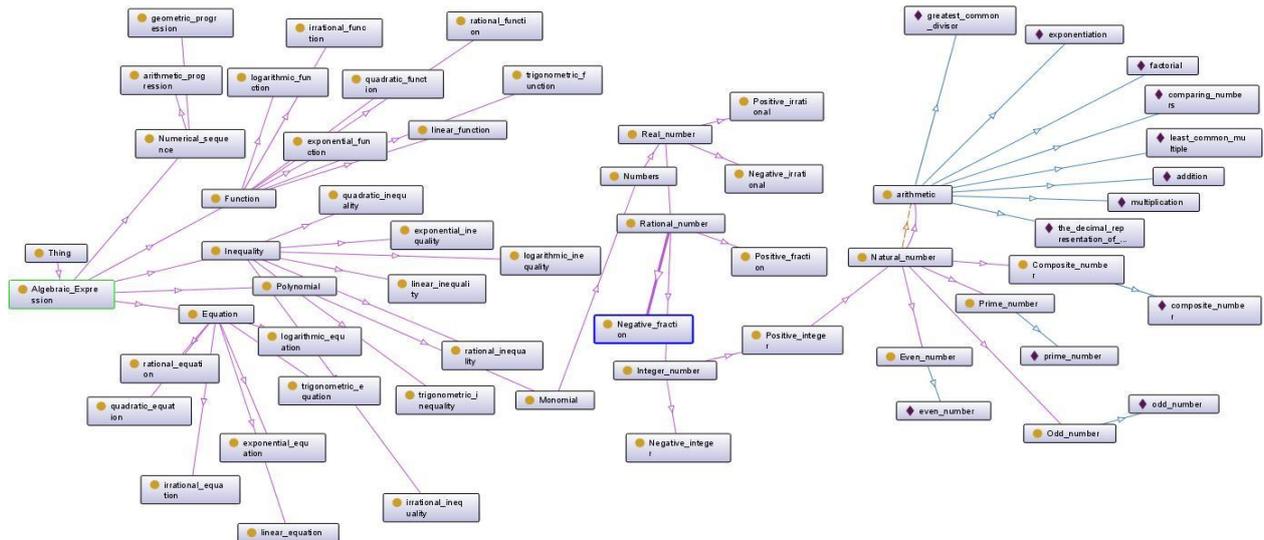


Рис. 1. Онтограф базы знаний по алгебре

После проектирования онтологии, файл была проверена на валидность с помощью веб службы «RDF Validator» на сайте «www.w3.org». Система выдает список триплов и граф модели данных. Сгенерированный граф после успешной валидации документа можно посмотреть по ссылке http://e-zerde.kz/zerde/Algebra_ru/ValidAlgebra.png.

Для демонстрации возьмем часть базы знаний Действительные числа, граф которой показан на рисунке 2. Онтограф базы знаний «Действительные числа» можно загрузить по ссылке http://e-zerde.kz/zerde/Algebra_ru/ValidNumbers.png.

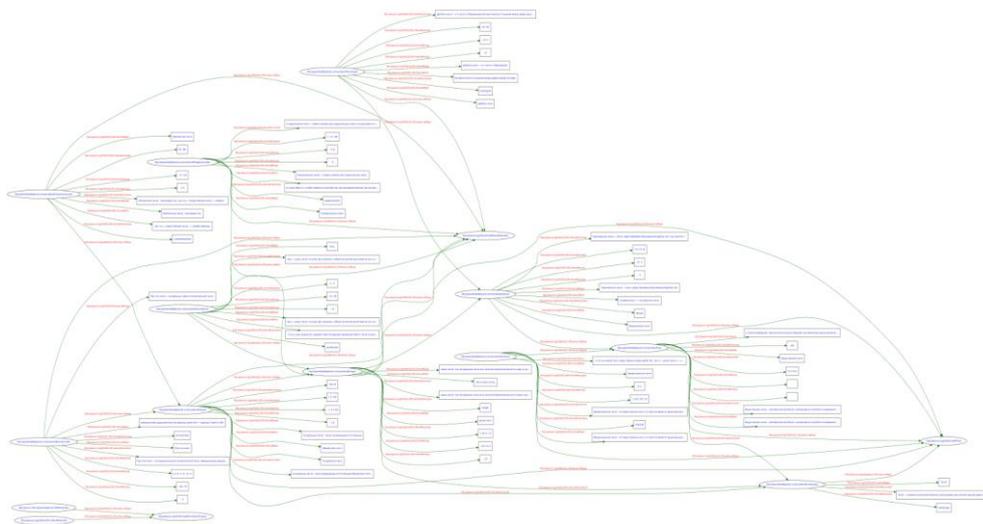


Рис. 2 Онтограф базы знаний Действительные числа

Для применения разработанных баз знаний по различным предметам в учебном процессе нами разработана технология для автоматической генерации и экспорта в Excel контрольных вопросов и ответов.

Формирование типов вопросов для оценки знаний

Разработка контрольных вопросов для оценивания знания учащихся требует серьезного подхода. Вопросы не должны быть двусмысленными или неясными для обучающихся. При разработке контрольных вопросов были исследованы различные методики. Особую известность в мире получила таксономия, разработанная коллективом американских ученых под руководством Б.С. Блума. В процессе приобретения знаний таксономия Б.С.Блума выделяет шесть уровней, на которых осуществляются отдельные познавательные процессы. К таксономическим категориям относятся следующие: знания (информация); понимание; применение; анализ; синтез; оценка материалов и методов с учетом принятых целей. Самые примитивные из навыков являются знание и понимание, а самые продвинутые: применение; анализ; синтез; оценка. В процессе разработки вопросов было решено генерировать задания на оценку знаний и понимания, так как для формирования вопросов на применение, синтез, анализ и оценку необходима система умеющая делать рассуждения в полной мере. Ниже приведены примеры вопросов разработанной системы для уровня «Знание» и «Понимание».

Познавательный процесс	Примеры вопросов разработанной системы
Знание	
Воспроизведение	– Дайте определение термину.
Припоминание, узнавание	– Какие подклассы содержит класс.
	– К какому классу относятся подклассы.
Понимание	
Интерпретация	– Продолжите определение.
Приведение примеров	– Приведите примеры.
Классификация Сравнение	– Найдите лишний элемент из ряда.
	– Найдите элементы, которые не относятся к классу.
	– К какому классу относятся элементы.

Реализация программы обработки базы знаний

Реализация программы начинается с установки IDLE Python 3.5 и библиотеки «rdflib», для разработки графического интерфейса импортируется в код библиотека «tkinter», для экспорта в Excel - «xlwt». Код генерирования тестовых вопросов для оценки навыков на знание и понимание предметной области приведен ниже. Скачать файл можно по ссылке http://e-zerde.kz/zerde/Algebra_ru/print.py

На рисунке 3 показана стартовая форма программы.

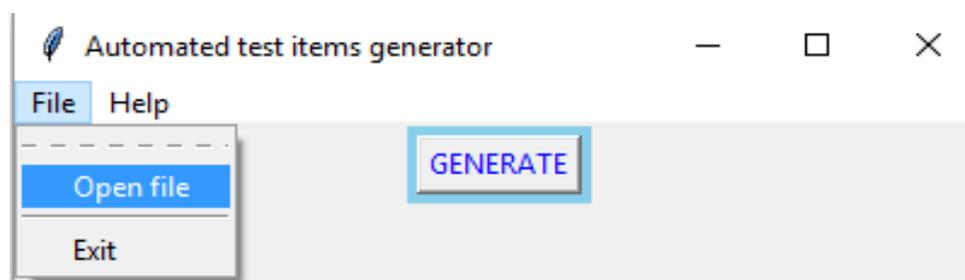


Рис. 3. Стартовая страница программы

Необходимо выбрать файл и нажать кнопку “Generate”. Система позволяет открывать любые файлы типа rdf и owl. В текущей директории создается файл example.xls со сгенерированными вопросами. Система генерирует 8 типов вопросов. В нашем примере на основе 10 классов программа сформировала 65 корректных тестовых заданий с правильными ответами.

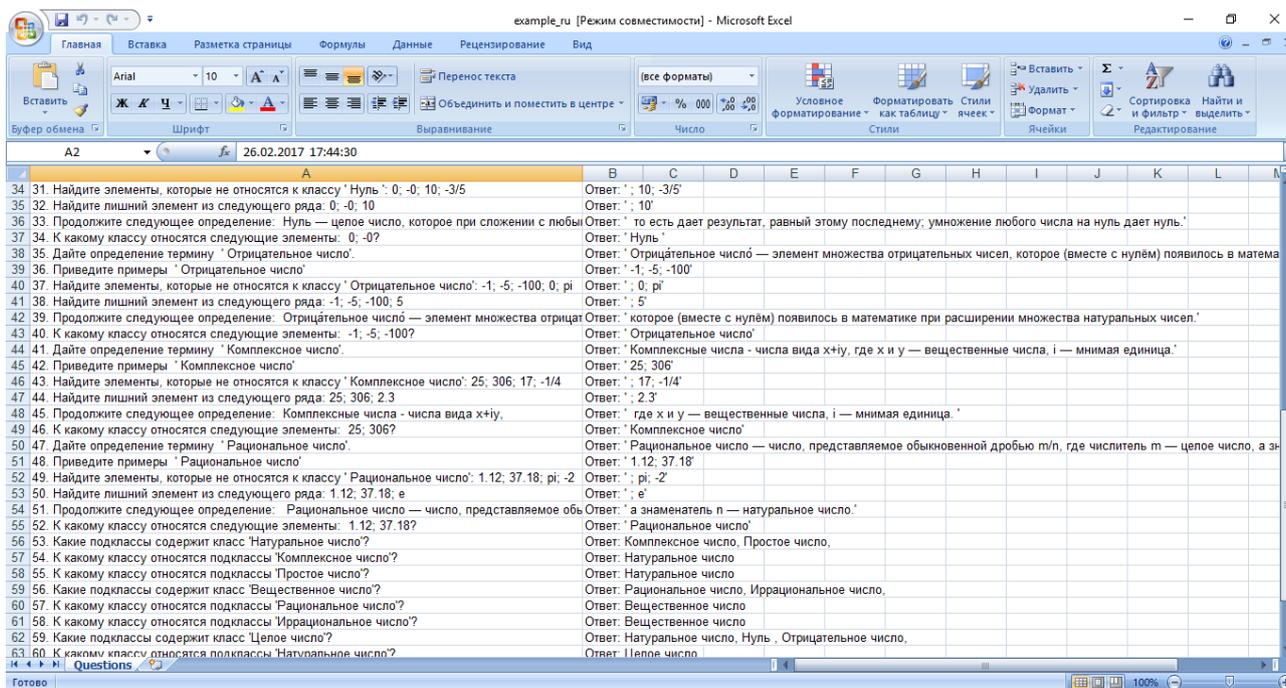


Рис.4. Сгенерированные тестовые вопросы с ответами

Файл с сгенерированными вопросами и ответами можно загрузить по ссылке http://e-zerde.kz/zerde/Algebra_ru/example.xls.

Закключение

Таким образом, в данной работе нами разработана база знаний по алгебре в редакторе онтологий Protege и технология автоматической генерации тестовых вопросов открытого типа, используемых для проверки знаний обучающегося по заданной предметной области. Программная реализация разработанной технология была осуществлена в системе программирования IDLE Python.

Созданная технология позволит преподавателям, не являющимся профессиональным программистом, автоматизировать процесс формирования заведомо корректных тестовых вопросов и ответов на заданные вопросы по конкретной предметной области (учебной дисциплине).

Результаты исследования, проведенных в данной работе, открывают новые возможности интеллектуальных систем на основе баз знаний для дальнейшей работы и изучения. Так как система для генерации заданий из базы знаний является одним из маленьких шагов автоматизации процесса оценивания знаний обучающегося. Дальнейшие разработки направлены на обработку ответа обучающегося и оценки правильности ответа.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Omarbekova A., Sharipbay A., Barlybaev B. Generation of Test Questions from RDF Files Using PYTHON and SPARQL.// Journal of Physics: Conference Series.-2017. –Vol.806, 1.
- [2] Liu BL., Hu B., Wang X.Y., Zheng L. A RDF-based knowledgebase implementation for E-learning // New Horizon in Web-based Learning. 3rd International Conference on Web-Based Learning. – 2004. - P.45-50.
- [3] Wang L., Zhang Y., Liu T. A deep learning approach for question answering over knowledge base // Lecture Notes in Computer Science. – 2016. – Vol.10102, 1. - P. 885-892.
- [4] Lai Y., Lin Y., Chen J., Feng Y., Zhao D. Open domain question answering system based on knowledge base // Lecture Notes in Computer Science. – 2016. – Vol.10102, 1.- P.722-733.
- [5] Xie Z., Zeng Z., Zhou G., He T. Knowledge base question answering based on deep learning models // Lecture Notes in Computer Science. – Vol.10102, 1. – P. 300-311

Омарбекова А.С., Закирова А.Б., Нургазинова Г.

Алгебра білім базасына негізделген сұрақтар мен жауаптар жасау

Түйіндеме. Қазақстанда білім беру ресурстарын әзірлеу мен білім беру үдерісінде жасанды интеллект технологияларын пайдалану қажеттілігі бар. Қазіргі уақытта Еуразия ұлттық университетіндегі «Жасанды интеллект» ғылыми-зерттеу институтында осы салада ғылыми зерттеулер жүргізілуде, әртүрлі пәндік

салалар бойынша білім базасы әзірленуде. Бұл мақалада білім базасына негізделген тест сұрақтарын автоматты түрде генерациялау (дайындау) жүйесін әзірлеу сипатталады. Бұл қолданбалы сипаттағы жұмыс, онтологияны әзірлеудің және RDF-құжаттарында SPARQL сұраулар жасаудың егжей-тегжейлі мысалдары беріледі. Сондай-ақ, Python программалау тілінде RDF-файлдармен жұмыс істеу үшін қажетті кітапханаларды қосып, сұрақтарды және жауаптарды генерациялау (дайындау) программасын жүзеге асыру сипатталған.

Кілтті сөздер: генератор, білім онтографы, онтология

Omarbekova A. S., Zakirova A. B., Nurgazinova G.

Set questions and answers within the scope of algebra knowledge base

Summary. Nowadays there is a need of the application of artificial intelligence technology in development of educational resources and in the learning process. Currently, the Research Institute "Artificial Intelligence" of L.N Gumilyov Eurasian National University conducts research in this area, developing a knowledge base on the various subject areas. Let's look at the possibility of automatic generation of test questions from the knowledge base. This article describes the development of the system for the automatic generation of test questions based on the knowledge base. This work has an applicable nature and provides detailed examples of the development of ontology and implementation the SPARQL queries in RDF-documents. Also it describes implementation of the program generating questions and answers in the Python programming language including the necessary libraries while working with RDF-files.

Keywords: generator, knowledge base ontograph, ontology.

УДК 621.527

K. Yelemesov, S. Bortebayev, S. Sydykbekova, A. Utyanov

(Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satbayev, Almaty, Kazakhstan.

Email: elemesov_75@mail.ru)

COMPOSITE MATERIALS APPLICATION TO PRODUCE PUMP CASES

Abstract. The article reviews centrifugal pumps used in mining and processing industry. The working conditions and the main causes of failure of centrifugal pumps are analyzed. The use of fiber-reinforced concrete for the manufacture of centrifugal pump bodies is proposed. The technical characteristics of fibers for reinforcement are presented and the technology of preparation of fiber-reinforced concrete is described.

Key words: hydrotransport, centrifugal pumps, fiber-reinforced concrete, steel fiber, fiber.

К. К. Елемесов, С. А. Бортобаев, С. Т. Сыдыкбекова, А. Н. Утянов

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

Алматы, Республика Казахстан)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРПУСОВ НАСОСОВ

Аннотация. 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.

На горно-обогатительных предприятиях Казахстана широко применяется гидравлический транспорт, который является важным звеном технологического процесса добычи и переработки минерального сырья. Гидротранспорт оправдал себя в качестве экономичного и эффективного способа транспортирования сыпучих материалов, а используемые гидротранспортные системы являются конкурентоспособными в сравнении с другими способами транспортирования.

Анализ работы гидротранспортных систем показывает, что эффективность использования этого вида транспорта не соответствует его техническим возможностям: высокая трудоемкость работ при эксплуатации оборудования, высокий гидроабразивный износ грунтовых насосов и трубопроводов, низкий рабочий ресурс насосов, высокая металлоемкость и энергоемкость системы. Основной

причиной недостаточной эффективности гидротранспорта является гидроабразивный износ рабочих колес и корпусов насосов, что вызывает вибрации насосов, снижение напорных характеристик, общего технического состояния гидротранспортной системы и как результат - низкий рабочий ресурс насосов.

Проведенный анализ показал, что, как правило, большинство насосов применяемых на горно-обогатительных предприятиях Казахстана являются центробежными. Схема центробежного насоса представлена на рисунке 1.

Работа центробежного насоса основана на передаче жидкости энергии движения на действии центробежной силы, образующейся при вращении рабочего колеса, расположенного в корпусе. Рабочее колесо установлено на специальный вал, который присоединяется к электродвигателю.

Рабочее колесо состоит из двух дисков, соединяющихся лопастями. Когда колесо приводится в движение, через патрубок заходит вода. Патрубок защищен сеткой от попадания мусора и примесей. Вода захватывается лопастями и под действием центробежных сил отбрасывается на периферию. Когда скорость нарастает, вода попадает в направляющую камеру, а затем переходит в трубопровод. После того как между лопастями освобождается пространство, давление понижается, и в результате в устройство поступает следующая порция воды. Так происходит непрерывно все время работы механизма.

Для отвода жидкости в корпусе насоса имеется расширяющаяся спиральная камера, куда и поступает жидкость, выбрасываемая из рабочего колеса. Эта камера переходит в диффузор и образует напорный патрубок, который соединен с напорным трубопроводом. В качестве привода центробежного насоса можно использовать любой высокооборотный двигатель. Чаще всего для этой цели применяют электродвигатели [1].

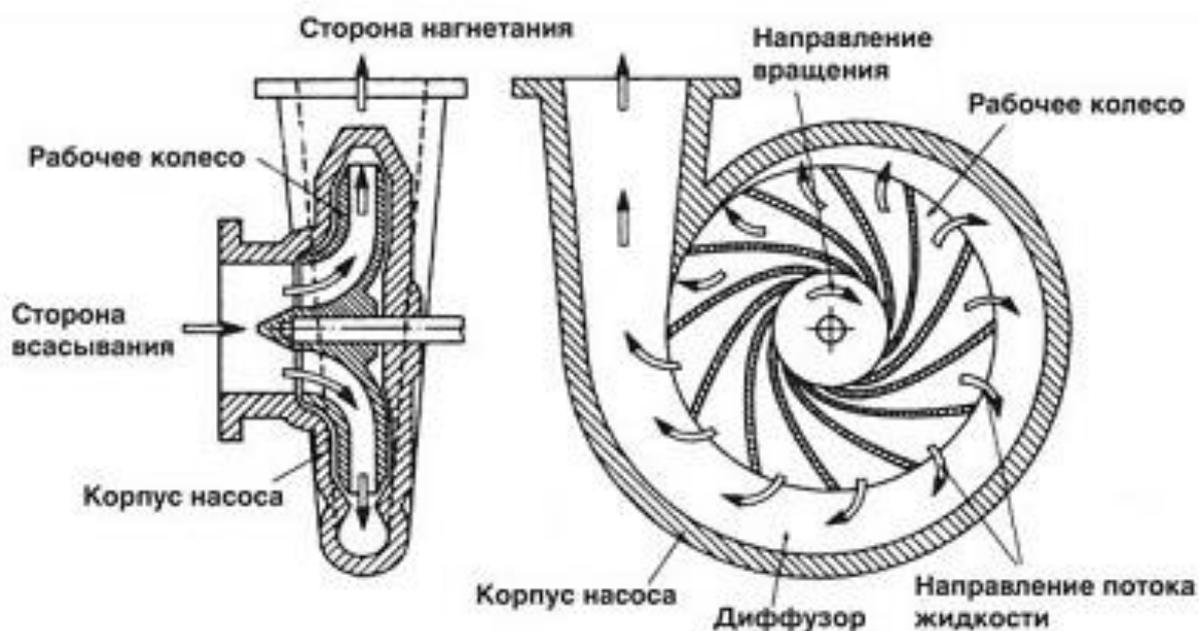


Рис. 1. Схема центробежного насоса

Корпус является базовой деталью машины, в которой размещаются все остальные элементы конструкции. При этом, такие из них как подвод и отвод во многих конструктивных вариантах насосов отливаются вместе с ним как одно целое.

В конструктивном исполнении корпуса центробежных насосов подразделяются по внешнему геометрическому признаку (спиральные и секционные) и по расположению в пространстве плоскости разъема корпусов машин.

Каждому конструктивному варианту корпуса насоса свойственны свои особенности, придающие им определенные достоинства и недостатки. Они не являются абсолютными – при определенных условиях недостатки могут оказаться достоинством, и, наоборот, положительные качества могут быть не востребуемыми. Все зависит от условий, в которых насосам предстоит работать и от того, какие качества в данной ситуации являются особенно необходимыми.

Определение приоритетных требований на любое изделие производится на основе экономических и технических критериев. За основной экономической критерий в данном случае могут быть приняты совокупные затраты на создание и последующую эксплуатацию изделия. При определении этого критерия оперируют двумя группами понятий – единовременные затраты на создание изделия и текущие долговременные расходы по его эксплуатации и содержанию. Габаритные размеры и масса конструкции определяют единовременные затраты на ее создание; они связаны с расходом материалов на изделие, с производственными затратами на его изготовление, с транспортировкой, монтажом и укрытием изделия в той или иной строительной конструкции и т.д.

На базе совокупных финансовых затрат на создание и последующую эксплуатацию изделия можно определить его оптимальный вариант, которому соответствует минимум этих затрат и, исходя из технико-экономических характеристик этого варианта изделия, установить, какой из его параметров наиболее значимо влияет на совокупные затраты. Этот параметр может считаться приоритетным. Это самый простой и наименее точный способ нахождения приоритетного параметра и, соответственно, приоритетного требования к изделию.

Одним из способов снижения себестоимости продукции и повышения эффективности производства является снижение материальных затрат. В нашем случае это изготовление основных деталей насосов. В обычном режиме основные детали насосов изготавливаются из серого чугуна. Если насосы предназначены для перекачивания кислотных жидкостей, например, для кислотных шахтных вод, то применяются высоколегированная хромоникелевая сталь. В зависимости от давления нагнетания, свойства перекачиваемого материала и его агрессивности также применяются углеродистые стали и алюминиевые сплавы. Практика показывает, что с увеличением толщины стенки в чугунных корпусах образуется пористость. В этой связи корпуса отливают из углеродистых сплавов. Если учесть габариты и массы насосного оборудования горно-обогатительных предприятий, то на отливку корпуса насосов расходуются немалые средства.

Насосы для шахт, рудников и карьеров, как правило, используются для откачки сильно загрязненной воды с включениями песка, мелкого щебня, шлама, горных пород и т.д.

В металлургии центробежные насосы широко применяются для транспортировки пульповых материалов в процессе обогащения руды и перекачивании различных жидкостей металлургического передела.

Неблагоприятные условия воздействия окружающей среды и жесткие условия эксплуатации насосов, могут быстро привести к незапланированным простоям и дорогостоящим ремонтным работам. Корпуса насосов быстро изнашиваются при перекачивании абразивных жидких сред, которые традиционно присутствуют при перекачивании измельченного продукта в процессе обогащения руды.

Одним из выходов из создавшегося положения – является применение конструкционных материалов с низкой себестоимостью, но удовлетворяющих требованиям характеристик работы оборудования. К такому материалу можно отнести фибробетон. Он представляет собой бетон, который в своем составе имеет частицы фиброволокна, от названия которых и исходит название бетона. Эти волокна исполняют роль арматуры, которая применяется с целью повышения прочности бетонного раствора. Фибробетонные вкрапления одинаковы по длине и толщине. Это позволяет равномерно распределить их во всей структуре бетона. Существует много преимуществ фибробетона.

Фибробетон – это мелкозернистый материал, одним из составляющих которого является армирующий наполнитель. В прошлом с расчетом на снижение хрупкости и количества появления трещин, предпринимались меры по повышению прочности бетона. Так, строители добавляли дисперсные волокна и распределяли их равномерно по всей бетонной массе. В результате этих работ характеристики полученного бетона улучшались:

- прочность повышалась до 30%;
- стойкость к физическим нагрузкам возросла;
- трещины образовывались реже.

Различают две группы фибры:

- металлическая – исходным веществом является сталь, которая имеет различную форму и размеры;
- неметаллическая – производится из таких материалов, как стекло, акрил, хлопок, базальт, полиэтилен, карбон, углевод и другие.

Фибробетон имеет отличные эксплуатационные свойства: сочетание пластичности с отличной прочностью на изгиб и растяжение, отличную ударную вязкость, трещиностойкость. Технические характеристики фибробетона зависят от наполнителя (таблица 1)[2,3].

Таблица 1. Основные характеристики волокон для армирования фибробетона

Тип волокна	Плотность ρ , кг/см ³	Прочность на растяжение R_t , МПа	Удельная прочность R_t/ρ , 10 ⁶ см	Модуль упругости при растяжении E , МПа	Удельная модуль упругости E/ρ , 10 ⁸ см
Металлы:					
алюминий	0,00269	63,3	2,36	74520	2,33
титан	0,00471	196,8	4,18	117400	2,493
сталь	0,00781	421,8	5,4	210000	2,689
бериллий	0,00186	175,8	9,47	309300	16,666
Неорганические вещества:					
стекло E	0,00255	3515	13,8	73820	2,897
стекло S	0,00249	4920	19,74	87890	3,525
углерод	0,00175	250-350	14,3-20	200000-250000	11,4-14,3
высокопрочный углерод	0,00195	200-250	10,3-13	350000-380000	17,9-19,5
бор	0,00258	351,5	13,65	421800	16,374

Стальная фибра – самый распространенный наполнитель. Он обладает повышенной прочностью к нагрузкам, не усаживается и не образует трещин во время службы. Кроме того, данный фибробетон со стальным наполнителем не теряет свойства под воздействием низких температур, влаги и огня.

Стекловолокно имеет высокий модуль упругости, что положительно влияет на такое свойство бетона, как пластичность. Однако оно неустойчиво к щелочной среде бетонной смеси, поэтому приходится пропитывать бетон полимерами и добавлять вещества, связывающие щелочи. В результате получается уникальный материал, обладающий высоким сопротивлением к ударам, температуре, истиранию, воздействию влаги и химических веществ.

При введении любой фибры в бетон-матрицу образуется композиционный материал с иными, отличающимися в необходимую сторону техническими характеристиками. Введенные в бетон волокна создают армирующий эффект.

По сравнению с обычным бетоном фибробетон намного долговечней, более износостоек, устойчив к агрессивным проявлениям окружающей среды. А также он ударопрочен, водонепроницаем, морозостоек, стоек к сильным перепадам температур и пожаробезопасен.

Главными особенностями данного материала являются: способность воспринимать динамические нагрузки, высокая скорость монтажа, морозостойкость и износостойкость, которые непосредственно связаны с его повышенной техничностью[3].

Известны несколько способов приготовления фибробетонов с металлическими фибрами. Вначале перемешиваем сухой песок с заполнителем, затем вводим требуемое количество просеянных сквозь сито фибр. Следующим этапом добавляем цемент, и заливаем в готовую сухую смесь воду с добавками – пластификаторами. Основательно перемешиваем до получения гомогенной бетонной массы.

Готовую фибробетонную смесь разливаем в заранее подготовленные формы корпуса насоса, и трое суток ждем, пока бетон наберет предварительную прочность. Последующую сушку изделий проводим на открытом воздухе. В итоге получаем фибробетонные корпуса неавтоклавного твердения с оптимальными эксплуатационными характеристиками.

Качественный состав и применение фибробетона должно соответствовать требованиям нормативных документов СП 52–104–2006 Сталефибробетонные конструкции. Свод правил включает в себе рекомендации для проектирования и нормы использования фибробетонных конструктивных изделий.

Применение фибробетонов в качестве материала для изготовления корпусных деталей насосов, работающих в тяжелых условиях позволит снизить себестоимость изготовления насосов и сократить эксплуатационные расходы.

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. Перовщиков. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2013. – 228 с.

- [3] Заверткин П.С. Повышение ресурса грунтовых насосов снижением интенсивности гидроабразивного изнашивания их элементов в системах гидротранспорта хвостов обогащения – Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. – СПб, 2009. – 115 с.
- [4] Меньшиков С.С., Александров В.И. Коэффициент технического состояния грунтового насоса / Естественные и технические науки, 2014. – №4. – С. 66-71.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] Рабинович Ф. Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции. 3 изд. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2011.
- [9] Пухаренко Ю.В. Научные и практические основы формирования структуры и свойств фибробетонов: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Санкт-Петербург, 2005 - 48 с.
- [10] Смирнов Д.А. Упругость и ползучесть сталефибробетона: дис. канд. техн. наук. Санкт-Петербург. - 2011. – 106 с.
- [11] 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.
- [12] Серых, И.Р. Прочность стеклофибробетона / И.Р. Серых, Л.А. Панченко // Сборник научных трудов Sworld. 2014. Т.9. № 2. С. 43-47.
- [13] 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., Сыдыкбекова С. Т., Утянов А. Н.

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.

Yelemesov K., Bortebayev S., Sydykbekova S., Utyanov A.

Composite materials application to produce pump cases

Summary. The article reviews centrifugal pumps used in mining and processing industry. The working conditions and the main causes of failure of centrifugal pumps are analyzed. The use of fiber-reinforced concrete for the manufacture of centrifugal pump bodies is proposed. The technical characteristics of fibers for reinforcement are presented and the technology of preparation of fiber-reinforced concrete is described.

Key words: hydrotransport, centrifugal pumps, fiber-reinforced concrete, steel fiber, fiber.

УДК 631.344 (088.8)

А.А. Генбач, Д.Ю. Бондарцев

¹Алматинский Университет энергетики и связи, г. Алматы, Казахстан

²АО «Трест Средаэнегромонтаж», г. Алматы, Казахстан d.bondartsev@saem.kz)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ, РАЗРУШАЮЩИХ ПОРИСТЫЕ ПОКРЫТИЯ ТЕПЛООБМЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ КОТЛО-ТУРБИННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Аннотация: Исследовано моделирование плохотеплопроводных малопористых капиллярно-пористых покрытий и металлических (медь, нержавеющая сталь) поверхностей (подложка). Источником тепла является электрический ток и сверхзвуковой высокотемпературный пульсирующий детонационный факел горелки ракетного типа. Физическое и аналитическое моделирование и аналогия подобных процессов теплопередачи дали положительные результаты. Тепломассоперенос в пористых покрытиях протекал с избытком жидкости

за счет совместного действия капиллярных и массовых сил. Описана динамика паровых пузырей и их термогидравлические характеристики, наблюдаемые оптическими методами исследования. Решение задачи термоупругости позволило выявить влияние удельного теплового потока и термических напряжений сжатия и растяжения в зависимости от времени подачи и размеров отрывающихся частиц в момент предельного состояния системы: «пористое покрытие – подложка». Теория подтверждена экспериментом, полученным в результате наблюдения камерой СКС-1М. При малом времени $\sim 10^{-2}$ с подачи тепла возникают только напряжения сжатия, а затем они переходят в напряжения растяжения по глубине покрытия. Удельная энергия разрушения с ростом размера частиц смещается в сторону снижения теплового потока.

Ключевые слова: капиллярно-пористые покрытия, термоупругость, напряжения сжатия, напряжения растяжения, модель.

В работах [1-9] показано, что различные модели, приведенные [10-18], описывают различные режимы кипения и не противоречат друг другу.

На основе экспериментальных и теоретических исследований [10-18] строятся динамические модели интенсификации теплоотдачи при кипении на пористой поверхности. Развитые поверхности содержат связанные между собой внутренние полости в виде прямоугольных каналов и маленькие поры, соединяющие каналы с объемом жидкости.

Отношение потока скрытого тепла $(\frac{\pi}{6} \bar{D}_0^3 r \rho_{\text{п}} \bar{n} \bar{f})$ к полному тепловому потоку для развитой поверхности в (2...5) раз могло быть больше, чем для обычной поверхности при удельном тепловом потоке до 1×10^4 Вт/м². При больших тепловых потоках данное отношение снижалось. Отклонение некоторых данных от расчетных достигало 300%. В формуле приняты обозначения: \bar{D}_0 – средний отрывной диаметр паровых пузырей в пористой структуре; r – удельная теплота парообразования; $\rho_{\text{п}}$ – плотность пара; \bar{n} – средняя плотность центров ядрообразования; \bar{f} – средняя частота генерации и молчания паровых пузырей.

Разрабатываем физическую модель передачи удельного теплового потока q через парогенерирующую поверхность (стенку или подложку), которая покрывается капиллярно-пористой структурой (рис. 1)

Процессы тепломассопереноса в пористом покрытии протекают с избытком жидкости $\tilde{m} = \frac{m_{\text{ж}}}{m_{\text{п}}}$ за счет действия потенциала давления, создаваемого капиллярными и массовыми силами $\Delta P_{\text{кап+г}}$.

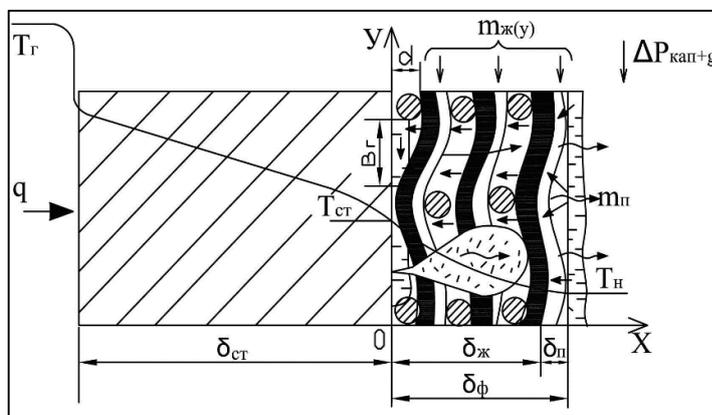


Рис. 1. Физическая модель процесса тепломассопереноса в реальной пористой структуре покрытий, работающих с избытком жидкости: прямые линии – движение жидкости; волнистые линии – движение пара: q – удельный тепловой поток, Вт/м²; $T_g, T_{\text{ст}}, T_n$ – температуры газов, стенки (подложки) и насыщения, °С; $\delta_{\text{ст}}, \delta_{\text{ж}}, \delta_{\text{п}}, \delta_{\text{ф}}$ – толщины стенки, жидкости, пара, фитиля, м; $m_{\text{ж}}(y), m_{\text{п}}$ – расход жидкости и пара, кг/с; $\Delta P_{\text{кап+г}}$ – действующий движущий капиллярный и массовый напор, Н/м²; d – размер зерна, м; v_r – ширина ячейки пористого материала, м.

В исследуемой системе охлаждения при малых тепловых потоках передача теплоты осуществляется за счет кондуктивного теплообмена и ее величина тем выше, чем больше эффективная теплопроводность структуры, смоченной жидкостью, и теплопроводность корпуса. Течение жидкости носит плавный характер, а на поверхности жидкости не наблюдаются паровые пузыри и связанные с ними возмущающие процессы. Жидкость интенсивно испаряется из менисков при малых избытках теплоносителя и с ростом избытка жидкости начинается испарение с поверхности стекающих пленок [7].

При некотором тепловом потоке, тем меньшем, чем ниже параметр $\tilde{m} = \frac{m_{ж}}{m_{п}}$, начинается нарушение плавного волнистого течения пленки жидкости, появляются отдельные паровые пузыри. Постоянно действующими центрами генерации являются несколько активно действующих ячеек структуры. Начало закипания жидкости ($\Delta T_{н.з.}$) зависит от многих режимных и конструктивных параметров и определяется уравнением для этого перепада $\Delta T_{н.з.}$, которому соответствует тепловой поток $q_{н.з.}$. Снижение расхода охлаждающей жидкости $m_{ж(y)}$, либо увеличение притока теплоты q , приводят к бурному росту центров парообразования \bar{n} .

Зона переходного участка к развитому пузырьковому кипению невелика вследствие высокой скорости нарастания активно действующих центров парогенерации \bar{n} . Дальнейший рост тепловой нагрузки q приводит к устойчивой работе большого количества активных центров образования пузырей, равномерному их распределению по всей парогенерирующей поверхности. Однако при некоторых критических условиях наступает кризис кипения и пережог поверхности. Поэтому проведение аналогии в процессах преднамеренного разрушения хрупких материалов и кризиса кипения позволяет их смоделировать и выявить механизм таких процессов [1-3].

Для познания механизма процесса разрушения проведены опыты с применением методов фотоупругости и голографии [1].

Оценка напряженного состояния моделей в сходственные моменты времени производилась путем фотографической регистрации картин изохром и подсчета порядка полос n в различных точках исследуемых направлений.

Решение задачи термоупругости позволяет определить предельное состояние среды для пористого покрытия и металлической парогенерирующей поверхности [2,3,9].

При термическом разрушении плохотеплопроводных малопористых покрытий и металлической стенки (подложки) требуется выяснить влияние величины удельного теплового потока q , подводимого к поверхности, и времени его воздействия τ на создание разрушающих напряжений σ , гранулометрический состав шелухи (размер отрывающихся частиц), а для металла – глубину проникновения температурного возмущения δ .

При возрастании величины q за очень короткий промежуток времени τ динамические эффекты становятся весьма значительными, напряжения сжатия σ достигают больших значений, часто в несколько раз превышающих предел прочности материала на сжатие. Поэтому необходимо учесть эти напряжения в механизме термического разрушения материала. Требуется выяснить, какой вид напряжений σ_i достигает раньше своих предельных значений.

Рассмотрим пластину толщиной $2h$. К поверхности $z=+h$, начиная с момента времени $\tau=0$, подводится постоянный удельный тепловой поток q . Нижняя поверхность $z=-h$ и боковые края пластины - теплоизолированы.

Уравнения теплопроводности с граничными и начальными условиями запишется в виде:

$$\begin{aligned} \alpha_{ст} \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} &= \frac{\partial T}{\partial \tau}, \quad T = 0, \quad \tau < 0; \\ \lambda_{ст} \frac{\partial T}{\partial z} &= q, \quad z = +h; \\ \lambda_{ст} \frac{\partial T}{\partial z} &= 0, \quad z = -h, \end{aligned} \quad (1)$$

где $\alpha_{ст}$, $\lambda_{ст}$ – коэффициенты температуропроводности и теплопроводности стенки (подложки).

Распределение температуры по толщине зависит от теплофизических свойств материала, величины теплового потока и времени его подачи.

Зная распределение температуры в пластине, можно вычислить термические напряжения растяжения и сжатия, возникающие в некоторый момент времени τ на различной глубине от поверхности $\delta_i(h=z_i)$ при данном значении теплового потока q , поскольку пластина с переменной по толщине температурой находится в плоско напряженном состоянии:

$$\sigma_{xx} = \sigma_{yy} = -\frac{\alpha E}{(1-\nu)} T\left(\frac{z}{h}; \tau\right) + \frac{1}{(1-\nu)2h} \int_{-h}^{+h} \alpha E T\left(\frac{z}{h}; \tau\right) dz, \quad (2)$$

где первый член - составляющая напряжения сжатия, а второй – растяжения: α - коэффициент линейного расширения; E - модуль упругости (Юнга); ν - коэффициент поперечного сжатия (Пуассона).

Задаваясь предельными значениями напряжения сжатия $\sigma_{\text{пр.сж.}}$ и растяжения $\sigma_{\text{пр.раст.}}$ для покрытия и металла, получаем функциональную зависимость теплового потока q , требуемого для разрушения, от времени подачи τ и глубины проникновения δ . Кроме того, приравнивая температуры на поверхности пластины к температуре плавления $T_{\text{пл.}}$ покрытия и металла, находим значения удельных тепловых потоков, необходимых для расплавления поверхностного слоя за различный промежуток времени их действия q_1 , т.е. в каждом конкретном случае имеем функциональные зависимости теплового потока от времени воздействия его на покрытие и металлическую поверхность.

Причины разрушения котлотурбинных деталей зависят от предыстории развития трещин в концентраторе напряжения (релаксационная зона) [10-14, 15-18]. Отсчет необходимо вести от времени взрывообразного возникновения парового зародыша (интервал времени от 10^{-8} с до 10^{-3} с). Энергия спонтанного появления парового пузыря является величиной, близкой к постоянной (инвариантной) по времени его роста. Она затрачивается на поддержание зародыша радиусом $R_{\text{кр}}$ и предотвращает его схлопывание (q достигают до 10^8 Вт/м²). В данный промежуток времени устанавливается термодинамическое равновесие для перехода от микропроцесса (микрочастиц и кластеров с размерами $(10^{-7} \div 10^{-8})$ м (наночастицы) отдельных (единичных) индивидуальных пузырей к процессам, описываемым поведением большого количества пузырей, т.е. с помощью интегральных характеристик ($\bar{q}, \bar{\alpha}, \overline{\Delta T}, \overline{\Delta P}, \bar{w}$), где $\bar{\alpha}, \overline{\Delta T}, \overline{\Delta P}, \bar{w}$ - средние значения коэффициента теплопередачи, температурного и гидро-газодинамического напоров и скорости потока.

Наличие концентраторов напряжений, в которых зарождается активная паровая фаза, значительно снижает отношение $\sigma_{\text{пр.сж.}} / \sigma_{\text{пр.раст.}}$ и эта величина может быть от $(1 \div 2)$, в том числе для энергосталей. Необходимо также учитывать наличие других концентраторов напряжений, цикличность нагрузок при пуско-остановочных режимах работы оборудования, приводящих к усталостным трещинам (напряжениям).

Велика вероятность, что $\sigma_{\text{пр.раст.}} \approx \sigma_{\text{пр.сж.}}$, а $\sigma_{\text{пр.раст.}}$ доходят до 10 МПа и становятся одного порядка для пористых покрытий.

Процессы «гибели» как и зарождения пузырей также носят взрывной характер ($\tau = 10^{-8} \div 10^{-6}$ с), что приводит к возникновению кумулятивных явлений, которые наряду с коррозионными и электрическими процессами разрушают концентраторы напряжения (активный центр генерации) процессов эрозии, доводя его размер до критической трещины. В случае мгновенной конденсации пара в выемке (лунке), его объём мгновенно исчезает и образуется мощный кумулятивный эффект (кавитация). При этом ударные волны распространяются вглубь деталей, развиваются трещины, по которым поступает кислород.

В момент «рождения» пузыря или капли величина α составляет до 1×10^5 Вт/м²К при температуре пара ($500 \div 565$) °С, величина ΔT доходит до 500 °С, а q , действующие в основании пузыря (зоне «сухого» пятна) – до 5×10^7 Вт/м². Если учесть, что индивидуальный паровой пузырь генерирует q в 10 раз более, чем его интегральное значение [3,4], то итоговый q составляет 5×10^8 Вт/м² что и представлено на рисунках $q=q(\tau, \delta)$. Чем больше глубина проникновения тепловой волны (или δ отрывающейся частицы от пористого покрытия), тем потребуется больше времени для разрушения деталей по напряжениям (рис. 2-5).

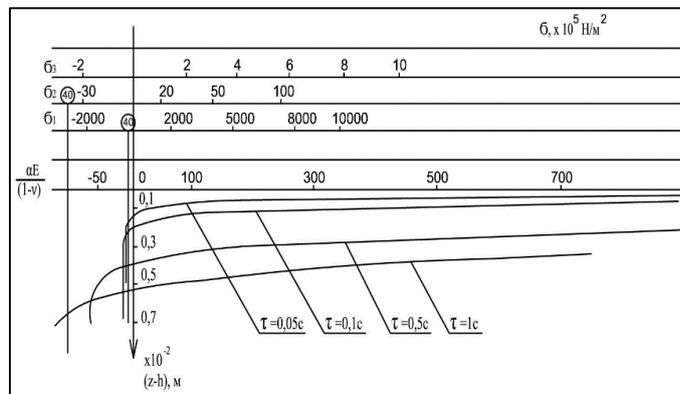


Рис. 2. Эпюры напряжений σ_i по толщине кварцевой пластины (покрытия) при различных тепловых потоках q_i и времени их действия τ : $q_1 = 8,8 \times 10^7$ Вт/м²; $q_2 = 0,12 \times 10^7$ Вт/м²; $q_3 = 0,008 \times 10^7$ Вт/м²; 40 – предел прочности на растяжение

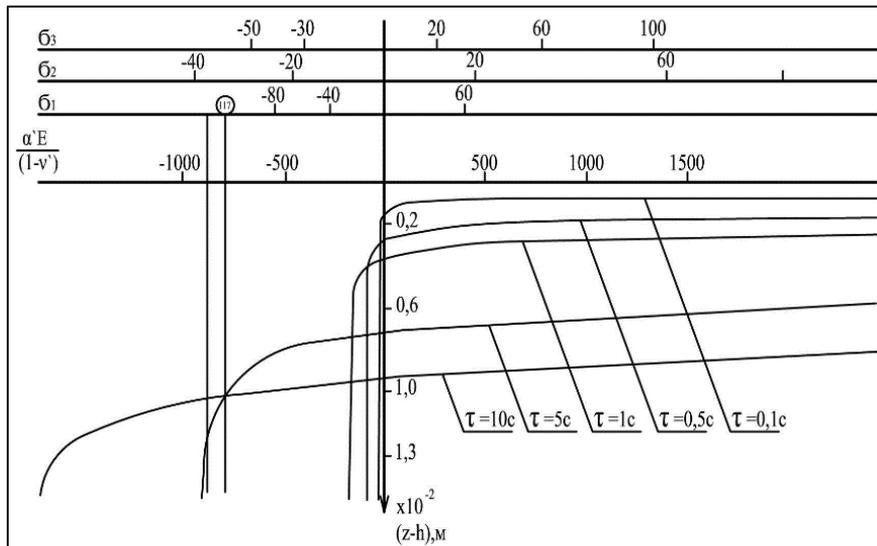


Рис. 3. Эпюры напряжений по толщине гранитного покрытия при различных тепловых потоках q_i и времени τ их действия: $q_1 = 0,142 \times 10^7$ Вт/м²; $q_2 = 0,042 \times 10^7$ Вт/м²; $q_3 = 0,0075 \times 10^7$ Вт/м²; 117 – предел прочности на растяжение: $\sigma_i, \times 10^5$, Н/м²; $E, \times 10^5$, Н/м²

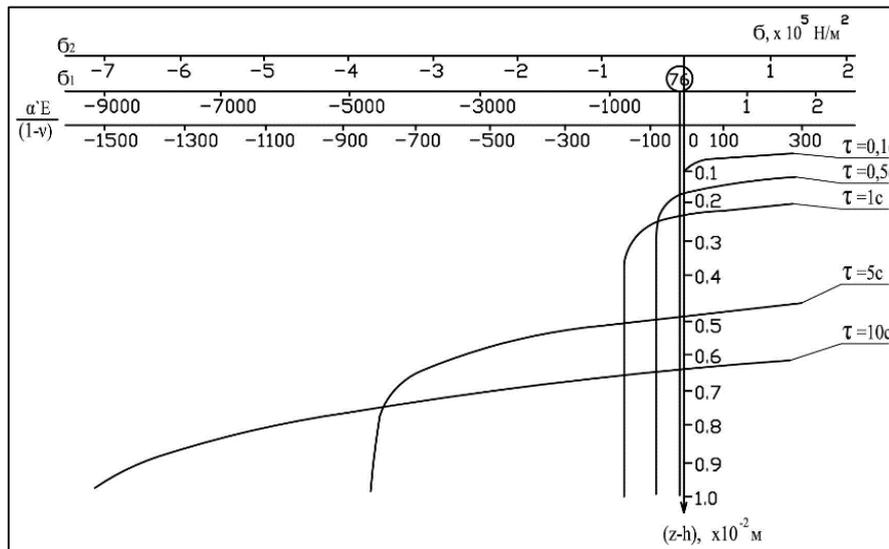


Рис. 4. Эпюры напряжений по толщине тешенитовой пластины (покрытия) при различных величинах q_i и τ : $q_1 = 6,6 \times 10^6$ Вт/м²; $q_2 = 1 \times 10^4$ Вт/м²; 76 – предел прочности на растяжение.

Взаимосвязь напряжений сжатия и растяжения можно проследить на рис. 2-4, которые представляют собой эпюры напряжений внутри пластины (покрытия) для различных интервалов времени от начала рассматриваемого процесса. При малых величинах τ , порядка 10^{-2} с, возникают только напряжения сжатия. Начиная с $\tau \sim 10^{-1}$ с, в некоторой области $\Delta(h-z_i)$ напряжение сжатия переходит в напряжение растяжения, причем для различных интервалов времени они находятся на различной глубине от поверхности пластины.

С увеличением величины q в нагреваемом слое, и, следовательно, уменьшением времени нагрева τ , растет роль напряжения сжатия. Несмотря на высокую сопротивляемость сжатию, разрушение от сжимающих термонапряжений происходит в более благоприятных условиях мгновенного и в малых объемах.

Для парогенерирующих поверхностей нагрева в результате смены режима кипения устанавливался пленочный режим и резко возростала температура поверхности до величины $T_{пл.}$. Производился расчет удельной энергии Q разрушения единицы объема кварцевого, гранитного и тешенитного покрытий.

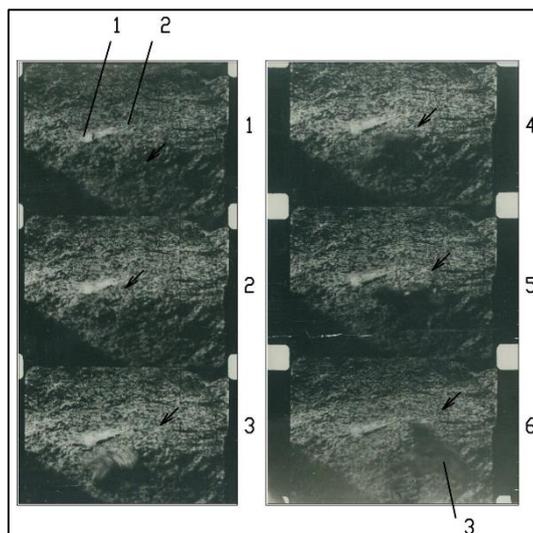


Рис. 5. Фрагмент скоростной киносъемки процесса разрушения тешенита огнеструйной горелкой ракетного типа при удельном тепловом потоке, равным $1,2 \times 10^6$ Вт/м².

Время образования шелушки размером $2,5 \times 10^{-3}$ м составляет 2,2 с.

Четко видна линия разрушения «равных возможностей» (показана стрелкой):

- 1 – капиллярно-пористое покрытие; 2 – частица (шелушка), оторванная от покрытия;
 - 3 – линия разрушения «равных возможностей». Кинограмма полета частиц во времени:
- τ_1 до τ_6 : 1 = 0 с; 2 = 5/1500 с; 3 = 10/1500 с; 4 = 15/1500 с; 5 = 20/1500 с; 6 = 25/1500 с.

В зависимости от толщины δ отрываемых частиц вычислялась энергия Q . Кривые имеют явно выраженные минимумы.

Для кварцевого покрытия минимальная энергоемкость разрушения равна $Q \cong 0,5 \times 10^9$ Дж/м³ для $\tau = (0,1 \div 1)$ с, $\delta_i = (0,1 \div 0,25) \times 10^{-2}$ м.

Для гранитного покрытия: $Q \cong 2,5 \times 10^9$ Дж/м³ для $\tau = (0,1 \div 5)$ с, $\delta_i = (0,1 \div 0,3) \times 10^{-2}$ м. Для $q \cong 0,1 \times 10^7$ Вт/м² и $\delta = (0,2 \div 1,5) \times 10^{-2}$ м, $Q = 2,5 \times 10^9$ Дж/м³.

Для тешенитного покрытия: $Q \cong 0,5 \times 10^9$ Дж/м³ для $\tau = (0,1 \div 5)$ с, $\delta_i = (0,1 \div 0,4) \times 10^{-2}$ м, причем отношение предельных нормальных напряжений сжатия и растяжения изменялось от 20 до 30. Наличие микротрещин в монолите покрытия снижает его прочность на сжатие в окрестности данной трещины так, что предел прочности на сжатие может быть лишь в 2 раза больше предела прочности на растяжение.

Кривые $Q=f(q)$ своими минимумами с ростом δ_i смещаются в сторону снижения q , причем для термического разрушения хрупких покрытий требуется и меньшая энергоемкость Q .

Заключение

Таким образом, опасность появления предельных термических напряжений велика в момент пуска и останова котлотурбинного оборудования электростанций. Эти напряжения возникают прежде всего в местах концентраторов, которыми являются центры зарождения активной паровой фазы, либо центры образования капель конденсата. Капиллярно – пористая структура может быть естественного происхождения (солевые отложения, налеты), так и искусственно создаваемая с хорошо – и плохотеплопроводными материалами в широких пределах пористости от 3% до 90% (проницаемости). Структуры могут выполнять моделирующую роль, так и служить в качестве высокоинтенсивной и форсированной системы охлаждения. Например, моделирующим материалом служат тешенитовые пористые покрытия, имеющие в 5 раз больший коэффициент линейного расширения, в 10 раз – более низкий коэффициент теплопроводности и примерно одинаковую температуру плавления по сравнению с энергетическими сталями. Они являются наиболее вязкими с пористостью до 30%.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Polyayev V.M., Genbach A.N., Genbach A.A. An experimental study of thermal stress in porous materials by methods of holography and photo elasticity // Experimental thermal and fluid science, avenue of the Americas, New-York, volume 5, number 6, November. –1992. pp. 697-702.

- [2] Генбач А.А., Бурмистров А.В. Исследование теплового состояния цилиндров паровых турбин // Промышленность Казахстана, № 2 (65). –2011. – С.91-93.
- [3] Поляев В.М., Генбач А.Н., Генбач А.А. Предельное состояние поверхности при термическом воздействии // Теплофизика высоких температур. – 1991. – Т.29, №5. – С. 923-934.
- [4] Polyayev V.M., Genbach A.A. Control of Heat Transfer in a Porous Cooling System // Second world conference on experimental heat transfer, fluid mechanics and thermodynamics. – 1991. – Dubrovnik, Yugoslavia, 23-28 June. – pp. 639-644.
- [5] Поляев В.М., Генбач А.А. Управление внутренними характеристиками кипения в пористой системе // Криогенная техника и кондиционирование: Сб. трудов МГТУ. –1991. –С.224-237.
- [6] Поляев В.М., Генбач А.А. Управление теплообменом в пористых структурах // Известия Российской академии наук. Энергетика и транспорт. -1992. –Т.38. № 6. – С.105-110.
- [7] Поляев В.М., Генбач А.А. Теплообмен в пористой системе, работающей при совместном действии капиллярных и гравитационных сил // Теплоэнергетика. –1993. №7. –С.55-58.
- [8] Поляев В.М., Генбач А.А. Интенсивность теплообмена пористой системы в гравитационном поле // Известия вузов. Энергетика. -1993. № 1,2. –С.91-95.
- [9] Поляев В.М., Генбач А.А. Предельные тепловые нагрузки в пористых структурах // Известия вузов. Авиационная техника. -1991. №1. – С.33-37.
- [10] Jamialahmadi M., et al. Experimental and Theoretical Studies on Subcooled Flow Boiling of Pure Liquids and Multicomponent Mixtures, Intern. J Heat Mass Transfer. 51 (2008), 9-10, pp. 2482-2493
- [11] Ose Y., Kunugi T. Numerical Study on Subcooled Pool Boiling, Progr. In Nucl. Sci. and Technology 2, (2011), pp. 125-129
- [12] Krepper E., et al. CFD Modeling Subcooled Boiling-Concept, Validation and Application to Fuel Assembly Design, Nucl. Eng. and Design, 237 (2007), 7, pp. 716-731
- [13] Овсяник А.В. Моделирование процессов теплообмена в кипящих жидкостях, Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, Гомель, Беларусь, 2012
- [14] Alekseik, O.S., Kravets V. Yu. Physical Model of Boiling on Porous Structure in the Limited Space, Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 64 (2013), 4/8, pp. 26-31
- [15] Поляев В.М., Майоров В.А., Васильев Л.Л. Гидродинамика и теплообмен в пористых элементах конструкций летательных аппаратах. – М.: Машиностроение, 1998. – 168 с.
- [16] Ковалев С.А., Соловьев С.Л. Испарение и конденсация в тепловых трубах. – М.: Наука, 1989. – 112 с.
- [17] Модернизация и продление срока эксплуатации паротурбинных электростанций в Восточной Европе и в России // Kupetz M., Jeni Heiew E., Hiss F. – Теплоэнергетика. – 2014. №6. – С. 35-43.
- [18] Гринь Е.А. Возможности механики разрушения применительно к задачам прочности, ресурса и обоснования безопасной эксплуатации тепломеханического энергооборудования // Теплоэнергетика. – 2013. №1. – С. 25-32.

Genbach A.A., Bondartsev D.Yu.

Modeling of thermal stresses that deplete porous coatings of heat exchange surfaces boiler-turbine equipment

Summary: Modeling of the low heat conductive low-porous capillary porous coatings and metal (copper, stainless steel) surfaces (base layer) was studied. The heat source is an electric current and supersonic high temperature pulse detonating flame of the rocket-type burner. Physical and analytical modeling and analogy of the similar heat transfer processes led to the positive outcome. Heat and mass transfer in the porous coatings moved with excessive liquid due to the combined action of capillary and mass forces. The dynamics of vapor bubble was described along with their heat-dynamic properties, which were observed by the optic research methods. "Birth" and "death" of the vapor bubbles occurred in a burst manner in the generation centers, which have been considered as the sources of fatigue fracture. Finding solution for the thermoelasticity allowed to reveal the influence of the specific heat flow and heat tension of compression and stretching depending on time of supply and sizes of pulled particles at the time of the system limit state as to "porous coating - base layer". The theory was confirmed by the trial, which was observed by camcorder SKS-1M. At short interval ($\sim 10^{-2}$ s) from heat supply the compression stresses only occur, and then they transfer to tension stress as per the coating depth. Specific destructive energy has a distinctive minimum and with rising sizes of particles is moving towards the reduced heat flow.

Keywords: capillary-porous coatings, cooling system, thermoelasticity, thermal stresses, heat transfer.

Генбач А.А., Бондарцев Д.Ю.

Жылжымалық жабдықтардың порогиялық құралдарының жоғары термейдік стресстерін модель турбиналық жабдық

Түйіндеме. Төмен кеуекті капиллярлы кеуекті қаптамалардың және металл (мыс, тот баспайтын болат) беттердің (субстрат) нашар жылу өткізгіштігін модельдеу зерттелді. Жылу көзі - бұл электр тогы және зымырандық типтегі алаудың жоғары температурадағы пульсирленген детонациялық шамы. Физикалық және аналитикалық модельдеу және ұқсас жылу беру процестерінің ұқсастығы оң нәтиже берді. Кеуекті жабындардағы

жылу және масса тасымалдануы капиллярлық және массалық күштердің аралас әсерінен артық сұйықтықпен ағып кеткен. Оптикалық зерттеу әдістерімен бақыланған будың көпіршіктері мен олардың термогидро сипаттамаларының динамикасы сипатталған. Термоэластиктің мәселесін шешуге нақты жылу ағынының және қысу мен созылудың жылу кернеулерінің әсерін анықтауға мүмкіндік берілді. Теория СКС-1М камерасының бақылауымен алынған экспериментпен расталады. $\sim 10^{-2}$ қысқа уақыт ішінде, тек қана жылу берілуінен қысу кернеуі пайда болады, содан кейін олар қаптаманың тереңдігі бойында созылу кернеуі болады. Бөлшектердің мөлшерін жоғарылату арқылы жойылудың нақты энергиясы жылу ағынының төмендеуіне ауысады.

Түйінді сөздер: капиллярлы кеуекті қаптамалар, термоэластикалық, қысу кернеулері, созылу кернеуі, модель.

МРНТИ 28.19.23

R. Abdrakhmanov, N. Saparkhojaye, E. Rustamov, A. Mukasheva.

(Head of Department “Computer Engineering”, Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, Sattarkhanov Avenue 29, Turkestan, Kazakhstan.

Institute of Information and Telecommunication Technologies, Satpaev University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: nursp81@gmail.com, mukasheva.a.82@gmail.com)

ALGORITHM BASES OF FRACTAL KNOWLEDGE BASES DESIGNING IN INTELLECTUAL SYSTEMS

Abstract. In this paper, the ontological properties of knowledge derived from the semantic properties of information are considered. Formalizing the concepts of “message”, “data” and “information”, the procedure for obtaining the necessary knowledge from these concepts has been algorithmized. A formalized methodology for analyzing knowledge based on the interpretation of information in context is given. While focusing on the intrinsic properties of information. It is shown that if one interprets the same information in different contexts, then the semantics of knowledge will be different. A criterion for the fractality of knowledge in information systems is proposed. On the other hand, the fractality of information is a prerequisite for the emergence of a fractal ontology of knowledge. The condition for creating a fractal knowledge base in intellectual systems is proved by introducing the concept of a knowledge filter. The turn of these filters is formed from the essential properties of information. Therefore, the representation of knowledge through “data”, “information” is of fundamental importance in the design of a fractal knowledge base in intelligent information systems.

Key words: fractality, knowledge, intellectual system, knowledge filters, production form of knowledge, semantics, fractal knowledge base.

¹ Р.Б. Абдрахманов, Н.П. Сапарходжаев, Е.Н.Рустамов, ² А.К. Мукашева

(¹Международный казахско-турецкий университет имени Х.А.Ясави, Туркестан, Казахстан

²Сатпаев университет, Алматы, Казахстан)

АЛГОРИТМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФРАКТАЛЬНЫХ БАЗ ЗНАНИЙ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Аннотация. В данной работе рассмотрены онтологические свойства знаний, вытекающей именно из семантических свойств информации. Формализуя понятия «сообщение», «данные» и «информация» алгоритмизирована процедура получения из этих понятий необходимые знания. Приведена формализованная методика анализа знаний на основе интерпретации информации в контексте. При этом акцентируя на существенные свойства информации. Показан, что если интерпретировать одну и ту же информацию в разных контекстах, то семантика знаний будет другой. Предложен критерий фрактальности знаний в информационных системах. С другой стороны, фрактальность информации является предпосылкой появления фрактальной онтологии знаний. Доказано условие создания фрактальной базы знаний в интеллектуальных системах, вводя понятие фильтра знаний. Свою очередь эти фильтры формируется из существенных свойств информации. Поэтому представление знание через «данные», «информация» имеет принципиальное значение при проектировании фрактальных базы знаний в интеллектуальных информационных системах.

Ключевые слова. фрактальность, знание, интеллектуальная система, фильтры знаний, продукционная форма знаний, семантика, база фрактальных знаний.

Введение. Как мы знаем, что накопление, распространение и передача знаний от поколений к поколениям во все времена определяли развитие человеческой цивилизации. При этом все зависела от того, как хранились эти знания, и как они передавались. В последние десятилетия знания, интеллектуальные ресурсы приобрели особую значимость в социальном и экономическом развитии общества. Это связано с действием ряда фундаментальных факторов и, прежде всего, с информационной революцией и возникновением новой цифровой экономики.

Новой цифровой экономике – экономике, основанной на знаниях, свойствен стремительный рост наукоемкости товаров и услуг, сокращение их жизненного цикла, интеллектуализация используемых технологий, обеспечивающих кратное повышение производительности труда, возникновение крупного сегмента рынка собственно интеллектуальных продуктов и услуг (патенты, лицензии, транзакции, консалтинг), быстрый темп обновления знаний и необходимость их постоянного пополнения. Все это требует, разработки новых методов и технологий представления, обработки и поиска фрактальных знаний [1,2]. Для облегчения работы со знаниями надо иметь определенную семантическую и алгоритмическую систему, на основе которой можно было создать базу знаний, на основе первичных данных в рамках одной информационно системы. В этом случае, такая интеллектуализированная информационная система приобретает форму товара. Только в этом случае можно успешно конкурировать на рынках цифровой экономики [3-5]. Здесь определяющую роль играет понятие «информация». Информация – это, данные, интерпретированные в определенном контексте (необходимые пользователю, полезные для решения). Или информация – это «данные, наделенные значимостью и целями» [6].

Целью работы является алгоритмизация представления информации в виде знаний при заданном контексте.

Метод решения. Совпадают ли между собой понятия «данные об объекте» и «информация об объекте?» Оказывается, эти понятия разные. В самом деле, можно привести примеры разных данных [7].

Объект - первичное и строго неопределяемое понятие. Оно всегда противопоставляется другому, двойственному ему понятию - субъект. Субъект обладает способностью воспринимать, преобразовывать и использовать информацию и знания об объекте.

Объект - одно из самых общих понятий. Всякий объект обладает определенными свойствами, проявляющимися при взаимодействии с другими объектами. Эти свойства объекта проявляется в рамках того или иного контекста. Скажем, свойство объекта двигаться, развиваться и т.п. будет проявляться в контексте *времени*. Всякое сведение предполагает свой первоначальный источник. Причем всякое сведение описывает два множества объектов. Одно – X опорное множество тех объектов, которые являются допустимыми для регистрации датчика. Другое множество δ тех объектов из X , для которых датчиком фиксируется вполне определенные свойства. Тем самым, второе множество есть часть первого, т.е. подмножество, $\delta \subset X$.

Далее, всякое сведение должно иметь указатель (имя) объекта, о котором сообщается в данном сведении. Обозначим через x тот объект, который указан в сведении.

Тогда x является элементом как опорного множества X , так и подмножества δ , т.е. $x \in X, x \in \delta$. Будем называть указатель объекта семантическим указателем сведения. По своей сути эти указатели выражают рассматриваемый контекст.

Семантика всякого сведения предполагает наличие следующих четырех величин: опорного множества X объектов, семантического указателя x одного из объектов X , т.е. $x \in X$, подмножества δ объектов из X , т.е. $\delta \subset X$ и рассматриваемый контекст p , которая характеризует достоверность выполнения главного условия $x \in \delta$ [8].

В связи с этим, всякое сведение об объекте $x \in X$ будем обозначать триадой

$$(p) \delta (x) \quad (1)$$

Если контекст имеет фрактальное свойство, то сведение приобретает фрактальность. В свою очередь фрактальность сведения придает ему устойчивый характер.

Теперь перейдем к анализу более сложного понятия «данные об объекте». Для этого рассмотрим конкретный пример – прогноз погоды: завтра днем в Астане ожидается солнечная погода, температура воздуха 24^0 - 26^0 тепла, к вечеру возможна гроза. Эти данные включают несколько (а именно три) сведений типа (1) об одном и том же объекте – дневной погоде в Астане на завтра. Здесь опорное множество X

объектов – это различные состояния дневной погоды в различных местах и в различные дни. Семантический указатель x - это дневная погода в Астане на завтра. Здесь имеем три сведения вида (1):

$$p_1\delta_1(x), p_2\delta_2(x), p_3\delta_3(x)$$

где δ_1 означает «солнечная погода», δ_2 - «погода с дневной температурой 24^0-26^0 тепла», δ_3 – «погода, когда вечером происходит гроза». Очевидно, что $\delta_1 \subset x$, $\delta_2 \subset x$, $\delta_3 \subset x$. Семантические достоверности здесь p_1, p_2, p_3 – это скалярные достоверности событий $x \in \delta_1$, $x \in \delta_2$, $x \in \delta_3$. Наряду с отдельными сведениями об объекте вида (1), имеют дело с наборами (семействами) сведений об одном объекте. Такие наборы называют данными об объекте. Будем данные об объекте $x \in X$ обозначать следующим образом:

$$\{(p_1) \delta_1(x); (p_2) \delta_2(x); \dots\} \quad (2)$$

Для упрощения записи вместо (2) будем иногда писать

$$\{(p_1) \delta_1; (p_2) \delta_2; \dots\} (x) \quad (3)$$

т.е. выносить общий семантический указатель за скобки (справа). Если $p_1 = p_2 = \dots$, то можно такую достоверность вынести за скобки (слева)

$$(p) \{\delta_1; \delta_2; \dots\} (x) = (p) \Delta (x) \quad (4)$$

здесь

$$\Delta = \{\delta_1; \delta_2; \dots\} = \left\{ \begin{array}{c} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \vdots \end{array} \right\} \quad (5)$$

Данные (набор сведений) о свойствах объекта в *БД* представляются в зависимости от типа объекта. Это связано объективностью отражения свойств объекта в *БЗ*.

Аналогичная ситуация появляется, когда, например, одно и тоже действительное число X мы представляем в двоичной, десятичной или другой какой-либо системе исчисления. И так, «данные об объекте» и «информация об объекте» - это разные понятия. «Данные об объекте» являются как бы носителем «информации об объекте». Одна и та же информация может быть принесена разными данными, но каждые данные определяют свою единственную информацию. Что же такое «информация об объекте»?

Как уже отмечалось, в отличие от данных, информация имеет смысл, *соответствие* и *цель*. Информация передается по организации посредством жестких (формальных) и мягких (неформальных) сетей. К первым относятся электронные письма и документы, традиционные письма и документы, посылки и пакеты Интернет сети. Мягкая сеть менее видима и устойчива. Она возникает от случая к случаю во время встреч, дискуссий и т.п. К количественным мерам информации можно, кроме объема, отнести *связность* и *число обменов*. К качественным мерам – *информативность* и *полезность*.

Если рассмотреть одно истинное сведение $\delta(x)$ об объекте $x \in X$, то вместе с ним одновременно можно всегда сформулировать другие истинные сведения, являющиеся простейшими (очевидными) логическими следствиями из $\delta(x)$. Например, пусть x - конкретное бревно, а $\delta(x)$ - сведение о нем, означающее «бревно x короче трех метров». Тогда, очевидно, будут справедливы такие сведения как $\delta'(x)$, означающее «бревно x короче пяти метров» и т.д. Другими словами, если имеется одно истинное сведение $\delta(x)$, то вместе с ним истинными будут всякие другие сведения $\delta'(x)$, где δ' - надмножество δ , т.е. $\delta \subset \delta' \subset X$. Что интересно, в этом примере надо заметить, когда мы определяем начальное истинное сведение $\delta(x)$ об объекте, молча, допускаем о множестве X . На самом деле, в общем случае, X определяет контекст в котором мы *интерпретируем* (т.е. находим) начальное истинное сведение $\delta(x)$ $x \in X$, и зависящее или вытекающее из этого сведения $\delta'(x)$ истинное сведение $\delta(x)$. Если ввести определенный порядок в процедуру интерпретации, то мы поймем *алгоритм превращения данных в информацию*.

Если теперь рассмотреть истинные данные $\Delta(x)$ об объекте $x \in X$, то одновременно с каждым двумя (или более) истинными сведениями $\delta_1(x), \delta_2(x)$ из $\Delta(x)$ следует что, истинными будут и сведения $\delta_3(x)$, где $\delta_3 = \delta_1 \cap \delta_2$ - пересечение подмножеств. В математической логике это означает логическую операцию «и» (конъюнкцию):

$$\delta_3(x) = \delta_1 \& \delta_2(x)$$

Понятно, что определения истинности логических операций «и» и «или» составляют основу процедуры интерпретации $\delta(X)$ в контексте X . И являются информацией об объекте, построенной из данных $\Delta(x)$.

Понятие «информация об объекте» $x \in X$ определяется как такое семейство сведений $\delta(x)$ об этом объекте, которому принадлежит, наряду с каждым сведением из этого семейства, все и простейшие (очевидные) логические следствия. Другими словами, если $\delta(x)$ принадлежит семейству, то и всякое $\delta'(x)$ где $\delta < \delta' < X$, также принадлежит семейству, то и $\delta_3(x)$, где $\delta_3 = \delta_1 \cap \delta_2$ также принадлежит семейству. Только, и только в этом случае, если конечно $x \in X$, данные $\Delta(x)$ можно воспринимать как «информацию об объекте». В этом и заключается фрактальность контекста. Когда эта фрактальность нарушается, тогда сведения приобретают не истинный характер. Одним из эффективных (в практическом смысле) алгоритмов интерпретации $\Delta(x)$, является табличный метод.

Определение 1.[7] Непустое семейство элементарных сведений о точке x_0 из X назовем элементарной информацией о точке x_0 из X и обозначим $J^x(x_0)$ если выполняются три условия.

- 1) из $\delta(x_0) \in J^x(x_0)$ следует, что δ - не пустое подмножество, т.е. $\delta \neq 0$
- 2) из $\delta(x_0) \in J^x(x_0)$ следует, что любое более общее истинное сведение $\delta(x_0)$ принадлежит $J^x(x_0)$, т.е. для любого надмножества $\delta \supset \delta$ в X будет $\delta(x_0) \in J^x(x_0)$,
- 3) из $\delta_1(x_0), \delta_2(x_0) \in J^x(x_0)$ следует, что $(\delta_1(x_0) \& \delta_2(x_0)) \in J^x(x_0)$.

x выражает контекст интерпретации $\Delta(x)$ в $x \in X$. При этом, $\Delta^x(x)$ - будет носителем $J^x(x_0)$. Под элементарной информацией о точке понимается не просто семейство, каких либо сведений, а такое семейство, к которому относятся сведения вместе с их обобщениями, конъюнкциями и импликациями интерпретируемой в заданном контексте. Контекст задается в зависимости от решаемой задачи.

Определение 2. Носителем элементарной информации $J^x(x_0)$ о точке x_0 из X назовем всякое подсемейство $\Delta^x(x_0)$ сведений, входящих в состав $J^x(x_0)$, таких, что для любого сведения $\tilde{\delta}(x_0)$ из $J^x(x_0)$ существует менее общее сведение $\delta(x_0)$ из $\Delta^x(x_0)$, т.с. $\delta \subset \tilde{\delta}$.

Носитель, состоящий из одного сведения называется одиночным. Если $\Delta^x(x)$ - носитель $J^x(x_0)$, то говорят что информация $J^x(x_0)$ принесена $\Delta^x(x_0)$. В табличной структуре данных таким носителем является строка, т.е. запись.

Утверждение 1. Всякий носитель $\Delta^x(x_0)$ однозначно определяет принесенную им информацию $J^x(x_0)$ в x .

Доказательство проведем методом от противного. Пусть, кроме $J^x(x_0)$ имеется другая информация $\tilde{J}^x(x_0)$ с тем же носителем $\Delta^x(x_0)$. Рассмотрим любое сведение $\tilde{\delta}(x_0)$ из $\tilde{J}^x(x_0)$, тогда, по определению носителя, существует менее общее сведение $\delta(x_0)$ из $\Delta^x(x_0)$, $\delta \subset \tilde{\delta}$. Но $\Delta^x(x_0)$ является носителем $J^x(x_0)$ в x и, следовательно, сведение $\delta(x_0)$ принадлежит $J^x(x_0)$. Тогда по определению элементарной информации любое более общее сведение, в частности $\tilde{\delta}(x_0)$, принадлежит $J^x(x_0)$. Тем самым доказано, что $\tilde{J}^x(x_0)$ является подсемейством $J^x(x_0)$. Аналогично доказывается, что $J^x(x_0)$ является подсемейством $\tilde{J}^x(x_0)$. Следовательно, $J^x(x_0) = \tilde{J}^x(x_0)$.

Когда решаемая практическая задача рассматривается в информационном пространстве, тогда носитель информации играет существенную роль. Так как при проектировании базы знаний (БЗ), именно носитель будет определять, в каком информационном измерении интерпретируется $J^x(x_0)$.

Определение 3 Непустое семейство элементарной информации $J^x(x_0)$ о точке x_0 из X назовем *элементарным знанием* о точке x_0 из X , при заданном в X информационной единицы (ue_j) и обозначим $\Phi^{ue}(J^x(x_0))$, если выполняется следующие условия:

1. из $J^x(x_0) \in \Phi^{ue}(J^x(x_0))$ следует, что $J^x(x_0)$ - непустое подмножество, т.е. $J^x(x_0) \neq \emptyset$, в этом случае $\Phi^{ue}(J^x(x_0))$ будет глобальным знанием, из $J^x(x_0) \in \Phi^{ue}(J^x(x_0))$ следует, что любое более общее информация $\tilde{J}^x(x_0)$ также принадлежит $\Phi^{ue}(J^x(x_0))$, т.е. для любого надмножества $\tilde{J}^x(x_0) \supset J^x(x_0)$ в X будет $\tilde{J}^x(x) \in \Phi^{ue}(J^x(x_0))$.

2. Из $J_1^x(x_0), J_2^x(x_0) \in \Phi^{ue}(J^x(x_0))$ следует, что $(J_1^x(x_0) \wedge J_2^x(x_0)) \in \Phi^{ue}(J^x(x_0))$, где « \wedge » логическое «и». При этом $e_j \supset p$. В этом случае $J_1^x(x_0) \wedge J_2^x(x_0) = \Delta^{ue}(x_0)$ будет носителем знание $\Phi^{ue}(J^x(x_0))$.

Определение этих свойств элементарной информации, т.е. носителя знание $\Delta^{ue}(x_0)$ в заданной информационной единице ue_j , назовем процедурой интерпретации $J^x(x_0)$ в информационной единице ue_j .

По своему содержанию ue_j , является контекстом, где интерпретируется элементарная информация $J^x(x_0)$.

При решении практических задач существенную роль играют информации $J^x(x)$ связанные с «причинно-следственными» свойствами. Допустим, что, точка $x \in X$ имеет различные свойства, определяющиеся тройкой $(p)\delta(x)$. Каждое свойство отражается в $J^x(x)$. Различия этих свойств формально можно выразить с помощью логической импликации, объединением, и пересечением. Т.е. $(p_1)\delta(x_1) \rightarrow (p_2)\delta(x_2) \cap (p_3)\delta(x_3) \cap (p_4)\delta(x_4) \dots$. Такое представление информации называется *интерпретацией* данных в контексте $x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$. Интерпретация данных в контексте тесно связана с определением данных $(p)\Delta(x) = \{(p)\delta_1(x), (p)\delta_2(x) \dots\}$, имеющих «причинные» и «следственные» свойства. Естественно из этих соображений вытекает, что информация $J^x(x)$ тоже имеет «причинно-следственные» свойства. Из-за глобальных и локальных выраженностей свойств δ порождаются «причинные» и «следственные» характеристики свойств δ . Это в свою очередь порождает глобальные и локальные характеристики информации.

Из (3) видно что, если, контекст изменится, то семантика той же информации будет интерпретироваться по-другому.

Для создания информационной модели исследуемого объекта в виде знаний, требует представление этого объекта в информационном виде. В этом случае информационная модель объекта характеризуется информационными свойствами. Такие свойства информационной модели мы определим как *информационные единицы* ue_j . Логично совокупность информационных единиц и образует информационную модель объекта. Здесь возникает естественный вопрос как связаны между собой информационные единицы ue_j и понятие контекст p . По своему смыслу информационная единица является «атомарной» основой контекста p , т.е. $ue_j \subset p$.

Например[8], знание: Φ^{ue} сужение или разрыв сосудов головного мозга приведет к мозговому инсульту. Здесь $J^\delta(\Delta(x))$ - сужение или разрыв сосудов головного мозга. $\tilde{J}^\delta(\Delta(x))$ - мозговой инсульт (ε_n - паралич, глубокий парез, сопор и т.д.)

В этом случае знание Φ^{ue_j} представляется как

$$\Phi^{ue_i}(\Delta(x)) = J^\delta(\Delta(x)) \rightarrow \tilde{J}^\delta(\Delta(x)).$$

ue_i – это мозговой инсульт.

Теорема 1. Для любого элементарного знания $\Phi^{ue_i}(\Delta'(x_0))$ о точке $x_0 \in X$ из информации $\tilde{J}^x(x_0)$ семейство подмножеств $\{\tilde{J}^x(x)\}$, образует, фильтр в X , который будем обозначать тем же символом Φ^{ue_i} . Для всякого носителя $\Delta'(x)$ знания Φ^{ue_i} из информации вида $J^{ue}(x_0)$ семейство подмножеств $\{\tilde{J}^x\}$ образует базис фильтра Φ^{ue_i} . Этот базис будем обозначать через Δ^{ue_i} . Верно и

обратное. Всякий фильтр Φ^{ue_i} в X , из подмножеств $\tilde{J}^x \subset X$, которые содержат точку x_0 из X , выдает знание $\Phi^{ue_i}(\Delta'(x_0))$ из информации вида $\tilde{J}^x(x_0)$. При этом любой базис Δ^{ue_i} этого фильтра Φ^{ue_i} определяет носитель $\Delta'(x)$ такое знание.

Доказательство. Из определения 6 элементарного знания следует, что семейство всех подмножеств $\tilde{J}^x(x)$, которые определяют $\tilde{J}^x(x_0)$ из $\Phi^{ue_i}(\Delta'(x))$, образуют фильтр Φ^{ue_i} в X . Рассмотрим носитель $\Delta'(x_0)$ знание $\Phi^{ue_i}(\Delta'(x_0))$, где $\Delta'(x_0) = J^{ue}(x_0) \rightarrow \tilde{J}^{ue}(x_0)$. Из определения носителя имеем: для любого $\tilde{J}^{ue} \in \Phi^{ue_i}(\Delta(x_0))$ существует менее общая информация $J^{ue}(x_0)$ из $\Phi^{ue_i}(\Delta(x_0))$, образующая базис фильтра Φ^{ue_i} . Обозначим этот базис буквой $\Delta^{ue_i} \subset \Phi^{ue_i}$. Обратно, если Φ^{ue_i} - фильтр в X и любое подмножество $\tilde{J}^{ue} \in \Phi^{ue_i}$ содержит точку $x_0 \in X$, то семейство элементарных информаций $\tilde{J}^{ue}(x)$ образует элементарные знания, которые естественно обозначить $\Phi^{ue_i}(\Delta(x_0))$. При этом, всякий базис Δ^{ue_i} фильтра Φ^{ue_i} определяет подсемейство информации вида $J^x(x_0) \rightarrow \tilde{J}^x(x_0)$, $\tilde{J}^x(x_0) \subset J^x(x_0)$, которые удовлетворяют определению носителя знаний $J^{x_{ue_i}}(x)$. ■

Эта теорема является алгоритмом создания фрактальной базы знаний.

Выводы. При создании интеллектуальных систем, главной задачей является, представление описываемой модели системы предметной области в виде знаний. Эта задача требует не только алгоритмического решения, но и определения некоторых понятий связанные с представлением информации в виде знаний. Таким образом, алгоритмизация процедуры создания фрактальных знаний из информационной совокупности характеризующей предметной области является главным этапом интеллектуализации информационной системы.

Предложенный алгоритм шкалирования информационной единицы является необходимой частью получения отфильтрованного фрактального знания из информации о предметной области. В работе на основе теоремы 1 алгоритмизирован представления фрактальных знаний в интеллектуальных системах. Но, следует отметить, что эти представления не всегда с одинаковой четкостью. Это связано с онтологическим свойством знаний, выражающееся в «следственно-причинных» свойствах элементарных знаний. Обычно, знания, имеющие такие свойства, называют продукционными знаниями.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Балханов В.К. Ведение в теорию фрактальных исчисления. Улан-Удэ.: Изд. Бурятского гос. ун-та, 2001. 58 с.
- [2] Рустамов Н.Т. Фрактальное управления активной системой. Доклады республиканской научно-технической конференции «Современное состояние и перспективы применения информационных технологии в управлении», Джизак, РУз, 2016, с.272-277.
- [3] Тузовский А.Ф., Ямпольский В.З. Системы управления знаниями в образовании // Современные средства и системы автоматизации. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2002. – с. 295-299.
- [4] Климов С.М. Интеллектуальные ресурсы организации. – М.: Знание; ИВЭСЭП, 2000. -168с.
- [5] Рустамов Н.Т., Темирбеков А.Н., Кантуреева М.А. Валидность представления знаний // Астана.: Вестник ЕНУ им. Л.Н. Гумелева № 4(71), 2009. –С.57-62.
- [6] Davenport T., Prusak L. Working Knowledge: how organization manage what they know. – Boston: Harvard Business Schol Press, 1998.
- [7] Чичкин А.В. Математическая информатика - М.: Наука. Гл.ред. физ. – мат. лит., - 416 с.
- [8] Исраилов Р.И., Рустамов Н.Т., Рустамов Б.К. Математический метод клинического прогнозирование морфологических и морфометрических изменений сосудов головного мозга при инсульте. Смоленск. Математическая морфология. Электронный математический и медико– биологический журнал. – Т.8. – Вып, 1. – 2009. С. 7 -15.

Абдрахманов Р., Сапарходжаев Н., Рустамов Е., Мукашева А

Интеллектуалдық жүйелерде фракталдық білімдер базасын құрудың алгоритмдік негідері

Түйіндеме. Бұл жұмыста ақпараттың семантикалық қасиеттерінен келіп шығатын білімнің онтологиялық қасиеттері қарастырылған. «Хабарлама», «деректер» және «ақпарат» деген ұғымдарды формализациялау арқылы олардан қажетті білімдерді алу процедурасына алгоритм құрастырылған. Контекст негізінде ақпараттарды интерпретациялаудың білімдерді формализацияланған талдау әдісті келтірілген. Мұнда ақпараттың маңыздылығына көңіл аударылады. Бір ақпаратты әртүрлі контекстінде интерпретациялауда білімнің семантикасы әртүрлі болатыны көрсетілген. Ақпараттық жүйелерде білімдердің фракталдық критерийі

ұсынылған. Екінші жағынан ақпараттың фракталдығы білімдердің фракталдық онтологиясының пайда болуына алып келеді. Білімдер сүзгісі деген ұғымды ендіру арқылы интеллектуалдық жүйелерде фракталдық білімдер базасының пайда болу шарты дәлелденген. Өз кезегінде бұл фильтрлер ақпараттың маңыздылық қасиеттерінен пайда болады. Сондықтан білімдерді «деректер», «ақпарат», «хабарлама» арқылы ұсыну интеллектуалдық ақпараттық жүйелерде фракталдық білімдер базасын жобалауда маңызды болып келеді.

Кілттік сөздер: фрактальдық, білім, интеллектуалдық жүйе, білімдер сүзгілері, білімдерді ұсынудың продукциялық формасы, семантика, фракталдық білімдер базасы.

Abdrakhmanov R., Saparkhojayev N., Rustamov E., Mukasheva A.

Algorithm bases of fractal knowledge bases designing in intellectual systems

Summary. In this paper, the ontological properties of knowledge derived from the semantic properties of information are considered. Formalizing the concepts of “message”, “data” and “information”, the procedure for obtaining the necessary knowledge from these concepts has been algorithmized. A formalized methodology for analyzing knowledge based on the interpretation of information in context is given. While focusing on the intrinsic properties of information. It is shown that if one interprets the same information in different contexts, then the semantics of knowledge will be different. A criterion for the fractality of knowledge in information systems is proposed. On the other hand, the fractality of information is a prerequisite for the emergence of a fractal ontology of knowledge. The condition for creating a fractal knowledge base in intellectual systems is proved by introducing the concept of a knowledge filter. The turn of these filters is formed from the essential properties of information. Therefore, the representation of knowledge through “data”, “information” is of fundamental importance in the design of a fractal knowledge base in intelligent information systems.

Keywords. fractality, knowledge, intellectual system, knowledge filters, production form of knowledge, semantics, fractal knowledge base.

ӘОК 004.67

N. P. Saparkhojayev, A.K. Mukasheva

(Head of Department “Computer Engineering”, Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, Sattarkhanov Avenue 29, Turkestan, Kazakhstan.

Institute of Information and Telecommunication Technologies, Satpaev University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: nursp81@gmail.com, mukasheva.a.82@gmail.com)

INFORMATION SYSTEM DEVELOPMENT OF INFORMATION RESOURCES DESIGN AND USE FOR EVALUATION OF PARAMETERS AND RECOMMENDATIONS BASED ON BIG DATA TECHNOLOGY TOOLS: OPERATING MONGODB

Abstract. Automation process of forming a relational structured database in the Hadoop ecosystem environment. Selection a source in the Internet environment and extracting information online, choosing an import tool, studying unstructured data in Hadoop are described. The use of tools (systems, utilities) such as MongoDB, Hadoop in this research work allows combining operational and analytical technologies.

Key words: MongoDB, BigData, Hadoop, store, execute, data.

¹Н. П. Сапарходжаев, ²А.К. Мукашева

(¹ Қожа Ахмет Ясауи атындағы халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан, Қазақстан Республикасы, nursp81@gmail.com, ² Сатпаев университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы, mukasheva.a.82@gmail.com)

ПАРАМЕТРЛЕРДІ ЖӘНЕ ҰСЫНЫСТАРДЫ БАҒАЛАУ ҮШІН АҚПАРАТТЫҚ РЕСУРСТАРДЫ ПАЙДАЛАНУҒА ЖӘНЕ ҚАЛЫПТАСТЫРУҒА АРНАЛҒАН АҚПАРАТ ЖҮЙЕСІН ҚҰРАСТЫРУ: BIGDATA ҚҰРАЛДАРЫ НЕГІЗІНДЕ MONGODB-МЕН ЖҰМЫС

Аңдатпа. Осы зерттеудің негізгі мақсаты болып Hadoop экожүйесінің ортасында реляциялық құрылымдық деректер базасын қалыптастыруды автоматтандыру процесін сипаттау. Ғаламтор ортасындағы көзді таңдау және ақпаратты онлайн режимінде алу, импорттау құралын таңдау, құрылымдық емес деректерді зерттеу. MongoDB сияқты құралдарды (жүйелерді, утилиттерді) пайдалану. Осы зерттеу жұмысында Hadoop операциялық және аналитикалық технологияларды біріктіруге мүмкіндік береді.

Түйінді сөздер: MongoDB, BigData, Hadoop, сақтау, орындау, деректер.

Кіріспе

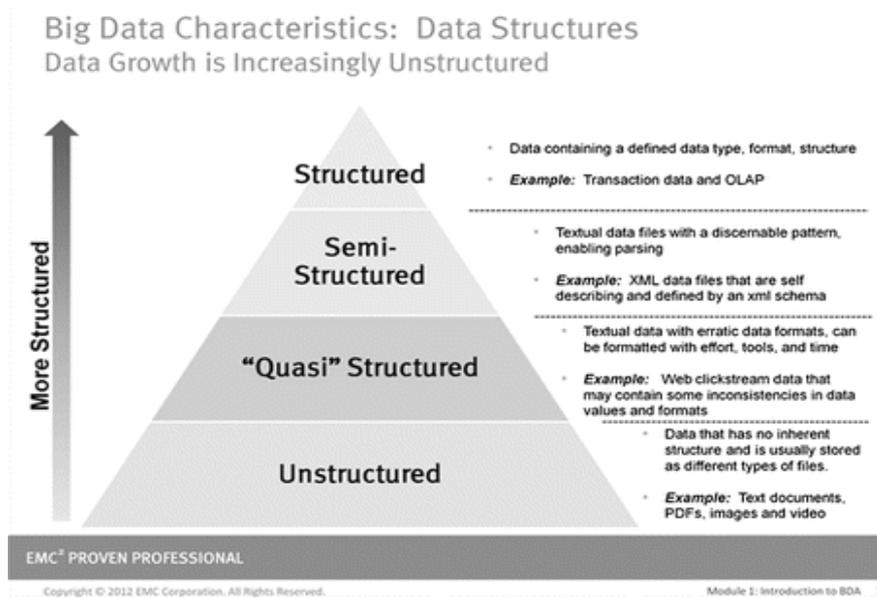
Big Data технологиясы деректердің барлық түрлерін қамтиды және мазмұны тұрғысынан құрылымдық деректерді, жартылай құрылымдалған деректерд және құрылымдық емес деректерді бір-бірінен ажырата алады [1].

- құрылымдалған деректер - реляциялық деректер базасымен немесе басқа да деректер кестесі түрлерімен байланысатын, деректер моделінің формалды құрылымының бөлігі болып табылатын деректерді айтамыз. Оларды компьютерлік бағдарламалар немесе адамдар арқылы жасауға болады.

- жартылай құрылымдалған деректер - деректер моделінің формалды құрылымының бөлігі болып табылмайтын деректерді айтамыз. Мысалы: EDI, SWIFT, және XML және JSON деректері [2].

- құрылымдалмаған деректер - алдын ала анықталған деректер үлгісіне жатпайтын және электрондық пошта, бейнелер, әлеуметтік желі сайттары және мәтін ағындарының деректерін қамтитын деректер. Олар ұйымдардағы барлық деректердің 80% -дан астамын құрайды [3].

Соңғы уақытқа дейін бағдарламалық жасақтама технологиялары оларды үлкен көлемде сақтау немесе қолмен талдау арқылы қолдамады. Құрылымдық деректермен қатар құрылымдалмаған деректер машинамен (компьютермен немесе бағдарламалық жасақтамамен) немесе адамның жасағанымен жасалады [2].



1- сурет. Big Data сипаттамасы [4].

Шешім тәсілі

Hadoop vs MongoDB

Үлкен деректер күннен күнге ұлғайып жатыр және онымен қатар деректерді басқарудағы мәселелерде өсуде. Көпшілік үшін Apache Hadoop, MongoDB және NoSQL сияқты құралдар үлкен деректер болып табылады [5].

Hadoop.

Cloudera, Amazon, Azure, Google cloud және Hortonworks дистрибутивтарын салыстырмалы талдау негізінде Hortonworks өнімі таңдалды [6]. Қаржылық шығындарды талап етпейтіндіктен. Бағдарламалық жасақтама тегін жүктеуге болады және онымен жұмыс істеу және оны орнату техникалық жағынан өте ыңғайлы. Бағдарламалаушыға үлкен деректер массивтерімен жұмыс істеу үшін басқа да Hadoop эко жүйесінің құралдарын жүктеуге мүмкіндік береді.

MongoDB.

Big Data жұмыс жүктемелері үшін, құжаттардың дерекқорлары сияқты NoSQL Big Data жүйелері кең қосымшалар жиынтығына қатысты пайда болды. Кілт-құнды дерекқорлары, графтардың деректер базасы және бағандар дерекқорлар сияқты басқа да архитектуралар неғұрлым нақты бағдарламалар үшін оңтайландырылған.

Негізінде, MongoDB бұлттық есептеулерге арналған. Оның өзінің масштабталатын архитектурасы, «sharding» қамтамасыз етілетін бұлтты есептеулермен қамтамасыз етілген көлденең

масштабтаумен жақсы араласады. Sharding автоматты түрде көп түйінді кластерлер бойынша деректерді теңдей жіктейді және олардың сұраныстарын реттейді [7]. Бірінші, әлемдегі ең жылдам дамып келе жатқан жаңа деректер базасы, ол динамикалық сұраулармен қоса құжатқа бағытталған құрылымды қамтамасыз етеді. Екінші, деректерді логикалық түрде жіктеу үшін деректерді топтарға бөлуге мүмкіндік береді. MongoDB қандай да бір құрылымсыз деректерді, қымбат емес деректер қоймасының жүктемелерінсіз, қаншалықты жиі өзгергеніне қарамастан басқара алады. Осылайша, деректерді қайта құрусыз, біз жаңа функцияларды арзанырақ аламыз [8].

MongoDB кез-келген деректерді, кез-келген құрылымды, кез-келген форматты, кез келген дереккөзді қамтуы мүмкін, қаншалықты жиі өзгергеніне қарамастан. Сіздің аналитикалық механизмдеріңіз күрделі және нақты уақытта болуы мүмкін.

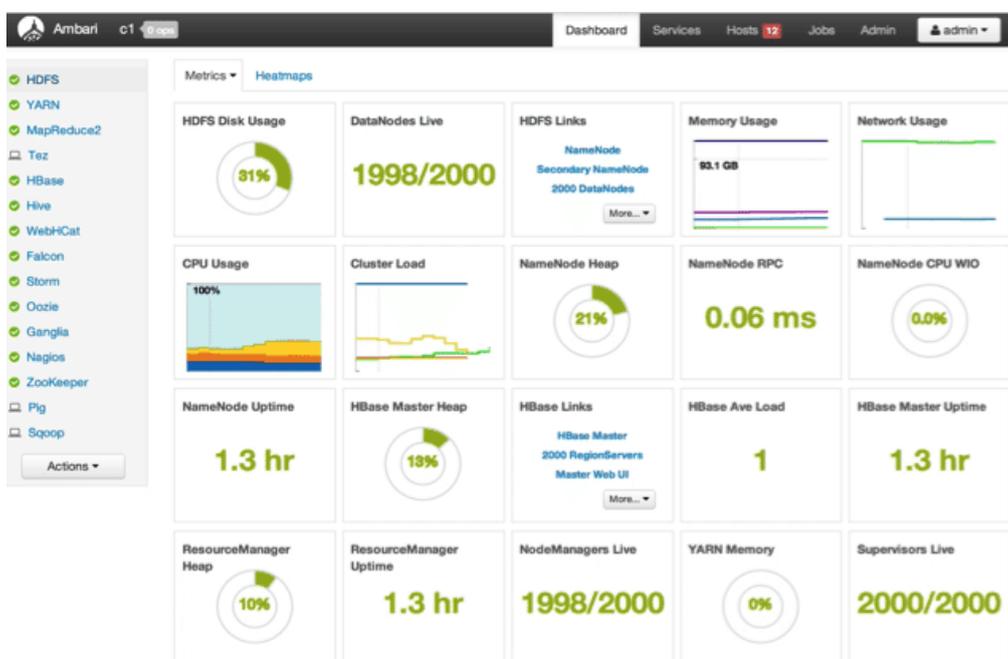
Бүгінгі күні MongoDB аналитика үшін пайдаланылады, себебі ол кез келген деректерді сақтауға, оны нақты уақыт режимінде талдауға және схеманы келу уақытына қарамастан өзгертуге мүмкіндік береді. MongoDB құжат үлгісі кез-келген құрылымның деректерін сақтауға және өңдеуге мүмкіндік береді: оқиғалар, геоақпараттық координаттар, мәтіндік және екілік деректер және тағы басқалар. Құжат схемасының құрылымын жаңа деректерді енгізуді жеңілдететін жаңа өрістерді қосу арқылы бейімдеуге болады [9].

Ұсынылған жүйенің сипаттамасы және оның архитектурасы. Hadoop орнату.

Hortonworks компаниясы келесі орнату процедурасын ұсынады [10]: Apache Ambari таңдалды, орнатылды және іске қосылды. Ambari пайдаланушы интерфейсінің басқаруын өз RESTful APIs-імен қамтамасыз етеді. Ambari жүйелік әкімшілерге Hadoop кластерін басқаруға, жұмысын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді, сондай-ақ, Hadoop-ті бар кәсіпорын инфрақұрылымымен біріктіруге мүмкіндік береді.

Ambari арқылы Hadoop қызметін қадамдық орнатуды қамтамасыз етеді. Ambari кластерге арналған Hadoop қызметтерінің конфигурациясын қолдайды. Ambari барлық кластер үшін Hadoop қызметтерін іске қосу, орнату және конфигурациялауға орталықтандырылған бақылауды қамтамасыз етеді.

Hortonworks компаниясының ресми веб-сайтында, Hadoop кластері мен экожүйесі қалыпты жұмыс істеуі үшін қажетті барлық процедуралар толығырақ түсіндірілгеннен кейін, барлық қондырғылардың нәтижесінде толық кластерді алдық.



2-сурет. Дайын кластер терезесі.

Конфигурациялық файлдардың ыңғайлылығы үшін, Apache Ambari ортасында, браузерде панелдегі қызметті таңдауыңыз керек.



3-сурет. Конфигурациялық файлдарды өзгерту үшін қызметерді таңдау.

Біздің жағдайда конфигурация үшін HDFS таңдалады. Панельде HDFS қызметін таңдағаннан кейін, экранда HDFS файлдық жүйесінің күйін көрсететін метрикалар пайда болады. Сондай-ақ біз HDFS файлдық жүйесі орналасқан жердегі түйіндер саны туралы қажетті ақпаратты көреміз. Метадеректерді сақтау орындарын Namenode және Datanode үшін өзгерте аламыз, сондай-ақ HDFS бойынша орындалатын тапсырмалар үшін жедел жады мөлшерін көбейте аламыз. Осылайша, конфигурация файлдарын тек HDFS үшін ғана емес, көптеген басқа құралдар үшін де өзгерте аламыз.

MongoDB-ді орнату

MongoDB репозиторийін қосу. mongodb-org пакеті CentOS-тың ресми репозиторийінде жоқ. Дегенмен, MongoDB қосуға болатын арнайы бөлек репозиторийді қолдайды. CentOS пакеттік менеджерінің мәтіндік өндегішін пайдаланып yum үшін .repo файлын құрыңыз [11].

```
Sudo vi /etc/yum.repos.d/mongodb-org.repo
```

MongoDB ресми құжаттамасын ашыңыз және файлға соңғы тұрақты мәлімет туралы ақпаратты қосыңыз [11-14].

```
[mongodb-org-3.2]
```

```
name=MongoDB Repository
```

```
baseurl=https://repo.mongodb.org/yum/redhat/$releasever/mongodb-org/3.2/x86_64/
```

```
gpgcheck=1
```

```
enabled=1
```

```
gpgkey=https://www.mongodb.org/static/pgp/server-3.2.asc
```

Файлды сақтап, жабыңыз. Содан кейін yum MongoDB репозиторийін көретініне көз жеткізіңіз.

Мұны істеу үшін repolist командасын пайдаланыңыз [11-14].

```
Yum repolist
```

```
...
```

```
repo id repo name
```

```
base/7/x86_64 CentOS-7 – Base
```

```
extras/7/x86_64 CentOS-7 – Extras
```

```
mongodb-org-3.2/7/x86_64 MongoDB Repository
```

```
updates/7/x86_64 CentOS-7 – Updates
```

```
...
```

mongodb-org пакетін орнатыңыз:

```
sudo yum install mongodb-org
```

Команданы іске қосқаннан кейін екі сұрау пайда болады.

```
Is this ok [y/N]:
```

• Технические науки

Бірінші – бұл MongoDB пакетін орнатуға рұқсат сұрау, ал екіншісі – жүктелген пакеттердің тұтастығын растау үшін GPG-кілтін импорттау туралы. Ү-ті енгізіңіз және Enter-ді басыңыз [11-14]. MongoDB қызметін жүктеңіз:

```
sudo systemctl start mongod.
```

MongoDB-ге деректерді жүктеу

Деректер ретінде pdf форматындағы мақала қабылданады.

```
[root@master Igor]# ls
doran2013.pdf
[root@master Igor]#
```

4-сурет. MongoDB-ге деректерді жүктеу.

MongoDB-ге деректерді жүктеу алдында деректер базасын құру қажет. Алдымен MongoDB басқару консоліне кіруіңіз керек. Ол үшін консольде mongo командасын теріңіз.

```
[root@master Igor]# mongo
```

5-сурет. MongoDB басқару консоліне кіру.

Алдымен сіз MongoDB-да қандай дерек базасы бар екенін тексеруіңіз керек, ол үшін *show dbs* командасын теріңіз.

```
> show dbs
Journals  0.000GB
local     0.000GB
mongotest 0.000GB
test      0.001GB
>
```

6-сурет. Құрылған деректер базасын тексеру.

Жаңа деректер базасын құру үшін келесі команданы теріңіз *use report*, жаңа деректер базасының аты *report*. Жаңа деректер базасы туралы деректер тек деректерді жүктегеннен кейін ғана пайда болады.

```
> use report
switched to db report
> show dbs
Journals  0.000GB
local     0.000GB
mongotest 0.000GB
test      0.001GB
> show dbs
Journals  0.000GB
local     0.000GB
mongotest 0.000GB
report    0.000GB
test      0.001GB
>
```

7-сурет. Жаңа деректер базасының аты.

Бұдан кейін біздің файлды MongoDB деректер базасына жүктеуіңіз керек, ол үшін *mongofiles* командасын падалану керек.

```
[root@master Igor]# mongofiles -d "report" put doran2013.pdf
2018-09-24T09:08:26.640+0600    connected to: localhost
added file: doran2013.pdf
[root@master Igor]# mongofiles -d "report" list
2018-09-24T09:33:33.413+0600    connected to: localhost
dorан2013.pdf    673154
[root@master Igor]# █
```

8-сурет. Серверге қашықтан қосылу.

Қорытынды және болашақ жұмыс

Бұл зерттеу жұмыстары Big Data технологиясы құралдарымен айналысатын үлкен жобаның алғашқы қадамы болып табылады. Data Mining алгоритмі пайдаланушының жұмыс істеуіне, деректердің үлкен көлемін бақылауға және талдауға мүмкіндік береді. Бұл жобаның келесі қадамы деректер базасына қосылатын MapReduce қосымшаларын орындау болып табылады. осы қадамнан кейін MapReduce қосымшаларында пайдаланылатын Data Mining алгоритмдері MongoDB-да сақталған деректермен айналыса алады және пайдаланушыларға сұрауларға сәйкес деректерді алуға мүмкіндік береді. Ақырында, авторлар медицинада үлкен деректерді қолдануда дағдылары мен тәжірибелерін пайдаланып, дәрігерлерге қиын жұмысында көмектесуді жоспарлап отыр.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Kambatla, K., Kollias, G., Kumar, V., Grama, A. (2014). Trends in big data analytics. Journal of Parallel and Distributed Computing, 74 (7), 2561-2573.
- [2] White Paper BIG DATA, Version 1.2 – November 2016.
- [3] Holzinger, A., Stocker, C., Ofner, B., Prohaska, G., Brabenetz, A., Hofmann-Wellenhof, R. (2013). Combining HCI, Natural Language Processing, and Knowledge Discovery – Potential of IBM Content Analytics as an Assistive Technology in the Biomedical Field. In Holzinger, Andreas; Pasi, Gabriella. Human-Computer Interaction and Knowledge Discovery in Complex, Unstructured, Big Data. Lecture Notes in Computer Science. Springer. Pp. 13–24.
- [4] Gronwald KD. (2017) Big Data Analytics. In: Integrated Business Information Systems. Springer, Berlin, Heidelberg.
- [5] Harnessing the Big Data – Hadoop vs MongoDB. Available: <https://www.happiestminds.com/blogs/harnessing-the-big-data-hadoop-vs-mongodb/>.
- [6] Hortonworks. Available: <https://hortonworks.com/>.
- [7] What Is Big Data? Available: <https://www.mongodb.com/big-data-explained>.
- [8] Abbes, H., & Gargouri, F. (2016). Big Data Integration: A MongoDB Database and Modular Ontologies based Approach. Procedia Computer Science, 96, 446–455. Doi:10.1016/j.procs.2016.08.099.
- [9] MongoDB Makes It Easy. Available: <https://www.mongodb.com/use-cases/real-time-analytics>.
- [10] Apache Ambari. Available: <https://ambari.apache.org/>.
- [11] Installing MongoDB in centos 7. Available: <https://www.8host.com/blog/ustanovka-mongodb-v-centos-7/>.
- [12] Install and protect MongoDB in ubuntu 16.04. Available: <https://www.8host.com/blog/ustanovka-i-zashhita-mongodb-v-ubuntu-16-04/>.
- [13] Online magazine for professional web designers and developers. Available: <http://www.coolwebmasters.com/databases/3778-webdev-with-mongodb-part>.
- [14] Mongodb manual. Available: <https://docs.mongodb.com/manual/tutorial/install-mongodb-on-red-hat/#configure-the-package-management-system-yum>.

Сапарходжаев Н., Мукашева А.

Разработка информационной системы формирования и использования информационных ресурсов для оценки параметров и оценки рекомендаций на основе инструментов технологии Big Data: работа с Mongodb

Аннотация. Данная статья посвящена автоматизации процесса формирования реляционной базы структурированных данных в среде экосистемы Hadoop. Выбора источника в среде Интернет и извлечение информации в интерактивном режиме, выбора инструмента импортирования, изучение неструктурированных данных в Hadoop. Применение в этой работе инструментов (систем, утилит) таких как MongoDB, Hadoop позволяют объединить операционные и аналитические технологии.

Ключевые слова: MongoDB, BigData, Hadoop, хранение, выполнение, данные.

Saparkhojayev N., Mukasheva A.

Information system development of information resources design and use for evaluation of parameters and recommendations based on Big Data technology tools: operating MongoDB

Summary. Automation process of forming a relational structured database in the Hadoop ecosystem environment. Selection a source in the Internet environment and extracting information online, choosing an import tool, studying unstructured data in Hadoop are described. The use of tools (systems, utilities) such as MongoDB, Hadoop in this research work allows combining operational and analytical technologies.

Keywords: MongoDB, BigData, Hadoop, store, execute, data.

УДК 665.622

¹**K. S. Nadirov**, ²**A.S. Sadyrbayeva**, ³**N. Sh.Otarbayev**,
⁴**A.M. Turebekova**, ⁵**S.Zh. Aikenova**, ⁶**S.E. Baibotayeva**

(M. Auezov South-Kazakhstan State University, Shymkent, Republic of Kazakhstan,
e-mail: a.sadyrbaeva@mail.ru)

(Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev
Almaty, Republic of Kazakhstan, sbaibotaeva@mail.ru)

**IMPROVING THE DEMULSIFIER REAGENTS EFFICIENCY TO
PARAFFIN OIL DEHYDRATION**

Abstract. In this work, studies were carried out, the purpose of which was to increase the efficiency of reagents of demulsifying action in order to increase the speed and depth of separation of oil-water emulsions. In the conducted studies, the authors have chosen a way to improve the efficiency of de-emulsifiers obtained by us on the basis of fatty acids of cotton oil, depending on their composition. Several demulsifiers-reagents of different composition were chosen as objects of research. It is shown that, depending on the composition of the demulsifier, it is promising to obtain its nanomodification, as well as to determine the composition of compositions based on it by compounding surfactants of different structure. The essence of the developed technique of obtaining a "nanomodification" demola of auditors is to achieve this optimization of intermolecular interactions in their forms in which they acquire the ability to be in their solutions in the form of critical nano-emulsion with particle sizes of the order of 30-100 nm. The uniqueness of nondemolition caused by the appearance of such reagents for more highly effective mechanism emulgirovaniya. In the presence of this mechanism, the sign of the change in the interfacial tension of oil solutions of the demulsifier on the boundary with water in comparison with the well-known adsorption mechanism of the de-emulsifying action changes.

Key words: tar, surfactant, oil, water, emulsion, reagent, demulsifier, nanomodification, coacervate phase, compositions.

¹**К.С. Нади́ров**, ²**А.С. Садырбаева**, ³**Н.Ш. Отарбаев**,
⁴**А.М. Туребекова**, ⁵**С.Ж. Айкенова**, ⁶**С.Е. Байботаева**

(М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті,
Қазақстан, Шымкент қ., e-mail: a.sadyrbaeva@mail.ru)

(Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті)

**ПАРАФИНДІ МҰНАЙДЫ СУСЫЗДАНДЫРУҒА АРНАЛҒАН
РЕАГЕНТ-ДЕЭМУЛЬГАТОРЛАРДЫҢ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ**

Аннотация. Берілген жұмыста сумұнай эмульсияларын бөлу жылдамдығы мен тереңдігін арттыру мақсатында деэмульгациялаушы әрекетті реагенттердің тиімділігін арттыру болып табылатын зерттеулер орындалған. Авторлармен орындалған зерттеулерде құрамына тәуелді мақта майының майлы қышқылдары негізінде алынған, деэмульгаторлардың тиімділігін арттыру әдістері таңдалған. Зерттеу нысандары ретінде әртүрлі құрамды бірнеше деэмульгатор-реагенттер таңдалған. Деэмульгатор құрамына тәуелді оның наномодификациясын алудың келешегі мол екендігі, сонымен қатар, әртүрлі құрылымды беттік-белсенді заттарды компаундау арқылы оның негізіндегі композиция құрамын анықтау көрсетілген. Деэмульгаторлардың «наномодификацияларын» алу әдістемесінің маңызы олардың 30-100 нм өлшемді бөлшектермен шектік наноэмульсия түрінде өз ерітінділерінде бола алу қабілеттілігіне ие болатын олардың пішімдеріндегі молекулааралық әрекетесуді оңтайландыруға қол жеткізуде. Нанодэмульгаторлардың бірегейлігі мұндай реагенттерде деэмульгациялаудың қосымша тиімділігі жоғары механизмінің пайда болуымен шартталады. Бұл механизмнің болуымен деэмульгациялаушы әрекетті жалпыға белгілі адсорбциялық механизммен салыстырғанда сумен шекарада деэмульгатордың мұнай ерітінділерінің фазааралық тартылуының өзгеру таңбасы алмасады.

Негізгі сөздер: гудрон, ББЗ, мұнай, су, эмульсия, реагент, деэмульгатор, наномодификация, коацерватты фаза, композициялар.

Мұнайды тасымалдау және өндеуге дайындауда реагент-деэмульгаторлардың қажетті тиімділігіне қол жеткізудің негізгі шарты оларды нақты бір кен орынның мұнайына таңдап қабылдау есептелген. Бұл таңдау негізінен эмпирикалық орындалады: бірнеше реагенттен тұратын қоспалардың мүмкін нұсқаларын іріктеу және нақты су-мұнай эмульсиясына олардың әсерін тексерумен жүзеге асырылады. Алайда, авторлардың ойынша [1], композициялық деэмульгаторларды алудың ғылыми негіздерінің болмауынан олардың тиімділігін айтарлықтай арттыру соңғы жылдары байқалмаған. Бүгінгі күнге дейін ұсынылатын деэмульгаторлардың алуан түрлілігінен әмбебап реагент дайындалмаған. Бұл өндірілетін мұнайдың қасиеттерімен (құрамы, физико-химиялық және коллоидты-химиялық мұнай қасиеттері, қабат суының минералдануы, механикалық қоспалардың құрамы мен мөлшері, мұнайдың сулануы, температура) және оны өндіру технологиясының әртүрлілігімен байланысты [2]. Әрбір нақты мұнай эмульсиясы үшін композицияға компоненттерді таңдау принциптерін анықтау бойынша әрекеттер жасалында. Осының барлығы әрбір аймақ үшін реагент-деэмульгаторға қойылатын ерекше талаптарды болжайды және барлық аймақтар үшін әмбебап реагент көмегімен мұнайды сусыздандыруға мүмкіндік бермейді, оған қоса көптеген факторлар бір кен орыннан екіншісіне өткенде ғана емес, сонымен бірге нақты бір нысанда уақыт бойынша да айнымалы. Деэмульгаторлардың құны айтарлықтай жоғары болғандықтан, олардың шығынын төмендету есебінен тиімділігін арттыру және деэмульгациялаушы қасиеттерді арттыру өзекті мәселе болып табылады.

Осы міндетті шешу жолдарының бірі құрамына бірнеше жеке қосылыстар кіретін, қоспада синергетикалық құбылыс байқалатын композицияларды жасау болып табылады; композиция құрамына дымқылдандырғыш, диспергатор, коагулянт қасиетті ББЗ қосылуы мүмкін. Мұндай композициялар, әдетте, олардың құрамына кіретін жеке компоненттеріне тән қасиеттермен қатар, олардың бірлескен жұмыстарының нәтижесі болып табылатын қасиеттер кешеніне ие. Бұл жол реагенттердің маңызды сипаттамаларын күшейтіп, олардың іс-әрекеттерін кеңейтуге мүмкіндік береді [3-5]. Соңғы жылдары импорттық компоненттерді қолданумен композициялық деэмульгаторлардың сұрыпталымы артауда. Алайда, импорттық құраушыларға жоғары баға олардың негізіндегі композициялардың соңғы құндылығын арттырады.

Авторлар жұмысында [1,6] басқа жол ұсынылады – деэмульгаторлардың «наномодификацияларын» алумен олардың тиімділігін арттырудың ғылыми-негізделген әдісі. Деэмульгаторлардың «наномодификацияларын» алудың әзірленген әдістемесінің мәні олардың тауарлық пішімдерінде молекула аралық әрекеттесуде өз ерітінділерінде деэмульгаторлар 30-100 нм өлшемде шектік наноземіну түрінде қалатын қабілеттілікке ие болатындай үйлесімділігіне қол жеткізу болып табылады. Наноземіну деэмульгаторлардың бірегейлігі мұндай реагенттерде қосымша тиімділігі жоғары деэмульгациялау механизмінің пайда болуымен шартталған. Осы механизм болған жағдайда деэмульгатордың мұнай ерітінділерінің сумен шекарасында жалпыға белгілі деэмульгациялаушы әрекетті абсорбциялық механизммен салыстырғанда фазааралық тартылудың өзгеру таңбасы ауысады.

Осыған байланысты отандық өндірістің құндылығы төмен, қол жетімді ББЗ негізіндегі жаңа наномодифицирлі немесе композициялық деэмульгаторларын әзірлеу өзекті болып табылады.

Жүргізілген зерттеу мақсаты деэмульгаторлардың құрамына тәуелді мақта майының майлы қышқылы негізінде өзіміз алған деэмульгаторлардың тиімділігін арттыру әдісі болып табылады. Зерттеу нысандары ретінде әртүрлі құрамды бірнеше деэмульгатор-реагенттер таңдалған, оларды зерттеу нәтижелерін [7-9] жұмыстарда жариялағанбыз.

Кейбір реагенттердің су және гександағы ерігіштігіне зерттеу жүргізгенбіз, ол бұл тәжірибелерде жеңіл мұнай үлгісі ретінде қолданылған, және «мұнай-су» фазааралық тартылуы зерттелген. Деэмульгаторлардың беттік тартылуын тамшыларды үзу әдісімен су-мұнай фазааралық тартылуының өзгеруі бойынша есептедік. Деэмульгаторлардың ерігіштігі және олардың шектік эмульсияларды түзу қабілеттілігін ерітінділердің жарықты өткізуінің S өзгеруі бойынша және «ЭКОТЕСТ-2020» фотоколориметрінде толқын ұзындығы 540 нм болғанда $D = - \lg S$ (коллоидтық жүйенің турбидиметриялық оптикалық тығыздығы) есептемелі шамасы бойынша анықтап, есептелінді. Сонымен қатар, коллоидтық жүйенің турбидиметриялық оптикалық тығыздығының шамасының артуы да анықталды.

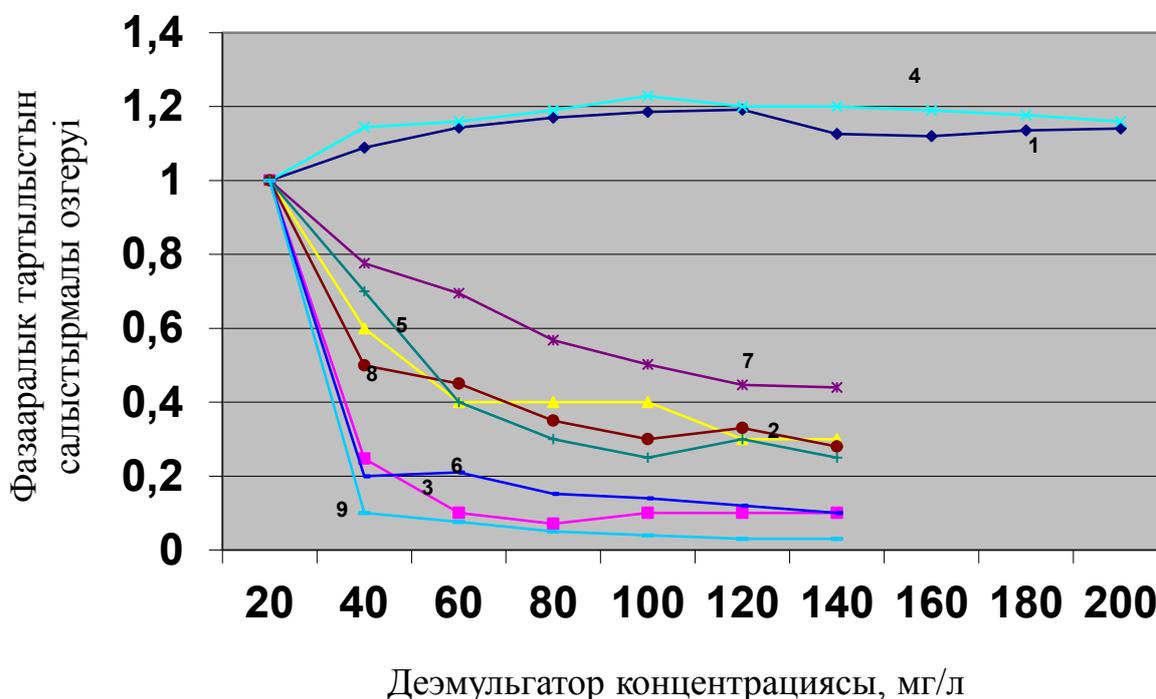
Шектік эмульсия бөлшектерінің өлшемдерін Ангстрем эмпирикалық теңдеуі бойынша PD-303 сандық спектрофотометрде тіркелетін деэмульгатор ерітінділерінің жарықты өткізу спектрларының

көмегімен есептедік [6]. Алынған нәтижелерді және олардың статистикалық анықтығын бағалау «MathCAD» және «Statistica» қолданбалы бағдарламаларын қолданумен орындадық.

Алынған нәтижелер 1 суретте келтірілген. Бұл мәліметтер әрбір еріткіште зерттелген деэмульгаторлар әртүрлі әрекетте болады: гомогенді ерітінді түзіледі, жүйенің қатпарлануы немесе шектік эмульсия түзілумен фазаның бөлінуі. Соңғы жағдайда ерітінді лайланады, себебі алғашқы екі жағдаймен, яғни деэмульгаторлар еріткіштің жарық өткізуіне әсер етпейтін жағдаймен салыстырғанда, жарықтың шектік эмульсияның ұсақ бөлшектерінде шашырауы орын алады. «Госсильван-3» деэмульгаторының және композициялық деэмульгатордың тәртіптері әртүрлі, композициялық деэмульгаторды зерттегенде ерітіндінің лайлану дәрежесі едәуір төмен болады. Деэмульгациялау механизмі бойынша деэмульгаторларды топтастыруға сәйкес [6], біз дайындаған реагенттер әртүрлі топтарға кіреді. Кері эмульсиялардың тұрақтылығы (мұнайда су) табиғи эмульгаторлардан фазааралық қабаттардың (пенкалардың) табиғатымен және тамшылардың коалесценциясын болдырмайтын әсер ету механизмдерімен анықталады. Фазааралық пенкалардың құрылымдылығы олардың тұтқырлығын, икемділігін, серпімділігін, яғни тұрақтылықтың құрылымдық-механикалық факторын қамтамасыз етеді. Сондықтан, деэмульгаторлардың тиімділігі олардың фазааралық қатпарлардың қасиеттерін өзгертуге немесе оларды бұзуға бағытталған әсер ету механизмдерімен анықталуы керек. Бұл кезде кері сумұнай эмульсияларын бұзуға ықпал ететін деэмульгаторларды олардың әсер ету механизмдері бойынша топтастыруға болады:

1. Табиғи эмульгаторлармен салыстырғанда фазааралық құрылымдық қатпарларды түзуге қабілеттілігі төмен, алайда жоғары беттік белсенділікке ие болатын реагенттер;

2. Тура эмульсияларды тұрақтандыру қабілеттілігіне ие реагенттер. Қарама-қарсы типті эмульсияның тұрақтандырғышы болып табылатын реагентті сумұнай эмульсиясына ендірген кезде эмульсия фазаларының түрленуі байқалады. Реагентті қосу су-мұнай шекарасында фазаларды түрленуіне дейін фазааралық тартылудың төмендеуіне алып келеді. Мұндай реагенттер ерекшелігі органикалықпен салыстырғанда су фазасына жоғары ұқсастығы және су фазасында мицеллдер түзілуіне қабілеттілігі болып табылады.



1-3 – ДГ - 1», 4-6 – «ДГ - 2»,
7-9 – композициялық деэмульгатор.
1,4,7 – «шектік наноэмульсия» түзуге қолайлы шарттардағы мұнайдағы деэмульгатор, 2,5,8 – судағы деэмульгатор, 3,6,9 – мұнайдағы деэмульгатор.

1-сурет. Фазааралық тартылыстың өзгеруіне деэмульгатор концентрациясының әсері.

3. Шектік эмульсия түріндегі коацерватты фазаны және мұнайдың табиғи эмульгаторларының экстракцияларын түзу қабілеттілігіне ие реагенттер. Осының нәтижесінде мұнайдың табиғи эмульгаторлармен жұтауы құрылымдық фазааралық қатпарлардың бұзылуына және мұнай-су бөліну шекарасында фазааралық тартылыстың артуына алып келеді. Тура эмульсияларды осы механизмнің кейбір аналогтарымен деэмульсациялауда деэмульгатор ерімейтін қосылыстар түзумен эмульгаторлармен химиялық әрекеттеседі. Осы композицияны көмірсутек фазасына (мұнай) ендіруде коацервация құбылысы байқалады, яғни полимермен байытылған сұйық фаза тамшыларының түзілуі. Аналық көмірсутек ерітіндісінде пайда болатын коацерватты тамшылар микрогетерогенді құрылымға ие. Тамшы ортасында полярлық органикалық еріткіштен тұратын полярлық микрофаза болады, ол полярлық табиғат блоктарымен байытылған. Тамшының сыртқы қабаты полярлық табиғат блоктарымен салыстырғанда аз байытылған полярлық емес органикалық еріткіштерден тұратын полярлық емес микрофазалардан тұратын болады. Реагенттердің көмірсутектік ерітінділерінің оптикалық тығыздығының шамасы коацерватты тамшылардың пайда болу процесіне өте сезімтал, оны өлшеу арқылы берілген процестің әртүрлі факторлардан тәуелділігін қадағалауға болады. Мысалы, деэмульгатор құрамын, оның ерітінділерінің температурасы мен концентрациясы, ерітінділерді дайындау әдісі [1,6].

Алынған реагенттер ДГ-1, ДГ-2 және ДГ-3 шартты атаумен үшінші әсер ету механизмді екінші топ реагенттеріне жатады, яғни олар шектік эмульсияларды түзуге қабілетті. ДГ сериялы зерттелген композициялық деэмульгатор, өзінің күрделі құрамына сәйкес бірінші әрекетті механизмді басқа топқа жатады, сондықтан наноэмульсия түрінде өмір сүре алмайды.

Ең жоғары деэмульсациялаушы қабілеттілік сумұнай эмульсиясының сулы немесе көмірсутектік фазаларында мұнайды дайындаудың (10-50°C) температуралық аралығында және минимал концентрацияда (100 мг/л) шектік эмульсия түзуге қабілетті реагенттерге сипатты. Бұл ережелер 1 суреттегі мәліметтерді дәлелдейді. Суреттен белгілі бір шарттарда «ДГ – 1» және «ДГ- 3» реагенттерінің мұнайда негізінен (3, 6, 9 қисықтар) адсорбциялық механизм бойынша әрекет ететіндігі және сондықтан да оның мұнай ерітінділерінің сумен шекарасында фазааралық тартылыс шамасының заңды төмендеуі байқалады. Деэмульгаторлардың мұнай ерітінділерінің сумен шекарада (1, 4 қисықтар) фазааралық тартылу шамасының артуы шектік наноэмульсиялардың түзілуіне сәйкес келетін белгілі бір шарттарда ғана мүмкін. Зерттелген деэмульгаторлар үшін бұл шарттар келесідей: бинарлы еріткішқұрамы, %: изопропанол – 40-55, нефрас – 60-45, бинарлық еріткіште «ДГ-3» реагентінің белсенді бөлігінің құрамы, % - 50-60, белсенді бөлігін еріткішке беру температурасы, ° С – 40. Фазааралық тартылыстың артуы фазааралық қабаттан эмульгатордың десорбциясы туралы айтатындықтан, бұл құбылыс су мұнай эмульсиясының үшінші сұйық фазасы болып табылатын деэмульгатордың шектік эмульсиясының нанотамшыларының табиғи эмульгаторларының экстракциясымен шартталған деп болжамдауға болады [1,6]. Фазааралық тартылудың суда ерігіш деэмульгатордың судағы концентрациясынан тәуелділігі (2, 5, 8 қисықтар), бұл жағдайда фазалардың түрлену механизмінің жүзеге асатынын көрсетеді. 7 қисықпен сипатталған тәуелділік, құрамында басынан наномодифицирлі компоненттер болатын, композициялық деэмульгаторды қолданған жағдайда, бүкіл күрделі кешеннің зерттелген шарттарда наноқүйге өтуі орын алмайды. Бұл жоғары сипатталған әдіспен оның тиімділігін арттыру мүмкін еместігін және ол үшін синергетикалық қарым-қатынастарды арттыру мақсатында құрамды үйлестіру қажеттігін көрсетеді.

Әшісай кен орнының парафинді мұнайын деэмульсациялау тиімділігінің салыстырмалы сипаттамасы 1 кестеде келтірілген.

1 кесте. Реагенттердің Деэмульсациялаушы тиімділігі

Сусыздандыру дәрежесі	Г-1	Г-2	Г-3	Композиция
Мұнайдағы судың калдық мөлшері, % салм.	10-15	20-22	25-28	8-10
Мұнайдағы тұздың калдық мөлшері, мг/л:	50-55	55-58	60-65	40-45
Деэмульгаторды мөлшердеу, г/т	50-55	40-45	30-35	25-30

Реагенттердің қажетті мөлшерлемесі келесідей, г/т мұнай: «Г-1» - 50-55; «Г-2» - 40-45; «Г-30-35» - 50; «Композиция» - 25-30.

Ұсынылып отырған реагент – деэмульгаторлар мұнайды кәсіпшілікте дайындауда деэмульсациялауда судың, оның ішінде эмульсиялық жалпы мөлшерін төмендетуге мүмкіндік береді. Мұнайды тұзсыздандыру және сусыздандыру дәрежесінің бұл көрсеткіштері мұнайды кәсіпшілікте дайындау талаптарына сәйкес келеді. Мұнайды тікелей өндеуден алдын дайындауда су және тұз мөлшеріне қойылатын талаптар қатайтылады. Бұл жағдайда мұнайды тереңдетіп сусыздандыру және тұзсыздандыру электрлі тұзсыздандыру қондырғыларында (ЭЛОУ) орын алады.

Осылайша, болашақта деэмульгаторлардың құрамы мен қабілеттілігіне тәуелді екі әртүрлі бағытта зерттеулер жүргізу жоспарлануда: өсімдік майларын өндеудің жанама өнімдері негізінде алынған ББЗ – деэмульгаторлар негізінде наномодифицирлі деэмульгаторларды алу және зерттеу; бастапқы компоненттердің белгілі бір жиынтығында әртүрлі қасиетті құрамдарды алуға мүмкіндік беретін түрлі құрылымды беттік белсенді заттарды компаундау жолымен ББЗ және майлы қышқыл негізінде композициялық деэмульгаторларды алу және зерттеу.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Семихина Л.П., Перекупка А.Г., Плотникова Д.В., Журавский Д.В. Повышение эффективности деэмульгаторов путем получения их наномодификаций. //Вестник Тюменского гос. ун-та. - 2009, № 6. – с. 88-93.

[2] Левченко Д.Н., Бергштейн Н.В., Худякова А.Д. и др. Эмульсии нефти с водой и методы их разрушения – М.: Химия. - 1967. – 199 с.

[3] Башкирцева Н.Ю. Композиционные деэмульгаторы для подготовки нефти. Автореферат.....канд. техн. наук. – Казань. – 1996.

[4] Лесничий В.Ф., Баженов В.П., Шипигузов Л.М. и др. Состав для обезвоживания и обессоливания нефти. Патент РФ №2105789. -1998. // БИ №6, 1998.

[5] Тудрий Г.А., Варнавская О.А., Хватова Л.К. и др. Состав для обезвоживания и обессоливания нефти. Патент РФ №2126030. -1999. // БИ №4, 1999.

[6] Семихин Д.В. Влияние физико-химических свойств растворов деэмульгаторов на эффективность обезвоживания нефти: Дис. ... канд. ф.-м. наук. – Тюмень. – 2004. -140 с.

[7] Надиров К.С., Бимбетова Г.Ж., Байботаева А.Д., Нурашев Н.Х. Получение наномодифицированного деэмульгатора методом компаундирования поверхностно-активных веществ различного строения. Материалы 6-ой Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Проблемы и инновации современного общества. – Астрахань, 2014. – с. 347-354.

[8] Надиров К.С., Отарбаев Н.Ш. Капустин В.М. Бимбетова Г.Ж. Получение и использование эфиров жирных кислот хлопкового мыла-реагента для подготовки нефти // Нефть и газ. - Алматы, №4. - 2018. –С.78-86

[9] Жантасов М.К., Бимбетова Г.Ж., Ерменов С.М., Жусупалиев М.А., Отарбаев Н.Ш. Оксигенирование жирных кислот гудронов хлопкового масла для получения ПАВ деэмульгирующего действия. Материалы за X Международна научна практична конференция «Найновите научни постижения-2014», Т. 33. Технологии. – София.: «БялГРАД-БГ» ООД, 2014. - с. 69-74.

Надиров К.С., Отарбаев Н.Ш., Садырбаева А.С., Туребекова А.М., Айкенова С.Ж., Байботаева С.Е.

Повышение эффективности реагентов - деэмульгаторов для обезвоживания парафинистой нефти

Резюме. В данной работе проведены исследования, целью которых являлся повышение эффективности реагентов деэмульгирующего действия с целью увеличения скорости и глубины разделения водонефтяных эмульсий. Обобщая результаты исследований, можно сделать вывод, что вариант воздействия на нефтяные пласты раствором щелочи NaOH с добавкой ПАА является перспективным и может положительно отразиться на увеличении коэффициента нефтеотдачи данного месторождения.

Ключевые слова: гудрон, ПАВ, нефть, вода, эмульсия, реагент, деэмульгатор, наномодификации, коацерватная фаза, композиции.

Nadirov K. S., Otarbayev N.Sh., Sadyrbaeva A.S., Turebekova A.M., Aikenova S.Zh., Baibotayeva S.E.

Improving the demulsifier reagents efficiency to paraffin oil dehydration

Summary. In this work the conducted research, the purpose of which was to increase the effectiveness of reagents and separation steps to increase the speed and depth of separation of water-oil emulsions. Summarizing the results of the research, it can be concluded that the variant of influence on oil reservoirs by NaOH alkali solution with PAA additive is promising and can positively affect the increase in the oil recovery coefficient of this field.

Key words: tar, surfactant, oil, water, emulsion, reagent, demulsifier, nanomodification, coacervate phase, compositions.

УДК 622.054

V.G. Golubev, A.S. Sadyrbaeva, A.M. Turebekova, S.E. Baibotayeva

(M. Auezov South-Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan, (Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev
Almaty, Republic of Kazakhstan, sbaibotaeva@mail.ru)
e-mail: a.sadyrbaeva@mail.ru)

SOME REGULARITIES OF THE PROCESS STUDY OF OIL DISPLACEMENT FROM THE OIL RESERVOIR MODEL BY THE METHOD OF ALKALINE EXPOSURE

Abstract. This material presents the results of the study of the process of displacement of oil from the oil reservoir model by the alkaline method. In the process of rovedine experiments were obtained and the dependence of the degree of extraction of oil Q_{out} from the model, element oil layer alkaline with NaOH solution, different concentrations C_{NaOH} of the volume of the pumped fluid ($V_{\text{прок.}} / V_{\text{пор.}}$), at a temperature of 90 ° C and the dependence of the degree of extraction of oil Q_{out} from the model of the oil reservoir element with an alkaline solution of NaOH ($\text{NaOH} = 0,4\%$) with the addition of PAA, different concentrations of the volume of pumped liquid ($V_{\text{прок.}} / V_{\text{пор.}}$) at a temperature of 90 ° C. It is concluded that the presence of additives of PAA in the solution of displacement further reduces the value of surface tension at the interface of the alkaline solution-oil, increasing the wettability of the oil-displacing solution.

Key words: model of oil reservoir by alkaline method, solution, oil, dependence of the degree of oil recovery.

В.Г. Голубев, А.С. Садырбаева, А.М. Туребекова, С.Е. Байботаева

(Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауезова, Шымкент, Казахстан,
(Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev
Almaty, Republic of Kazakhstan, sbaibotaeva@mail.ru)
e-mail: a.sadyrbaeva@mail.ru)

НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ВЫТЕСНЕНИЯ НЕФТИ ИЗ МОДЕЛИ НЕФТЯНОГО ПЛАСТА МЕТОДОМ ЩЕЛОЧНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Аннотация. В данном материале представлены результаты исследования процесса вытеснения нефти из модели нефтяного пласта методом щелочного воздействия. В процессе проведения экспериментов были получены и исследованы Зависимость степени извлечения нефти $K_{\text{выт.}}$ из модели элемента нефтяного пласта щелочным раствором NaOH, различной концентрации C_{NaOH} от объема прокачиваемой жидкости ($V_{\text{прок.}} / V_{\text{пор.}}$), при температуре 90°C и зависимость степени извлечения нефти $K_{\text{выт.}}$ из модели элемента нефтяного пласта щелочным раствором NaOH ($C_{\text{NaOH}} = 0,4\%$) с добавкой ПАА, различных концентраций от объема прокачиваемой жидкости ($V_{\text{прок.}} / V_{\text{пор.}}$) при температуре 90°C. Сделаны выводы о том, что наличие добавки ПАА в растворе вытеснения, дополнительно снижает значение поверхностного натяжения на границе раздела щелочной раствор-нефть, повышая смачиваемость нефти вытесняющим раствором.

Ключевые слова: модель нефтяного пласта, метод щелочного воздействия, раствор, нефть, зависимость степени извлечения нефти.

Увеличение нефтеотдачи пластов является одной из основных проблем при добыче нефти, причем в основе большинства методов увеличения нефтеотдачи пластов лежит заводнение с применением различных способов физико-химического воздействия на пласт, в частности, щелочным заводнением.

Щелочное заводнение пласта способствует снижению поверхностного натяжения на границе вытесняющего агента с нефтью, благодаря чему улучшаются фильтрационные характеристики нефтяных коллекторов, снижается вязкость нефти, изменяется смачиваемость горных пород, увеличивается подвижность нефти, активизируется режим растворенного газа. Физико-химический механизм действия нефтевытесняющих композиций на основе щелочных буферных растворов, базируется на кинетике взаимодействия щелочных реагентов с кислыми компонентами нефти и образовании ПАВ непосредственно в пластовых условиях, которые вызывают изменение характера смачиваемости породы водой, снижают межфазное натяжение на границе раздела фаз нефть-раствор щелочи и способствуют формированию в пористой среде эмульсий [1-5].

Исследования процесса щелочного воздействия на степень вытеснения нефти из модели нефтяного пласта проводили на экспериментальной установке по методике, основанной различием вязкостей вытесняющей и вытесняемой жидкостей [1,2,6].

В качестве объекта исследований использовалась модель нефтяного пласта, соответствующая данным геологических параметров структуры нефтяных коллекторов месторождения Аксай, приведенных в (табл.1).

Таблица 1. **Геолого-физические характеристики продуктивных пластов месторождений Аксай, Южно-Тургайской нефтегазоносной области**

Параметры	Месторождение
	Аксай
Тип коллектора	терригенные, поровые пластовые, с элементами тектонического и литологического экранирования
Средняя общая толщина продуктивных пластов, м.	11-18
Средняя эффективная толщина, м	2 - 38
Средняя нефтенасыщенная толщина, м	7-15,6
Проницаемость, мкм ²	0,02-0,86
Пористость, %	13,1-14,9
Нефтенасыщенность, д. ед.	0,56
Газонасыщенность, д. ед.	0,73
Начальная пластовая температура, °С	70-71
Начальное пластовое давление, МПа	15,6-16,73
Вязкость нефти в пластовых условиях, мПа·с	12,6-17,4
Плотность нефти в пластовых условиях, кг/м ³	855 до 950
Минерализация пластовой воды, г/л.	Пластовые воды хлоркальциевого типа, с минерализацией от 10 до 55 г/л.
Плотность пластовой воды, кг/м ³	1008-1035
Состав нефти, содержание, %	
- серы	0,11
- парафинов	16-20
- асфальтенов	0,11
- смол.	10,6

Открытая пористость исследуемых моделей нефтяного пласта составляла 13,1÷14,9%, проницаемость 0,02÷0,86 мкм², коэффициент нефтенасыщенности 0,56, что соответствует пластовым условиям месторождения Аксай.

В исследованиях использовалась – нефть месторождения Аксай, отличающаяся повышенной вязкостью, большим содержанием парафинов, асфальтенов и смол, что осложняет процесс нефтедобычи.

Агентами воздействия на пласт служили:

- водный раствор NaOH, с концентрацией 0,1 - 0,5% в пластовой воде месторождений Аксай;

- полиакриламид (ПАА), поверхностно-активное вещество группы полимеров и сополимеров на основе акриламида и его производных, широко используемое в нефтедобыче. Концентрацию добавки ПАА в пластовой воде варьировали в пределах 0,05-0,2%.

Исследования процесса вытеснения нефти щелочным раствором проводили при температуре 90°С, основываясь на ранее полученных результатах экспериментов.

Результаты полученных исследований приведены на рисунках 1 и 2.

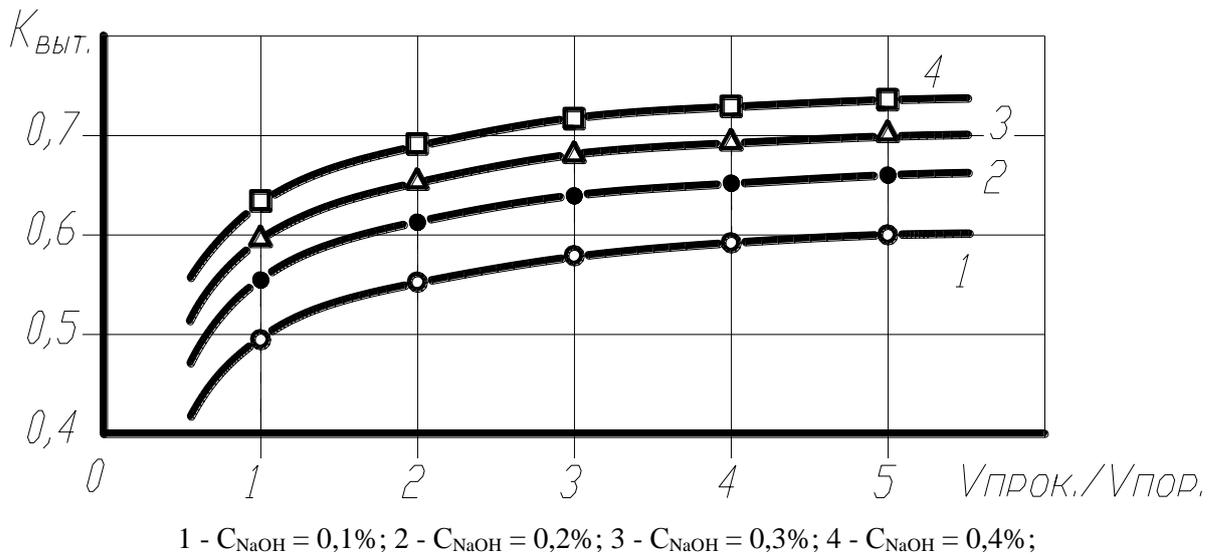


Рис.1 . Зависимость степени извлечения нефти $K_{\text{выт.}}$ из модели элемента нефтяного пласта щелочным раствором NaOH, различной концентрации C_{NaOH} от объема прокачиваемой жидкости ($V_{\text{прок.}}/V_{\text{пор.}}$), при температуре 90°C

Приведенные на рис. 1 зависимости показывают, что динамика вытеснения нефти зависит концентрации щелочного раствора и объема прокачиваемой жидкости.

Как видно из рис. 1, при вытеснении нефти из модели элемента нефтяного пласта щелочным раствором NaOH, с концентрацией $C_{\text{NaOH}} 0,1\%$, линия – 1, с увеличением соотношения $V_{\text{прок.}}/V_{\text{пор.}}$ от 1,0 до 5,0, коэффициент извлечения нефти увеличивается от 0,494 до 0,6.

При нагнетании модель нефтяного пласта щелочного раствора с концентрацией $C_{\text{NaOH}} 0,2\%$, линия – 2, при возрастании соотношения $V_{\text{прок.}}/V_{\text{пор.}}$ от 1,0 до 5,0, коэффициент извлечения нефти увеличивается от 0,556 до 0,66.

Дальнейшее повышение концентрации щелочи C_{NaOH} в вытесняющем агенте от 0,3 до 0,4%, позволит при соотношении $V_{\text{прок.}}/V_{\text{пор.}} = 4,0 \div 5,0$, достичь значения коэффициента извлечения нефти: $0,69 \div 0,7$; $0,73 \div 0,736$ линии – 4 и 5.

Следует отметить, что основной объем нефти вытесняется при соотношении $V_{\text{прок.}}/V_{\text{пор.}} = 1,0 \div 3,0$.

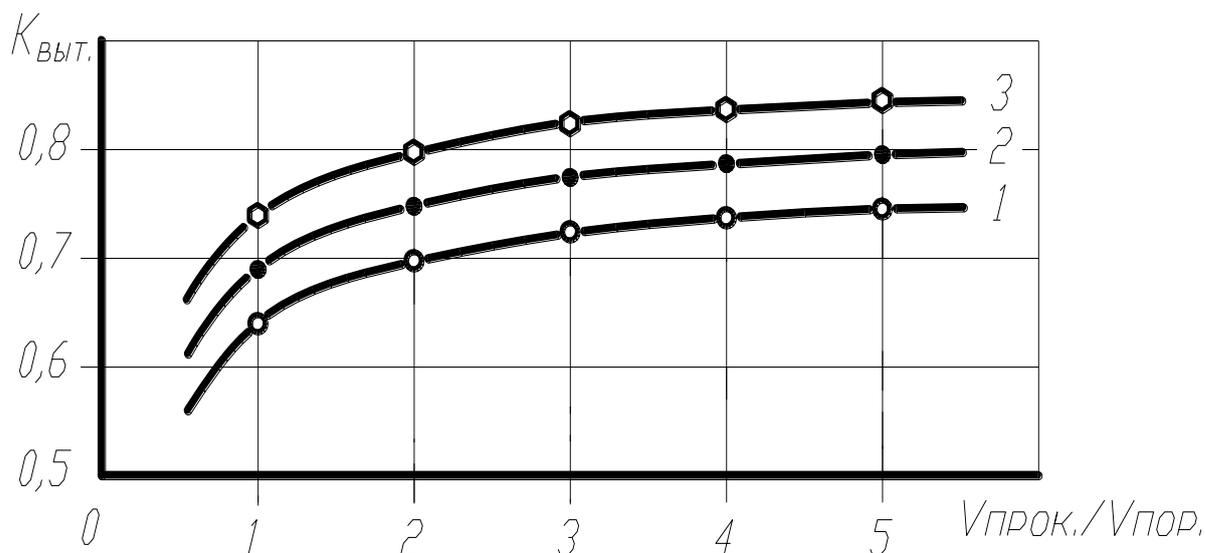
При дальнейшем увеличении соотношения $V_{\text{прок.}}/V_{\text{пор.}}$ от 3,0 до 5,0 вытеснение нефти происходит менее интенсивно, так как в этих условиях вымывается остаточная нефть, содержащаяся в поровых пространствах и удерживаемая в них капиллярными силами. Капиллярные силы, действующие на границе между водой и нефтью, зацемяют нефть, препятствуя ее вытеснению. Неполное вытеснение нефти связано с низкой гидрофобизацией порового пространства исследуемой модели пласта, различием вязкостей вытесняющей и вытесняемой жидкостей, а также поровой неоднородностью пласта, в результате чего, вытеснение нефти происходит в основном из высокопроницаемых зон. В низко проницаемых зонах при этом остается много нефти. В таких случаях, более перспективным методом повышения нефтеотдачи пластов является нагнетание в пласт растворов ПАВ. ПАВ в сочетании со щелочным раствором, благодаря снижению поверхностного натяжения на границе раздела нефть–вода, увеличат гидрофобизацию порового пространства нефтяного пласта, повысят вязкость вытесняющего щелочного раствора и проницаемость пор, что даст возможность увеличить коэффициент нефтеотдачи [5-7].

Агентами воздействия на пласт служили:

- водный раствор NaOH, с концентрацией 0,4% в пластовой воде месторождений Аксай;
- полиакриламид (ПАА), концентрацию ПАА варьировали в пределах 0,05-0,2%.

Концентрация раствора NaOH – 0,4%, обеспечивающая максимальное значение коэффициента извлечения нефти, выбрана на основании результатов предыдущей серии экспериментов, рис. 1.

Результаты полученных исследований показаны на рис. 2.



1- $C_{\text{ПАА}} = 0,05\%$; 2- $C_{\text{ПАА}} = 0,1\%$; 3- $C_{\text{ПАА}} = 0,2\%$

Рис. 2. Зависимость степени извлечения нефти $K_{\text{выт.}}$ из модели элемента нефтяного пласта щелочным раствором NaOH ($C_{\text{NaOH}} = 0,4\%$) с добавкой ПАА, различных концентраций от объема прокачиваемой жидкости ($V_{\text{прок.}}/V_{\text{пор.}}$) при температуре 90°C

Приведенные на рис. 2 зависимости показывают преимущество динамики вытеснения нефти от концентрации добавки ПАА в щелочной раствор и объема прокачиваемой жидкости.

Так, с увеличением концентрации добавки ПАА в щелочной раствор и объема прокачиваемой жидкости коэффициент извлечения нефти увеличивается, достигая максимального значения $0,8 - 0,856$, при концентрации ПАА - $C_{\text{ПАА}} = 0,2\%$ и объеме прокачиваемого раствора $V_{\text{прок.}}/V_{\text{пор.}} - 4 \div 5$.

Выводы: Наличие добавки ПАА в растворе вытеснения дополнительно снижает значение поверхностного натяжения на границе раздела щелочной раствор-нефть, повышая смачиваемость нефти вытесняющим раствором.

При увеличении концентрации полиакриламида (ПАА) в растворе от $0,05$ до $0,2\%$ вязкость вытесняющего раствора увеличивается, что приводит уменьшению соотношения вязкостей нефти и воды в пласте и сокращению условий прорыва воды, обусловленных различием вязкостей или неоднородностью пласта.

Таким образом, результаты полученных экспериментов, представленные на рис. 1 и 2 подтверждают сделанные ранее выводы о положительном влиянии раствора щелочи и добавки ПАА на коэффициент нефтеотдачи.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Михайлов Н.Н. Остаточное нефтенасыщение разрабатываемых пластов. - М.: Недра, 1992. – 270 с.: ил.
- [2] Михайлов Н.Н., Кольчицкая Т.Н., Джемесюк А.В., Семенова Н.А. Физико-геологические проблемы остаточной нефтенасыщенности. -М.: Наука, 1993. – 173с.
- [3] Яценко Г. Анализ взаимосвязи физико-химических свойств нефтей с уровнем теплового потока (на примере Западной Сибири) / Г.Яценко, Ю.М. Полищук, Л.П. Рихванов // Геология нефти и газа. 2003. – №3. – С. 17-24.
- [4] Гордадзе Г.Н. Закономерности изменения углеводородного состава нефтей в зависимости от температуры их залегания / Г.Н. Гордадзе, И.А. Матвеева, В.Ф. Иванов // Геология нефти и газа. 2000. – №6. – С. 27-30.
- [5] Уолкот Дон. Разработка и управление месторождениями при заводнении. / Уолкот Дон. – М.: ЗАО «ЮКОС-ЭП». 2001. – 143 с.
- [6] Хамидуллин Ф.Ф. Исследование изменения физико-химических свойств, добываемых нефтей в процессе разработки Ромашкинского месторождения / Ф.Ф. Хамидуллин, Р.Н. Дияшев, И.И. Амирханов // Нефтяное хозяйство. -2000.-№7. – С. 31-33.
- [7] Михайлов Н.Н., Джемесюк А.В., Кольчицкая Т.Н., Семенова Н.А. Изучение остаточного нефтенасыщения разрабатываемых пластов// М.: ВНИИОЭНГ, 1990. - Обзор. Информ. Сер. «Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений». – 153с.

Голубев В.Г., Садырбаева А.С., Туребекова А.М., Байботаева С.Е.

Сілтілі әсер ету әдісімен мұнай қабаты үлгісінен мұнайды ығыстыру процесін зерттеудің кейбір заңдылықтары

Түйіндеме. Мақалада сілтілі әсер ету әдісімен мұнай қабаты үлгісінен мұнайды ығыстыру процесін зерттеу нәтижелері келтірілген. Ығыстыру ерітіндісінде ПАА қосымшасының болуы сілтілі ерітінді-мұнай шекарасында беттік тартылыс мәнін қосымша төмендетіп, ығыстырушы ерітіндімен мұнайдың суланғыштығын арттырады. .

Негізгі сөздер: мұнай қабатының үлгісі, сілтілі әсер ету әдісі, ерітінді, мұнайды алу дәрежесінің тәуелділігі.

Golubev V.G., Sadyrbaeva A.S., Turebekova A.M., Baibotayeva S.E.

Some regularities of the process study of oil displacement from the oil reservoir model by the method of alkaline exposure

Summary. The article presents the results of the study of the process of displacement of oil from the oil reservoir model by the alkaline method. It is concluded that the presence of additives of PAA in the solution of displacement further reduces the value of surface tension at the interface of the alkaline solution-oil, increasing the wettability of the oil-displacing solution.

Key words: model oil reservoir, the method base impact, solution, oil, the dependence of the degree of oil extraction.

УДК 622.054

**V.G. Golubev, A.S. Sadyrbayeva, N.A. Besbayeva,
Zh.Zh. Kasymova, S.Zh. Aikenova**

(M. Auezov South-Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan, e-mail: a.sadyrbaeva@mail.ru)

THE INFLUENCE OF AQUEOUS ALKALI AND POLYACRYLAMIDE ON THE WETTING ANGLE OF THE OIL CORE SURFACE

Abstract. This material presents the results of the influence of an aqueous solution of alkali and polyacrylamide on the wetting angle of the oil core surface. Results obtained the dependence of the contact angle wetting of the surface of the oil core with NaOH solution, the concentration of alkali at different temperatures and the dependence of the wetting angle of the surface of the oil core with NaOH solution with addition of PAA, the concentration of alkali at different concentrations of additives. Analysis of the results of the experiments shows that with an increase in the concentration of alkali in the formation water, there is a notice decrease in the value of the wettability boundary angle at the boundary of the oil core surface – alkaline solution. The addition of 0.05% PAA to the alkaline solution reduces the wetting angle of the oil core surface, depending on the alkali concentration (0.1-0.5%) from 75° to 68°. With increasing concentration of PAA in the alkali solution to 0.1%, the value of the contact angle of the oil core is increasing.

Key words: aqueous alkali solution, wetting angle, oil core, surface, concentration, temperature

**В.Г. Голубев, А.С. Садырбаева, Н.А. Бесбаева,
Ж.Ж. Касимова, С.Ж. Айкенова**

(Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауезова,
Казахстан, г. Шымкент, e-mail: a.sadyrbaeva@mail.ru)

ВЛИЯНИЕ ВОДНОГО РАСТВОРА ЩЕЛОЧИ И ПОЛИАКРИЛАМИДА НА КРАЕВОЙ УГОЛ СМАЧИВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ НЕФТЯНОГО КЕРНА

Аннотация. В данном материале представлены результаты влияние водного раствора щелочи и полиакриламида на краевой угол смачивания поверхности нефтяного керна. Получены зависимость краевого угла смачивания поверхности нефтяного керна раствором NaOH, от концентрации щелочи при различных температурах и зависимость краевого угла смачивания поверхности нефтяного керна раствором NaOH с добавкой ПАА, от концентрации щелочи при различных концентрациях добавок. Анализ результатов проведенных экспериментов показывает, что с увеличением концентрации щелочи в пластовой воде наблюдается заметное снижение значения краевого угла смачиваемости на границе поверхность нефтяного керна – щелочной раствор. Добавление в щелочной раствор 0,05% ПАА, снижает значение краевого угла смачивания поверхности нефтяного керна, в зависимости от концентрации щелочи (0,1-0,5%) от 75° до 68°. С увеличением концентрации ПАА, в растворе щелочи, до 0,1%, значение краевого угла смачивания поверхности нефтяного керна увеличивается.

Ключевые слова: водный раствор щелочи, угол смачивания, нефтяной керн, поверхность, концентрация, температура

Влияние смачиваемости на фильтрационные характеристики горных пород и эффективность извлечения нефти является чрезвычайно важным, поскольку изменение граничного слоя в процессе разработки продуктивного пласта влечёт за собой изменение естественного характера смачивания.

Исследование смачиваемости пористых сред, насыщенных такими несмешивающимися жидкостями, как нефть и вода, позволяет с наибольшей простотой рассмотреть и оценить характер взаимодействия воды, нефти, газа и породы (твёрдой фазы) как в период нефтегазоаккумуляции, так и в период эксплуатации нефтяного месторождения [1-4]. Смачиванием заводняемой жидкостью пористых нефтяных сред, в значительной мере, определяется эффективность вытеснения нефти, образование целиклов нефти, оставшихся за фронтом вытеснения и др.

Залежь нефти или газа, как известно, представляет собой равновесную систему, где гравитационные силы компенсированы капиллярными [5]. Многочисленными исследованиями установлено, что капиллярные силы, их вариации и направленность действия в реальных поровых средах при нахождении в них нефти и газа зависят от свойств как контактирующих жидкостей и газов, так вмещающих пород, пластовых температур и давлений [5,8,10,11].

К свойствам пород, регулирующим действие капиллярных сил, прежде всего, относятся смачивающие способности поверхности ёмкостного пространства, значения удельных поверхностей, размеры и форма пор или трещин, извилистость проводящих каналов, природа пустот в породе, минеральный состав, структура, проницаемость, пористость породы и многое другое. Таким образом, учитывая то, что основным методом разработки нефтяных месторождений продолжает являться заводнение, вопрос о смачиваемости пород-коллекторов является весьма актуальным.

Вода, используемая при заводнении, попадая в гидрофильный коллектор и смачивая его поверхность, вытесняет нефть как из крупных, так и из мелких пор и трещин. В гидрофобном коллекторе воде энергетически выгодно занимать наиболее крупные поры и трещины. Поэтому нагнетание воды в залежь, приуроченную к гидрофобному коллектору, приводит к «кинжальному» прорыву воды через наиболее крупные проводящие каналы, что приводит к катастрофически быстрому обводнению добывающих скважин и разрушению месторождения. Таким образом, смачиваемость определяет тенденцию одного флюида прилипать к поверхности твёрдой фазы, т.е. к поверхности коллектора в присутствии других несмешивающихся флюидов, имеющих между собой поверхность раздела, охарактеризованную тем или иным межфазным натяжением. Поскольку известно, что смачиваемость на границе воды и нефти (газа) определяется значением краевого контактного угла смачивания, то для гидрофильных пород он не превышает 90° и обычно равен 30° , тогда как для гидрофобных составляет более 90° . Учитывая особенности смачиваемости горных пород, а также сложностью установления точного раздела между гидрофильными и гидрофобными породами, средствами существующих методик, в нефтегазовой геологии выделяют класс горных пород с промежуточной смачиваемостью. К классу гидрофильных отнесены породы со значениями краевого контактного угла смачивания, изменяющимися в диапазоне $0-75^\circ$. У пород с промежуточной смачиваемостью краевой угол смачивания составляет $75-105^\circ$. Краевой угол смачивания равный $105-180^\circ$ принят в качестве признака гидрофобности породы.

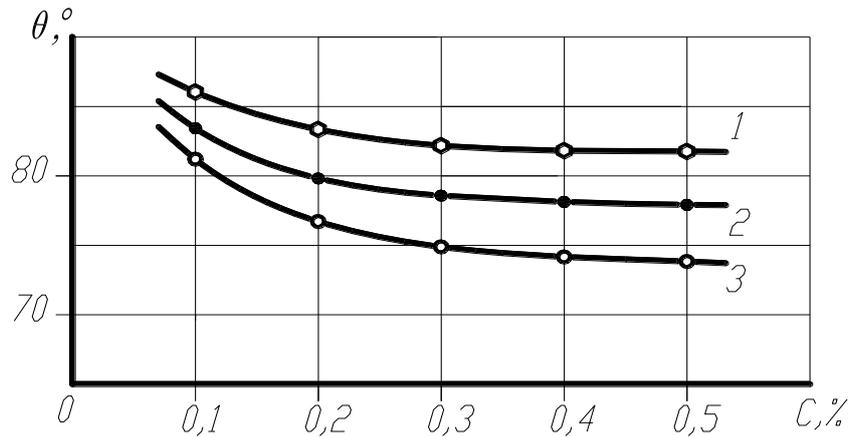
Исследования влияния на краевой угол смачивания поверхности модели нефтяного зерна, насыщенного нефтью месторождения Аксай, водного раствора щелочи и полиакриламида (ПАА) различных концентраций, проводили методом растекающейся капли по известным методикам [12,13].

Согласно этим методикам, равновесный краевой угол θ находят из условия механического равновесия на линии трехфазного контакта твёрдой фазы (нефтяного зерна), жидкости (щелочного раствора) и газа (воздух), по основным размерам капель жидкости, наносимых на твёрдые поверхности: высоте h и диаметру основания капли d . Значения $\cos \theta$ рассчитывают по формуле:

$$\cos \theta = [(d/2)^2 - h^2] / [(d/2)^2 + h^2] \quad (1)$$

Таким образом, для определения краевого угла смачивания необходимо измерить высоту капли h и диаметр ее основания d .

Результаты проведенных исследований приведены на рисунках 1 и 2.



1- $T=25$; 2 - $T=50$; 3 - $T=90$

Рис 1. Зависимость краевого угла смачивания поверхности нефтяного керна раствором NaOH, от концентрации щелочи $C\%$, при различных температурах T , $^\circ\text{C}$

На основании результатов проведенных экспериментов можно заключить, что обработка поверхности нефтяного керна щелочным раствором приводит к существенной гидрофилизации его поверхности. Последнее явление может быть объяснено действием поверхностно-активных веществ, резко снижающих поверхностное натяжение на границе нефть – щелочной раствор, повышая смачиваемость нефти водой. Так гидрофобная поверхность модели керна, насыщенного нефтью, с краевым углом смачивания пластовой водой свыше 105° , после обработки поверхности керна щелочным раствором при температуре 25°C с концентрацией щелочи $0,1\%$ становится гидрофильной, а значение краевого угла смачиваемости, в условиях проведенного эксперимента составляет 87° линия 1, рис. 1.

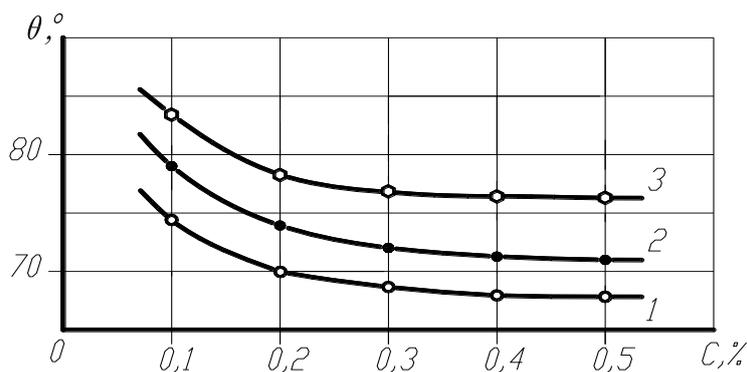
Анализ результатов проведенных экспериментов показывает, что с увеличением концентрации щелочи в пластовой воде наблюдается заметное снижение значения краевого угла смачиваемости на границе поверхность нефтяного керна – щелочной раствор. Если при концентрации щелочи $0,1\%$, значение краевого угла смачивания, при температуре в зоне контакта 25°C , составляет 87° , то при концентрации щелочи $0,3\%$, значение краевого угла смачивания составляет 83° , линия 1. Аналогичная зависимость влияния концентрации щелочи значение краевого угла смачивания наблюдается при повышении температуры щелочного раствора, линии 2, 3. Так, повышение температуры раствора щелочи от 25 до 50°C , с концентрацией $0,3\%$, приводит к снижению краевого угла смачивания от 82° до 78° , линия - 2. Дальнейшее повышение температуры раствора щелочи до 90°C , с концентрацией $0,3\%$, приводит к снижению краевого угла смачивания до 75° линия - 3, рис. 1.

Таким образом, снижение межфазного натяжения на границе раздела нефть - щелочной раствор, приводит снижению значения краевого угла смачиваемости на границе поверхность нефтяного керна – щелочной раствор.

Аналогичная зависимость наблюдается при сопоставлении результатов исследований, приведенных на рисунке 2, зависимости краевого угла смачивания поверхности нефтяного керна, раствором NaOH с добавкой ПАА, которые проводили при температуре щелочного раствора 90°C , в пределах концентрации щелочи $0,1-0,5\%$, с вариацией добавок ПАА в пределах $0,05-0,2\%$.

Полученные зависимости, рис. 2, линия -1 показывают, что добавление в щелочной раствор $0,05\%$ ПАА, снижает значение краевого угла смачивания поверхности нефтяного керна, в зависимости от концентрации щелочи ($0,1-0,5\%$) от 75° до 68° . С увеличением концентрации ПАА, в растворе щелочи, до $0,1\%$, значение краевого угла смачивания поверхности нефтяного керна увеличивается принимая значения от 79° до 71° линия - 2. При концентрации ПАА в растворе $0,2\%$, значение краевого угла смачивания поверхности нефтяного керна, в зависимости от концентрации щелочи ($0,1-0,5\%$) изменяется от 83° до 76° , линия - 3 [14].

Данная закономерность объясняется тем, что повышение концентрации ПАА в растворе, как известно увеличивает вязкость раствора, что увеличивает поверхностное натяжение на границе раздела нефть – щелочной раствор, и как следствие, увеличивает краевой угол смачивания поверхности нефтяного керна раствором NaOH с добавкой ПАА.



Концентрации добавки ПАА:
1- $C_{ПАА} = 0,05\%$; 2- $C_{ПАА} = 0,1\%$; 3- $C_{ПАА} = 0,2\%$

Рис. 2. Зависимость краевого угла смачивания поверхности нефтяного керна раствором NaOH с добавкой ПАА, от концентрации щелочи $C\%$, при различных концентрациях добавок ПАА $C_{ПАА}\%$

Выводы: Обобщая результаты исследований, приведенные на рисунках 1 и 2 можно сделать вывод, что вариант воздействия на нефтяные пласты раствором щелочи NaOH с добавкой ПАА является перспективным и может положительно отразиться на увеличении коэффициента нефтеотдачи данного месторождения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Яценко Г. Анализ взаимосвязи физико-химических свойств нефтей с уровнем теплового потока (на примере Западной Сибири) / Г.Яценко, Ю.М. Полищук, Л.П. Рихванов // Геология нефти и газа. 2003. – №3. – С. 17-24.
- [2] Гордадзе Г.Н. Закономерности изменения углеводородного состава нефтей в зависимости от температуры их залегания / Г.Н. Гордадзе, И.А. Матвеева, В.Ф. Иванов // Геология нефти и газа. 2000. – №6. – С. 27-30.
- [3] Уолкот Дон. Разработка и управление месторождениями при заводнении/ Уолкот Дон. -М.: ЗАО «ЮКОС-ЭП». 2001. – 143 с.
- [4] Кожабергенов М. М., Обоснование эффективных технологий до извлечения остаточной нефти из обводненных пластов на примере XIII горизонта месторождения Узень: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – М., 2006. – 274с.
- [5] Гиматулинов Ш. К. и др. Физика нефтяного и газового пласта. - М.: Недра, 1982. - 312 с.
- [6] Ермилов О. М., Ремизов В. В., Ширковский Л. И., Чугунов Л. С. Физика пласта, добыча и подземное хранение газа. – М.: Наука, 1996. – 541 с.
- [7] Варфоломеев Д. Ф., Хамаев В. Х. Химия нефти и газа. – Уфа, 1977. – 61 с.
- [8] Желтов Ю.П. Разработка нефтяных месторождений. Учебник для вузов. – М.: Недра. 1986г. – 366 с.
- [9] Айткулов А.У. Основы подземной гидромеханики и разработки нефтяных месторождений. Под редакцией Т.К. Ахмеджанова, Алматы, 2003г.-145с.
- [10] Котяхов Ф.И. Физика нефтяных и газовых коллекторов. М., «Недра», 1977. – 287с.
- [11] Юркив Н.И. Механизм вытеснения нефти из пористой среды //Нефтяное хозяйство, 1994. – №6. – С. 36-40.
- [12] Иванов М.К., Калмыков Г.А., Белохин В.С., Корост Д.В., Хамидуллин Р.А. Петрофизические методы исследования кернового материала. Учебное пособие в 2-х книгах. Кн. 2: Лабораторные методы петрофизических исследований кернового материала. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 2008. – 113 с.
- [13] Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии. Под ред. Ю.Г. Фролова и А.С. Гродского. М.: Химия. – 1986. – 216 с.
- [14] Кудашева Ф.Х., Бадикова А.Д., Мусина А.М., Муталлов И.Ю. Составы для нефтевытеснения на основе отходов нефтехимии//Нефтегазовое дело. Электронный научный журнал. Выпуск 1. – 2010. – 6 с.

Голубев В.Г., Садырбаева А.С., Бесбаева Н.А., Касимова Ж.Ж., Айкенова С.Ж.

Сілті және полиакриламидтің сулы ерітіндісінің мұнай кернінің бетін сулаудың шеткі бұрышына әсері

Түйіндемe. Мақалада сілті және полиакриламидтің сулы ерітіндісінің мұнай кернінің бетін сулаудың шеткі бұрышына әсері келтірілген. Мұнай кернінің бетін NaOH ерітіндісімен сулаудың шеткі бұрышының әртүрлі температурада сілті концентрациясынан тәуелділігі алынған, және мұнай кернінің бетін NaOH-пен ПАА қосымшасымен сулаудың шеткі бұрышының қосымшаның әртүрлі концентрациясында сілті концентрациясынан тәуелділігі алынған.

Негізгі сөздер: сілтінің сулы ерітіндісі, сулау бұрышы, мұнай керні, бет, концентрация, температура.

Golubev V.G., Sadyrbaeva A.S., Besbaeva N.A., Kasimova Zh.Zh. Aikenova S.Zh.

The influence of aqueous alkali and polyacrylamide on the wetting angle of the oil core surface

Summary. The article presents the results of the influence of an aqueous solution of alkali and polyacrylamide on the wetting angle of the oil core surface. The dependence of the contact angle wetting of the surface of the oil core with NaOH solution, the concentration of alkali at different temperatures and the dependence of the wetting angle of the surface of the oil core with NaOH solution with addition of PAA, the concentration of alkali at different concentrations of additives.

Key words: aqueous alkali solution, wetting angle, oil core, surface, concentration, temperature.

УДК 624.131.6

D.Zh. Artykbayev

(South-Kazakhstan State University named after M.Auezov, Shymkent, Kazakhstan)

E-mail: artykbaev_d@mail.ru)

THE CHANGE IN THE SOIL STRENGTH PARAMETERS IN THE SLOPE BODY UNDER DYNAMIC INFLUENCES

Abstract. The article is devoted to research of change of durability soils a slope in the conditions of dynamic influences. Analyzed strength soil indicators (a corner of an internal friction and a cohesion) and their possible values in structural durability of rocky soils in the conditions of fluctuations. The criterion of dynamic durability of a soil and its use with reference to various versions of breeds is given.

Infringement of seismic stability of soil slopes and maintenance of their durability are not studied completely now, that is why this problem remains actual in geo-mechanics. Durabilities of slopes promoting infringement are theoretically analyzed factors. The basic attention is given to stability soils in a body of slopes.

While we evaluate the stability of artificial slopes in seismic areas, a question comes: if it follows in given concrete case to reckon with infringement of structure (durability) of a soil under the influence of the shifting seismic pressure arising in a soil from any seismic fluctuations influencing a slope.

Keywords: soil, slope, resistance to shear, plastic connectivity, structural cohesion, angle of internal friction. Dynamic head, active zone.

Д.Ж. Артыкбаев

(ЮКГУ им.М.Ауезова, Шымкент, Казахстан)

ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЧНОСТИ ГРУНТА В ТЕЛЕ ОТКОСА ПРИ ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Аннотация. Статья посвящается исследованию изменения прочности грунтов откоса в условиях динамических воздействий. Анализируются прочностные показатели грунта (угол внутреннего трения и сцепления) и их возможное значения в обеспечении структурной прочности породы в условиях колебаний. Дается критерий динамической прочности грунта и его использования применительно к различным разновидностям пород. Исследования устойчивости грунтовых откосов при сейсмических воздействиях. Дается формула, согласно которой сейсмоустойчивая крутизна колеблющегося откоса зависит от интенсивности воздействующего землетрясения и прочностных характеристик грунтов. Отмечается также значительную роль нормального напряжения от внешней пригрузки и собственного веса грунта в обеспечении устойчивости откоса. Вышестизложенные рассуждения по прочности глинистых грунтов позволяют подытожить, что когда дело касается к динамической прочности таких пород в теле откоса необходимо исходит из частных разновидностей их.

Ключевые слова: грунт, откос, сопротивляемость сдвигу, пластичная связность, структурное сцепление, угол внутреннего трения. Пороговое ускорение, динамический напор, активная зона.

Известно, что нарушение устойчивость грунтовых сооружений при землетрясениях всегда происходит в тех случаях, когда интенсивность динамического воздействия превышает прочности колеблющегося грунта. В зависимости от расчетной величины воздействия имеют место различные последствия. Отсюда следует, что при нарушении динамической устойчивости грунтовых откосов наряду с самого воздействия существенное влияние также имеет и прочностные показатели грунта.

Под прочностью грунта подразумевается сопротивляемость его сдвигу под воздействием касательных напряжений. Сопротивляемость сдвигу любого грунта в единице напряжений выражается следующей зависимостью [1]:

$$S_{\sigma,w} = \sigma \operatorname{tg} \varphi_w + c_w + c_c, \quad (1)$$

где $S_{\sigma,w}$ – сопротивляемость грунта сдвигу (прочность), зависящая от вертикально составляющего напряжения, вызванного весом сооружений и собственным весом грунта (σ) и его состояния влажности (w);

φ_w – угол внутреннего трения грунта при влажности w ;

c_w – зависящая от влажности грунта пластическая связность;

c_c – структурное сцепление грунта, имеющее кристаллический характер.

Параметры $S_{\sigma,w}$, σ , c_w и c_c в формуле (1) имеют единицы измерения напряжений.

Вертикальное составляющее напряжения (σ) в общем случае складывается из действия внешней нагрузки и собственного веса грунта в виде:

$$\sigma = p + \gamma_w z, \quad (2)$$

где p – напряжения на горизонте z от веса внешней нагрузки;

$\gamma_w z$ – напряжения от собственного веса грунта на том же горизонте.

Согласно выражению (1) можно усмотреть настолько важна природная влажность грунта (w) в оценке его динамической прочности.

Вместе с тем также немаловажна природная плотность грунта. Способность снижения прочности грунта по мере повышения влажности и уменьшения плотности отмечена многими специалистами.

Это обстоятельство позволяет отметить, что нарушения статической прочности грунта при различных воздействиях, в том числе динамических, обуславливается его сопротивляемостью сдвига, зависящая в свою очередь от состояния плотности-влажности породы. Отсюда можно полагать, что нарушение структуры грунта в теле откоса происходит не за счет интенсивности полного воздействия, а некоторой его части (расчетная часть). Остальная часть воздействия погашается внутренними силами сопротивления, т.е.:

$$\alpha_p = \alpha_c - \alpha_n, \quad (3)$$

где α_p – расчетное ускорение, способствующее разрушению структуры грунта;

α_c – ускорение колебания;

α_n – часть динамической нагрузки, погашаемой силами сопротивления грунта. Так называемое “*пороговое ускорение*” эта часть воздействия играет значительную роль в обеспечении динамической устойчивости структуры колеблющегося грунта.

Понятие о пороговом (критическом) ускорении впервые введено в науку О.А.Савиновым, а в дальнейшем им пользовались Д.Д.Баркан, Н.Н.Маслов, П.Л. Иванов, Х.З.Расулов, Х.Б.Сид, Ю.П.Шкицкий при динамическом исследовании устойчивости водонасыщенных песков [2].

В случаях когда величина динамических воздействий меньше порогового ускорения α_n , структура грунта будет сохраняться и он будет колебаться как целое тело, обладающее эластичными свойствами. Когда воздействующее ускорение превышает порогового значения α_n , то имеет место нарушение структуры и уплотнение грунта со всеми, отсюда вытекающими последствиями. Отсюда следует, что при всяких колебаниях ниже α_n прочность грунта характеризуется выражением (1). Чем больше величина α_n расчетное ускорение α_p , определяющее динамическое состояние грунта согласно выражения (2) будет меньше.

Связь порогового ускорения с прочностными свойствами грунта можно проследить по нижеследующей формуле Х.З.Расулова:

$$\alpha_n = \frac{\pi g (\sigma \operatorname{tg} \varphi_w + c_w)}{2 \gamma_w H}, \quad (4)$$

где c_v – общее сцепление состоящее из пластичной (c_w) связности и структурного сцепления (c_c) в виде:

$$c_v = c_w + c_c \quad (5)$$

Исследования, проведенные за последние годы показали снижение порогового ускорения за счет уменьшения σ , c_w в процессе колебаний [3]. Это позволяет представить формулу (4) в виде:

$$\alpha_{п}(t) = \frac{\pi g [\sigma(t) t g \varphi_w + c_v(t)]}{2 \gamma_w H}, \quad (6)$$

где t – время воздействия динамической нагрузки.

Изменения значений σ , c_w при колебании грунта описывается в виде:

$$\sigma(t) = \sigma_{ст} - \gamma_w h_z(t) \quad (7)$$

и

$$c_w(t) = c_w(k) + [c_w(n) - c_w(k)] e^{-\mu t}, \quad (8)$$

где $c_w(n)$, $c_w(k)$, $c_w(t)$ – значения пластичной связности грунта соответствующие начальному, конечному и любому моменту в процессе колебания.

$\sigma(t)$ – вертикальное составляющее напряжения на момент времени t ;

$\sigma_{ст}$ – то же напряжение в статических условиях;

γ_w – плотность воды;

$h_z(t)$ – динамический напор в грунтовой воде, возникающий при динамическом уплотнении грунта, определяемый по формуле [2]:

$$h_{z,t} = \frac{v^2}{2k_{\phi}} L^2 t, \quad (9)$$

где k_{ϕ} – коэффициент фильтрации грунта;

L – толщина активной зоны в пределах которой происходит нарушение структуры и уплотнение грунта;

v – коэффициент динамического уплотнения, свидетельствующий скорость уплотнения грунта в пределе активной зоны, определяемый в каждом частном случае по опыту в виде:

$$v = \frac{dn}{dt}, \quad (10)$$

где n – пористость грунта.

Если проанализировать выражения (3) с учетом (6) то легко убедиться увеличение в процессе колебании расчетного ускорения, способствующего нарушению структуры грунта (α_p). Это обстоятельство в соответствии с выражениями (7) и (8) происходит за счет снижения сопротивляемости грунта сдвигу в этих условиях.

Сопротивляемость сдвигу сыпучих (песок, галька, галечник) грунтов, в основном, зависит от угла внутреннего трения и межчастичные сдвиги грунта прямопропорциональны действующей нагрузке.

Этот процесс намного сложнее у связных (глинистые) грунтах, так как прочность их, в основном, зависит от состояния влажности грунта. Часть давления от внешней нагрузки у них воспринимается частицами, а преобладающая часть – водой находящейся в порах грунта.

Сопротивляемость сдвигу водонасыщенных глинистых грунтов в основном зависит от пластичной связности (c_w), имеющей водно-коллоидный характер. Структурное сцепление у глин (c_c) свойственно в основном твердому или полутвердому их состояниям.

Н.Н.Маслов разделяет прочность глинистых грунтов на три вида:

Жесткие глины. К данной разновидности глин отнесены твердые и полутвердые породы, образованные в основном третичном периоде. Они практически мало деформируются под воздействием внешней нагрузки и угол внутреннего трения (φ) у них не зависит от влажности грунта. Если учесть незначительность величины пластичной связности (c_w) то прочность таких разновидностей глин можно представить в виде:

$$S_{\sigma,w} = \sigma_{\text{дин}} \operatorname{tg} \varphi + c_c \quad (11)$$

Пластичные глины. С точки зрения прочности к таким разновидностям грунта относят породы, образованные в четвертичном периоде. Исследования над такими грунтами показали отсутствия в их структуре жестких структурных сцеплений ($c_c=0$) и зависимость их прочности в основном от пластичной связности ($c_w \neq 0$). Угол внутреннего трения (φ) имеет ничтожное значение в их сопротивляемости сдвигу, что позволяет представить прочность пластичных глин в виде:

$$S = c_w \quad (12)$$

Скрытопластичные глины по прочности занимает промежуточное место между жесткой и пластичной разновидностей глин. У них существуют все показатели прочности ($\varphi, c_w, c_c \neq 0$) грунта. Поэтому прочность таких грунтов описывается вышеприведенным выражением (1).

Вышестоящие рассуждения по прочности глинистых грунтов позволяют подытожить, что когда дело касается к динамической прочности таких пород в теле откоса необходимо исходит из частных разновидностей их. Это в свою очередь указывает на существенную роль плотности - влажности глинистых грунтов, сформированной в течение времени от воздействия различных природных условий.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Маслов Н.Н. Основы инженерной геологии и механики грунтов.-М.: "Высшая школа", 1982, -571 с.
- [2] Расулов Х.З. Сейсмостойкость лессовых оснований зданий и сооружений. –Ташкент: Изд-во "Узбекистан", 1977, -163 с.
- [3] Содиков А.Х. Экспериментальные исследования факторов, влияющих на критическое ускорение лессовых грунтов склона. // Ж.:Проблемы архитектуры и строительства. –Самарканд: СамГАСИ, 2010. - №1.- С.10-14

Артыкбаев Д.Ж.

Динамикалық әсерлердің әсерінен еңісті грунттардың беріктігінің өзгеруін зерттеу

Түйіндемe: Бұл мақалада динамикалық әсерлердің әсерінен еңісті грунттардың беріктігінің өзгеруін зерттеу. Грунттардың беріктік көрсеткіштеріне талдау жасау (ішкі үйкеліс бұрышы) және тербеліс кезіндегі тау жыныстарының беріктік құрылымдарын қамтамасыз ету. Динамикалық әсерлердің әсерінен грунттың беріктігін және әр түрлі тау жыныстарында пайдалану. Жер сілкінісі кезіндегі үймереттердің төзімділігінің өзгеруі, динамикалық әсерлердің интенсивтілігі, тербелмелі грунттардың беріктігінің артуынан пайда болады. Сейсмикаға төзімді биік жерлердің еңістік тербелістері негізінен интенсивті жер сілкінісінен, грунттардың орташа қысымды сыртқы күштердің әсерінен және грунттың өзіндік салмағының еңісінің төзімділігін анықтау аса маңызды рөл атқарады.

Түйінді сөздер: грунт, еңіс, қарсыласу кедергісі, пластикалық байланысы, ішкі үйкеліс бұрышы. Динамикалық қысым, белсенді аймақ.

Artykbaev D.Zh

The change in the soil strength parameters in the slope body under dynamic influences

Summary. The article is devoted to research of change of durability soils a slope in the conditions of dynamic influences. Analyzed strength soil indicators (a corner of an internal friction and a cohesion) and their possible values in structural durability of rocky soils in the conditions of fluctuations. The criterion of dynamic durability of a soil and its use with reference to various versions of breeds is given.

Infringement of seismic stability of soil slopes and maintenance of their durability are not studied completely now, that is why this problem remains actual in geo-mechanics. Durabilities of slopes promoting infringement are theoretically analyzed factors. The basic attention is given to stability soils in a body of slopes.

While we evaluate the stability of artificial slopes in seismic areas, a question comes: if it follows in given concrete case to reckon with infringement of structure (durability) of a soil under the influence of the shifting seismic pressure arising in a soil from any seismic fluctuations influencing a slope.

Keywords: soil, slope, resistance to shear, plastic connectivity, structural cohesion, angle of internal friction. Dynamic head, active zone.

U.D.C.628.4.036 (691)

B.Kh. Tusupova, T.T. Kulbayev, M.A. Sarman
(Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
E-mail: ktulen@mail.ru)

AN OVERVIEW OF CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE MANAGEMENT ISSUES IN KAZAKHSTAN: RECYCLING OF DEMOLITION WASTES AS A TRANSITION TO GREEN CONSTRUCTION

Abstract. The analysis of world experience shows that one of the most important aspects of the development of the green economy is the development of green building, which promotes a thrifty attitude to natural resources, as well as the introduction of progressive technologies in the field of construction. The term "green building" covers the sphere of urban planning, design of residential, social and other facilities, construction, operation of buildings and structures, as well as its subsequent demolition and utilization of construction debris.

In the President's message of the Republic of Kazakhstan - Leader of Nation N.A. Nazarbayev to the people of Kazakhstan "Strategy" Kazakhstan-2050 "determined the need for the transition of the Republic of Kazakhstan to the green "path of development [1].

The technology of "green building" is based, first of all, on the environment and human health. Today, the problem of rational use of natural resources, as well as the problem of pollution of our planet with the products of human life, is extremely acute. One of the key directions for the development of the "green" economy is the improvement of the waste management system. This is why every day, the methods of environmentally safe production and technologies that allow recycling of waste are becoming increasingly popular [2-11].

Key words: construction and demolition waste, waste management, recycling, green building, utilization, rational use of natural resources.

Introduction. Intensive construction, redevelopment and renovation of many urban areas leads to the fact that there is often a need for dismantling of old concrete or brick buildings, which means that there is a need to recycle large construction waste.

Every year in the modern world, the amount of construction waste is increased by 2.5 billion tons [2-3, 10]. This is very detrimental to the ecology of the whole Earth - to this conclusion came specialists from the European Association, which includes demolition companies, they were engaged in calculating the total amount of construction debris. Recycling allows the utilization of construction waste, without harming the environment [2-11].

Brief overview of the existing state, characterization and classification of construction waste

In the Republic of Kazakhstan, the construction of new industrial and civil facilities of the country's transport, industrial and civil infrastructure is developing at a rapid pace. The solution of the issues of demolition of obsolete and emergency facilities, dilapidated housing, repair of residential and office premises, which leads to the formation of excessive solid construction waste, the utilization and burial place of which requires new areas in the landfills, which are often lacking in the locations of these works.

Today in Kazakhstan, demolition is subject to 2.7 million square meters of emergency housing. More than 3 million square meters of housing in Kazakhstan are not suitable for living. According to preliminary data, 2,978 houses with an area of 588 thousand sq. m. are in need of reconstruction and demolition in Astana, in Almaty there are 940 houses of dilapidated housing with a total area of about 500 thousand square meters, 280-300 of them are brick houses, in Atyrau from 2014 to 2020, 27 slum dwelling, 35 emergency houses and 17 dormitories will be demolished, and 79 houses will be destroyed. Annually in Kazakhstan more than 700 million tons of industrial wastes are generated from them - about 250 million tons of toxic waste. The largest proportion is the waste of mining and processing complexes of Karaganda (29.4%), East Kazakhstan (25.7%), Kostanay (17.0%) and Pavlodar (14.6%) regions. As a rule, in the total volume of solid household waste, the share of construction waste is approximately 40%. Separately, construction waste is not accounted for in Kazakhstan.

Construction waste implies the waste that appears during the dismantling, repair, as well as in the construction of buildings and structures (see Figure 1). Waste, which can be attributed to construction, depending on the sources of generation, usually consists of pieces of concrete and metal, chipped brick, fragments of wallpaper, pieces of plaster, fragments of plasterboard or ceramic tiles, old window frames and doors, etc. [2-4, 6, 13].

Construction waste is divided into three categories. The first category includes waste generated during the dismantling, repair and construction of buildings or structures. The second category includes garbage, formed at the very peak of construction. The third can include waste that appears during the finishing of the premises, that is, during the final stage of construction or major repairs.

All wastes have 5 classes in terms of their degree of danger, affecting the environment. Among the most dangerous classes is the 1st, less dangerous is the 5th grade. The construction waste itself is directly related to the fourth and third classes, except for varnishes and paints.

Construction waste of increased danger in the total volume does not exceed 4-5%. Therefore, when exporting, the main waste classification is used by their fractions.

Re-equipment of enterprises, the demolition of capital buildings and structures, the removal of entire urban neighborhoods and the demolition of dilapidated housing, the disassembly of reinforced concrete structures frees up a mass of raw materials suitable for processing and use for the benefit of all. In the course is almost any major construction waste, the problem of utilization of which is extremely acute. Practice shows that the recycling of used materials opens up wide opportunities for their repeated use in construction and repair work.

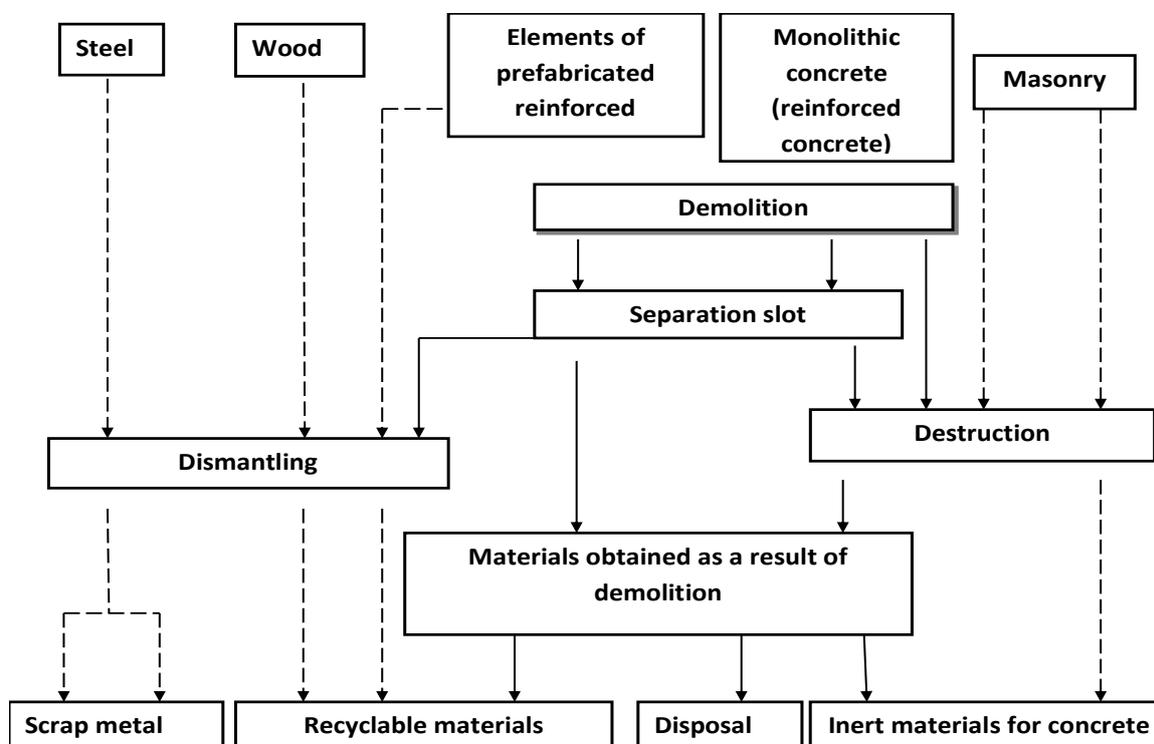


Figure 1. Construction waste generated during the demolition of a slum dwelling building

The analysis showed that one of the ways to solve the problem of recycling is the removal of large-sized structures outside the populated areas immediately after the dismantling of the building, which is a complex and financially costly affair. Serious problems arise in the allocation of new areas for the utilization of construction waste.

There is also a second, economically viable and practically easily feasible way - recycling of construction waste or recycling. This way allows not only to dispose of large-sized construction waste with a minimum of expenses, but through further processing, to receive valuable building materials - secondary crushed stone [7-11]. Subsequently, it is widely used in various construction works as an alternative to expensive natural rubble.

In this regard, we can talk about an effective re-use cycle of construction materials - recycling. This process makes it possible to produce building material practically at the site of work - without mining in quarries, expensive delivery, etc.

The main sources of construction waste generation are construction, reconstruction, repair, demolition and dismantling of buildings and structures, etc. (see Figure 2). Capacity size of construction waste by types of production are presented in Figure 3.

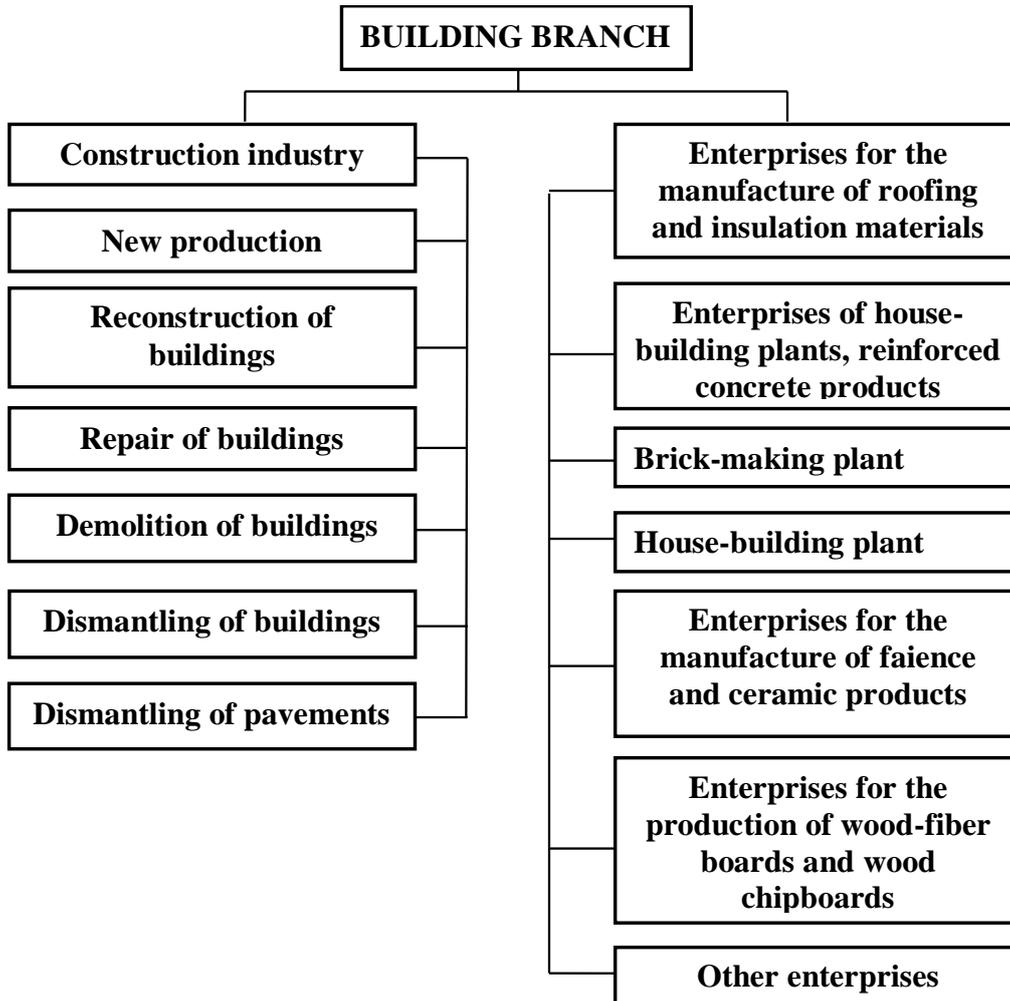


Figure 2. Sources of construction waste generation

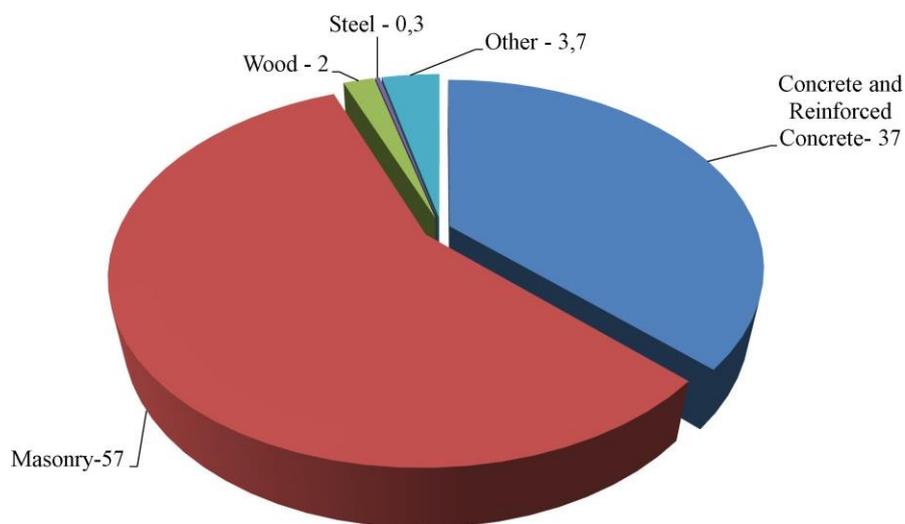


Figure 3. Capacity size of construction waste by type of production

Principles of recycling, the summary of the method

investigation have shown that the utilization of construction waste can be carried out in two ways: - it is the reuse of individual parts of the building (foundations, walls) or its individual structures (beams, slabs, columns) for their intended purpose in new construction or recycling of these wastes (recycling) for their use as secondary (recycled) raw materials.

Low cost does not mean low quality, and therefore such material is perfect for a variety of road and construction works, including:

- piling of temporary roads;
- strengthening of weak soils;
- laying the lower layer of the roadway;
- padding under all kinds of sidewalks.

To date, the use of secondary building materials is quite diverse. Crushed brick or crushed stone, formed in the process of recycling concrete is sent for the restoration of roads, the production of heavy concrete, backfilling of bogs. Old asphalt is used in road construction [4, 8].

Recycling of materials or, in other words, processing of construction waste is understood as the crushing and processing of concrete structures and other solid construction waste with the aim of obtaining secondary raw materials that can be returned to the production cycle and successfully reused in construction [4-11]. Recycling is the only environmentally acceptable way of utilization of construction waste [13-20].

The initial separation means the separation of various recyclable materials at the place of production. Separated materials (metal, wood, concrete, etc.) are placed in separate containers, which are transported to different markets (see Figure 4).

An alternative to initial separation is mixed recycling, where reusable materials are loaded into a single container that is delivered to a site where materials are separated manually or using equipment.

Initial separation and mixed have advantages and disadvantages (see table 2).

The initial separation is more preferable, as the materials are ready for processing, there is no need for sorting, the materials are less contaminated, they have a higher quality. It is assumed that there are containers for mixed materials, when separation is difficult.

To improve the efficiency of waste management, it should be planned. The waste management plan should contain a set of activities to organize the collection and disposal of waste from the workplace.

In the world practice, two main principles are applied for organizing the processing of heavy construction waste and substandard products of the construction industry:

- processing of generated waste at the site of their occurrence (on the construction site);
- waste processing at special facilities.

The first option does not allow the use of high-performance equipment that provides a clean and fractionated product. In addition, it requires special measures for the environmental protection of nearby residential buildings, excludes the possibility of continuous operation of the crushing plant.

The second option provides for additional transportation costs for the delivery of waste to the processing site, which is compensated by the efficient operation of the large-capacity crushing and sorting complex, the possibility of deeper processing, the selection of all foreign inclusions, the possibility of organizing constant logistics and marketing, and relatively simple solutions to environmental problems.



Figure 4. Initial separation of construction waste

Table 2. **Advantages and disadvantages of processing methods**

Methodsofprocessing	Advantages and disadvantages of the source and mixed separation	
	advantages	disadvantages
Initial separation	Above processing indices. Below costs for processing, lower cost for individual materials. A saferworkplace.	It takes a lot of containers. For the processing of materials, workers are needed. Morecomplexlogistics. Many markets; more information is needed for marketing.
Mixedseparation	Only one or two containers are required. There is no need for workers to separate materials for processing. Easierlogistics One market, less information for	Below are the processing indices. Abovecostsforprocessing.

From the analysis it follows that the technological cycle of processing of construction waste includes, in general, the following operations:

- waste collection;
- preliminary sorting;
- grinding of large-sized reinforced concrete;
- grinding of reinforced concrete;
- sorting of rubble by fraction;
- cleaningofrubble.

To obtain a high-quality secondary product, it is necessary to strictly observe the technology of disassembling buildings, sorting materials, processing each kind of secondary raw materials, that is, processing not "garbage" but specially prepared secondary raw materials.

Without the conclusion of research organizations or specialized laboratories, the following materials are reused in construction:

- brick after sorting and cleaning - to seal openings, furrows;
- brickbattle - as a small and large aggregate when concreting in the place of irrelevant building elements and substrates under the floors in basements, canals, pits, as well as for compaction of soils when arranging paths and landscaping;
- concrete gravel and sand of various fractions after processing of reinforced concrete structures (crushing, extraction of reinforcement and embedded parts, washing of concrete and sorting it by fractions) - as a filler for concrete, preparation for asphalt and concrete floors, and waste steel for scrap;
- beams, unevenbarsandothertimber - fortheinstallationoffences, canopies, skinsandotherstructuresthatdonotprovide a bearingcapacity;
- rolled and stamped metal profiles - when repairing other objects or constructing temporary barriers;
- stone steps of the staircase - for the device of descents into the pit and basements, and also for replacing the steps in the repaired marches;
- roofing steel and asbestos-cement wavy sheets - for the construction of the roof and walls of warehouse, outbuildings and canopies.

Scope of recycled building waste:

- in the production of reinforced concrete products (from 10 to 20%);
- in the production of asphalt concrete (up to 80%);
- fencing small pieces (up to 50%);
- foundations (up to 15%);
- in the construction of soil and temporary roads (up to 70% as the arrangement of crushed stone bases);
- in the road economy (piling roads, crossing track, use as a lower layer of roads that do not have federal status);
- landscaping (sprinkling under asphalt pavement, sidewalks);
- to strengthen weak soils (trenches of engineering networks, bottom of pits), etc. [16-21].

Conclusions and recommendations

One of the problems in the construction waste management industry is the lack of the necessary legislative base, there is also no infrastructure - points for collecting secondary raw materials and special separate containers, there is no connection between waste disposal companies and processing industries. For example, the Law on Recycling is adopted in more than 50 countries around the world.

In addition, the basic principles for the collection and processing of construction waste have not been defined, there is no system for management of construction and demolition waste, accountability and reporting on waste management activities.

Utilization of construction waste is in practice constrained due to:

- lack of a mechanism for economic incentives for the use of construction waste as secondary raw materials;
- the need to introduce standardization and certification of secondary construction waste, as well as certification of technologies and equipment for their processing;
- lack of trained personnel to work in the secondary resources market.
- the lack of legislative recognition of waste by a full-fledged building material.

At present, there are practically no technologies of recycling of building materials in Kazakhstan, there are no normative documents. Development and adoption of standards in the field of processing of recycling of construction waste are topical: waste separation, recycling, processing of waste into raw materials or products, disposal of waste, burial of waste.

It is necessary to create a database on the sources of secondary construction resources, the regulatory and legal support for their collection, harvesting and processing, advanced technologies and equipment for processing, enterprises engaged in the preparation and processing of secondary raw materials; to carry out complex scientific research works on the creation of scientific and technological bases for processing construction waste in materials and products of a wide range of products for construction; to develop measures of administrative compulsion to collect and process own production wastes; develop a comprehensive recycling program for construction waste.

REFERENCES

- [1] President's message of the Republic of Kazakhstan - Leader of the Nation N.Nazarbayev to the People of Kazakhstan "Strategy" Kazakhstan-2050 ": New political course of the held state" (Astana, December 14, 2012).
- [2] Construction waste // http://atagos.com.ua/art/stroitelnye_otkhody/, 05.09.2011.
- [3] Recycling of construction waste abroad // http://www.needcrusher.com/news16/process_21490, 06/20/2015.
- [4] Recycling - the second life of construction waste // <http://www.atta-k.ru/article/3/>, 2013.
- [5] Grunsham V. Determination of the quantity and cost of materials obtained during dismantling of building structures and engineering equipment (return of materials) // Pricing and Estimated Rationing in Construction.-2006.-No. 3.-14 pp.
- [6] Methods of utilization and recycling. Wastes from industrial enterprises and methods of their utilization and processing by the example of enterprises of the construction complex // <http://en.znatock.com/docs/index-24088.html>, 04.04.2012.
- [7] Recycling of construction waste // <http://www.stroitelystvo.ru/news/view/519>, 2013.
- [8] Recycling of building wastes // <http://razrushim.ru/articles/refining>, 15.11.2012.
- [9] Golub T.V., Romanovsky Ch.A. Foreign experience in the sphere of handling construction waste // <http://www.ecoinfo.by/content/484.htm>, 2009.
- [10] Waste management: foreign experience // <http://ecoalliance.com.ua/bbloteka/statt-po-vidxodam/upravlenie-otxodami-zarubezhnyij-opyit>, NGO Ecoalliance, 2015.
- [11] Gilevich V. Recycling of construction waste // Construction and real estate: <http://www.nestor.minsk.by/sn/2004/42/sn44215.html>, 2010.
- [12] Resolution of the Government of the Republic of Kazakhstan No. 634 of June 9, 2014 On Approval of the Program for the Modernization of the Solid Waste Management System for 2014-2050.
- [13] Types of construction debris // http://musor-pro.ru/vidy_stroitelного_musora.html, 22.07.2015.
- [14] P.P.Oleinik, S.P.Oleinik Organization of a system for processing construction waste. - Moscow: MGSU, 2009. - 251 p.
- [15] RC / RCA effects (Reuse of RA aggregates / Reuse of concrete to obtain RCA aggregates) on the properties of recycled aggregate concrete. Foreign review, 2010;
- [16] Winkler Greg. Recycling. Construction & waste destruction // Foreign experience, 2010.
- [17] M.S.Bibik and S.D.Semenyuk Influence of physicommechanical characteristics of recycled rubble from crushed concrete of various classes on compressive strength on the properties of concrete mixture and concrete // Bulletin of the Belarusian-Russian University. 2010.-№ 3 (28) .- P. 128-134.

[18] L.A.Weissberg, E.E. Kameneva Investigation of the composition and physico-mechanical properties of secondary crushed stone from crushed concrete // Building materials .- 2014.-? 6.- P.41-45.

[19] A.A.Kulibaev, K.A. Nurbaturov Features of the use of crushed stone from crushed concrete // Bulletin of the NIA RK.-2013.- No. 4.- P.71-75.

[20] V.P. Trambovetsky Reuse of crushed concrete // Concrete and reinforced concrete.-2009.-No. 11.-3с. ;

[21] Waste recycling // www.wasterecycling.ru. Specialized information and analytical journal. - 2006, № 2.

Тусупова Б.Х., Кулбаев Т.Т., Сарман М.А.

Қазақстандағы құрылыс пен оларды бұзу жұмыстарының қалдықтарын басқару жүйесінің мәселелеріне шолу: жасыл құрылысқа қолдану ретінде құрылыс қалдықтарын қайта өңдеу

Түйіндеме. Қайта өңдеу – қалдықтарды басқару, қалалық, экологиялық, техникалық, экономикалық және басқа салаларға қатысты бірқатар мәселелерді шешетін тиімді құрал. Бұл қалдықтарды басқару жүйесіне жаңа озық технологияларды енгізу, энергия тиімділігін арттыру, «жасыл құрылыстың» технологияларын игеру жатады. Ресурстарды ұтымды пайдалану мақсатында құрылыс қалдықтарынан қайталама шикізатты қайта пайдалануға көшу тұрақты дамудың шешуші факторы болып табылады, бұл жаңа мүмкіндіктерді, «ақылды қаланы» қалыптастырудағы келешегі зор болашаққа қадам жасайды.

Түйінсөздер: құрылыс пен оларды бұзу жұмыстарының қалдықтары, қалдықтарды басқару, рециклинг, жасыл құрылыс, қайта өңдеу, табиғи ресурстарды ұтымды пайдалану.

Тусупова Б.Х., Кулбаев Т.Т., Сарман М.А.

Обзор проблем системы управления отходами строительства и сноса в Казахстане: рециклинг строительных отходов как переход к зеленому строительству

Резюме. Рециклинг - инновационный подход в строительстве, эффективный инструмент который позволит решить ряд вопросов, связанных как с утилизацией отходов, так и градостроительных, экологических, технических, экономических и прочих отраслей. Это означает внедрение новых передовых технологий в системе управления отходами, повышение энергоэффективности, освоение технологий «зеленого строительства». Переход к повторному применению вторичного сырья из строительных отходов в целях рационального использования ресурсов, является ключевым фактором устойчивого развития, который открывает новые возможности, шаг к перспективному будущему в становлении умного города.

Ключевые слова: отходы строительства и сноса, управление отходами, рециклинг, зеленое строительство, утилизация, рациональное использование природных ресурсов.

УДК 62-52-9

N.A. Batayev¹, T.T. Shuvatov², A.R. Kuzyrgaliyev²

(¹Kazakh National Research Technical University after K.I. Satpayev, Kazakhstan, Almaty.

²“Zeinet&SSE”, Kazakhstan, Almaty. E-mail: n.batayev@zeinetsse.com)

MODELING OF GAS TURBINE COMPRESSOR UNIT OPERATING MODES

Abstract. This article describes software intended for operating modes simulation of multistage gas compressors and associated equipment which is used at the modern gas compressor stations. Adequacy of software has been made (accuracy of calculations, system behavior) to real data, checking the system response to external influences and changes in system parameters also performed.

Keywords. Gas turbine, anti-surge control, multistage compressor, mass flow rate.

Н.А. Батаев¹, Т.Т. Шуватов², А.Р. Кузыргалиев²

(¹Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева, Казахстан, Алматы

²“Zeinet&SSE”, Казахстан, Алматы.)

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ГАЗОТУРБИННОЙ КОМПРЕССОРНОЙ УСТАНОВКИ

Аннотация. В статье описано программное обеспечение (ПО), предназначенного для моделирования режимов работы многоступенчатого газового компрессора и сопутствующего оборудования, используемого на современных компрессорных станциях. Приводится проверка адекватности программного обеспечения (точность расчётов, поведение системы) реальным данным, проверка реакции системы на внешние воздействия и изменения параметров системы.

Ключевые слова. Газовая турбина, антипомпажное регулирование, многоступенчатый компрессор, массовый расход.

Введение

Компьютерные комплексы моделирования режимов работы газового компрессора - общепринятая составная часть диспетчерских систем управления представляют одну из базовых компонент комплексной автоматизации газотранспортных предприятий. Внедрение информационных технологий и автоматизация диспетчерского управления создает большие возможности для решения таких задач, как оптимизационные задачи, и задачи анализа ситуаций и расчета показателей функционирования системы управления [1].

Условные обозначения

G	Массовый расход газа	[кг/час]
MW	Молекулярная масса газа	[г/моль]
P	Давление газа	[бар]
Z	Степень сжатия газа	[-]
T	Температура газа	[°K]
R	Универсальная газовая постоянная	[дж/(моль*К)]
Q	Объемный расход газа	[м ³ /час]
ρ	Плотность газа	[кг/м ³]
n	Скорость вращения компрессора	[об/мин]
n_0	Номинальная скорость вращения компрессора	[об/мин]
ε_0	Приведенная степень сжатия	[-]
α	Показатель политропы	[-]

Разработка программного обеспечения

Программное обеспечение представляет собой интерфейс, позволяющий пользователю создавать различные технологические схемы с участием таких элементов, как газовый компрессор, охладитель, газожидкостный сепаратор, клапан, антипомпажная линия. Пользователь может выбирать данные элементы из библиотеки и создавать требуемые схемы, соединяя элементы между собой в любой последовательности. Пользователю предлагается также библиотека для выбора компонентного состава газа. Основное окно программного обеспечения показано на

Рис. 1. В данной статье не приводится детальное описание интерфейса программного обеспечения, возможно, об этом будет рассказано в последующих статьях.

Одним из основных этапов создания программного обеспечения для моделирования технологических процессов является создание математической модели. Важной расчётной частью при моделировании режимов работы газового компрессора является задача потокораспределения. Для её решения в разработанном ПО применялась модель гидравлических цепей, в основу которых положены законы Кирхгофа [9]. Гидравлическая цепь состоит из узлов и связывающих их ветвей. Узлы — это объёмы, в которых соблюдаются законы сохранения массы и энергии, выраженные в форме интегральных уравнений баланса расходов и тепловой энергии. Каждая ветвь цепи характеризуется своим интегральным законом, связывающим перепад давления на данной ветви с расходом газа в ней. К сегодняшнему дню существуют различные пакеты моделирования [2]-[8].

Все данные, необходимые для построения статической и динамической моделей системы должны быть взяты с места установки газового компрессора. Программное обеспечение включает в себя моделирование следующего оборудования:

- Центробежного компрессора
- Охладителя газа
- Газожидкостного сепаратора
- Клапана
- Трубы, узла разделения/объединения потоков газа.

При построении математической модели процесса, система моделирования рассматривает все возможные значения его параметров, так как точность модели является самым критичным фактором для успешного результата моделирования.

Основными расчётными параметрами системы являются давление, температура, плотность, массовый расход, объёмный расход. Плотность газа рассчитывается согласно формуле 1

$$\rho = \frac{P \cdot 100 \cdot MW}{Z \cdot R \cdot T} \quad (1)$$

где значения давления, температуры, степени сжатия, молекулярного веса газа берутся на входе либо на выходе элемента в зависимости от того, где рассчитывается плотность.

Массовый расход через элементы схемы зависит от величины пропускной способности и перепада на том или ином элементе и сводится к формуле 2

$$G = k * \sqrt{\Delta P} \quad (2)$$

где **k** это размерность элемента (пропускная способность), в случае клапана **k** дается в паспортных данных, обычно как **C_v**, выраженное в USGPM (US Gallon Per Minute).

Объёмный расход рассчитывается как отношение массового расхода к плотности (формула 3).

$$Q = \frac{G}{\rho} \quad (3)$$

В разработанном программном обеспечении центральное место уделяется модели газового компрессора. Выходные параметры компрессора рассчитываются в зависимости от входных параметров и от кривых компрессора (кривая зависимости степени сжатия от расхода, кривая зависимости эффективности от расхода). Ниже представлены формулы расчёта выходных значений температуры и давления компрессора.

$$T_{\text{ВЫХОД}} = \left[1 + \left(\frac{n}{n_0} \right)^2 * \frac{(Z * R * T)_0}{(Z * R * T)_{\text{ВХОД}}} * (\epsilon_0^\alpha - 1) \right] * T_{\text{ВХОД}} \quad (4)$$

$$P_{\text{ВЫХОД}} = \left[1 + \left(\frac{n}{n_0} \right)^2 * \frac{(Z * R * T)_0}{(Z * R * T)_{\text{ВХОД}}} * (\epsilon_0^\alpha - 1) \right]^{\frac{1}{\alpha}} * P_{\text{ВХОД}} \quad (5)$$

Проверка адекватности ПО реальным данным

Наиболее важный этап при разработке ПО для моделирования технологических процессов - это проверка адекватности программного обеспечения реальным данным, а именно: точность расчётов, динамическое поведение моделируемого объекта. Для проверки созданного нами ПО было проведено сопоставление его результатов и данных реального процесса. В качестве реального процесса была выбрана двухступенчатая схема сжатия газа с двумя входами и одним выходом, полное описание которой приводится в [11]. Согласно данной схеме (

Рис. 1), в технологическом процессе сжатия газа участвуют 2 компрессора с одним приводом и с одинаковой номинальной скоростью. В данную схему также включено сопутствующее оборудование, такое как охладитель, газожидкостный сепаратор, клапаны, трубы. Одним из значимых элементов схемы является линия рециркуляции с антипомпажным регулированием для каждого из компрессоров.

Было проведено моделирование следующих режимов:

- 1) Динамический режим: запуск компрессоров
- 2) Стационарный режим
- 3) Динамический режим: останов компрессоров

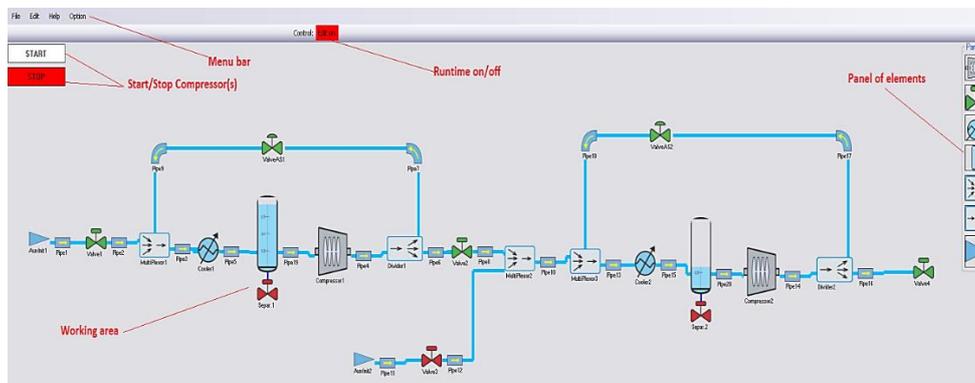


Рис. 1. Двухступенчатая схема сжатия газа

• Технические науки

Важной частью этапа моделирования является инициализация входных параметров системы, таких как композиция газа, давление и температура газа, кривые компрессора (кривая мощности, эффективности, антипомпажная кривая), размер клапанов, диаметр труб и т.д. На

Рис. 2

Рис. 3 представлены диалоговые окна пользователя для ввода параметров компрессора и параметров антипомпажного регулирования.

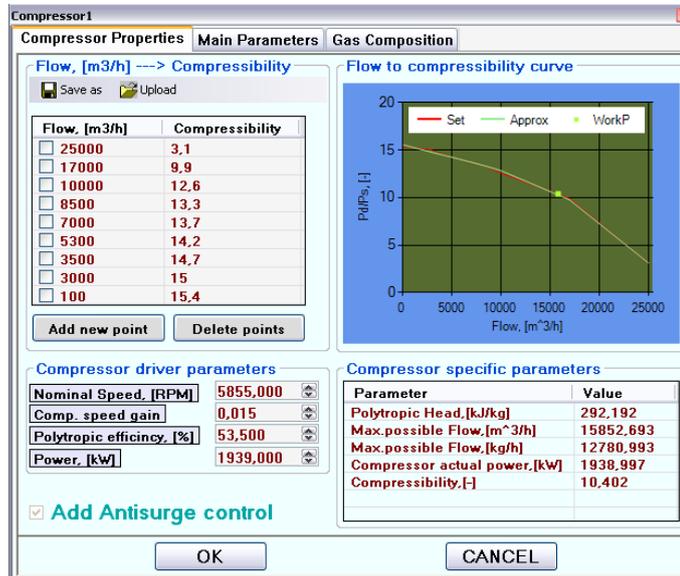


Рис. 2. Диалоговое окно для ввода параметров компрессора

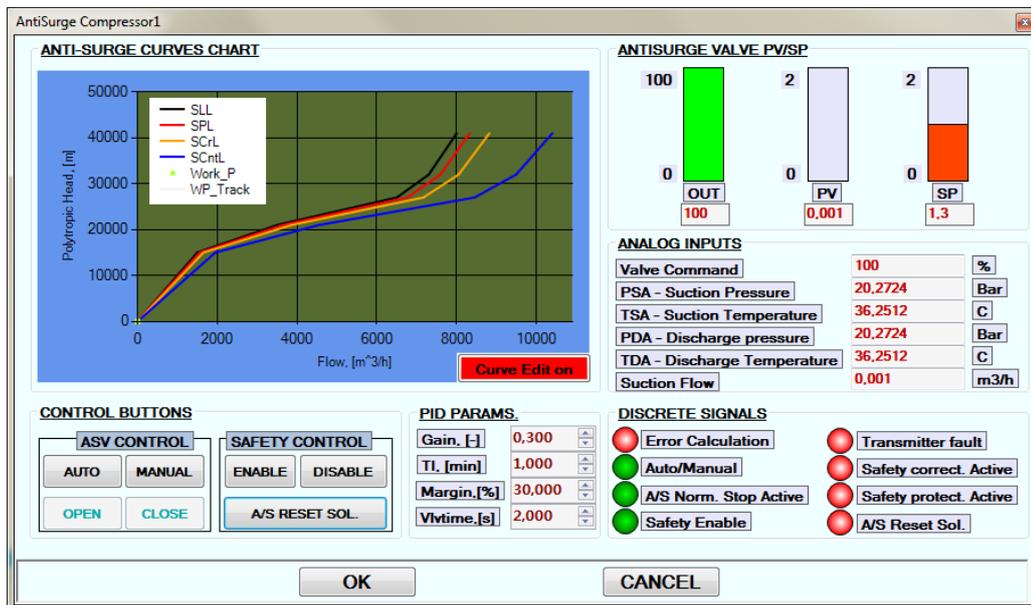


Рис. 3. Диалоговое окно для ввода параметров антипомпажного регулирования

Динамический режим: запуск компрессоров

Данный режим предполагает разгон компрессоров и выход на номинальные обороты при полностью открытых антипомпажных клапанах. Одним из важных параметров для данного режима моделирования является время, требуемое для разгона компрессоров до заданных оборотов. Для моделируемой и реальной систем это время равно 60-70 секунд. На Рис. 4 -

Рис. 6 показаны графики изменения значений объёмного расхода, давления и температуры при разгоне компрессоров для моделируемой и реальной систем (рисунок слева – результат моделирования, рисунок справа – поведение реальной системы).

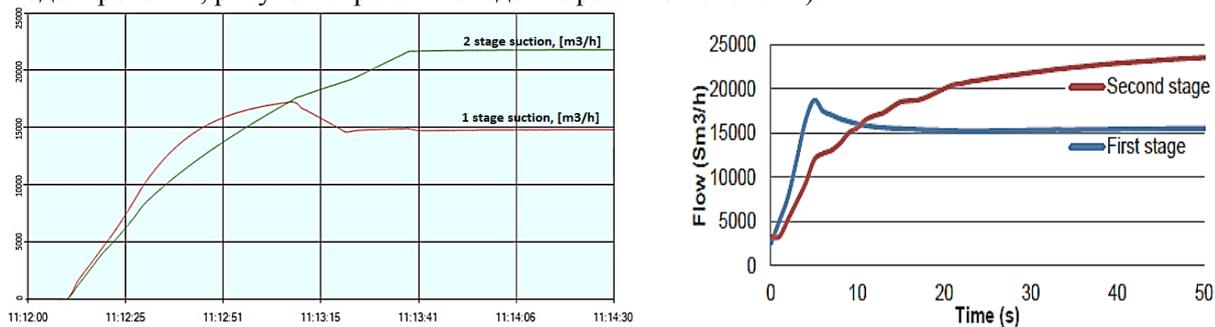


Рис. 4. Объёмный расход газа при разгоне компрессоров

Как видно по трендам (Рис. 4), характер изменения расхода для моделируемой и реальной систем совпадает.

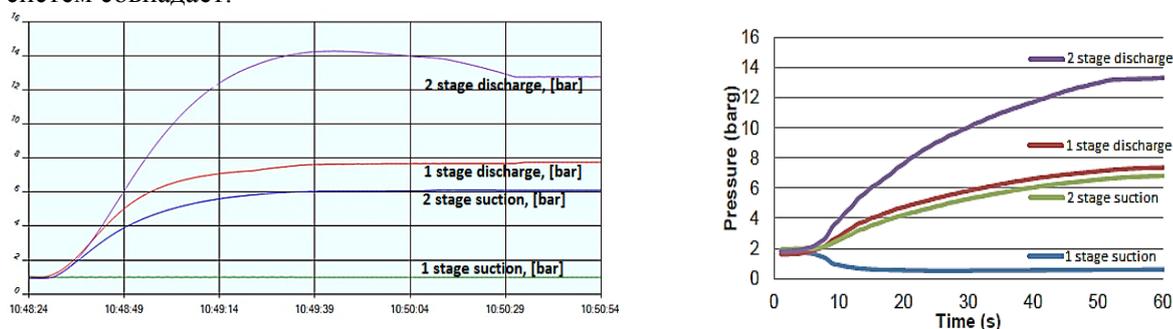


Рис. 5. Давление газа при разгоне компрессоров

По трендам (Рис. 5) видно, что графики давления при разгоне компрессоров для моделируемой и реальной систем схожи. Разница давлений между выходом первого компрессора и входом второго компрессора для моделируемой системы больше, чем в реальной системе, так как, в моделируемой системе между первой и второй ступенью установлен клапан с постоянным перепадом. Давление на выходе второго компрессора для моделируемой системы сначала возрастает, затем идёт на уменьшение. Это связано с тем, что для моделируемой системы показан 2-х минутный тренд, тогда как для реальной системы показаны первые 60 секунд разгона, что не учитывает дальнейшего изменения давления.

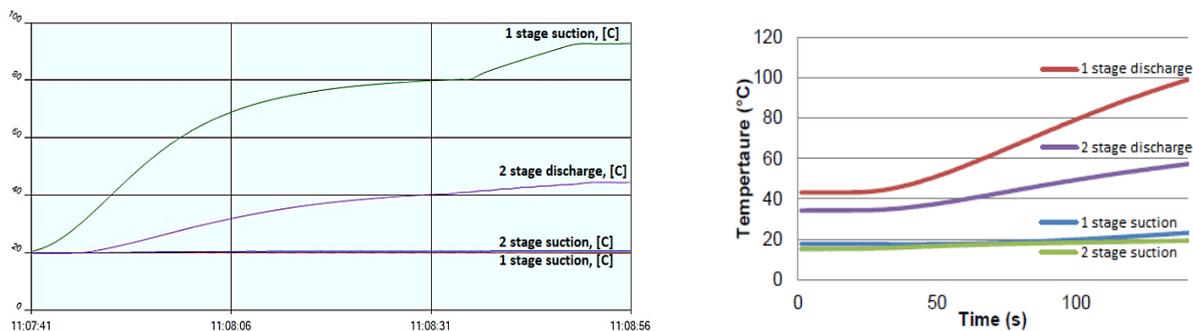


Рис. 6. Температура газа при разгоне компрессоров

Тренды температуры при разгоне компрессоров (Рис. 6) показывают небольшие различия между моделируемой и реальной системами. В моделируемой начальные значения входных и выходных температур равны 20 °С, для реальной системы начальные

значения температур второго компрессора 40 °С. Это связано с тем, что в программном обеспечении не моделируется накопление тепла на стенках компрессора.

Стационарный режим

Данный режим предполагает работу компрессоров на номинальных оборотах - результаты представлены в Таблице 1. Данный режим показывает практически одинаковые результаты для моделируемой и реальной систем.

Таблица 1. Результаты моделирования для стационарного режима

Параметр	Компрессор 1			Компрессор 2		
	Данные модели	Реальные данные	Разница	Данные модели	Реальные данные	Разница
<i>MW</i>	27,99	27,92	0,07	27,09	27,02	0,07
<i>Q</i>	15852,66	15853	-0,34	14404,6	14452	-47,4
<i>P_{вх}</i>	0,747	0,75	-0,003	5,55	5,58	-0,03
<i>P_{вых}</i>	10,701	10,59	0,111	13,19	13,4	-0,21
<i>T_{вх}</i> (°C)	39,8	40	-0,2	50,289	50,4	-0,111
<i>T_{вых}</i> (°C)	165,823	168,1	-2,277	102,632	108,6	-5,968
<i>Мощность</i> (кВт)	1939	2037	-98			

Динамический режим: Останов компрессоров

Данный режим предполагает останов компрессоров. На Рис. 7 -

Рис. 9 показаны графики изменения значений объёмного расхода, давления и температуры при останове компрессоров (рисунок слева – результат моделирования, рисунок справа – поведение реальной системы).

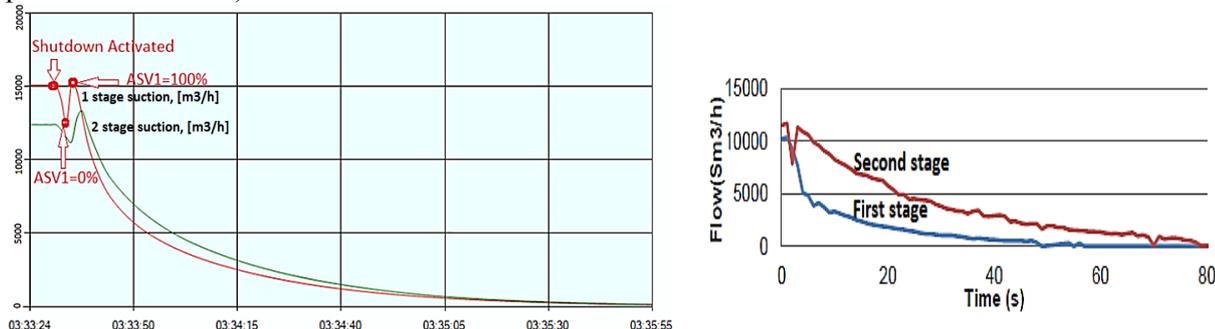


Рис. 7. Объёмный расход газа при останове компрессоров

По трендам расхода при останове компрессоров (Рис. 7) видно, что для реальной системы есть вероятность помпажа на втором компрессоре, в моделированной системе в первые секунды после останова виден спад расхода для обоих компрессоров, затем его увеличение за счёт полного открытия антипомпажных клапанов.

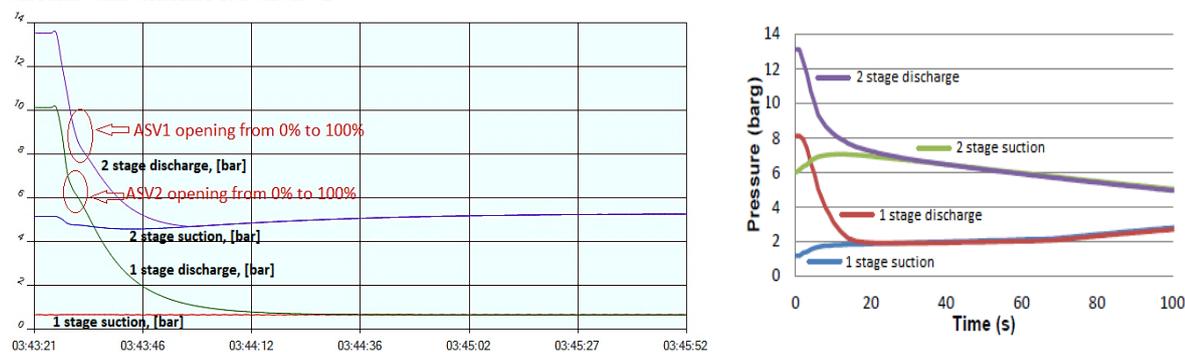


Рис. 8. Давление газа при останове компрессоров

Тренды по давлению при останове компрессоров (

Рис. 8) показывают спад выходного давления компрессоров в первые 20 секунд останова. Также можно отметить 2 тенденции для реальной системы: это выравнивание давлений для каждого из компрессоров и дальнейшее выравнивание давления по системе в целом. Для моделированной системы эффекта выравнивания давления по системе нет, так как, первая и вторая ступень инкапсулируются друг от друга клапаном. Как видно из графиков, открытие антипомпажных клапанов мало сказывается на характере изменения давления в момент останова компрессоров.

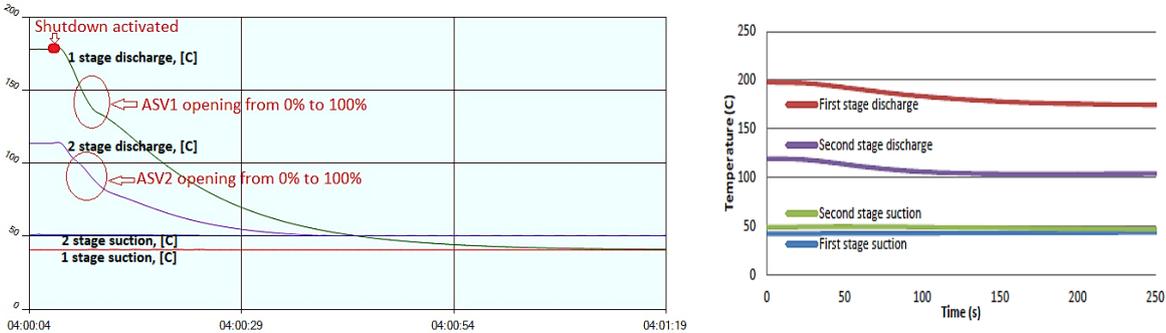


Рис. 9. Температура газа при останове компрессоров

Как видно из трендов температуры при останове компрессоров (

Рис. 9), падение температуры для реальной системы занимает больше времени. Как упоминалось ранее, это связано с тем, что в программном обеспечении не моделируется накопление тепла на стенках компрессора.

Останов - одно из самых критичных событий для антипомпажной системы регулирования компрессора, поскольку данный режим требует незамедлительной реакции антипомпажной системы регулирования, чтобы не допустить вхождения рабочей точки компрессора в помпажную зону. При тестировании систем антипомпажного регулирования, режим останова используется для подбора антипомпажного клапана (размер клапана, время открытия и т.д.).

Проверка реакции системы на внешние воздействия и изменения параметров системы

В данном тесте основное внимание уделено антипомпажному регулированию, так как при режимах запуска и останова компрессоров антипомпажные клапана находятся в открытом положении, что не показывает реакцию антипомпажного регулятора на внешние воздействия. В качестве воздействий выступают уменьшение расхода на входе в компрессор 1, путём прикрытия клапана 2 (клапан между первым и вторым компрессорами) с 26% до 20% и увеличение расхода газа, путём открытия клапана 2 с 20% до 26%. При уменьшении расхода, рабочая точка компрессора смещается в помпажную зону, регулятор начинает выдавать команду на открытие антипомпажного клапана, что ведёт к увеличению расхода за счёт переброса части выходного расхода на вход компрессора (

Рис. 10). Соответственно, при увеличении расхода, регулятор выдаёт команду на закрытие антипомпажного клапана. Как видно из рисунка, антипомпажный регулятор обрабатывает плавно, без колебаний и выравнивает положение рабочей точки на необходимом для безопасной работы компрессора значении расхода.

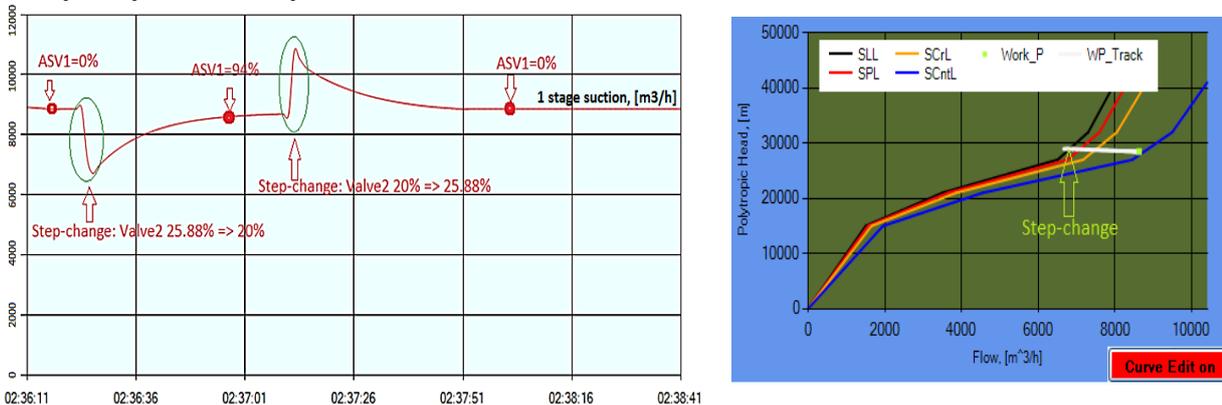


Рис. 10. Реакция антипомпажного регулятора на падение/увеличение расхода

Заклучение

В рамках данной статьи было представлено описание программного обеспечения для моделирования режимов работы многоступенчатого газового компрессора; проведён ряд тестов для проверки адекватности программного обеспечения реальным данным; проведены тесты для проверки того, как система, собранная в данном ПО, реагирует на внешние воздействия и изменения основных её параметров.

По результатам тестирования можно сделать вывод, что моделируемая система для различных режимов работы и параметров даёт результаты близкие к реальным. В свою очередь, это говорит о том, что

- данное программное обеспечение позволяет оценить реальные процессы в таких оборудованных, как газовый компрессор, охладитель газа, газожидкостный сепаратор, газовый клапан, труба;
- представленные расчеты основаны на реальных данных и показывают практическую значимость полученных результатов;
- каждое устройство, прибор, механизм описывается математической моделью с соответствующими формулами, которые приводят модель к реальному технологическому процессу;
- предлагаемое программное обеспечение учитывает факторы, влияющие на процесс реального сжатия газа в газовых компрессорах;
- логика алгоритмов моделирования адекватно отражает реальные технологические процессы в представленном оборудовании.

Практическим применением данного приложения является возможность его внедрения в обучающих целях для исследования процессов, протекающих при различных режимах работы газового компрессора.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Герке В.Г., Рубель В.В., Сарданашвили С.А. Проблемы внедрения компьютерных комплексов моделирования, оптимизации и прогнозирования режимов газотранспортных систем.
- [2] Queen's University Department of Chemical Engineering, "HYSYS Design Tutorial for CHEE470", Ontario, Canada (2009).
- [3] Hyprotech Ltd., "HYSYS", Calgary, Canada (2001).
- [4] C. Hansen, "Dynamic Simulation of Compressor Control Systems", Aalborg University, Esbjerg, Denmark (2008).
- [5] L.C. Perez Aguilera, "Subsea Wet Gas Compressor Dynamics", Norwegian University of Science and Technology (2013).
- [6] I. Willetts, A. Nair, "Using High-Fidelity Dynamic Simulation to Model Compressor Systems", Chem.Eng.Progress, pp. 44-48 (Apr. 2010).
- [7] G. Stephenson, "Integrate Compressor Performance Maps into Process Simulation", Honeywell Process Solutions (2011).
- [8] A.A. Al-Nahwi, M.B. Graf, "Modeling of Industrial Pumping System Dynamics", ASME Turbo-Expo Conference, Orlando (1997).
- [9] Меренков А.П., Хасилев В.Я. Теория гидравлических цепей. – М.: Наука, 1985. – 278 с.
- [10] Новицкий Н.Н., Сеннова Е.В. Гидравлические цепи. Развитие теории и приложения. – Новосибирск: Наука, Сибирская издательская фирма РАН, 2000. – 273 с.
- [11] Johan Liedman, Robert Mansson, Dynamic simulation of a centrifugal compressor system.

Батаев Н.А., Шуватов Т.Т., Кузыргалиев А.Р.

Газ-турбиналық компрессор қондырғысының жұмыс режимдерін модельдеу.

Түйіндеме. Басқару жүйесін енгізуге мамандырылған "Zeinet&SSE" компаниясы жоғары талаптарға сай жабдықтардың және бағдарламаның сапалы әрі кепілді жұмыс істеуін қамтамасыз етеді. Осындай нысаналарға газ және бу турбиналары, жоғары қысымды қазандықтар, тасымалдау жүйесі, мұнайды сақтау және өндеу жатады. Бұл мақалада «Zeinet&SSE» компаниясы ойлап шығарған көп сатылы газ компрессорының және қосалқы қондырғыларын модельдеу үшін арналған бағдарламалық қамтамасыздандыру баяндалған.

Негізгі сөздер. Газ турбинасы, газ компрессор қондырғысы, тасымалдау жүйесі, анти-помпаждық бақылау.

Batayev N.A., Shuvatov T.T., Kuzyrgaliyev A.R.

Modeling of gas turbine compressor unit operating modes.

Summary. "Zeinet&SSE" is specialized on control systems applications, upon which exclusive standards of quality, and reliable work of hardware and software are imposed. Gas and steam turbines, high-pressure boilers, oil and gas handling, storage and refining systems refer to such facilities. This article describes software developed by the company "Zeinet&SSE", intended for operating modes simulation of multistage gas compressors and associated equipment.

Key words. Gas turbine, gas compressor station, gas transportation, anti-surge control.

УДК: 621.762

¹**M.K. Skakov, ²N.M. Mukhamedova, ³W. Wieleba**
(¹Branch Institute of Atomic Energy RSE NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan
²Shakarim State University Semey, Kazakhstan
³Wroclaw University of Science and Technology, Wroclaw, Poland
E-mail: bakayeva@nnc.kz)

MECHANICAL PROPERTIES OF SILICON CARBIDE CERAMICS

Abstract. The paper shows the results of study of mechanical properties of silicon carbide ceramics obtained with the method of spark-plasma sintering. Secondary industrial products (75% by Si weight and 25% by C weight) were used as initial components for obtaining compact samples. It was found that the tensile strength and micro hardness of samples of silicon carbide ceramics increased with increase in the temperature of spark plasma sintering.

Keywords: ceramics, spark plasma sintering, tensile strength, micro hardness, secondary products of industry

¹**М.К. Скаков, ²Н.М. Мухамедова, ³W. Wieleba**
(¹Филиал «Институт атомной энергии» Республиканского государственного предприятия
«Национальный ядерный центр Республики Казахстан», Курчатов, Казахстан,
²Государственный университет имени Шакарима, г. Семей, Казахстан
³Вроцлавский университет науки и технологии, г. Вроцлав, Польша
E-mail: bakayeva@nnc.kz)

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КАРБИДОКРЕМНИЕВОЙ КЕРАМИКИ

Аннотация. В работе представлены результаты исследований механических свойств образцов карбидокремниевой керамики, полученных методом искроплазменного спекания. В качестве исходных компонентов для получения компактных образцов были использованы вторичные продукты промышленности (75 % масс Si и 25 % масс C). Установлено, что предел прочности и микротвердость образцов карбидокремниевой керамики увеличиваются с повышением температуры искроплазменного спекания.

Ключевые слова: керамика, искроплазменное спекание, предел прочности, микротвердость, вторичные продукты промышленности.

Введение

Как известно [1–6], карбидокремниевая керамика обладает высокой прочностью, жаростойкостью и жаропрочностью, стойкостью к многократным теплосменам, к тепловым ударам, химической инертностью по отношению к агрессивным средам, достаточно высокой теплопроводностью и низким коэффициентом трения. В основном, керамику на основе карбида кремния используют в качестве материалов подшипников и уплотнений жидкостного трения, применяемых в нефтяной, химической, машиностроительной и атомной отраслях. Одним из основных методов получения данного материала на сегодняшний день является пропитка графитовой основы жидким кремнием, который был изобретен более полувека назад, а получение материала методами порошковой металлургии отсутствует [5-8].

Следует отметить, что в последнее десятилетие особое развитие по получению материалов на основе карбида кремния с помощью порошковой металлургии является метод искроплазменного спекания (SPS – Spark Plasma Sintering) [9].

Данный метод позволяет эффективно контролировать пористость спекаемых материалов и получать компактные образцы соединений, обычное прессование которых практически неосуществима [10].

В связи с этим в филиале «Институт Атомной Энергии» РГП НЯЦ РК в настоящее время ведутся работы по получению нового для Казахстана материала на основе карбида кремния с использованием в качестве исходных компонентов вторичных продуктов промышленности (промышленный лом).

Принимая во внимание вышеизложенное, целью настоящей работы является изучение механических свойств карбидокремниевой керамики в зависимости от ее температуры спекания с использованием в качестве исходных компонентов вторичные продукты промышленности.

Материалы и методы исследования

В качестве исходных сырьевых материалов для получения SiC-композита использовали порошки Si (99,9 %), C (99,6 %). Соотношение порошков в формируемой композиции составляло Si-75 % масс C-25 % масс.

Для создания компактных образцов карбида кремния в работе использовали технологию искроплазменного спекания порошковых смесей (SPS-технология) на установке Labox-1575 (г. Новосибирск, Россия), по методике [10]. Параметры спекания приведены в таблице 1. По окончании спекания образцы приобретали цилиндрическую форму диаметром 15-20 мм и высотой 5,5-6,5 мм.

Таблица 1. **Параметры спекания порошков**

№ п/п	Образец	Температура спекания, °С	Время выдержки, мин	Скорость нагрева, °С/мин	Нагрузка, кН
1	SiC-1	1200	5	100	12
2	SiC-2	1300	5	100	12
3	SiC-3	1400	5	100	12
4	SiC-4	1500	5	100	12
5	SiC-5	1600	5	100	12

Метод определения предела прочности при сжатии состоит в определении отношения величины нагрузки, предшествующей разрушению образца, на первоначальную площадь его поперечного сечения. Для определения геометрических размеров образцов применялся цифровой штангенциркуль с дискретностью отсчета 0,01 мм. Испытания проводили до разрушения испытуемого образца при скорости перемещения активного захвата равной 2 мм/мин.

Предел прочности при сжатии ($\sigma_{сж}$) рассчитывали по формуле [1]:

$$\sigma_{сж} = \frac{P}{S}, \quad (1)$$

где P – разрушающая образец нагрузка, МПа;

Площадь поперечного сечения (S) в мм² вычисляли по формуле:

$$S = b \cdot h = a^2, \quad (2)$$

где b – ширина образца, м;

h – толщина образца, м.

Определение микротвердости образцов карбидокремниевой керамики проводили методом восстановленного отпечатка с помощью прибора ПМТ-3М [11-12].

В качестве индентора использовали четырехгранную алмазную пирамиду с квадратным основанием. Нагрузка на индентор составляла 0,3 Н, время выдержки – 3 с. Число измерений на поверхности одного образца составляло 9, для определения распределения микротвердости по глубине модифицированного слоя – не менее 20 мкм.

Микротвердость рассчитывали по формуле [2]:

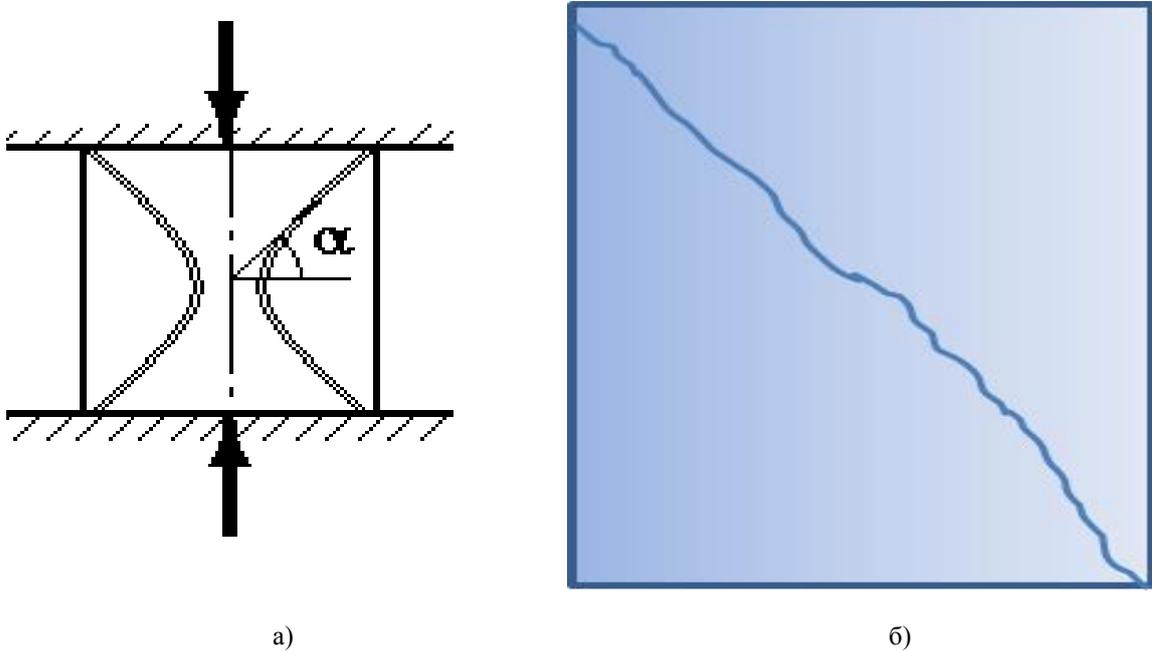
$$HV = 0.189 \frac{F}{d^2}, \quad (3)$$

где F – нагрузка, приложенная к алмазному наконечнику, Н;

d - среднее арифметическое длин диагоналей квадратного отпечатка, мм.

Результаты и их обсуждение

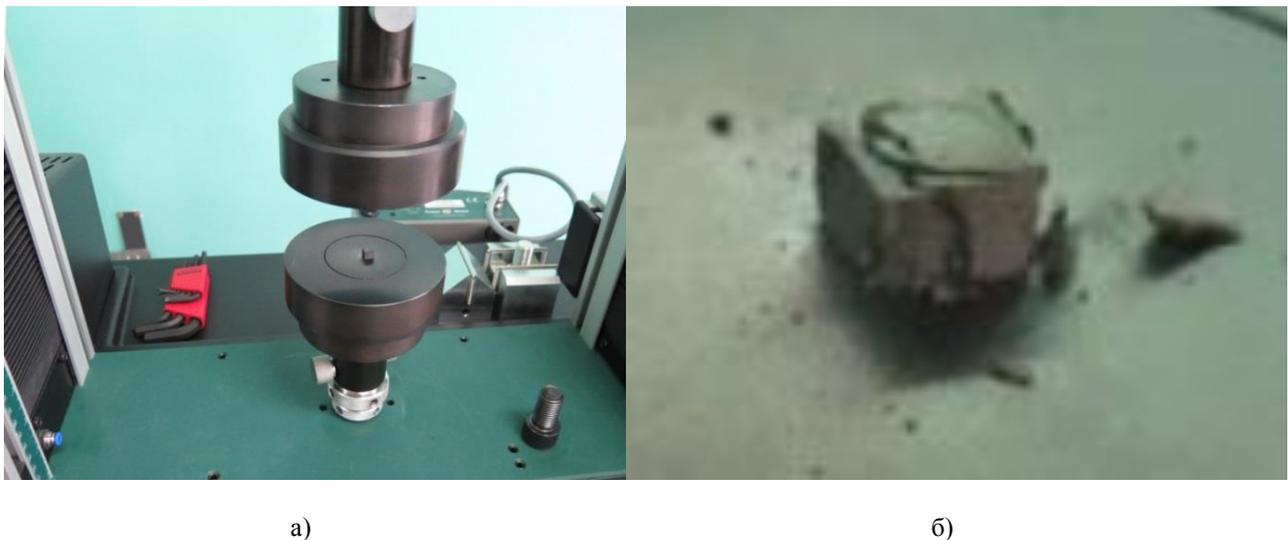
Испытание на сжатие проводили на кубических образцах с размерами 4,5x4,5x4,5 мм в количестве 5 шт. При испытании на сжатие кубических образцов наблюдается раскалывание образцов по диагонали, характерных для хрупких материалов (рисунок 1).



а) геометрия сдвигового разрушения в объеме образца; б) раскалывание по диагонали
Рис. 1. Характерные формы разрушения образцов при испытании на сжатие

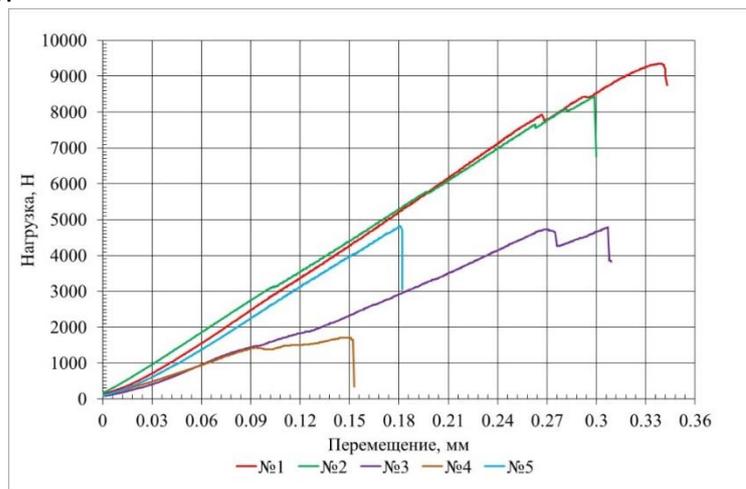
Такое разрушение объясняется тем, что на плоскости, наклоненной под углом, действуют максимальные касательные напряжения, являющиеся причиной разрушения образцов из хрупких материалов при испытании их на сжатие. Разрушения обусловлены сдвиговым напряжением из-за наличия сил трения между плитами испытательной машины и торцами образца.

Разрушение происходит по плоскостям, наклоненным к оси под углом 45° , совпадающим с направлением площадок, по которым действуют максимальные касательные напряжения. По причине несоблюдения перпендикулярности сторон образцов, наблюдается смещение оси излома (разрушения) показанного на рисунке 2.



а) установка образца в универсальную машину; б) характер разрушения
Рис. 2. Испытание образцов на разрывной машине

В процессе испытания регистрировали кривые сжатия «Нагрузка - перемещение», которые приведены на рисунке 3.



№ 1 – образец, спеченный при температуре 1500 °С; №2 – 1600°;
 №3 – 1300°; №4 – 1200°; №5 – 1400°

Рис.3. Диаграмма «Нагрузка-перемещение» сжатия образцов

Значения предела прочности при сжатии и деформации при максимальной нагрузке всех испытанных образцов приведены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты определения прочностных характеристик при испытании на сжатие

№ п/п	Температура спекания, °С	Максимальная нагрузка, Н	Предел прочности ($\sigma_{сж}$), МПа
1	1200	1708	72,6
2	1300	4787	144,63
3	1400	4834	175,3
4	1500	9352	260,11
5	1600	8441	263,41

В результате анализа кривых испытаний на сжатие установлено, что наибольшие значения предела прочности выявлены у образцов карбидокремниевой керамики, спеченных при температурах 1500° и 1600 °С (260~263 МПа). Относительно средние прочностные характеристики наблюдаются у образцов, полученных при температурах 1300° и 1400 °С (145~175 МПа), а образец спеченный при температуре 1200 °С показывает низкий предел прочности. Зависимость предела прочности полученных образцов от температуры спекания показана на рисунке 4.

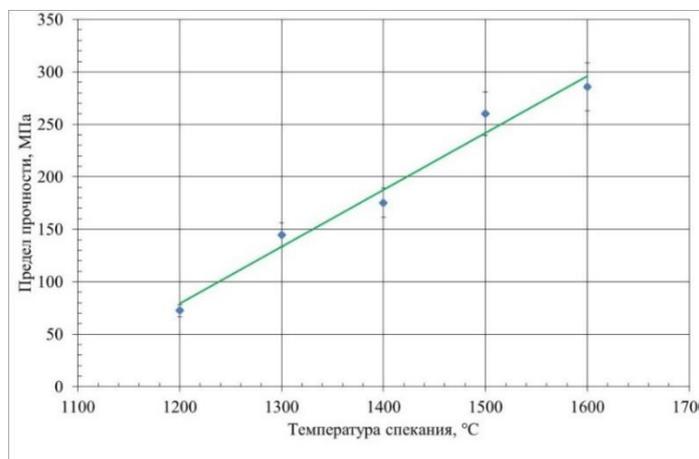


Рис. 4. Зависимость предела прочности карбидокремниевой керамики от температуры спекания

Как видно из рисунка 4, с увеличением температуры спекания, предел прочности образцов карбидокремниевой керамики увеличивается от 70 МПа до 290 МПа.

В работе [14] проводилось СВС-спекание по получению огнеупорных материалов на основе карбида кремния с эвтектическими добавками. Однако в [14] предел прочности на сжатие показал результаты уступающие данным, представленным в настоящей работе.

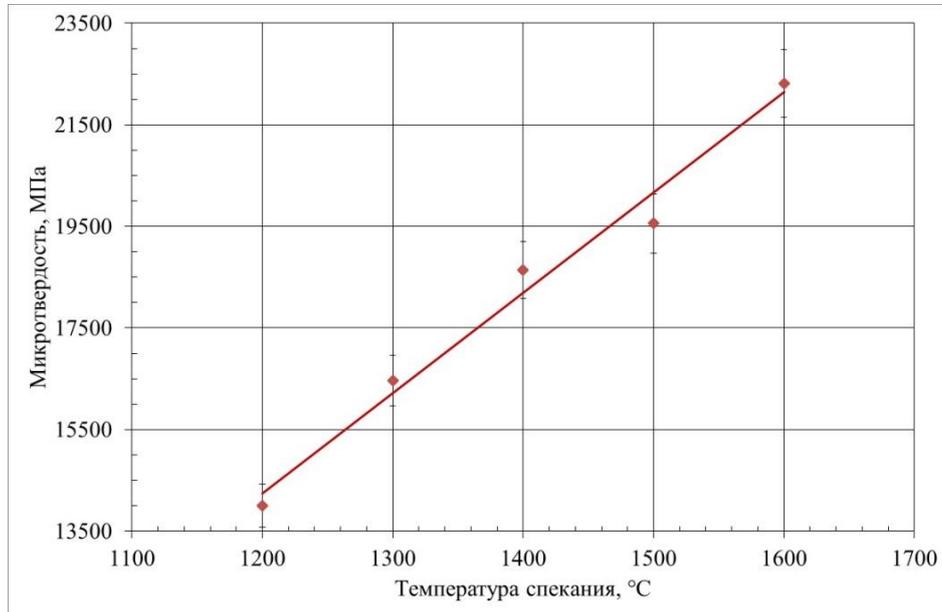


Рис. 5. Зависимость микротвердости карбидокремниевой керамики от его температуры спекания

Из рисунка 5 видно, что микротвердость образцов карбидокремниевой керамики увеличивается от 13500 МПа до 23000 МПа с ростом температуры спекания.

Как описано в [15] микротвердость карбидокремниевой керамики, полученной искроплазменным спеканием выше, чем у базовой реакционной SiC-керамики, однако введение в материал армирующих добавок может повлиять на структурные свойства данного материала.

Из приведенных выше результатов мы наблюдаем улучшение характеристик карбидокремниевой керамики в зависимости от его температуры спекания.

Выводы

На основании полученных данных по влиянию температуры искроплазменного спекания на физико-механические свойства образцов карбидокремниевой керамики полученных с использованием в качестве исходных компонентов вторичные продукты промышленности можно сделать следующие выводы:

- выявлено, что с увеличением температуры спекания керамических образцов увеличивается их предел прочности от 110 до 270 МПа;
- микротвердость образцов карбидокремниевой керамики возрастает от 13500 МПа до 23000 МПа с увеличением температуры спекания.

Благодарность

Работа выполнена при грантовой поддержке Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан за 2018 год по теме «Свойства и характеристики расплава материалов активной зоны ядерного реактора, полученного на исследовательском реакторе ИГР» (Договор номер 305 от 30.03.2018).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Rashed A. H. Properties and Characteristics of Silicon Carbide // Poco Graphite, Inc. 2002. –19 p.
- [2] Evans R. S. Reaction Bonded Silicon Carbide / Evans R. S., Bourell D. L., Beaman J. J // SFF, Process Refinement and Applications. Department of Mechanical Engineering, The University of Texas at Austin, Solid Freeform Fabrication Proceedings. – 2003, P. 414 – 422.

- [3] Izhevskiy V.A. Liquid Phase Sintered SiC. Processing and Transformation Controlled Microstructure Tailoring / Izhevskiy V.A., Genova L.A., Bressiani A.H., Bressiani J.C.// Materials Research. – 2000. - v. 3.- № 4. - P. 131–138.
- [4] SiC Ceramic Materials for Design of High Performes Applications// General Literature Form No. A–12,047 12 C. Saint-Gobain Ceramics. 1997 Carborundum Corporation Effective 5/97 Supercedes 7/91 All Rights Reserved. Printed in USA.
- [5] Stephen E. Sadow Anant Agarwal. Advances in Silicon Carbide Processing and Applications - Artech House Inc., 2004. - 229 p.
- [6] J. Mentz, M. Müller, H.P. Buchkremer, D. Stöver. Processing of porous C/SiC via «inner siliconizing» // acs.omnibooksonline.com/data/papers/2001_31.3.pdf.
- [7] Li Zhuan, XIAO Peng, XIONG Xiang, HUANG BO-yun. Manufacture and properties of carbon fibre-reinforced C/SiC dual matrix composites // New carbon materials.– Vol. 3. – 2010 – No.25. – P. 225-231.
- [8] Xiao Peng, Li Zhuana, Zhu Zi-bingb, Xiong Xiang. The morphology and mechanism of formation of SiC in C/C-SiC composites fabricated by liquid silicon infiltration // Journal of Ceramic Processing Research. – Vol. 11. – 2010 – No. 3, P. 335-340.
- [9] Bhaumik S. K. Synthesis and sintering of SiC under high pressure and high temperature / Bhaumik S. K., Divakar C., Usha Devi S. // J. Mater. Res. Soc.. - v. 14. - № 3. - P. 901–906.
- [10] Болдин М.С. Физические основы технологии электропulsного плазменного спекания: учеб.-метод. пособие / Нижегородский государственный университет. – Нижний Новгород, 2012. – 59 с.
- [11] Н.Н. Фаддеев, А.М. Третьяков // Разрушение хрупких материалов при сжатии. Методические указания к лабораторной работе по сопротивлению материалов для студентов Барнаул, 1998.
- [12] Уманский Я.С., Скаков Ю.А., Иванов А.Н., Расторгуев Л.Н. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия.– М.: Металлургия, 1982.– 632 с.
- [13] ГОСТ 9450-76 Измерение микротвердости вдавливанием алмазных наконечников.– М.: Издательство стандартов, 1993. – 34 с.
- [14] В. Саранцев, Б. Хина, Е. Какошко. Шунгит, как сырье для получения огнеупорных и тугоплавких материалов. // Наука и инновации. - №5, (123), 2013 г., с. 66-71.
- [15] А.Ф. Ильющенко, Г.А. Миронович, В.А. Осипов, Е.В. Звонарев. Состояния и перспективы развития работ по карбидокремниевой керамике в институте порошковой металлургии (Минск) // Порошковая металлургия в Белоруссии. Вызов времени. – Сборник статей. Минск. 2017 г., с.193-200.

Скаков М.К., Мухамедова Н.М., Wieleba W.

Карбидокремний керамикасының механикалық қасиеттері

Түйіндеме. Жұмыста ұшқынды плазмалық бірігу әдісімен алынған карбидокремний керамика үлгілерінің механикалық қасиеттерін зерттеу нәтижелері ұсынылды. Компактілік үлгілерді алу үшін алғашқы компоненттері ретінде өнеркәсіптің екінші өнімдері пайдаланылды (75 % масс Si және 25 % масс C). Карбидокремний керамика үлгілерінің микро қаттылығы мен беріктігінің шегі ұшқынды плазмалық бірігу температурасының көтерілуімен артуы белгіленді.

Түйінді сөздер: керамика, ұшқынды плазмалық бірігу, беріктік шегі, микроқаттылығы, өнеркәсіптің екінші өнімі.

УДК 004.891

В. Smakanov, I. Uvaliyeva

(D. Serikbaev East Kazakhstan state technical university, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan.

E-mail: iuvaliyeva@mail.ru)

**DIAGNOSTICS OF MECHANICAL VEHICLE DEFECTS BASED
ON A PROBABILITY LOGIC METHOD**

Abstract. Diagnosis of mechanical faults in the car must contain the optimal ratio of the probabilistic and logical component of the proposed diagnosis model. In the framework of this article, the coefficient of the probability-logical model for studying rational diagnostics of diesel engines by different strategies has been developed, the principles of troubleshooting are proposed, differing from existing approaches in that fault detection is carried out by means of internal diagnostics with possible subsequent search.

Keywords: car diagnostics, technical diagnostics, intelligent diagnostics, probabilistic logic model, fault diagnosis, mechanical car faults.

Б.С. Смақанов, И.М. Увалиева

(Д.Серикбаев атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік техникалық университеті,
Өскемен қаласы E-mail: iuvalieva@mail.ru)

ЫҚТИМАЛДЫ-ЛОГИКАЛЫҚ ӘДІСКЕ НЕГІЗДЕЛГЕН КӨЛІКТЕРДЕГІ МЕХАНИКАЛЫҚ КЕМШІЛІКТЕРДІ ДИАГНОСТИКАЛАУ

Андатпа. Автомобильдегі механикалық ақаулардың диагностикасы ұсынылған диагностика моделінің ықтималдық және логикалық компонентінің оңтайлы қатынасын қамтуы керек. Мақалада дизельді қозғалтқыштарды әртүрлі стратегиямен рационалды диагностикалауды зерттеудің ықтималдық-логикалық моделінің коэффициенті әзірленді, ақаулықтарды анықтау принциптері ұсынылды, осы ақаулықты табудың қолданыстағы тәсілдерінен ерекшеленеді, кейінгі іздеу мүмкін болатын ішкі диагностика арқылы жүзеге асырылады.

Түйін сөздер: автомобиль диагностикасы, техникалық диагностика, зияткерлік диагностика, ықтималдық-логикалық модель, ақаулық диагностикасы, механикалық көлік ақаулары.

Кіріспе.

Автомобильдердің диагностикалық үлгілерін талдау диагностикалау үрдісінде бақылауды қажет ететін, жұмысқа жарамдылығының шартын қисынға келтіруге, ақаулық белгілерін анықтауға және сипаттамалардың көрсеткіштердің немесе параметрлердің шенелген жиынын таңдауға мүмкіндік береді. Бұл мәселені шешу көптеген заманауи ғылыми жұмыстардың тақырыбы болып табылады.

Сондықтан олардың құрылымдарының заманауи деңгейін қанағаттандыратын автомобильдің түйіндері мен агрегаттарының бақылау (диагностикалау) әдістері мен құралдарын әзірлеу, автомобиль диагностикасының саласында ғылыми-зерттеу жұмыстары мен жаңартпашылық жобаларының өзекті тақырыптарының бірі болып табылады.

Автомобильді пайдаланудың тиімділігін анықтайтын негізгі факторлардың қатарында техникалық қызмет көрсету және жөндеу жүйесі, жөндеу жүйесінде профилактикалық қызмет көрсету жүйесі кіреді.

Техникалық қызмет көрсету мен жөндеу жүйесі автомобильдерді диагностикалау жүйесінің дамуында үлкен маңызы бар.

Зерттеу нысаны ретінде заманауи автомобиль элементтері алынды.

Жеңіл автомобильдің механикалық ақаулығының көрсеткіштер жүйесі *зерттеу заты* болып табылады.

Зерттеудің мақсаты - білім базасына негізделген зияткерлік автокөлік диагностикасы жүйесін және ақаулықтарды жоюдың ықтималдық-логикалық моделін құру.

1 Автомобильді диагностикалаудың технологиялық процесінің сипаттамасы

Техникалық диагностикалау ұйымы техникалық қызмет көрсету бекеттерінде (ТҚБ) және автошаруашылықтарда қуаттылығына байланысты – өзіндік ерекшеліктері бар. Ұсақ автошаруашылықтарда ақаулығын анықтау мен оларды жою орындарының арасында үзілістер болмауы қажет. Көптеген жағдайларда диагностикалау құралдарының толық жүктелуіне, құралдардың өнімсіз шығындарын және жұмысшы күшін максималды азайтуға ұмтылу қажет. Көліктің кенет тоқтап қалуы кезінде диагностикалау құралдарын, сонымен қатар автомобильдердің кезеңдік және бақылау тексерулері кезінде диагностикалау тармақтарын пайдалануды ескеру қажет. Параметрлерін өлшеудің оңтайлы кезектілігін сақтай отырып, автомобильді диагностикалаудың еңбек сыйымдылығын 1,5-2 есе азайтуға болады [1].

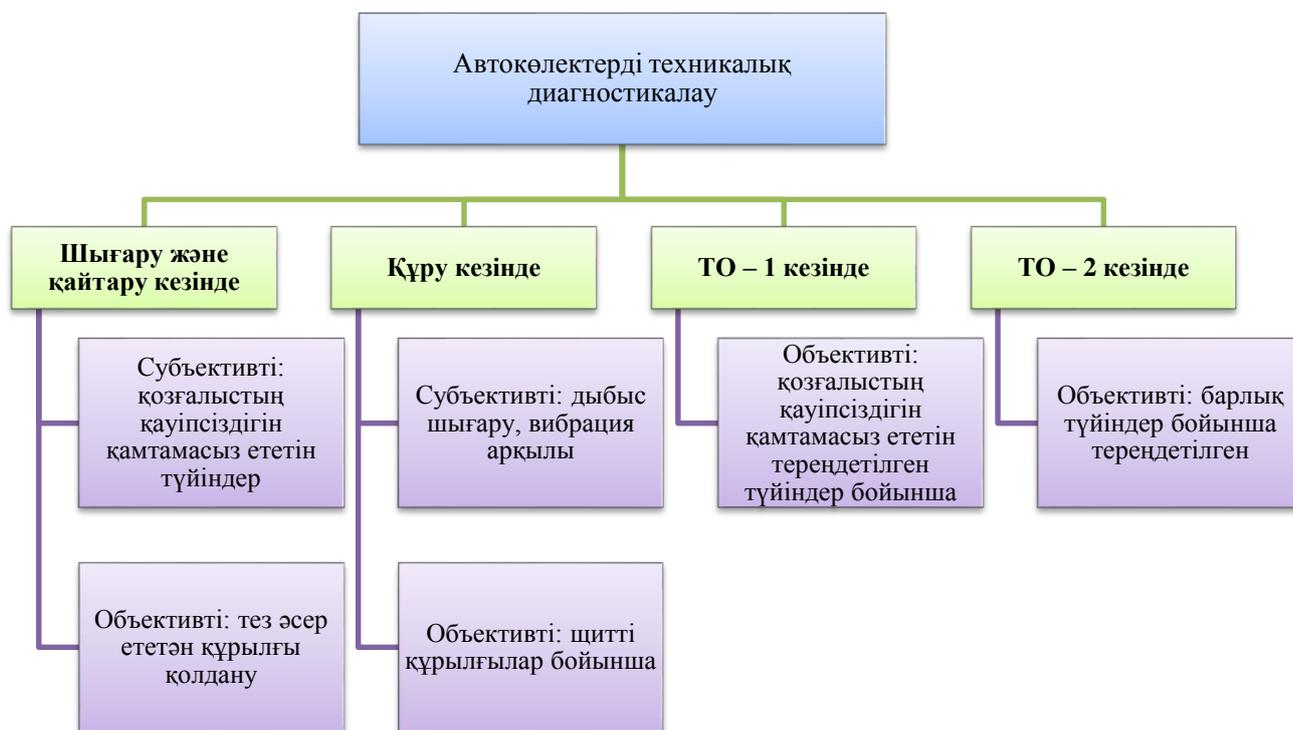
Техникалық диагностикалауды көлікті пайдалануға енгізгенде, техникалық қызмет көрсету мен көлікті жөндеу кезінде жүргізеді. Әрбір диагностикалаудың нәтижелерін диагностикалық және жинақтаушы картаға кіргізеді.

Диагностикалық карта диагностикалау жүргізудің барлық жағдайларында және ТҚ кезінде қажетті жұмыстар мен көлікті жөндеу туралы диагностикалаудың нәтижелерін тіркеу үшін қызмет атқарады [2].

Жинақтаушы карта көлікті пайдалану үрдісінде диагностикалық параметрлерінің өзгерістері туралы ақпаратты жинау үшін, сервис аралық кезеңнің шегінде үздіксіз жұмыс істеу ықтималдығы мен қалдық ресурстарын болжау кезінде бастапқы деректерді жинау үшін арналған.

Диагностикалық картаның формасы мен деректері ЭЕМ-да өңдеу үшін жарамды болуы қажет [3]. АКК-да автомобиль элементтерінің техникалық жағдайын диагностикалау:

- 1) техникалық жағдайлары қозғалыс қауіпсіздігінің талаптарына сәйкес келмейтін автомобильдерді анықтау (пайдаланылатындардың тізімінен) қажет;
- 2) тоқтап қалу себептерін ағымдағы жөндеудің алдында анықтау (нақтылау) қажет;
- 3) ТҚК мен АЖ сапасын тексеру қажет;
- 4) түйіндердің, агрегаттар мен жалпы автомобильдің жұмыс жарамдылығының ресурсын болжау қажет;
- 5) өндіріспен басқару үшін қажетті ақпаратты жинау, өңдеу және беру қажет (сурет 1).



Сурет 1. АТФ-да техникалық диагностикалық қондырғылардың құрылымы

Сызықтық диагностикалау қалқаншадағы аспаптардың көмегімен объективті, солайша өзінің сезім мүшелерінің (көру, есту, иіс сезу, түйсіну және сезім) көмегімен субъективті баға ретінде қолданып, автомобильдің техникалық жағдайы туралы шешім жасайды және оны көлікжайға қою алдымен есеп қағазы түрінде шығаратын жүргізушіге жүктеледі [4].

Бірінші техникалық қызмет көрсету ТҚ-1 (жалпы диагностикалау Д-1) кезінде автомобильдерді диагностикалау, «ақаусыз/ақаулы» қағидаты бойынша жұмыс істейтін бақылау-өлшеу аппаратурасын қолданумен автомобиль жұмысының қауіпсіздігін қамтамасыз ететін түйіндер мен механизмдер бойынша жүргізіледі.

ТҚ-2 және ағымдағы жөндеу кезінде элемент бойынша диагностикалау (Д-2) жалпы диагностикалаудан ерекшеленеді. Берілген жағдайда түйіндер мен тетіктердің екі күйлері (ақаусыз, ақаулы) туралы мәліметтерін алу жеткіліксіз [5]. Техникалық диагностикалауға ТҚ-2 және ТЖ жүргізу кезінде сол тозулар, дірілдер, шулар, тарсылдар, реттегіштерінің бұзылулары мүмкін болатын негізгі түйіндері ұшырайды.

Бұл жағдайда ТҚ-2 бүкіл жұмыс көлемін екі бөлікке бөлуге болады (Сурет 2).



Сурет 2. ТҚ-2 жұмыстарын тарату

Диагностикалау кезінде алынған деректер математикалық статистика әдістерімен өңделеді және бағалау параметрлерінің түрлендірмелері мен экстремал мәндерін анықтау мақсатында талданады [6].

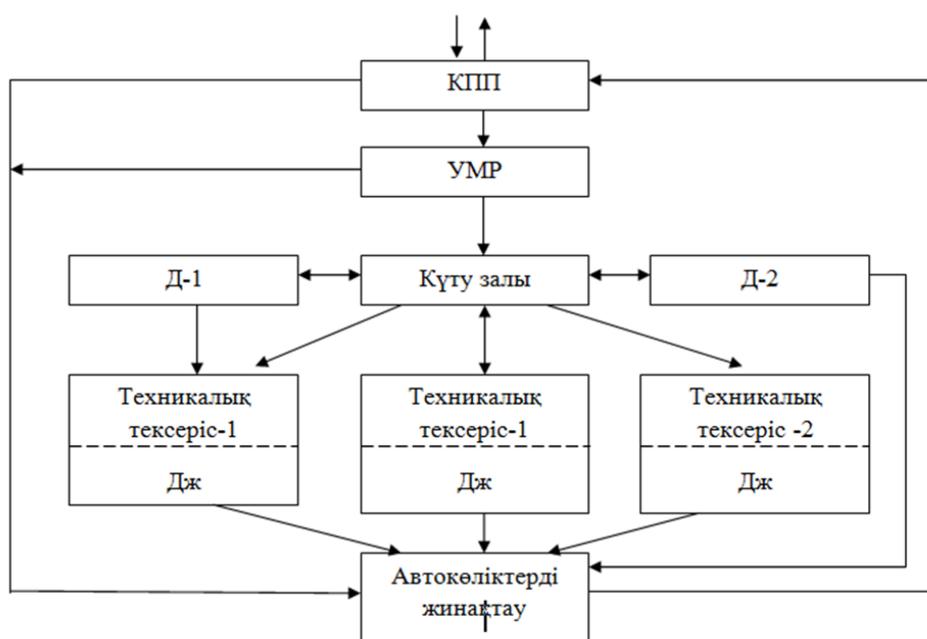
Жүргізілген талдау технологиялық үрдістің қай бөлімшесінде диагностикалауды енгізу бірінші кезекті болып табылатынын нақты анықтауға мүмкіндік береді.

Диагностикалауды қолданумен АКК өндіріс үрдістерінің мысал схемасы сурет 3-те көрсетілген.

Диагностикалауға кеткен уақыт: жалпы нормативті еңбек сыйымдылықтан ТО-1 - 30-35 % және ТО-2 кезінде 20-25 % шығару-қайтару 2-5 мин құрайды [7]. Пайдалану кезінде автомобильдерді диагностикалау автомобильдердің алдын ала қызмет көрсетулерінде қажетті құраушысы және еңбектің ғылыми ұйымы элементінің бірі болып табылады.

Автомобиль құрылымын жетілдіруіне байланысты қызмет көрсету қажеттілігі қысқара бастайды, бірақ бақылау-диагностикалау жұмыстарының үлесі артады.

Автомобиль жүрісінің белгілі бір ауқымында үздіксіз жұмыс істеп тұру ықтималдығының болжау әдістемесін әзірлеу, диагностикалау ұйымының соңғы кезеңі болып табылады. Бұл стационарлық базасынан ұзақ байланыссыз автомобильдердің жұмысы кезінде маңызды.



Сурет 3. Диагностикалауды қолданумен АКК өндірістік үрдістерінің схемасы

2 Автомобильдің механикалық ақаулығы диагностикасының ықтималдықтық-логикалық моделі

Жақсы ұйымдастырылған диагностикалау үрдісі едәуір экономикалық әсер береді және автомобильдерді пайдаланудың қауіпсіздігін қамтамасыз етеді.

Ақаулық себептерін анықтау үшін кездесетін ақаулықтарды белгілейтін өлшегіш түрлендіргіштердің толық жүйесі әзірленген болуы қажет. Теория жағынан, ақаулығын анықтаудың мұндай әдісі іске асырылуы мүмкін, бірақ тәжірибе жағынан өте күрделі және қымбат [8].

Ықтималдықтар теориясының ережелерін қолдану, сондай-ақ ақпарат теориялары диагноз қою үрдісін айтарлықтай жеңілдетуге мүмкіндік береді.

Ақаулық сипатын анықтауға ықтималдықтық тәсілдің маңызы келесі түрде бекітіледі. Құрама бөлігінің немесе бүкіл көліктің атқарымына байланысты жағдайының параметрлері өзгерістерінің заңдылықтары туралы, белгілерінің мүмкін комбинациялары мен кез келген ақаулыққа олардың ақауларымен байланыстары статистикалық деректердің негізінде оның пайда болу ықтималдығы мен кез келген белгісінің пайда болу ықтималдығын орнатады. Алынған материалдар бойынша берілген ақаулықтың іздеу бағдарламасын әзірлейді, оны осы белгіге сай келетін әртүрлі тоқтап қалулардың пайда болу ықтималдығын азайту тәртіппен жүргізіледі [9].

Нигматуллин Ш.В. [10] өз зерттеуінде автомобильдердің техникалық диагностика саласындағы маңызды мәселесі – құрамдас бөліктерінің немесе жалпы алғанда автомобильдің жарамдылық мерзімдеріне байланысты белгілерін орнату, сонымен қатар осы белгілер арасында тәуелділіктерді шығару және машиналардың техникалық жағдайларының тиісті параметрлерін орнату екенін дұрыс байқаған.

Техникалық жағдайының параметрлерінің шекті мәндері белгілі болған кезде осы заңдылықтар мен тәуелділіктерді білу ақаулықтар мен тоқтап қалуларды уақытылы ескертуге мүмкіндік береді.

Егер де ақаулықтар мен тоқтап қалулар болып жатса, онда алдымен олардың пайда болуларының мүмкін себептерін сипатты белгілері бойынша орнатады. Содан соң, ақаудың пайда болуының болжамды себебінен, сәйкес диагностикалық құралдарды тандап алып, ары қарай жарамсыздықтың сипаты мен заты туралы қорытынды береді.

Біртіндеп жоюмен қисынды іздеу әдісі қосымша диагностикалық жабдықтауды талап етпейді, еңбек сыйымдылығы шамалы, диагностика жүргізушіден жоғары сапасын бағалауды және арнайы білімді талап етпейді, бірақ адамдық фактордан жоғары тәуелділікке ие болады, яғни диагностикалау жүргізушінің түсінігі негізінде жүргізіледі. Адамдық фактордың әсерін төмендету үшін, барлық талданған әдістердің қасиеттеріне тән, ақаулықтарды іздеудің ықтималдықтық-логикалық әдісі ұсынылады.

Ұсынылған әдісті іске асыру үшін, жиі істен шығатын элементтер үшін автомобильге кірістірілген диагностикалаудың жүйесін орнату қажет. Осындай жоғарғы қысымды отындық жүйе дизелдік қозғалтқыш үшін жүйе болып табылады. Бұл негізінен қолданылатын отынның сапасымен сараланады.

3 Ықтималды-логикалық әдіске негізделген автокөліктегі механикалық ақаулық диагностикасын жүзеге асыру алгоритмі

Диагностикалау үрдісі (P параметрі) ықтимал ақаулықтармен және логикалық іріктеумен қажетті диагностикалық параметрлерді табу арасындағы тәуелділікті білдіреді [11], демек, оқиғаның толық ықтималдығы элементтің ақаулығын табумен орындалады, оны келесідей сипаттауға болады (1):

$$P_{ВЛ} = P_{В} + P_{Л} \quad (1)$$

мұндағы $P_{В}$ - ықтималдық диагностикалау параметрі; $P_{Л}$ - логикалық диагноздың параметрі болып табылады.

Ықтималдықтық сипаттамаларды қарастыруға енгізу, жүйені бағалау үшін қажетті параметрлерінің анықтау тәсілдерінің бірі болып табылады [12]. Неғұрлым логикалық сипаттау және осылайша нысанды қадағалау үшін құралды ықтималдықтық-логикалық коэффициенттің көмегімен жүргізілуі мүмкін:

$$K_{ВЛ} = P_{В} / P_{ВЛ} = P_{В} / (P_{В} + P_{Л}) = 1 / (1 + P_{Л} / P_{В}) \quad (2)$$

Бір тексерісте жүйенің параметрлері неғұрлым көп анықталса, бұзылу себептері де соғұрлым тез табылады. Алайда диагнозды және бұзылу себебін табу үшін бірнеше диагностикалық параметрлер пайдаланылады, бұл үрдісті едәуір қиындата түседі. Осы жағдайда тапсырманы шешу үшін нысанның

сенімділігі жөніндегі мәліметтер негізінде оның неғұрлым ықтимал ақаулықтары мен қолданыстағы диагностикалық параметрлерінің саны арасында байланыстарды анықтау қажет.

Диагностикалау объектісін ықтималдық диагностиканың Y көлемінің объектісін, Z_B объектісінің реакция көлеміне енгізілетін түрлендіруі ретінде қарастырамыз [13]. Диагностикалау объектісінің жұмысы келесідей жазылады (3):

$$Z_B = A_B - Y_B, \quad (3)$$

мұндағы: Z_B —ықтималдық диагностикалаудың шығу шамасының нәтижесі; A_B —ықтималдық диагностикалау объектісінің операторы; Y_B — ықтималдық диагностикалау үшін кіріс шамалары.

Берілген жағдайда объектінің соңғы күйлер саны бар: (4):

$$Z_B(i) = A_B(i) * Y_B \quad (4)$$

мұндағы, где $A_B(i)$ — i -ші бұзылуы кезінде диагностикалау объектісінің операторы.

A_B табу үшін оқиғаның жалпы ықтималдығы үшін (5) формулаға негізделген:

$$P(A) = \sum_{i=1}^{\infty} P(B_i) * P(A B_i) \quad (5)$$

мұндағы B_1, B_2, \dots , - жүйенің істен шығуын сипаттайтын параметрлерді табу үшін қажетті тексерулер саны; A - істен шыққан кезде диагноз объектісінің операторы.

A оқиғасы үшін болжамды таңдауды таңдағанда, олар барлық ықтималдықтар $P(A B_i)$ және әсіресе $P(B_i)$ өнімі бойынша салыстырмалы түрде оңай есептелуі мүмкін. Тексерудің соңғы саны және $P_n(x)$ ықтималдық диагноз параметрі бар болса, ол келесідей жазылады (6):

$$P_{nb}(x) = B(x) / B_j * n \quad (6)$$

мұндағы $B(x)$ - l атқарамы үшін бұйымның тексеру саны;
 n - l атқарамына бұйымның бұзылуларының ортақ саны;
 B_j - бір бұзылуға тексерудің минималды қажетті саны.

B_j мәнін теңдеулер жүйесінің сенімділігін сипаттауға мүмкіндік беретін функция ретінде қарастыруға болады, l -ден z -ке дейінгі мәндерін қабылдайтын айнымалылардың соңғы санымен барлық тексерулердің қосындылары үшін берілетін болады, мұндағы z — бүтін сан, тексерулердің пайдалану оңтайлы емес, себебі диагностикалауға шығындар элементің жаңасына ауыстыру құнын арттырады (7):

$$B_j(z) = \begin{cases} B_j \in 1 \dots z \\ z = f(P) \end{cases} \quad (7)$$

мұндағы P - жүйенің параметрлері.

Әрбір элемент үшін P параметрі (8) ретінде жазылуы мүмкін:

$$P_j = \frac{\sum M_j}{\sum n_j} \quad (8)$$

Мұндағы:

$\sum M_j$ - P параметрін табуға көмектесетін элементтердің жинағы;

$\sum n_j$ - бір элементтің сәтсіздіктерінің сомасы.

Жүйеде тетіктер саны неғұрлым көп болғанымен, техникалық жағдайының параметрлерін, бірақ басқа жағынан оларды алуға, автомобильді қайта жабдықтауға және ақпаратты оқудың қажетті диагностикалық кешендерін сатып алуға жұмсалатын үлкен шығындарын есептеу үшін логикалық аппаратты қолдану қажеттілігі соғұрлым аз болады [14]. Жоғарыда аталған шарттардың орындалуы

кезінде тіршілік етуге P_D параметрінің құқығы бар және тоқтаусыз жұмыс істеу шартынан датчиктіаппаратурасының хіанықтаушы параметрлерідатчиктердің тоқтаусыз жұмыс істеу ықтималдығы бойынша есептелінеді (9):

$$P_j(D) = \prod_{j=1}^n P_j(\Pi_D) \quad (9)$$

мұндағы n - датчиктердің саны.

Сонда ықтималдық параметрің мына формула бойынша анықталады (10):

$$P_B = P_j(D) * P_{PB}(x) \quad (10)$$

Сонда ықтималдық-логикалық үлгісінің ықтималдық құрамдас бөлік параметрі келесідей жазылады (11):

$$P_B = \prod_{j=1}^n \left. \begin{array}{l} P(x_1^{KP} - x_1^D = u_1 > 0) \\ P(x_2^{KP} - x_2^D = u_2 > 0) \\ \dots \\ P(x_N^{KP} - x_N^D = u_N > 0) \end{array} \right\} B(x) / \left\{ \begin{array}{l} B_j, \in 1 \dots z \\ z = f(\sum M_j / \sum n_j) \end{array} \right\} \quad (11)$$

Егер тоқтап қалулар жүретін болса, онда біз оларды табу үшін!атқарымына, датчиктер санын көтере отырып немесе тексерулердің таңдауына жауап беретін логикалық функциясын табу үшін неғұрлым тиімді жолын табу арқылы тексерулердің ең аз санының көмегімен, қажет болған параметрлерін табуымыз қажет, бұл жүйе датчиктері санының азаюына әкеледі және автомобильді диагностикалауға, техникалық қызмет көрсетуге және ағымдағы жөндеуге жұмсалатын шығындарды төмендетуге мүмкіндік береді [15].

Объектінің неғұрлым логикалық сипатталуы және осылайша ықтималдық және логикалық диагностикалау жүйесінің тиімділігін қадағалау үшін құралды ықтималдық-логикалық коэффициентінің көмегімен көрсетуге болады (12):

$$K_{B,л} = 1 / (1 + P_D / P_B) \quad (12)$$

Диагностикалау объектісін $Y_{л}$ логикалық диагностикалаудың енгізілетін шамаларын $Z_{л}$ логикалық диагностикалау объектісінің реакция көлеміне түрленуі ретінде қарастырамыз.

Диагностикалау объектісінің жұмысы былай жазылады (13):

$$Z_{л} = f(Y_{л}) \quad (13)$$

мұндағы:

$Z_{л}$ - логикалық диагностикалаудың шығыс көлем нәтижесі;

$Y_{лв}$ - логикалық диагностикалау үшін кіріс көлемі.

Бір тексеріс ішінде жүйенің неғұрлым көп параметрлері анықталғандығымен, бұзылуларының себептері соғұрлым тез табылады. Алайда диагностикалық параметрлер санының артуы диагностикалау үрдісін едәуір қиындатады. Осы тапсырманы шешу үшін нысанның сенімділігі жөніндегі мәліметтер негізінде оның неғұрлым ықтимал ақаулықтары мен қолданыстағы диагностикалық параметрлерінің саны арасында байланыстарды анықтау қажет [16].

Сенімділік теориясынан, бұл егер де элементінің бұзылуларында кездейсоқ сипаты, яғни элемент бұзылуына атқарымының ($v=1$) экспоненциалды орналастырылуы болса, онда элементі алдын алуға жатпайтыны белгілі.

$R_{л}(x)$ көптігіне элементінің тиесілі дәрежесін x_i деп белгілейміз, v түрлендірмесінің коэффициенті неғұрлым аз болғандықтан, $R(Q)$ көрсеткішінің мәні соғұрлым үлкен болуы қажет. Әдетте, $P_{л}(x)$ тиесілі дәрежесі (14) былай жазылады:

$$P_{nl}(x) = \begin{cases} 0, & \text{егер } v(x) \geq 0,8 \\ 1,6 - 2 \cdot v(x), & \text{егер } v(x) \in (0,3; 0,8) \\ 1, & \text{егер } v(x) \leq 0,3 \end{cases} \quad (14)$$

Сонда оқиғаны үш интервалға бөлінген, және де әр интервалға сәйкес өз айнымалысын қойып, тиесілі дәрежелерінің ауқымы арқылы көрсетеміз (кіші, орташа, үлкен). Ережені былайша жазамыз:

ЕГЕР $v_i(x)$ = кіші болса, ОНДА $P_n(x)$ = үлкен болады (0,71-ден 1-ге дейінгі мәндерді қабылдайды);

ЕГЕР $v_i(x)$ = орташа болса, ОНДА $P_n(x)$ = орташа болады (0,5-тен 0,71-ге дейінгі мәндерді қабылдайды);

ЕГЕР $v_i(x)$ = үлкен болса, ОНДА $P_n(x)$ = кіші болады (0-ден 0,5-ке дейінгі мәндерді қабылдайды).
мұндағы:

$v_i(x)$ – ақаулық параметрінің түрлендірме коэффициенті;

$v_i(x)$ = кіші мәнінде – 2 датчик қолданылады;

$v_i(x)$ = орташа мәнінде – 3-тен 5 датчикке дейін қолданылады;

$v_i(x)$ = үлкенінмәнінде — 5-тен астам датчиктері қолданылады.

Сонда, логикалық параметрдің өрнегін аламыз (15):

$$P_n(x) = P_{nl}(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } v(x) \geq 0,8 \\ 1,6 - 2 \cdot v(x), & \text{если } v(x) \in (0,3; 0,8) \\ 1, & \text{если } v(x) \leq 0,3 \end{cases} \quad (15)$$

Егер бұл ықтималдық әдіс, құрамдас бөлігінің немесе жалпы алғанда көліктің атқарымына байланысты күйлер параметрлерінің функционалдық тәуелділіктері, белгілерінің мүмкін қиыстырулары және олардың ақаулықтарымен байланыстары туралы тәжірибелік-статистикалық деректерді пайдаланатының назарға алатын болсақ, онда әр ақаулық үшін пайда болуы мен әр белгісінің шығуын орнатады [17,18]. Алынған материалдар бойынша берілген ақаулықты іздеу бағдарламасын әзірлейді, оны осы белгі үшін тән әртүрлі бұзылулардың пайда болу ықтималдығының кему ретімен жүргізеді.

Ұсынылған әдісті іске асыру үшін, жиі істен шығатын элементтер үшін автомобильге кірістірілген диагностикалау жүйесін орнатуды ұсынады. Осындай жоғарғы қысымды отындық жүйе, дизелдік қозғалтқыш үшін жүйе болып табылады.

Қорытынды

Берілген зерттеу шегінде ақаулықтарды іздеудің ықтималдықтан қисындыға өтуінің сандық сипаттамасы болып табылатын тиімді болатын ақаулықтардың ықтималдықтық-логикалық үлгісі ұсынылды, сонымен қатар элементтер тобының минималды меншікті шығындар жетістіктерінде әр элементтің салымы белгілі, бұл басқа да элементінің ақаулығы туралы шешімді дәлелді қабылдауға мүмкіндік береді.

ӘДЕБИЕТТЕР

Goncharov A. E., Bondarenko E. V., Krasnoshtanov S. Y. Theoretical aspects of diagnostics of car as mechatronic system //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2018. – Т. 327. – №. 4. – С. 042037.

[1] Abele S. Diagnostic Problem-Solving Process in Professional Contexts: Theory and Empirical Investigation in the Context of Car Mechatronics Using Computer-Generated Log-Files //Vocations and Learning. – 2018. – Т. 11. – №. 1. – С. 133-159.

[2] Marinescu M. et al. Malfunction detection using spectral analysis for automotive braking systems //Communications (COMM), 2016 International Conference on. – IEEE, 2016. – С. 333-336.

[3] Тарасов А.И. Анализ неисправностей топливных систем дизельных автомобилей. / Кривобок С.А., Лянденбургский В.В., Тарасов А.А., Федосков А.В. // Мир транспорта и технологических машин. 2011

[4] Тарасов А.И. Программа поиска неисправностей дизельных двигателей. /В.В. Лянденбургский, А.И. Тарасов, С.А. Кривобок // Контроль. Диагностика. 2012.

- [5] Bickel P. J., Doksum K. A. Mathematical statistics: basic ideas and selected topics, volume I. – CRC Press, 2015. – Т. 117.
- [6] Khanapuri A. V. et al. On road: A car assistant application //Technologies for Sustainable Development (ICTSD), 2015 International Conference on. – IEEE, 2015. – С. 1-7.
- [7] Тарасов А.И. Вероятностно-логический метод поиска неисправностей автомобилей. / В.В. Лянденбургский, А.И. Тарасов, А.В. Федосков, С.А. Кривобок // Мир транспорта и технологических машин. 2011.
- [8] Gao Z., Cecati C., Ding S. X. A survey of fault diagnosis and fault-tolerant techniques—Part I: Fault diagnosis with model-based and signal-based approaches //IEEE Transactions on Industrial Electronics. – 2015. – Т. 62. – №. 6. – С. 3757-3767.
- [9] Нигматуллин Р. Г., Нигматуллин В. Р., Нигматуллин И. Р. Диагностика двигателя внутреннего сгорания по анализу моторного масла. Уфа, Изд-во ГУП РБ. – 2011.
- [10] Тарасов А.И. Экспериментальные исследования отказов автомобилей КАМАЗ. Перспективные направления развития автотранспортного комплекса. / В.В. Лянденбургский, А.И. Тарасов, А.В. Федосков, С.А. Кривобок // Материалы IV международной научно-производственной конференции. - Пенза: ПГСХА, 2011.
- [11] Увалиева И.М., Нурумов Ж.Ж., Нурумова С.Е. Особенности и возможности применения технологии виртуализации. Материалы III Международной научно-технической конференции студентов, магистрантов и молодых ученых «Творчество молодых – инновационному развитию Казахстана». ШҚМТУ, г. Усть-Каменогорск, 2017 – с.30-33.
- [12] Тарасов А.И. Вероятностный подход к определению вероятностно-логического коэффициента поиска неисправностей автомобилей / В.В. Лянденбургский, Ю.В. Родионов, А.И. Тарасов, И.Е. Долганов // Вестник Таджикского технического университета 2013.
- [13] Нурумов Ж.Ж., Смаканов Б.С., Увалиева И.М. Разработка и реализация модели диагностики автомобилей // Вестник КазНУТУ. – Алматы. 2017. – №6 (124). С. 268-277.
- [14] Лянденбургский В. В., Тарасов А. И., Сейфетдинов Р. Р. Логический подход к определению вероятностно логического коэффициента поиска неисправностей автомобилей //Вестник Оренбургского государственного университета. – 2013. – №. 5 (154).
- [15] Esposito C. et al. Smart cloud storage service selection based on fuzzy logic, theory of evidence and game theory //IEEE Transactions on computers. – 2016. – Т. 65. – №. 8. – С. 2348-2362.
- [16] Pearl J. Probabilistic reasoning in intelligent systems: networks of plausible inference. – Elsevier, 2014.
- [17] Jøsang A. Subjective logic. – Springer International Publishing Switzerland, 2016.

Смаканов Б.С., Увалиева И.М.

Диагностика механических неисправностей автомобиля на основе вероятностно-логического метода

Резюме. Диагностирование механических неисправностей автомобиля должно содержать в себе оптимальное соотношение вероятностной и логической составляющей предложенной модели диагностирования. В рамках данной статьи разработан коэффициент вероятностно-логической модели для изучения рационального диагностирования дизелей разными стратегиями, предложены принципы поиска неисправностей, отличающиеся от существующих подходов тем, что определение неисправностей осуществляется при помощи внутреннего диагностирования с возможным последующим перебором.

Ключевые слова: диагностика автомобиля, техническая диагностика, интеллектуальная диагностика, вероятностно-логическая модель, диагностика неисправностей, механические неисправности автомобиля.

УДК 658.018

K.R. Manap, M Nurmat, M.S. Serikkyzy

(Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: khali_17_10_94@mail.ru)

QUALITY ASSESSMENT OF RED DRY WINE IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Abstract. The article is designed to study consumer preferences and assess the quality of red dry wines that are sold on the market of the Almaty region. In this paper, we study the state of the consumer market in Kazakhstan and abroad, the classification of grape wines, and also analyzed the factors that influence the quality and preserve it. An assessment of the quality of dry red wine on organoleptic and physico-chemical quality indicators. The results were summed up and the conclusion was made about the samples under study.

Key words: organoleptics, physico-chemical indicators, quality, quality assessment, quality assessment of red dry wines, wine.

К.Р. Манап, М. Нурмат, М.С. Сериккызы
(Алматинский Технологический Университет, Алматы, Казахстан
E-mail: khali_17_10_94@mail.ru)

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА КРАСНОГО СУХОГО ВИНА В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

Аннотация. Статья выполнена с целью исследования потребительских предпочтений и оценке качества красных сухих вин, которые реализуются на рынке Алматинской области. Нами изучена состояние потребительского рынка в Казахстане и за рубежом, классификация виноградных вин, а также проанализированы факторы, которые влияют на качество. Проведена оценка качества красного сухого вина по органолептическим и физико-химическим показателям качества.

Ключевые слова: органолептические и физико-химические показатели, качество, оценка качества, оценке качества красных сухих вин, вино.

Введение

Во многих странах мира проводятся исследования о том, как влияет умеренное потребление алкоголя на здоровье человека. За последние несколько лет опубликовано множество работ, которые подтверждают, что вино уменьшает риск сосудистых заболеваний сердца и мозга, а так же способствует защите организма от других болезней. Ученые доказали, что алкоголь увеличивает содержание «хорошего» холестерина HDL (высокой вязкости липопротеиды) и снижает количество «плохого» холестерина LDL (низкой вязкости липопротеиды), ответственных за закупорку сосудов. Так же большое количество исследований свидетельствует о пользе алкоголя при предохранении от ряда болезней: ревматического артрита, диабета, депрессии, отложения камней в желчном пузыре, простуды и даже пищевых отравлений. По данным национального обзора здоровья и питания можно сказать, что умеренное потребление алкоголя увеличивает срок жизни примерно на 3 %[1].

В вине идентифицировано около 300 компонентов и это еще не предел, так как это число постоянно растет. Состав вина зависит не только от сорта винограда, но и от экологии его произрастания, года урожая, параметров процесса ферментации, технологии приготовления и выдержки виноматериалов, вида тары и других факторов[2].

В винах обнаружено небольшое количество минералов, которые рекомендуются для питания человека. Доказано, что с бокалом вина организм человека получает в среднем 15 мг фосфора, 10 мг кальция, 11 мг магния, 6 мг натрия. Врачи предполагают, что натрий и калий участвуют в регулировании давления крови, а кальций и фосфор являются важными элементами структуры мышц и костей. Следует отметить, что вина также могут содержать небольшое количество металлов, чаще всего железа, медь и цинк. С давних времен вино советуют при лечении анемии, которая связана с дефицитом железа в крови. Так же в небольшом количестве наблюдаются незаменимые аминокислоты, такие как: треонин, валин, метионин, триптофан, изолейцин, лизин. Некоторые из перечисленных аминокислот необходимы для нормального функционирования клеток. В вине найдено и несколько органических кислот: винная, уксусная, яблочная, лимонная и витамины А, В, С, D, E[3].

Как известно, пороки и болезни вин практически не поддаются лечению, все зависит от того какая стадия заражения. При подобных ситуациях могут применяться универсальные и специфические методы исправления. Может производиться переливка, оклейка, подкисление, добавление танина, обработка активированным углем, фильтрация и т.д. Все же предотвращение таких пороков и болезней все же приводит к изменению качества вина, поэтому необходимо соблюдать следующие меры:

- соблюдать требования гигиены в процессе производства;
- использовать исключительно исправное оборудование;
- не допускать попадание в вино посторонних примесей и т.п.[4].

Фальсифицированная винодельческая продукция – это продукция, которая изменена умышленно и имеет скрытые свойства и качества, информация о которых является неполной или недостоверной. К основным видам фальсификации вина относят:

- информационная – предоставление неполной и/или недостоверной информации и скрытых свойствах продукции и практически всегда сопутствует количественной и качественной;
- количественная – недолив, недостоверное указание номинальной вместимости используемой тары;
- качественная: ассортиментная (пересортица) – частичная или полная замена продукции высокого качества на продукцию низкого качества, например, газированные вина выдают за игристые, молдавские вина – за французские, молодые бренди – за старые, элитные и т.п

Использование запрещенных добавок, к примеру консервантов, для того что бы ускорить технологические процессы. Салициловая кислота используется для консервации дешевых вин, которые легко закисают, а так же для вин, которые не прошли стадии выдержки и хранения.

Самыми крупными странами по производству вина являются: Испания, Италия и Франция. Казахстанские виноделие стремительно набирает обороты, не смотря на то, что основная масса вина ввозится в страну. А также в стране увеличивается рост потребления вина. На одного человека среднее потребление вина в год составляет 5 – 6 литров. Для того что бы вино было хорошего качества, необходимо соблюдать процесс обработки сырья и процесс производства вина в целом – ведь это является основными факторами, которые влияют на качество вина. Необходимо соблюдать гигиенические требования и иметь только исправное оборудование[5,6].

Методы и объект исследования

Изучая подробнее данный продукт, следует отметить, что преимущество отдается именно красному сухому вину. Благодаря его вкусовым и полезным свойствам такое вино приобретает титул шедевра в винодельческой отрасли. Красное сухое вино обладает лечебными свойствами, например, большой оборот набирает энотерапия – это метод лечения при помощи вина, а также вино обладает бактерицидным свойством, способствует укреплению кровеносной системы. Использование вин рекомендуется в области онкологических заболеваний, ведь вино в целом способствует поднятию иммунитета и способно избавить от такой болезни, как анемия. Для больных сахарным диабетом лучше всего употреблять сухое красное вино. Именно с ним есть возможность получить все необходимые витамины для организма, а также повысить усвояемость пищи. Еще для диабетиков такое вино хорошо тем, что сахара в нем содержится не более 1 %. К основным задачам исследования качества виноградных вин относятся:

- изучить маркировку;
- провести органолептическую оценку красного сухого вина;
- определить количество экстракта в вине;
- определить титруемые кислоты;
- провести качественную реакцию на краситель;

- проанализировать и оценить данные для составления заключения. При проведении таких исследований можно выявить какие-либо отклонения, дефекты, которые могли появиться в процессе хранения виноградных вин. Необходимо выявить соответствие действительных значений установленным требованиям.

Наливать вина в бокалы следует перед дегустацией, осторожно, не допускать вспенивания. Если вина разных типов, то после дегустации одного типа, переходя к другому типу, необходимо тщательно промыть бокал водой и ополоснуть его дегустируемым вином. Перед дегустацией необходимо вина довести до необходимой температуры. Белые натуральные – 12 – 14 °С, красные натуральные – 14 – 16 °С, игристые – 10 – 12 °С, а остальные вина при комнатной температуре. Послевкусие вина оценивается дополнительно, может сохраняться от 2 до 15 секунд.

Оно может расцениваться как достоинство вина, так и недостаток. Максимальное количество баллов распределяется следующим образом:

- прозрачность – 0,1 – 0,5 балл;
- цвет – 0,1 – 0,5 балл;
- букет – 0,6 – 3,0 балла;
- вкус – 1,0 – 5,0 балла;
- типичность – 0,1 – 1,0 балл;

- общий балл – 10,0. Если же в сумме балл составляет ниже 7, то такую продукцию не допускают для использования и подвергают утилизации для технических целей[6].

Также следует отметить, что существует наиболее простое определение качества вина, которое можно выполнить даже в домашних условиях. Этот метод очень легок, и дает информацию, натуральное вино или нет. Для этого понадобится небольшое количество вина, довести до кипения, а затем добавить около чайной ложки пищевой соды. Если вино изменяет цвет до серо-голубого, то вино настоящее. При взаимодействии с содой виноградный крахмал изменяет цвет, а синтетическое вино, останется прежним, не изменяя цвет ни на тон.

Таблица 1. Дегустационный лист красных сухих вин

Наименование вина	Прозрачность	Цвет	Букет	Вкус	Типичность	Общий балл
	0,1-0,5	0,1-0,5	0,6-3,0	1,0-5,0	0,1-1,0	10,0
«Эль Венседор Каберне Совиньон» Образец №1	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	8,2
«Таманский погреб» Образец №2	0,3	0,4	2,5	4,5	0,4	8,1
«Сулган» Образец №3	0,4	0,4	2,5	4,0	0,7	8,0
«Геленджик» Образец №4	0,4	0,5	2,4	4,0	0,7	8,0
«Торре Таллада» Образец №5	0,5	0,5	2,7	4,5	0,8	9,0

По физико-химическим показателям виноградное вино должно соответствовать требованиям, соответствующим ГОСТу Р 52523-2006 «Вина столовые и виноматериалы столовые. Общие технические условия» .

Таблица 2. Физико-химические показатели в соответствии с ГОСТ

Наименование показателя	Характеристика по ГОСТ
Массовая концентрация титруемых кислот, г\дм ³	Не менее 3,5
Массовая концентрация приведенного экстракта, г\дм ³	Для красных вин не менее 18

Таблица 3. Фактическая характеристика исследуемых образцов

Наименование показателя	Образец №1	Образец №2	Образец №3	Образец №4	Образец №5
Массовая концентрация титруемых кислот, г\дм ³	7,5	6,37	6,75	6,75	6,67
Массовая концентрация приведенного экстракта, г\дм ³	20,6	20,1	21,1	19,5	21,7

Состояние упаковки и маркировки должно соответствовать требованиям ГОСТ Р 51149-98 «Вина. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение», ГОСТ Р 51074-2003 «Продукты пищевые. Информация для потребителей. Общие требования». Вина разлиты в стеклянные бутылки по объему 0,70 и 0,75 л., без потеков, загрязнений и других нарушений не наблюдается. Маркировка полная, нанесена хорошо, не стираемая, читается легко, что немало важно для потребителя.

Органолептическая оценка качества. Баллы исследуемых образцов распределились следующим образом: образец №1 – 8,2 балла; образец №2 – 8,1 балла; образец №3 – 8 баллов; образец №4 – 8 баллов; образец №5 – 9 баллов. Как уже известно, с помощью органолептической оценки можно выявить более точное заключение о качестве продукта. В некоторых случаях такой метод является даже единственным. Такая оценка осуществляется в соответствии с ГОСТ Р 52523-2006 «Вина столовые и виноматериалы столовые». Баллы, набранные исследуемыми образцами, характеризуют хорошее качество вина. Вина обладают свойственными оттенками: от красного, гранатового до

рубиновокрасного, как правила такие цвета характерны для вин южных стран. Чистые, осадка не наблюдается, если смотреть через бокал с вином, то предметы хорошо видно. Вкус приятный, гармоничный, в некоторых образцах наблюдалась мягкая и приятная терпкость. При вращении бокала, вина стекали достаточно легко и быстро. Такая продукция допускается к реализации, пороков и заболеваний вина не наблюдается, а также развивающихся микробиологических процессов.

Физико-химические показатели осуществлялись по ГОСТ Р 51620-2000 «Алкогольная продукция и сырье для ее производства. Метод определения массовой концентрации приведенного экстракта» и ГОСТ 14252-73 «Вина и виноматериалы, соки плодово-ягодные спиртованные. Методы определения титруемых кислот».

Выводы

С каждым годом увеличивается потребление вина, потребители постепенно отходят от более привычных видов алкоголя, таких как пиво и водка. Так же изменяется ценовой сегмент, от низкого к высокому. Основными факторами, которые формируют качество, являются: технология производства вина и сырье, используемое при этом. А к факторам, которые сохраняют качество, можно отнести условия хранения. Фальсифицирующими показателями являются – неточная или искаженная информация о свойствах продукта, которая приводит к обману потребителя, а также обманывают путем количества – недолива. А наиболее распространенным – замена более низким сырьем по качеству.

Что касается образцов, результаты этих исследований показали так же хорошие результаты, ни один из образцов не превышает указанных норм. Вино виноградное, содержит большое количество питательных веществ, которые необходимы для организма, которые могут заменить множество лекарств. Умеренное употребление способствует выздоровлению от некоторых болезней, также может быть отличным антисептическим и гигиеническим средством. Также вино можно поставить в ряд целебными водами.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Базарова, В. И. Исследование продовольственных товаров/ В. И. Базарова, Л. А. Боровикова и др. – М.: Экономика, 2009. – 327 с.
- [2] Дуборасова, Т. Ю. Сенсорный анализ пищевых продуктов. Учебное пособие/ Т. Ю. Дуборасова. – М.: Маркетинг, 2007. – 362 с.
- [3] Мицык, В. Е. Рациональное питание и пищевые продукты/ В. Е. Мицык, А. Ф. Невольниченко. – Киев: Урожай, 2009. – 264 с.
- [4] Чепурной, И. П. Идентификация и фальсификация продовольственных товаров/ И. П. Чепурной. – М.: «Дашко и Ко», 2007. – 460 с.
- [5] Чепурной, И. П. Идентификация и фальсификация продовольственных товаров/ И. П. Чепурной. – М.: «Дашко и Ко», 2008 – 410 с.
- [6] ГОСТ Р 52523-2006. Вина столовые и виноматериалы столовые. Общие технические условия.

Манап Қ.Р., Нурмат М., Сериккызы М.С.

Қазақстан республикасында сатылатын қызыл құрғақ шараптың сапасын бағалау

Түйіндеме. Мақала Қазақстан нарығында сатылатын қызыл құрғақ шараптардың артықшылықтарын зерттеу және сапасын бағалауға арналған. Осы мақалада біз Қазақстандағы және шетелдегі тұтыну нарығының жай-күйін, жүзім шараптарының классификациясын зерттеп, сапаға әсер ететін және сақтайтын факторларды талдаймыз. Құрғақ қызыл шараптың органолептикалық және физика-химиялық сапа көрсеткіштерін бағалау. Нәтижелер жинақталды және зерттелетін үлгілер туралы қорытынды жасалды.

Түйін сөздер: органолептика, физика-химиялық көрсеткіштер, сапа, сапаны бағалау, қызыл құрғақ шараптардың сапасын бағалау, шарап.

Manap K.R., Nurmat M., Serikkyzy M.S.

Quality assessment of red dry wine in the Republic of Kazakhstan

Summary. The article is designed to study consumer preferences and assess the quality of red dry wines that are sold on the market of the Kazakhstan. In this paper, we study the state of the consumer market in Kazakhstan and abroad, the classification of grape wines, and also analyzed the factors that influence the quality and preserve it. An assessment of the quality of dry red wine on organoleptic and physico-chemical quality indicators. The results were summed up and the conclusion was made about the samples under study.

Key words: organoleptics, physico-chemical indicators, quality, quality assessment, quality assessment of red dry wines, wine.

УДК661.321.

Д.Т. Pazylova, V.M. Shevko, A.S. Tleuov, S.T. Tleuova
(M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan)

THERMODYNAMIC MODEL OF LEAD, ZINC, COPPER COMPOUNDS INTERACTION WITH SODIUM AND CALCIUM CHLORIDES CONTAINED IN A STILL WASTE LIQUID

Abstract. Results of the research of lead, zinc and copper compounds like $ZnS-PbS-ZnSiO_3-PbSiO_3-Cu_2O$ interaction with sodium and calcium chlorides in an oxidizing medium in SiO_2 presence are given in the paper. The investigations were conducted by a method of thermodynamic modeling with use of the HSC-5.1. program complex. It was determined that at 0.1MPa in NaCl presence chloride sublimation degree is $\alpha_{chl}Pb > \alpha_{chl}Cu > \alpha_{chl}Zn$. In this case zinc chloride sublimation degree does not exceed 35% even at 1700°C. In $CaCl_2$ presence it is $\alpha_{chl}Pb > \alpha_{chl}Cu > \alpha_{chl}Zn$; $\alpha_{chl}Zn \geq 93\%$ occurs at $T \geq 1400^\circ C$. In the presence of NaCl and $CaCl_2$ mix and at pressure 0.1MPa to 1500°C it is $\alpha_{chl}Pb > \alpha_{chl}Zn > \alpha_{chl}Cu$. Lead chloride sublimation degree at the same time from 70 to 99.2% occurs in temperature range 1100-1300°C and lgP from -3 to -0.98, zinc chloride sublimation degree from 70 to 82.5% occurs at 1228-1300°C and lgP from -3 to -2.849 and copper chloride sublimation degree on 70 - 97.9% at 1100-1300°C,

lgP from -3 to -2.84. The most narrow areas of pressure and temperature are observed for zinc chloride sublimation, therefore for achievement of metal chloride sublimation degree $\geq 70\%$ the process needs to be carried out at a temperature more than 1228°C and $lgP \leq -2.54$.

Key words: thermodynamic modeling, oxide-sulphide system, distiller liquid, sodium and calcium chlorides, lead, copper and zinc chloride sublimation.

Д.Т. Пазылова, В.М. Шевко, А.С. Тлеуов, С.Т. Тлеуова
(Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауэзова, Шымкент, Казахстан,
danapazyl@mail.ru)

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СОЕДИНЕНИЙ СВИНЦА, ЦИНКА, МЕДИ С ХЛОРИДАМИ НАТРИЯ И КАЛЬЦИЯ, ПРИСУТСТВУЮЩИХ В ДИСТИЛЛЕРНОЙ ЖИДКОСТИ

Аннотация. В статье приведены результаты исследований взаимодействия соединений свинца, цинка, меди $ZnS - PbS - ZnSiO_3 - PbSiO_3 - Cu_2O$ с хлоридами натрия и кальция в окислительной среде в присутствии SiO_2 . Исследования проводились методом термодинамического моделирования с использованием программного комплекса HSC-5.1. Определено, что при 0,1МПа в присутствии NaCl $\alpha_{chl}Pb > \alpha_{chl}Cu > \alpha_{chl}Zn$; Степень хлоридовозгонки цинка при этом даже при 1700°C не превышает 35%. В присутствии $CaCl_2$ $\alpha_{chl}Pb > \alpha_{chl}Cu > \alpha_{chl}Zn$; $\alpha_{chl}Zn \geq 93\%$ происходит при $T \geq 1400^\circ C$. В присутствии смеси NaCl и $CaCl_2$ и давлении 0,1МПа до 1500°C $\alpha_{chl}Pb > \alpha_{chl}Zn > \alpha_{chl}Cu$. Степень хлоридовозгонки свинца при этом от 70 до 99,2% происходит в температурной области 1100-1300°C и lgP от -3 до -0,98, степень хлоридовозгонки цинка от 70 до 82,5% происходит при 1228-1300°C и lgP от -3 до -2,849 и меди на 70-97,9% при 1100-13000C, lgP от -3 до -2,84. Наиболее узкие области давлений и температуры наблюдаются для хлоридовозгонки цинка, поэтому для достижения степени хлоридовозгонки металлов $\geq 70\%$ процесс необходимо проводить при температуре не менее 12280C и $lgP \leq -2,54$.

Ключевые слова: термодинамическое моделирование, оксидно-сульфидная система, дистиллерная жидкость, хлориды натрия и кальция, хлоридовозгонка свинца, меди и цинка.

Объемным отходом производства кальцинированной соды аммиачным способом является дистиллерная жидкость, образующаяся в количестве 8,5м³ на 1 т соды. Дистиллерная жидкость представляет собой раствор хлоридов кальция и натрия, гидроксида и сульфата кальция. Дистиллерная жидкость содержит г/м³: $CaCl_2$ 118-125; NaCl 58,6-80; $CaCO_3$ 6-15; $CaSO_4$ 2-2,7; $Mg(OH)_2$ 3-10; CaO 2-4; $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ 1-3; SiO_2 1-4 [1].

Дистиллерная жидкость может быть использована в строительной отрасли для производства и получения : вяжущего, минеральных заполнителях, комплексных добавок. Но несмотря на это применяемые в настоящее время технологии по использованию, переработке дистиллерной жидкости решают проблему только отчасти. Вследствие чего, большая часть основного отхода производства кальцинированной соды накапливается в шламонакопителях и сбрасывается в водоемы, расположенные неподалеку от действующих производств, тем самым отрицательно влияя на функционирование окружающих природных экосистем [2-4]. Нами предложено использование дистиллерной жидкости в качестве хлорагента для извлечения цветных металлов из техногенного

сырья [5]. В работе приводятся результаты исследования термодинамического моделирования хлоридовозгонки цинка, меди, свинца хлоридами натрия, кальция и их смесью. Термодинамическое моделирование проводилось в системах: $ZnS - PbS - ZnSiO_3 - PbSiO_3 - Cu_2O - O_2 - SiO_2 - NaCl$, $ZnS - PbS - ZnSiO_3 - PbSiO_3 - Cu_2O - O_2 - SiO_2 - CaCl_2$ и $ZnS - PbS - ZnSiO_3 - PbSiO_3 - Cu_2O - O_2 - SiO_2 - NaCl - CaCl_2$. Температурная область исследований $-400-1700^{\circ}C$, давления 0,001, 0,01, 0,1МПа. Количество хлора – 100% от теоретически необходимого для хлорирования цинка, меди, свинца, а кислорода –100% от необходимого для образования SO_2 .

Термодинамическое моделирование было проведено при помощи программного комплекса HSC-5.1 Chemistry разработанного финской металлургической компанией Outokumpu [6]. Разработчики комплекса основывались на идеологии консорциума SGTE (Scientific Group Thermodata Europe), которая занимается созданием, поддержкой и распространением высококачественных баз данных, предназначенных для расчета равновесного состава химически реагирующих систем; объединение усилий исследователей разных стран с целью унификации термодинамических данных и методов их получения. В состав SGTE входят специализированные научные центры Германии, Канады, Франции, Швеции, Великобритании и США. В нашей работе мы использовали подпрограмму Equilibrium Compositions комплекса HSC-5.1 для расчета равновесия на основе принципа минимума энергии Гиббса исходя из выражения:

$$G(x) = \sum_{a=1}^f * \sum_{j=1}^{ia} X_j(C_j + \ln \left(\frac{X_j}{x_a}\right) + \ln \gamma_j) \rightarrow G(x)_{min} \quad (1)$$

при ограничениях в виде системы линейных уравнений баланса массы вещества:

$$\sum_{j=1}^m a_{ij} X_j = b_i, \quad (2)$$

и условия нормировки:

$$\sum_{j=1}^{La} X_j = X_a, \quad (3)$$

где f - общее число фаз системы; B_i - общее число независимого компонента i в системе; j_a - масса чисел, показывающих число j -тых независимых компонентов в фазе a системы; n - число независимых компонентов системы; C_j -эмпирическая термодинамическая функция; X_a - общее число молей фазы a в системе; $\frac{X_j}{X_a}$ -молярная доля зависимого j компонента в фазе a ; Y_j - коэффициент активности j компонента.

Параметры равновесия термодинамической системы определяются решением математической задачи о нахождении экстремума с учетом всех ограничений с использованием функций Лагранжа и метода последовательных приближений Ньютона.

При работе с комплексом HSC – 5.1 первоначальная информация представлялась в виде количественного распределения веществ в исследуемой системе. Затем, по алгоритму, разработанному авторами монографии [7], определялась равновесная степень распределения элемента (α ,%) по продуктам взаимодействия.

Результаты исследований

На рисунке 1 приведена первичная информация о количественном распределении веществ в системе $ZnS - PbS - ZnSiO_3 - PbSiO_3 - Cu_2O - O_2 - SiO_2 - NaCl$ при давлении 0,1МПа.

Из рисунка 1 видно, что в рассматриваемой системе преимущественно принимают участие $PbSiO_3$, PbS , $PbSO_4$, PbO , $PbCl_2$, $PbCl_2(g)$, $PbCl(g)$, Cu_2O , CuO , $CuCl$, $ZnSiO_3$, ZnS , ZnO , $ZnCl_2$, SiO_2 , $SO_2(g)$, $O_2(g)$, Na_2SO_4 , Na_2SiO_3 .

На основании первичного материала, полученного при помощи программного комплекса HSC – 5.1 рассчитана равновесная степень распределения цинка, меди и свинца в системе $ZnS - PbS - ZnSiO_3 - PbSiO_3 - Cu_2O - O_2 - SiO_2 - NaCl$.

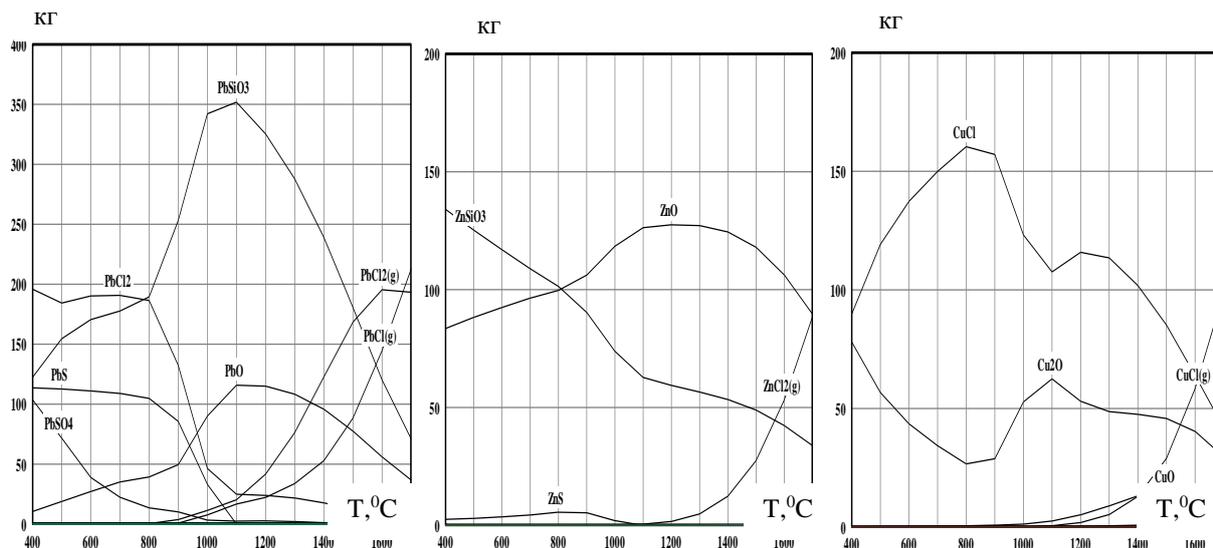


Рис.1. Влияние температуры на количественное распределение веществ в системе $ZnS - Pb - ZnSiO_3 - PbSiO_3 - Cu_2O - O_2 - SiO_2 - NaCl$

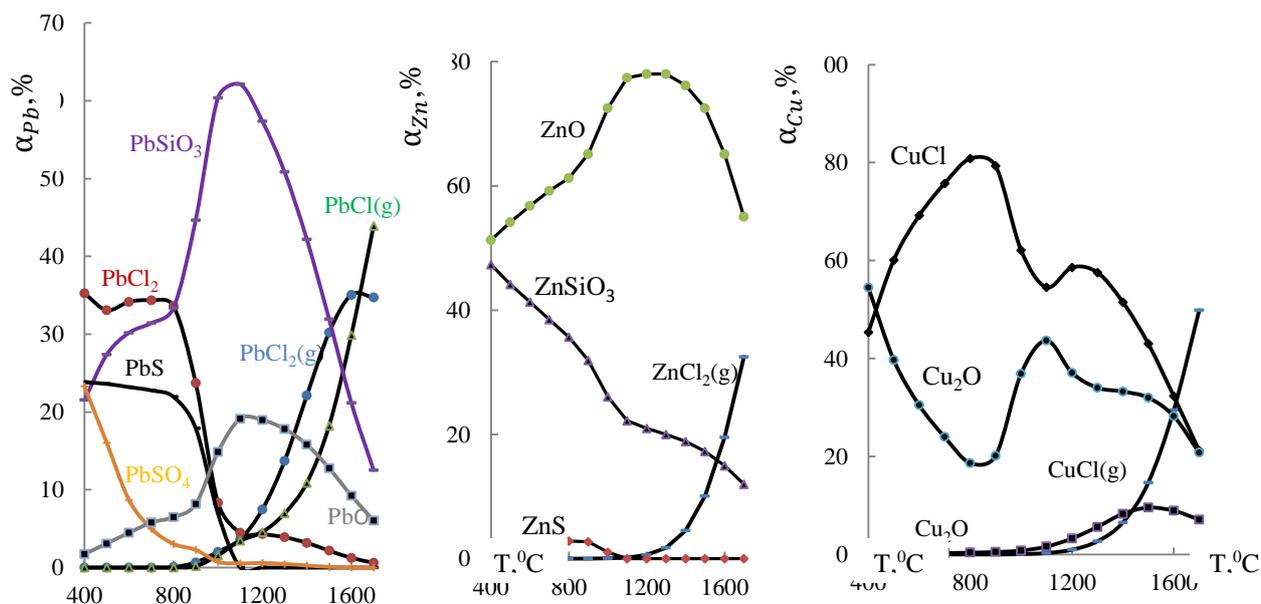
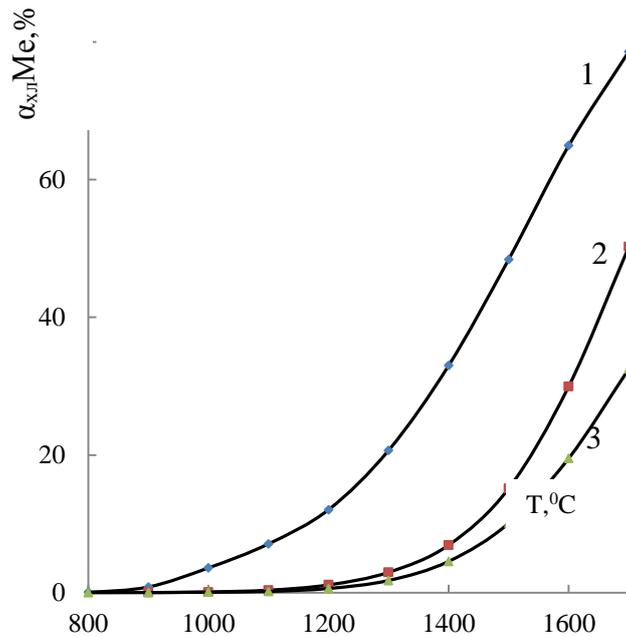


Рис. 2. Влияние температуры на равновесную степень распределения цинка, меди и свинца в системе $ZnS - PbS - ZnSiO_3 - PbSiO_3 - Cu_2O - O_2 - SiO_2 - NaCl$ при 0,1МПа

Из рисунка 2 следует, что хлорирование цинка, меди, свинца в системе отмечается уже при $400^{\circ}C$. Хлоридовозгонка свинца начинается при $T \geq 900^{\circ}C$, цинка и меди при $T \geq 1100^{\circ}C$. На рисунке 3 показано влияние температуры на степень хлоридовозгонки металлов, из которого видно, что свинец извлекается в газ более полно, чем цинк и медь. Хуже всего хлоридовозгонке подвергается цинк, степень хлоридовозгонки которого даже при $1700^{\circ}C$ не превышает 32,5% (Медь при этом извлекается только на 50,2%).



1-Pb, 2-Cu, 3-Zn

Рис. 3. Влияние температуры на равновесную степень хлоридовозгонки металлов в системе $ZnS - PbS - ZnSiO_3 - PbSiO_3 - Cu_2O - O_2 - SiO_2 - NaCl$ при 0,1МПа

На рисунке 4 приведена информация о количественном распределении веществ в системе $ZnS - PbS - ZnSiO_3 - PbSiO_3 - Cu_2O - O_2 - SiO_2 - CaCl_2$ при давлении 0,1МПа.

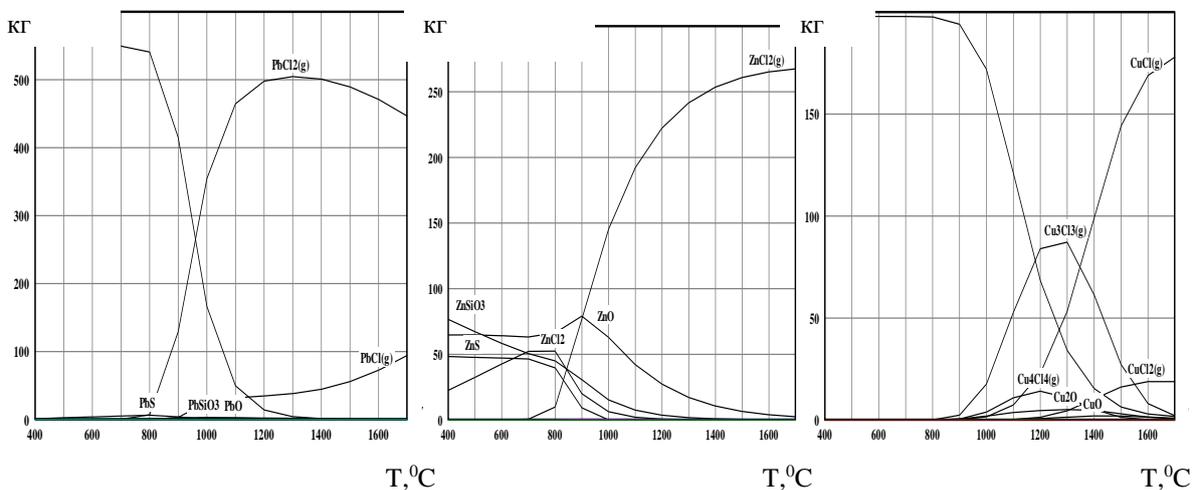


Рис. 4. Влияние температуры на количественное распределение веществ в системе $ZnS - PbS - ZnSiO_3 - PbSiO_3 - Cu_2O - O_2 - SiO_2 - CaCl_2$ при 0,1МПа

Из рисунка 4 видно, что основными веществами в системе являются $PbSiO_3$, PbS , PbO , $PbCl_2$, $PbCl_2(g)$, $PbCl(g)$, Cu_2O , CuO , $CuCl$, $CuCl(g)$, $Cu_3Cl_3(g)$, Cu_4Cl_4 , $ZnSiO_3$, ZnS , ZnO , $ZnCl_2(g)$, SiO_2 , $SO_2(g)$, $O_2(g)$, $CaSiO_3$.

На основании первичного материала рассчитана равновесная степень распределения цинка, меди и свинца в системе $ZnS - PbS - ZnSiO_3 - PbSiO_3 - Cu_2O - O_2 - SiO_2 - CaCl_2$.

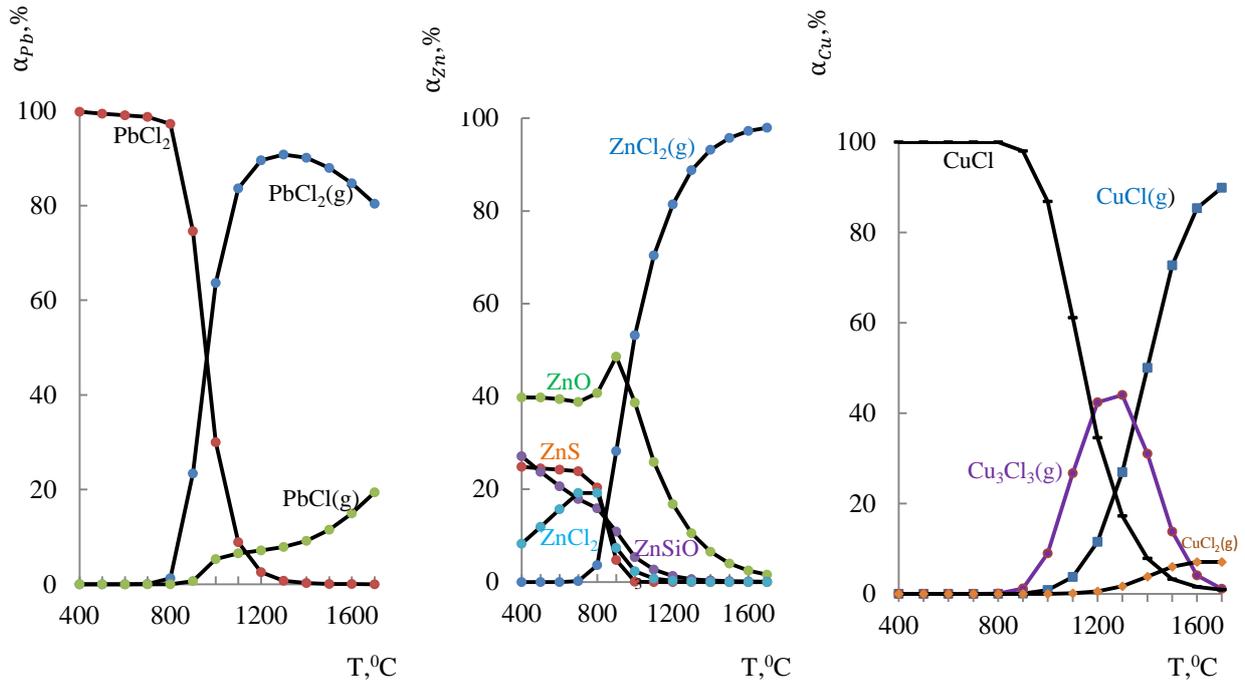


Рис. 5. Влияние температуры на равновесную степень распределения цинка, меди и свинца в системе $ZnS - PbS - ZnSiO_3 - PbSiO_3 - Cu_2O - O_2 - SiO_2 - CaCl_2$ при 0,1МПа

Из рисунка 5 следует, что хлоридовозгонка свинца и цинка происходит при $T \geq 700^\circ C$, меди - при $T \geq 800^\circ C$. В температурном интервале 800- 1700 $^\circ C$ $\alpha_{хл}Pb > \alpha_{хл}Zn > \alpha_{хл}Cu$.

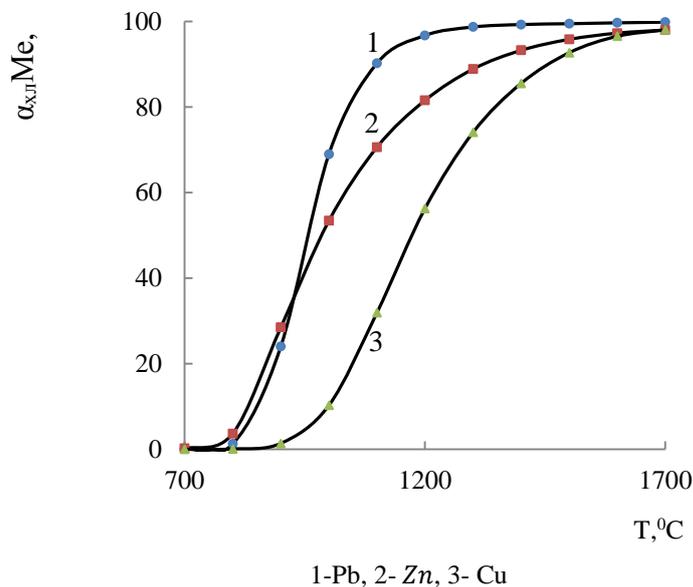


Рис. 6. Влияние температуры на равновесную степень хлоридовозгонки металлов в системе $ZnS - PbS - ZnSiO_3 - PbSiO_3 - Cu_2O - O_2 - SiO_2 - CaCl_2$ при 0,1МПа

Из рисунка 6 видно, что увеличение температуры позитивно влияет на степень хлоридовозгонки металлов. При 1400 $^\circ C$ $\alpha_{хл}Pb$ составляет 99,3%, $\alpha_{хл}Zn - 93,2\%$ и $\alpha_{хл}Cu - 85,5\%$. Высокая степень хлоридовозгонки меди ($\geq 98\%$), цинка ($\geq 97,97\%$) наблюдается при $T \geq 1700^\circ C$.

На рисунке 7 приведена первичная информация о количественном распределении веществ в системе $ZnS - PbS - ZnSiO_3 - PbSiO_3 - Cu_2O - O_2 - SiO_2 - NaCl - CaCl_2$ при давлении 0,1МПа.

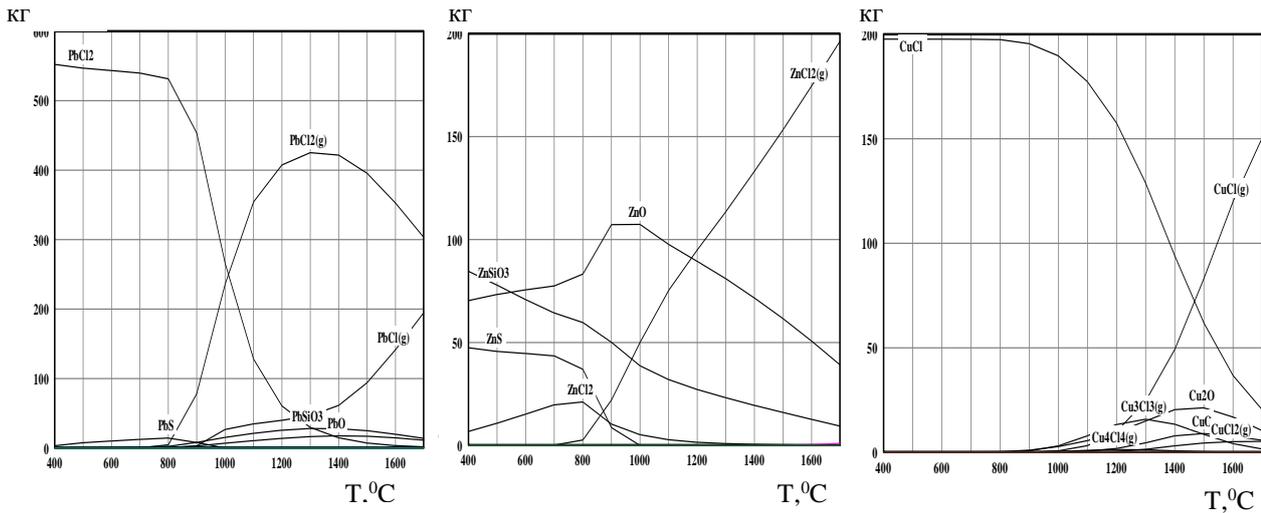


Рис. 7. Влияние температуры на количественное распределение веществ в системе $ZnS - PbS - ZnSiO_3 - PbSiO_3 - Cu_2O - O_2 - SiO_2 - NaCl - CaCl_2$ при 0,1МПа

Из рисунка 7 видно, что основными веществами в системе являются $PbSiO_3$, PbS , PbO , $PbCl_2$, $PbCl_2(g)$, $PbCl(g)$, Cu_2O , CuO , $CuCl$, $CuCl(g)$, $Cu_3Cl_3(g)$, $ZnSiO_3$, ZnS , ZnO , $ZnCl_2(g)$.

На основании первичного материала рассчитана равновесная степень распределения цинка, меди и свинца в системе $ZnS - PbS - ZnSiO_3 - PbSiO_3 - Cu_2O - O_2 - SiO_2 - NaCl - CaCl_2$

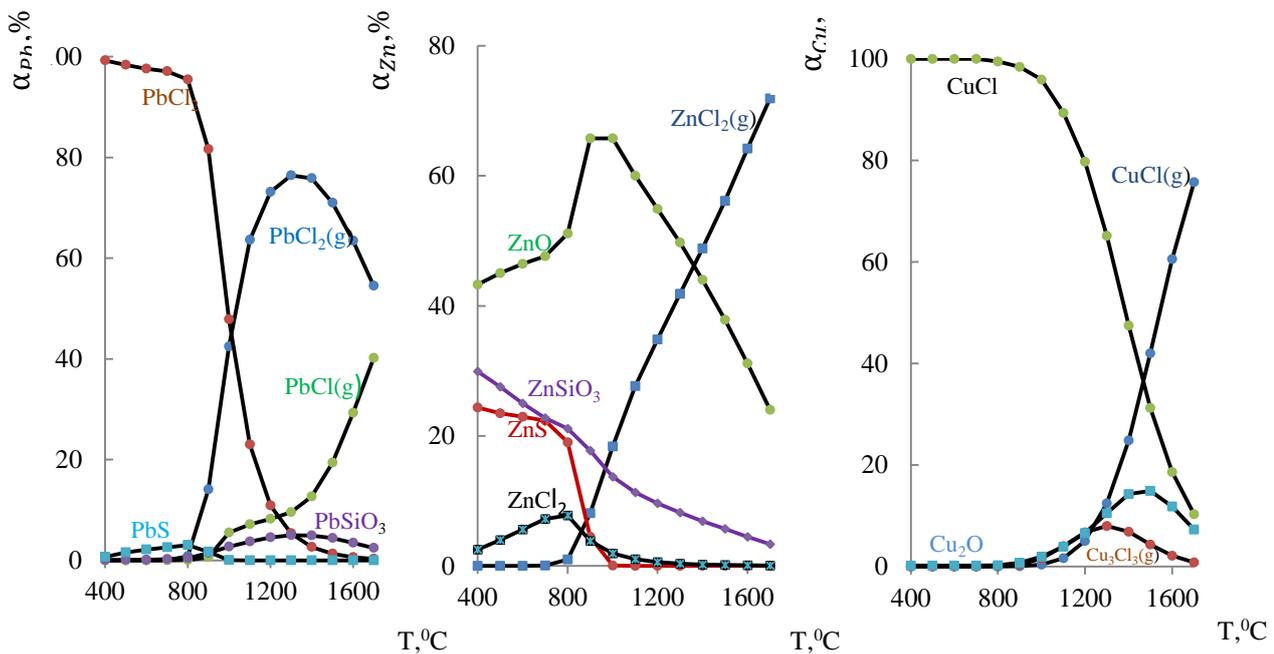


Рис. 8. Влияние температуры на равновесную степень распределения цинка, меди и свинца в системе $ZnS - PbS - ZnSiO_3 - PbSiO_3 - Cu_2O - O_2 - SiO_2 - NaCl - CaCl_2$ при 0,1МПа

Из рисунка 8 видно, что хлоридовозгонка меди сопровождается посредством образования хлоридов меди $CuCl$, Cu_3Cl_3 , Cu_4Cl_4 , свинца- $PbCl$, $PbCl_2$ и цинка за счет газообразного $ZnCl_2(g)$. Начало хлоридовозгонки цинка и свинца происходит при $700^{\circ}C$, меди- при $800^{\circ}C$.

На рисунке 9 приведена информация и влиянии температуры на степень хлоридовозгонки металлов, из которого следует что до $1500^{\circ}C$ $\alpha_{хл}Pb > \alpha_{хл}Cu > \alpha_{хл}Zn$, а при $T \geq 1500^{\circ}C$ цинк и медь меняются местами.

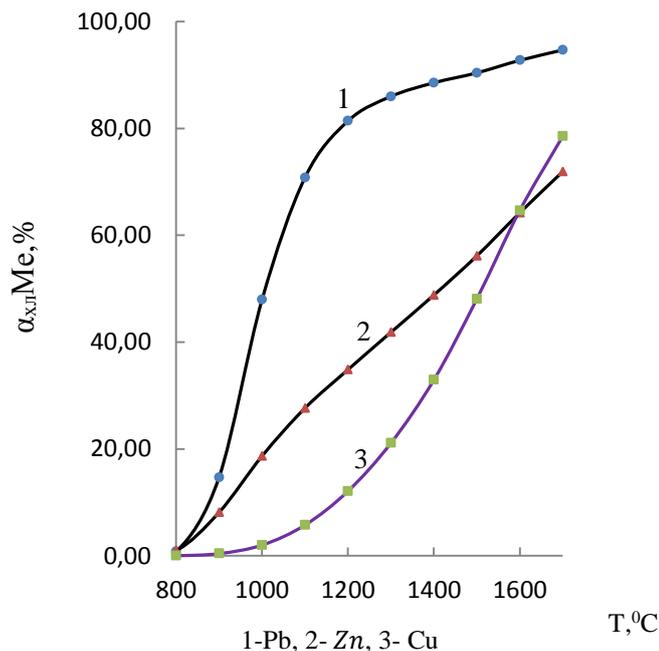
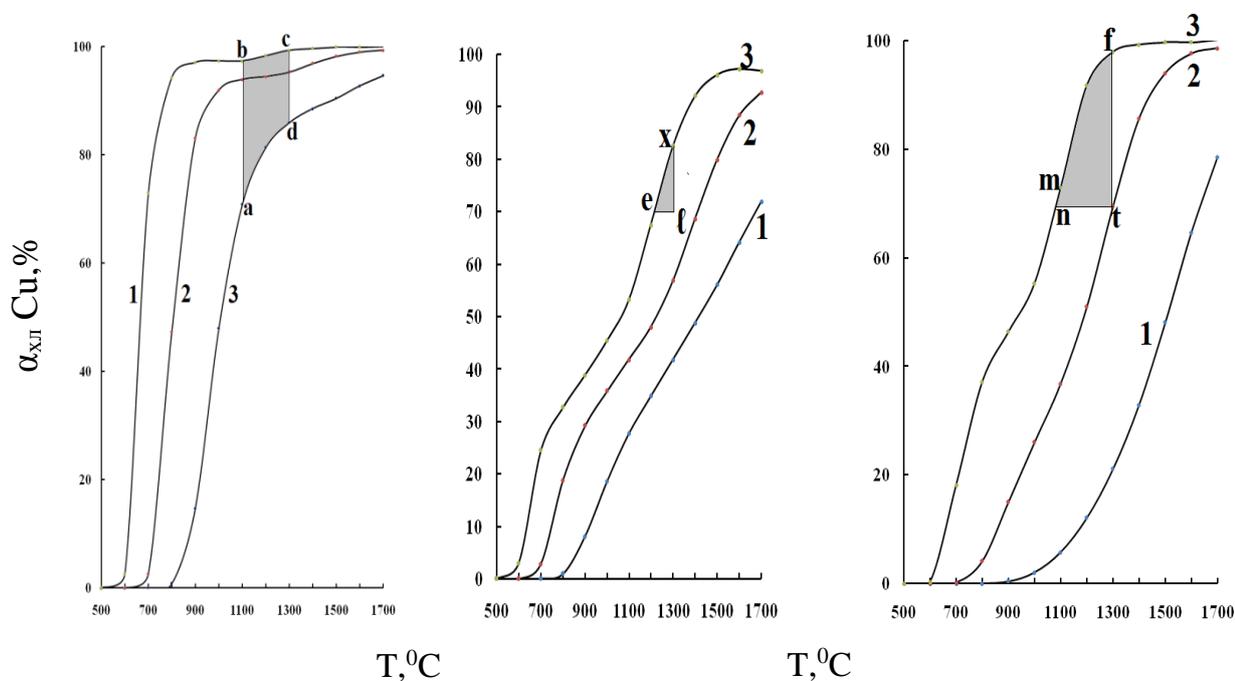


Рис.9. Влияние температуры на степень хлоридовозгонки металлов в системе $ZnS - PbS - ZnSiO_3 - PbSiO_3 - Cu_2O - O_2 - SiO_2 - NaCl - CaCl_2$ при 0,1МПа

На рисунке 10 показано влияние температуры и давления на равновесную степень хлоридовозгонки металлов из системы $ZnS - PbS - ZnSiO_3 - PbSiO_3 - Cu_2O - O_2 - SiO_2 - NaCl - CaCl_2$.

Видно, что уменьшение давления позволяет увеличить степень хлоридовозгонки Pb, Zn, Cu и уменьшить температуру процесса. Для определения оптимальной температуры и давления примем допущения что степень хлоридовозгонки металлов должна быть $\geq 70\%$, а температура обжигового процесса (применительно к шлаку после фьюмингования) составляет $1100^0 - 1300^0C$.



1-0,1МПа; 2-0,01МПа; 3-0,001МПа

Рис. 10. Влияние температуры и давления на равновесную степень хлоридовозгонки металлов в системе $ZnS - PbS - ZnSiO_3 - PbSiO_3 - Cu_2O - O_2 - SiO_2 - NaCl - CaCl_2$

В таблице 1 приведена информация о граничных точках областей $abcd, ex\ell, nmft$.

Таблица 1. Значения технологических параметров в граничных точках

Точка на рисунке 10	Для Pb				Для Zn			Для Cu			
	a	b	c	d	e	x	ℓ	n	m	f	t
T^0, C	1100	1100	1300	1100	1228	1300	1300	1100	1100	1300	1300
lgP	-0,98	-30	-30	-1,0	-3	-0,54	2,54	-2,84	-3	-3	-2
$\alpha_{x\ell}, \%$	70,0	97,3	99,2	85,9	70,0	82,5	70,0	70,0	74,3	97,9	70

Из таблицы 1 видно, что $\alpha_{x\ell}Pb$ от 70 до 99,2% происходит в температурной области 1100-1300 $^{\circ}C$ и lgP от -3 до -0,98, $\alpha_{x\ell}Zn$ от 70 до 82,5% происходит при 1228-1300 $^{\circ}C$ и lgP от -3 до -2,849 и меди на 70-97,9% при 1100-1300 $^{\circ}C$, lgP от -3 до -2,84. Из полученных граничных значений следует, что наиболее узкие области давлений и температуры для хлоридовозгонки Zn , поэтому для достижения степени хлоридовозгонки металлов $\geq 70\%$ процесс необходимо проводить при температуре не менее 1228 $^{\circ}C$ и $lgP \leq -2,54$.

Заключение:

На основании полученных результатов по термодинамическому моделированию хлоридовозгонки металлов в окислительной среде из системы $ZnS - PbS - ZnSiO_3 - PbSiO_3 - Cu_2O$ в присутствии SiO_2 можно сделать следующие выводы:

- при использовании $NaCl$ $\alpha_{x\ell}Pb > \alpha_{x\ell}Cu > \alpha_{x\ell}Zn$; Степень хлоридовозгонки цинка при этом даже при 1700 $^{\circ}C$ не превышает 35%.

- при использовании $CaCl_2$ $\alpha_{x\ell}Pb > \alpha_{x\ell}Cu > \alpha_{x\ell}Zn$; $\alpha_{x\ell}Zn \geq 93\%$ происходит при $T \geq 1400^{\circ}C$.

- при использовании смеси $NaCl$ и $CaCl_2$ и давлении 0,1МПа до 1500 $^{\circ}C$ $\alpha_{x\ell}Pb > \alpha_{x\ell}Zn > \alpha_{x\ell}Cu$: при 1500 $^{\circ}C$ степень хлоридовозгонки свинца составляет 90,39%, $\alpha_{x\ell}Zn - 56,14\%$ и $\alpha_{x\ell}Cu - 48,08\%$.

- снижение давления от 0,1 до 0,001МПа позволяет уменьшить температуру хлоридовозгонки металлов; в присутствии смеси $NaCl$ и $CaCl_2$.

Степень хлоридовозгонки свинца от 70 до 99,2% происходит в температурной области 1100 - 1300 $^{\circ}C$ и lgP от -3 до -0,98, степень хлоридовозгонки цинка от 70 до 82,5% происходит при 1228-1300 $^{\circ}C$ и lgP от -3 до -2,849 и меди на 70-97,9% при 1100-1300 $^{\circ}C$, lgP от -3 до -2,84.

- наиболее узкие области давлений и температуры наблюдаются для хлоридовозгонки цинка, поэтому для достижения степени хлоридовозгонки металлов $\geq 70\%$ процесс необходимо проводить при температуре не менее 1228 $^{\circ}C$ и $lgP \leq -2,54$.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Лотош В.Е. Переработка отходов природоиспользования.– Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2002. – 463с.
 [2] Ломова Л.М. Силикатный кирпич на основе вяжущего известково-белитового типа// Строительные материалы. – 1989. – №1– С.12-14
 [3] Пугин К.Г., Калинина Е.В., Халитов А.Р. Ресурсосберегающие технологии строительства асфальтобетонных дорожных покрытий с использованием отходов производства // Вестник ПГТУ. Урбанистика. – , 2011. – №2.С. – 60– 69.
 [4] Пат.2136845 РФ. Тампонажный раствор Н.Х.Каримов и др. – №97122217/03; опубл.10.09.1999. – 6с.
 [5] Тлеуов А.С., Шевко В.М., Лавров Б.А., Тлеуова С.Т., Пазылова Д.Т., Анарбаев А.А. «Способ переработки свинецсодержащих шлаков». Заключение МЮ РК от 01.06.2018 года №868 о выдаче патента на полезную модель. Заявка №2017/0825.2.
 [6] Roine A. Outokumpu HSC Chemistry for Windows. Chemical Reaction and Equilibrium software with Extensive Thermochemical Database. Pori: Outokumpu Research OY, 2002.
 [7] Шевко В.М., Сержанов Г.М., Лавров Б.А. Технология извлечения фосфора из феррофосфора и получение комплексного ферросплава, содержащего кремний, марганец и фосфор: (монография). -Шымкент, ЮКГУ им.М.Ауэзова, 2016. – 204 стр.

Пазылова Д.Т., Шевко В.М., Тлеуов А.С., Тлеуова С.Т.

Қорғасын, мырыш, мыс қосылыстарының дистиллерлік сұйықтықтағы натрий және кальций хлоридтерімен әсерлесуінің термодинамикалық моделі

Түйіндемесі: Мақалада SiO қатысуымен тотықтырғыш ортадағы $ZnS - PbS - ZnSiO_3 - PbSiO_3 - Cu_2O$ қорғасын, мырыш, мыс қосылыстарының натрий және кальций хлоридтерімен өзара әрекеттесуінің зерттеу нәтижелері келтірілген.

Зерттеулер HSC-5.1. бағдарламалық кешенді қолдануымен термодинамикалық моделдеу әдісімен жүргізілді. 0,1МПа қысым кезінде NaCl қатысуымен $\alpha_{\text{хл}}Pb > \alpha_{\text{хл}}Cu > \alpha_{\text{хл}}Zn$ болатыны анықталды. 1700°C кезінде мырыш хлоридті айдау дәрежесі 35% аспайды. CaCl₂ қатысуымен $\alpha_{\text{хл}}Pb > \alpha_{\text{хл}}Cu > \alpha_{\text{хл}}Zn$ орын алады. $T \geq 1400^\circ\text{C}$ кезінде $\alpha_{\text{хл}}Zn \geq 93\%$ байқалады. NaCl мен CaCl₂ қоспасының қатысуымен және 0,1МПа қысым 1500°C дейін орындалады. Осы кезде 70-тен 99,2% дейін қорғасын хлоридті айдау дәрежесі 1100-1300°C температуралық аралықта және -3-тен -0,98 дейін lgP өтеді, 70-тен 82,5% дейін мырыш хлоридті айдау дәрежесі 1228-1300°C және -3-тен -2,849 дейін lgP кезінде жүреді. 70-97,9% -ға мыс хлоридті айдау дәрежесі 1100-1300°C, -3-тен -2,84 дейін lgP кезінде өтеді. Қысым мен температураның ең тар аймақтары мырыш хлоридті айдау үшін байқалады, сондықтан 70% артық металлдардың хлоридті айдау дәрежесіне жету үшін процесті 1228°C кем емес температура және $lgP \leq -2,54$ кезінде жүргізу керек.

Кілттік сөздер: термодинамикалық моделдеу, оксидті-сульфидті жүйе, дистиллерлік сұйықтық, натрий мен кальций хлоридтері, қорғасын, мыс, мырышты хлоридті айдау.

Pazylova D.T., Shevko V.M., Tleuov A.S., Tleuova S.T.

Thermodynamic model of lead, zinc, copper compounds interaction with sodium and calcium chlorides contained in a still waste liquid

Summary. Results of the research of lead, zinc and copper compounds like ZnS-PbS-ZnSiO₃-PbSiO₃-Cu₂O interaction with sodium and calcium chlorides in an oxidizing medium in SiO₂ presence are given in the paper. The investigations were conducted by a method of thermodynamic modeling with use of the HSC-5.1. program complex. It was determined that at 0.1MPa in NaCl presence chloride sublimation degree is $\alpha_{\text{chl}}Pb > \alpha_{\text{chl}}Cu > \alpha_{\text{chl}}Zn$. In this case zinc chloride sublimation degree does not exceed 35% even at 1700°C. In CaCl₂ presence it is $\alpha_{\text{chl}}Pb > \alpha_{\text{chl}}Cu > \alpha_{\text{chl}}Zn$; $\alpha_{\text{chl}}Zn \geq 93\%$ occurs at $T \geq 1400^\circ\text{C}$. In the presence of NaCl and CaCl₂ mix and at pressure 0.1MPa to 1500°C it is $\alpha_{\text{chl}}Pb > \alpha_{\text{chl}}Zn > \alpha_{\text{chl}}Cu$. Lead chloride sublimation degree at the same time from 70 to 99.2% occurs in temperature range 1100-1300°C and lgP from -3 to -0.98, zinc chloride sublimation degree from 70 to 82.5% occurs at 1228-1300°C and lgP from -3 to -2.849 and copper chloride sublimation degree on 70-97.9% at 1100-1300°C, lgP from -3 to -2.84. The most narrow areas of pressure and temperature are observed for zinc chloride sublimation, therefore for achievement of metal chloride sublimation degree $\geq 70\%$ the process needs to be carried out at a temperature more than 1228°C and $lgP \leq -2.54$.

Key words: thermodynamic modeling, oxide-sulphide system, distiller liquid, sodium and calcium chlorides, lead, copper and zinc chloride sublimation.

УДК 677.027.4.677.027

R.T. Kaldybaev, G.Yu. Kaldybaeva, K.M. Temirshikov, M.A. Mahmudova
(M. Auezov South Kazakhstan State University Shymkent Republic of Kazakhstan
E-mail: Rashid_cotton@mail.ru.)

INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF STABILIZING THE DECOMPOSITION OF HYDROGEN PEROXIDE DURING THE BLEACHING OF COTTON CELLULOSE

Abstract. In the bleaching formula of cotton cellulose with hydrogen peroxide, it is envisaged the introduction of stabilizers for its decomposition into bleaching systems, reducing the unproductive consumption of hydrogen peroxide, reducing the destruction of fibers and thus being regulators of the bleaching process. To stabilize the bleaching process with hydrogen peroxide, a number of simple and complex, complexing compounds having an unequal chemical nature and a different mechanism for stabilizing hydrogen peroxide were used. The possibility of stabilizing and reducing the decomposition rate of hydrogen peroxide during the bleaching process with sodium silicate was investigated.

Key words: cotton cellulose, cooking, bleaching, stabilization, hydrogen peroxide, concentration of sodium silicate.

Р.Т. Қалдыбаев, Г.Ю. Қалдыбаева, К.М. Темиршиков, М.А. Махмудова
(Южно-Казахстанский Государственный университет им. М. Ауезова)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СТАБИЛИЗАЦИИ РАЗЛОЖЕНИЯ ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА ПРИ ОТБЕЛИВАНИИ ХЛОПКОВОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Аннотация. В рецептуре отбеливания хлопковой целлюлозы пероксидом водорода предусмотрено введение в отбеливающие системы стабилизаторов его разложения, снижающих непроизводительный расход пероксида водорода, уменьшающих деструкцию волокон и таким образом являющихся регуляторами процесса отбеливания.

Для стабилизации процесса отбелики пероксидом водорода был использован ряд простых и сложных, комплексообразующих соединений, имеющих неодинаковую химическую природу и различный механизм стабилизации пероксида водорода. Исследована возможность стабилизации и снижения скорости разложения пероксида водорода в процессе отбелики силикатом натрия.

Ключевые слова: хлопковая целлюлоза, варка, отбелка, стабилизация, пероксид водорода, концентрация силиката натрия.

Стабилизация растворов пероксида водорода производится с помощью следующих средств: образованием достаточно стабильного комплекса стабилизатор – H_2O_2 ; химическим связыванием катализаторов разложения H_2O_2 ; иммобилизацией (связыванием) катализаторов на развитой поверхности стабилизатора, применяемого в виде коллоидной системы; ингибированием свободных радикалов в системе (обрыв цепи); снижением рН раствора за счет буферных свойств стабилизаторов [1,2].

Была исследована возможность стабилизации и снижения скорости разложения пероксида водорода в процессе отбелики силикатом натрия (СН), триполифосфатом натрия (ТПФН), и пентанатриевой солью диэтилентриаминпентауксусной кислоты (ДТРА 5НА), натриевой солью этилендиаминтетраметилфосфоновой кислоты (NaДТПМР) [3,4,5].

Стабилизирующее действие силиката натрия обусловлено комплексом свойств, позволяющим ему действовать сразу по нескольким механизмам.

Он может образовывать промежуточные соединения с катализаторами, связывать свободные радикалы в растворе, иммобилизовывать катализаторы, сорбируя их на сильно развитой поверхности золя кремниевой кислоты, в которую он переходит в водных системах. Силикат натрия в определенном количестве содержит связанную щелочь $NaSiO_3 \cdot nNaOH$ и способен проявлять буферные свойства, создавая некоторый резерв щелочи в системе без повышения степени щелочного активирования пероксида водорода [6,7]. Поэтому он является своеобразным депо щелочи, необходимое количество которой (для активации пероксида) выделяется из силиката по мере расходования щелочи на взаимодействие с волокном [8,9,10].

В то же время силикат натрия способен проявлять каталитическое действие на разложение пероксида, протекающее не по радикально-цепному механизму, а через промежуточные продукты - пероксосиликаты [11]. Таким образом, силикат натрия играет двойную роль: стабилизатора разложения пероксида водорода и катализатора в условиях белины [12,13]. Это является его уникальным свойством.

Изучено влияние концентрации (табл.1) силиката натрия и продолжительности отбелики (табл.2) на скорость разложения пероксида водорода по содержанию концентрации H_2O_2 в отработанном отбельном растворе, общую щелочность отбельного раствора, белизну и динамическую вязкость хлопковой целлюлозы [14,15].

Таблица 1. Влияние концентрации силиката натрия на характеристики отбельного раствора и качественные показатели хлопковой целлюлозы (H_2O_2 -6 г/л, NaOH – 5 г/л, τ =60 мин, $T=90^\circ C$, M 1:10).

Конц-я силиката натрия, г/л	Концентрация H_2O_2 в отработанном растворе, г/л	Общая щелочность, г/л	Белизна, %	Динамическая вязкость, мПа·с
0,0	0,21	2,3	78,1	350
5,0	0,55	3,6	85,0	508
10,0	0,91	4,0	86,5	550
15,0	1,20	4,5	88,0	572
20,0	1,39	5,0	88,4	660

При увеличении концентрации силиката натрия в растворе увеличивается концентрация H_2O_2 и щелочность среды в отработанном растворе. При отсутствии силиката натрия в составе отбеливающего раствора, белизна возрастает очень мало, а динамическая вязкость целлюлозы снижается до 350 мПа·с. С возрастанием концентрации силиката натрия в отбельном растворе, белизна целлюлозы увеличивается очень заметно, а динамическая вязкость остается на высоком уровне, что говорит о том, что силикат натрия является хорошим стабилизирующим агентом. В присутствии силиката натрия действие

пероксида водорода направлена на окисление нецеллюлозных примесей, которые дают целлюлозе темный цвет. В связи с этим белизна целлюлозы увеличивается, при малой деструкции самой целлюлозы.

Таблица 2. Влияние продолжительности процесса отбели на характеристики отбеленного раствора и качественные показатели хлопковой целлюлозы (силикат натрия -10 г/л, H₂O₂-6 г/л, NaOH – 5 г/л, T=90°C, M 1:10).

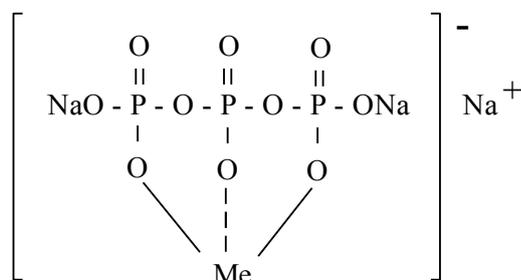
Продолжительность, мин	Концентрация H ₂ O ₂ в отработанном растворе, г/л	Общая щелочность, г/л	Белизна, %	Динамическая вязкость, мПа·с
15	2,18	6,2	74,2	638
30	2,04	6,0	82,0	604
45	1,46	5,7	85,1	582
60	0,91	4,1	87,5	550
90	0,51	3,2	88,0	538

Увеличение продолжительности процесса отбели силикатом натрия резко снижает концентрацию H₂O₂ в отработанном растворе. Общая щелочность раствора также снижается. Значения белизны целлюлозы достигают нормативного уровня уже после 30 минут обработки (выше 80%). Динамическая вязкость целлюлозы падает с увеличением продолжительности обработки.

Результаты, приведенные в таблицах 1 и 2, показывают, что с увеличением концентрации силиката натрия до 15 г/л, стабилизирующий эффект повышается, дальнейшее увеличение концентрации силиката натрия в отбеленном растворе не дает заметного повышения стабилизирующего эффекта. Продолжительность отбели больше 60 мин также не целесообразна, т.к. не приводит к значительному качественному улучшению хлопковой целлюлозы.

Оптимальной концентрацией силиката натрия в отбеленном растворе при продолжительности отбели 45-60 минут, можно принять 10 - 15 г/л.

Триполифосфат натрия имеет способность образовывать в водных растворах комплекс с катионами-катализаторами:



Изучено влияние концентрации стабилизирующего агента (табл.3) и продолжительности отбели (табл.4), на скорость разложения пероксида водорода по содержанию концентрации H₂O₂ в отработанном отбеленном растворе, общей щелочности отбеленного раствора, белизны и динамической вязкости хлопковой целлюлозы.

Таблица 3. Влияние концентрации ТПФН на характеристики отбеленного раствора и качественные показатели хлопковой целлюлозы (H₂O₂-6 г/л, NaOH – 5 г/л, τ=60 мин, T=90°C, M 1:10).

Концентрация ТПФН, г/л	Концентрация H ₂ O ₂ в отработанном растворе, г/л	Общая щелочность, г/л	Белизна, %	Динамическая вязкость, мПа·с
1,0	0,68	2,0	81,4	401
3,0	1,10	2,2	83,7	437
5,0	1,21	2,5	84,3	485
10,0	1,31	3,2	85,8	529

Увеличение концентрации ТПФН, также как и силикат натрия, увеличивает остаточное содержание H_2O_2 в растворе и его щелочность. Но при этом белизна целлюлозы после отбелки ниже, по сравнению с силикатом натрия как стабилизирующий агент.

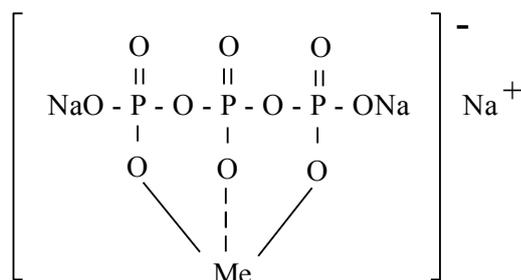
Таблица 4. Влияние продолжительности процесса отбелки ТПФН на характеристики отбельного раствора и качественные показатели хлопковой целлюлозы (ТПФН-5 г/л, H_2O_2 -6 г/л, NaOH – 5 г/л, $\tau=60$ мин, $T=90^\circ C$, М 1:10).

Продолжительность, мин	Концентрация H_2O_2 в отработанном растворе, г/л	Общая щелочность, г/л	Белизна, %	Динамическая вязкость, мПа·с
15	1,68	4,0	70,1	570
30	1,43	3,3	75,3	535
45	1,39	2,8	81,2	502
60	1,21	2,5	84,3	485
90	0,93	2,0	85,6	412

С увеличением продолжительности отбелки общая щелочность и концентрация H_2O_2 уменьшается. Белизна целлюлозы достигает нормативного уровня (выше 80%) после 45- минутной обработки, динамическая вязкость хотя и падает относительно первоначального значения, но остается достаточно высокой.

Результаты, приведенные в таблицах 3 и 4, показывают, что концентрацией ТПФН, при которой проявляются его максимальные стабилизирующие действия, является 5-10 г/л при продолжительности отбелки 60 - 90мин. При этих условиях отбелки, хлопковая целлюлоза обладает достаточно высокими показателями белизны и динамической вязкости.

Триполифосфат натрия имеет способность образовывать в водных растворах комплекс с катионами-катализаторами:



Изучено влияние концентрации стабилизирующего агента (табл.3) и продолжительности отбелки (табл.4), на скорость разложения пероксида водорода по содержанию концентрации H_2O_2 в отработанном отбельном растворе, общей щелочности отбельного раствора, белизны и динамической вязкости хлопковой целлюлозы.

Таблица 3. Влияние концентрации ТПФН на характеристики отбельного раствора и качественные показатели хлопковой целлюлозы (H_2O_2 -6 г/л, NaOH – 5 г/л, $\tau=60$ мин, $T=90^\circ C$, М 1:10).

Концентрация ТПФН, г/л	Концентрация H_2O_2 в отработанном растворе, г/л	Общая щелочность, г/л	Белизна, %	Динамическая вязкость, мПа·с
1,0	0,68	2,0	81,4	401
3,0	1,10	2,2	83,7	437
5,0	1,21	2,5	84,3	485
10,0	1,31	3,2	85,8	529

Увеличение концентрации ТПФН, также как и силикат натрия, увеличивает остаточное содержание H_2O_2 в растворе и его щелочность. Но при этом белизна целлюлозы после отбелки ниже, по сравнению с силикатом натрия как стабилизирующий агент.

Таблица 4. **Влияние продолжительности процесса отбелки ТПФН на характеристики отбельного раствора и качественные показатели хлопковой целлюлозы (ТПФН-5 г/л, H_2O_2 -6 г/л, NaOH – 5 г/л, $\tau=60$ мин, $T=90^\circ C$, M 1:10).**

Продолжительность, мин	Концентрация H_2O_2 в отработанном растворе, г/л	Общая щелочность, г/л	Белизна, %	Динамическая вязкость, мПа·с
15	1,68	4,0	70,1	570
30	1,43	3,3	75,3	535
45	1,39	2,8	81,2	502
60	1,21	2,5	84,3	485
90	0,93	2,0	85,6	412

С увеличением продолжительности отбелки общая щелочность и концентрация H_2O_2 уменьшается. Белизна целлюлозы достигает нормативного уровня (выше 80%) после 45- минутной обработки, динамическая вязкость хотя и падает относительно первоначального значения, но остается достаточно высокой.

Результаты, приведенные в таблицах 3 и 4, показывают, что концентрацией ТПФН, при которой проявляются его максимальные стабилизирующие действия, является 5-10 г/л при продолжительности отбелки 60 - 90мин. При этих условиях отбелки, хлопковая целлюлоза обладает достаточно высокими показателями белизны и динамической вязкости.

ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Кричевский Г.Е. и др. Химическая технология текстильных материалов / Кричевский Г.Е., Корчагин М.В., Сенахов А.В. – М.: Легпромбытиздат, 1985.- 159с..
- [2] Раскина И.Х., Садов Ф.И., Богданов Г.А. К вопросу о механизме стабилизации перекиси водорода силикатом натрия в условиях белиения // Журнал прикладной химии.- 1966.- №1.- С.35-39.
- [3] Заявка 467006 Швеция. Blekning ace kemisk massa med peroxid varvid massan forst behandlas med komplexbildare / P.G. Lundgren, M.R. Samuelson (Швеция).- 1992 // РЖХ 1 Ф 22П.- 1993.
- [4] Кузьмин В. В. Математическое моделирование технологических процессов: учебник для вузов/ В. В. Кузьмин[и др.]. Москва: Высшая школа, 2008. 279 с
- [5] Мартынова, А.А. Технология изготовления тканей: учебник для нач. проф. образования / А. А. Мартынова, О. Ф. Ятченко, А. В. Васильев. - М. : Академия, 2007. - 304 с.
- [6] Bischof Vukusic, S. Textile finishing treatments influenced with microwaves / Bischof Vukusic S., Katovic D. // The Textile Institute 83rdWorld Conference, Shangai, China. – 2004. – P.1165-1169
- [7] Fouda, M. Microwave curing for producing cotton fabrics with care and antibac-terial properties/ M. Fouda A. El Shafei, A. Hebeish // Carbohydrate Polymers. –2009. – Т. 77– P. 651-655
- [8] Калдыбаев Р.Т.,Калдыбаева Г.Ю., Иманбаева А.Б. Создание биоразлагаемых полимерных материалов на основе микрокристаллической целлюлозы// Международный научный журнал «Наука и мир». - 2018.- Т.1.- №6(58)- С.38-40.
- [9] Калдыбаев Р.Т., Мырхалыков Ж.У., Набиев Д.С. Разработка инновационной и экономически эффективной технологии отбелки текстильных материалов различного назначения под воздействием свч-излучений// «Известия вузов. Технология текстильной промышленности». Иваново.- 2017.- №4(396).- С. 216-219
- [10] Калдыбаев Р.Т., Мырхалыков Ж.У., Сатаев М.И. Установление влияния условий СВЧ-излучений на физико-механические, физико-химические и структурные свойства текстильных материалов // «Известия вузов. Технология текстильной промышленности» Иваново.- 2017.- №4(396).- С.219-223.
- [11] Калдыбаев Р.Т., Калдыбаева Г.Ю.Сравнительный анализ отделки хлопчатобумажных материалов традиционным способом и под воздействием СВЧ- излучений // Научный журнал «Вестник» Жезказганского университета имени О.А.Байконурова. 2017.- №1.- С.329-333с.
- [12] Калдыбаев Р.Т., Калдыбаева Г.Ю.Исследование качественных показателей хлопчатобумажных материалов различного назначения под воздействием СВЧ- излучений Научный журнал «Вестник» № 1 2017 Жезказганского университета имени О.А.Байконурова./ -326-329 с
- [13] Махмудова Г.И., Мырхалыков Ж.У., Худайбердиева Д.Б., Каратаев М.С. Процесс крашения хлопко-шелкового смесового трикотажа активными красителями. // Научно-технический журнал «Технология текстильной промышленности. Иваново. 2015.- №6 (355). С.112-115

[14] Байжанова С.Б., Джанпаизова В.М., Сагитова Г.Ф., Батиркулова А.А. Исследование влияния фотодеструкции на эксплуатационные свойства материалов для спецодежды // Научно-технический журнал «Технология текстильной промышленности». Иваново.- 2015. - №1 (355).- С.21-24

[15] Джанпаизова В.М., Сагитова Г.Ф., Аширбекова Г.Ш., Батиркулова А.А. Исследование физико-механических свойств текстильных материалов в процессе инсоляции// Научно-технический журнал «Технология текстильной промышленности». Иваново.- 2015. - №1 (355). - 24-28.

Қалдыбаев Р.Т., Қалдыбаева Г.Ю., Темиршиков К.М., Махмудова М.А.

Мақта-целлюлозаны ағарту барысында сутегі пероксидін ыдырауды тұрақтандыру мүмкіндігін зерттеу.

Резюме. Бұл мақала мақта целлюлозасының сутегі асқын тотығымен ағартылуы бойынша зерттеулердің нәтижелерін сипатталған. Мақта талшығының жеткілікті жоғары ақтығы мен динамикалық тұтқырлығы бар ағарту жағдайлары анықталды.

Түйін сөздер: мақта целлюлоза, ағарту, сутегі асқын, концентрация, сілтілі, тұрақтандыру

Kaldybayev R.T, Kaldybaeva G.Yu., Temirshikov K.M, Mahmudova M.A.

Investigation of the possibility of stabilizing the decomposition of hydrogen peroxide during the bleaching of cotton cellulose

Summary. This article describes the results of research on the bleaching of cotton cellulose with hydrogen peroxide. The bleaching conditions under which cotton pulp has sufficiently high whiteness and dynamic viscosity have been identified.

Key words: cotton cellulose, bleaching, hydrogen peroxide, concentration, alkalis, stabilization

УДК 677.024

**A.E. Aripbayeva, R.T. Kaldybayev, S.G. Stepanov,
G.Yu. Kaldybaeva, R.Sh.Mirzamuratova**

(M. Auezov South Kazakhstan State University, Ivanovo State Polytechnic University
E-mail: step-sg@mail.ru)

ANALYSIS OF TECHNICAL REQUIREMENTS FOR THE DESIGN OF FIRE PRESSURE HANDS

Abstract. Considered the appointment, the device fire hoses, laid out and analyzed technical requirements for their design, proposed and validated a promising direction of creation of new high-tech durable and fire hoses based on the use in the manufacture of their woven reinforcing frameworks bicomponent synthetic fibers consisting of polyester yarns and strength equal to her yarns from ultra high molecular weight polyethylene (UHMWPE-thread), different from the traditional filaments of exceptionally high strength and resistance to abrasion, that will provide significantly higher operational characteristics of fire pressure hoses in comparison with traditional sleeves on the basis of polyester threads.

Key words: purpose, structure, and technical requirements to the fire pressure sleeves, woven reinforcing carcass, breaking internal hydraulic pressure, polyester yarns, yarns from ultra high molecular weight polyethylene.

**А.Е. Арипбаева¹, Р.Т. Калдыбаев¹, С.Г. Степанов²,
Г.Ю.Калдыбаева¹, Р.Ш. Мирзамуратова¹**

¹ Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент,

² Ивановский государственный политехнический университет, Иваново, Россия
step-sg@mail.ru)

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К КОНСТРУКЦИИ ПОЖАРНЫХ НАПОРНЫХ РУКАВОВ

Аннотация. Рассмотрены назначение, устройство пожарных напорных рукавов, изложены и проанализированы технические требования к их конструкции, предложено и обосновано перспективное направление создания новых долговечных и высокотехнологичных пожарных напорных рукавов, базирующееся на использовании при производстве их тканых армирующих каркасов бикомпонентной синтетической нити, состоящей из полиэфирной нити и равнопрочной ей нити из сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ-нити), отличающиеся от традиционных нитей исключительно высокой прочностью и сопротивляемостью абразивному истиранию, что обеспечит существенно более высокие эксплуатационные характеристики пожарных напорных рукавов по сравнению с традиционными рукавами на основе полиэфирных нитей.

Ключевые слова: назначение, конструкция и технические требования к пожарным напорным рукавам, тканый армирующий каркас, разрывное внутреннее гидравлическое давление, полиэфирные нити, нити из сверхвысокомолекулярного полиэтилена.

Пожарные напорные рукава (ПНР) являются одним из основных видов пожарного оборудования [1] - [7] и от их исправного состояния во многом зависит успешное тушение пожаров, спасение жизни людей и имущества. Конструктивно они представляют собой гибкие трубопроводы, применяемые для подачи воды и водных растворов пенообразователей на расстояние под давлением.

В настоящее время, по причине отсутствия собственного производства, Казахстан вынужден закупать ПНР у зарубежных производителей. Поскольку рукава относятся к дорогостоящему пожарному оборудованию, Казахстан несет существенные экономические затраты.

Поскольку основным поставщиком ПНР в Казахстан является Россия, то целесообразно рассмотреть конструкции ПНР именно этого производителя.

Назначение, технические требования, конструкции, методы испытания ПНР, изготовленных в России и применяемых для целей пожаротушения в Республике Казахстан, устанавливаются ГОСТ Р 51049-97 (Российская Федерация) [8]. ПНР в Российской Федерации производятся в соответствии с требованиями данного стандарта. Параметры и размеры рукавов должны соответствовать нормам, указанным в данном ГОСТе. Одними из основных требований к ПНР в соответствии с данным ГОСТом заключается в том, что пожарные рукава всех типов (за исключением рукавов с перколяцией) должны выдерживать рабочее внутреннее давление огнетушащей жидкости, соответствовать нормам по разрывному давлению, быть герметичными при рабочем и испытательном гидравлическом давлении. В данном ГОСТе приведены физико-механические показатели, которым должны соответствовать текстильные каркасы (тканые армирующие каркасы) и материалы герметизирующего покрытия, используемые при изготовлении ПНР. Схемы конструкций ПНР и испытательного оборудования приводятся в приложении к ГОСТу Р 51049-97.

Согласно ГОСТ Р 51049-97 ПНР производят трех типов:

- 1) прорезиненными, покрытыми только внутри в соответствии с рисунком 1(а) слоем резины, приклеенной (привулканизированной) к тканому армирующему каркасу ПНР;
- 2) латексированными, когда слоями латекса тканый армирующий каркас ПНР покрыт как снаружи, так и внутри в соответствии с рисунком 1(б).
- 3) с двухсторонним покрытием, когда слоями резины тканый армирующий каркас ПНР покрыт как снаружи, так и внутри в соответствии с рисунком 1(в);

В пожарных шкафах промышленных и административных зданий все еще можно встретить непрорезиненные ПНР старой конструкции, изготовленные по ГОСТ 472-75 из льняной и оческовой пряжи.

В конструкцию ПНР в соответствии с рисунком 1 входит армирующий текстильный каркас (тканый армирующий каркас), представляющий собой бесшовную несущую цилиндрическую оболочку из ткани. Анализ структуры тканых армирующих каркасов ПНР, произведенных в РФ и используемых в Республике Казахстан, показал, что все они состоят из однослойных тканей полотняного переплетения. При этом по длине ПНР располагаются основные нити, которые взаимно переплетены с уточными нитями, проложенными по его окружности. Так как тканый армирующий каркас практически полностью предохраняет ПНР от разрыва от действия внутреннего гидравлического давления, то прочностной расчет ПНР заключается в расчете на прочность их тканых армирующих каркасов от внутреннего давления жидкости для пожаротушения [9] - [14].

ПНР относятся к дорогостоящим средствам пожаротушения, и по этой причине амортизационные расходы по эксплуатации ПНР превышают затраты на другие виды оборудования для тушения пожаров [15].

Остановимся кратко на технологии изготовления прорезиненных ПНР [15]. На круглоткацких станках изготавливаются чехлы (тканые армирующие каркасы) ПНР. Затем чехол разрезается на куски длиной 20-21,5 метра. Полученные куски внутри промазывают резиновым вулканизирующим клеем. Внутри тканого армирующего каркаса ПНР после высыхания клея вводят трубку из сырой резины. Затем концы ПНР зажимаются на специальных конусах и в трубку подается сжатый воздух. Трубка из сырой резины под давлением воздуха расправляется и плотно прижимается к стенкам тканого армирующего каркаса ПНР. Следующей операцией является вулканизация трубки из сырой резины: воздух из трубки выпускается и в нее под давлением подается водяной пар. По завершении операции

вулканизации производится охлаждение рукава и слив конденсата. Заключительным этапом изготовления ПНР является контрольная проверка на соответствие его требованиям ГОСТа.

При эксплуатации ПНР подвергаются механическому износу, воздействию низких и высоких температур, действию солнечных лучей, необратимому процессу старения материала, случайному попаданию на них химически активных веществ и т.д. [16]. По этой причине к материалу синтетических нитей ПНР предъявляются повышенные требования, которые должны обладать высокой прочностью, сопротивляемостью абразивному истиранию, относительно высокой температурой плавления, стойкостью при действии химически активных веществ. Большинство ПНР, произведенных в России, изготавливаются из полиэфирных нитей на основе полиэтилентерефталата (ПЭТФ), обладающих незначительной сминаемостью, отличной свето- и атмосферостойкостью, относительно высокой прочностью и температурой плавления, хорошей стойкостью к органическим растворителям. Однако их стойкость к истиранию не достаточна. Практика использования ПНР из полиэфирных нитей на основе ПЭТФ показывает, что основной причиной разрыва рукавов при эксплуатации является абразивный износ их поверхности. В связи с этим, актуальным является вопрос выбора материала синтетических нитей для изготовления новых высокотехнологичных ПНР, превосходящих эксплуатируемые в настоящее время пожарные рукава на основе полиэфирных нитей по прочности, стойкости к абразивному истиранию и удовлетворяющих другим требованиям ГОСТ Р 51049-97 по ПНР.

Мы считаем одним из перспективных направлений для производства новых долговечных и высокотехнологичных ПНР использование наряду с традиционными полиэфирными нитями на основе полиэтилентерефталата (ПЭТФ), нитей из сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ - нитей), относящихся наряду с углеродными и арамидными нитями к тройке «супернитей» и отличающихся от традиционных нитей исключительно высокой прочностью и сопротивляемостью абразивному истиранию. Так, удельная разрывная нагрузка СВМПЭ – нитей составляет 310-360 сН/текс, в то время как аналогичный показатель для технических полиэфирных нитей находится в пределах 60-85 сН/текс. Стойкость к абразивному истиранию СВМПЭ – нитей более чем в четыре раза превосходит аналогичный показатель для технических полиэфирных нитей. Однако наряду с низкими отрицательными температурами эксплуатации (-100 °С и ниже) СВМПЭ из-за строения молекул является термопластичным веществом с относительно невысокой температурой плавления (144-152 °С) и термодеструкцией (термическим разрушением структуры) при 112-115 °С. Поэтому изделия из СВМПЭ не рекомендуется эксплуатировать при температурах, превышающих 100 °С. Последнее обстоятельство создает две проблемы по использованию СВМПЭ – нитей для производства ПНР.

Первая проблема связана с технологией производства прорезиненных ПНР на основе синтетических нитей, которая состоит в следующем. Одна из технологических операций производства ПНР, как уже отмечалось выше, заключается в том, что во внутрь тканого армирующего каркаса вводится резиновая оболочка с нанесенным на ее поверхности клеем, и в нее подается под давление 5-6 атмосфер пар с температурой около 150 °С для распрямления резиновой оболочки и ее приклеивания к каркасу. При воздействии такой температуры, даже несмотря на то, что это воздействие передается не непосредственно на СВМПЭ – нити, а через резиновую оболочку, высока вероятность термодеструкции СВМПЭ – нитей. Решение этой проблемы может быть достигнуто снижением давления пара и, как следствие, доведения его температуры до значений близких к 110 °С, либо использованием вместо пара сжатого воздуха под давлением 5-6 атмосфер с температурой нагрева 80-100 °С.

Вторая проблема связана с тем, что ПНР с армирующим каркасом только лишь из СВМПЭ – нитей с высокой вероятностью не пройдет испытание по стойкости к контактному прожигу (регламентируется ГОСТ Р 51049-97) из-за относительно низкой температуры термодеструкции. Данная проблема, по нашему мнению, может быть решена путем использования в армирующем каркасе в качестве уточных комплексной бикомпонентной синтетической нити, состоящих из относительно термостойкой традиционной полиэфирной нити и равнопрочной первой, но имеющей меньшую линейную плотность СВМПЭ-нити. При проектировании армирующего каркаса ПНР на основе методики расчета и рационального проектирования, в основу которой положена формула (1) [9], условно принимаем, что разрывное усилие комплексной нити равно разрывному усилию полиэфирной нити, входящей в ее состав, а прочность на разрыв СВМПЭ-нити не учитываем. Линейная плотность полиэфирных нитей и параметры армирующего каркаса выбираются такими, что бы они полностью удовлетворяли требованиям ГОСТ Р 51049-97, в том числе по разрывному давлению, стойкости к контактному прожигу и др. Таким образом, будет спроектирован армирующий

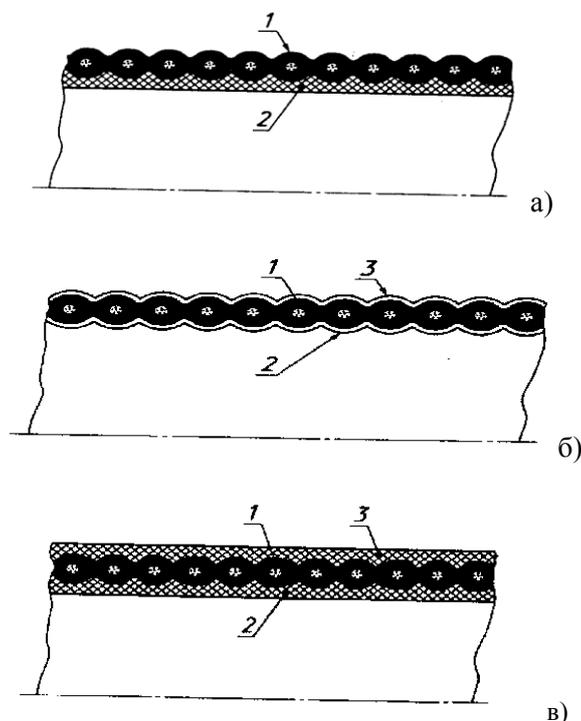
каркас ПНР с фактической удвоенной разрывной прочностью комплексной уточной нити, что, по нашему мнению, будет оправдано в силу следующих соображений. Как отмечалось выше, основной причиной разрыва рукавов при эксплуатации является абразивный износ их поверхности из-за недостаточной стойкости к истиранию полиэфирных нитей. При эксплуатации ПНР, в армирующий каркас которого заработана комплексная синтетическая нить, состоящая из полиэфирной нити и равнопрочной ей СВМПЭ-нити, в первую очередь будет изнашиваться существенно менее стойкая к абразивному износу полиэфирная нить. Но даже полный износ полиэфирной нити, по нашему мнению, не приведет к разрыву рукава, т. к. действие внутреннего гидравлического давления будет воспринимать стойкая к износу СВМПЭ-нить. Вместе с тем, наличие относительно термостойкой традиционной полиэфирной нити необходимо, т. к. последняя обеспечит требуемую стойкость армирующего каркаса к контактному прожигу.

Следует отметить, что такое решение проблемы не приведет к существенному перерасходу материала, а, следовательно, к значительному увеличению массы ПНР и его удорожанию, т. к. дополнительный расход СВМПЭ – нитей составит всего лишь несколько сот граммов.

С другой стороны, такой ПНР будет иметь, как мы ожидаем, существенно более высокие эксплуатационные характеристики по сравнению с традиционными рукавами на основе полиэфирных нитей, а именно:

- 1) в несколько раз возрастет стойкость ПНР к абразивному износу (за счет использования СВМПЭ-нитей) при одинаковых по интенсивности условиях эксплуатации;
- 2) в несколько раз возрастет надежность и долговечность ПНР;
- 3) как минимум в двое возрастет прочность ПНР, и он будет соответствовать требованиям ГОСТа не только на рабочее давление 1,6 МПа, но и на 3,0 МПа (по крайней мере для рукавов диаметром 38 мм, 51 мм, 66 мм, 79 мм), что делает его универсальным;

По нашему мнению, использование в армирующем каркасе ПНР бикомпонентной синтетической нити, состоящей из полиэфирной нити и равнопрочной ей СВМПЭ-нити, которое обеспечит существенно более высокие эксплуатационные характеристики ПНР по сравнению с традиционными рукавами на основе полиэфирных нитей, оправдывает себя, даже не смотря на удорожание ПНР из-за использования СВМПЭ-нитей, т. к. в несколько раз возрастает прочность, износостойкость, надежность и долговечность ПНР.



а - прорезиненный; б - латексированный; в - с двухсторонним покрытием;
1- армирующий каркас; 2- внутренний слой; 3 - наружный защитный слой

Рис. 1. Пожарные напорные рукава

Выводы

Рассмотрены назначение, устройство пожарных напорных рукавов, изложены и проанализированы технические требования к их конструкции, предложено и обосновано перспективное направление создания новых долговечных и высокотехнологичных пожарных напорных рукавов, базирующееся на использовании при производстве их тканых армирующих каркасов бикомпонентной синтетической нити, состоящей из полиэфирной нити и равнопрочной ей нити из сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ-нити), отличающиеся от традиционных нитей исключительно высокой прочностью и сопротивляемостью абразивному истиранию, что обеспечит существенно более высокие эксплуатационные характеристики пожарных напорных рукавов по сравнению с традиционными рукавами на основе полиэфирных нитей.

Настоящее исследование выполнено в рамках финансируемого Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан проекта АР05133582 «Разработка методики расчета и проектирования тканых армирующих каркасов пожарных напорных рукавов с целью создания новых высокотехнологичных образцов этих технических изделий».

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Абросимов Ю.Г., Иванов А.И., Качалов А.А., Кирюханцев Е.Е., Мыщак Ю.А., Пименов А.А. Гидравлика и противопожарное водоснабжение. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2003. – 391 с.
- [2] Иванов А.Ф., Алексеев П.П., Безбородько М.Д., Максимов Б.А., Минаев Н.А., Степанов К.Н. Пожарная техника. – М.: Стройиздат, 1988. – 415 с.
- [3] Петров В.К. Пожарно-техническое вооружение. – М.: М-во внутр. дел СССР, 1972. – 528 с.
- [4] Бубырь Н.Ф. Машины и аппараты пожаротушения. – М.: Высшая школа МВД, 1972. – 158 с.
- [5] /5/ Качалов А.А., Воротынцев Ю.П., Власов А.В. Противопожарное водоснабжение. – М.: Стройиздат, 1985. – 286 с.
- [6] Иванов Е.Н. Противопожарное водоснабжение. – М.: Стройиздат, 1986. – 316 с.
- [7] Иванов А.Ф., Алексеев П.П., Безбородько М.Д., Максимов Б.А., Минаев Н.А., Степанов К.Н. Пожарная техника. – М.: Стройиздат, 1988. – 415 с.
- [8] ГОСТ Р 51049-97. Техника пожарная. Рукава пожарные напорные. Общие технические требования. Методы испытания.
- [9] Арипчаева А.Е., Мырхалыков Ж.У., Степанов С.Г. Новое перспективное научное направление в области расчета и проектирования пожарных напорных рукавов // Вестник КазНТУ. - 2016. - № 6. - С. 308-312.
- [10] Арипчаева А.Е., Мырхалыков Ж.У., Степанов С.Г. Теоретическое исследование зависимости разрывного гидравлического давления пожарных напорных рукавов от параметров их тканого армирующего каркаса // Вестник КазНТУ. - 2017. - № 1. - С. 143-149.
- [11] Арипчаева 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.
- [12] Арипчаева А.Е., Мырхалыков Ж.У., Койфман О.И., Базаров Ю.М., Степанов С.Г. Перспективное направление в области расчета и проектирования армирующих каркасов напорных пожарных рукавов на основе синтетических нитей // Изв. Вузов. Химия и хим. технология. - 2016. - Т. 59, Вып. 7. - С. 92-95.
- [13] Арипчаева А.Е., Мырхалыков Ж.У., Койфман О.И., Базаров Ю.М., Степанов С.Г. Методика расчета и рационального проектирования армирующих каркасов напорных пожарных рукавов на основе синтетических нитей // Изв. Вузов. Химия и хим. технология. - 2016. - Т. 59, Вып. 10. - С. 83-87.
- [14] 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.
- [15] Ляшук Р.Г. Эксплуатация и ремонт пожарных рукавов. – М.: Стройиздат, 1964. – 96 с.
- [16] Безбородько М.Д., Алексеев П.П., Максимов Б.А., Новиков Г.И. Пожарная техника. – М.: ВИПТШ, 1979. – 435 с.

Арипчаева А.Е., Калдыбаев Р.Т., Степанов С.Г., Калдыбаева Г.Ю., Мирзамуратова Р.Ш.

Қысымды өрт сөндіру түтіктерінің конструкциясына техникалық талаптарын талдау

Бұл мақалада қысымды өрт сөндіру түтіктерін жобалау, салу, оларды жобалаудың техникалық талаптарын қаралды және талданды, жаңа ұзақ мерзімді және жоғары технологиялық өрт сөндіру түтіктерін құрудың перспективалық бағытын ұсынылды.

Түйінді сөздер: Қысымды өрт сөндіру түтіктеріне тағайындалғын конструкциясы және техникалық талаптары, маталы армирленген қаңқа, ішкі су қысымынан жарылуы, полиэфирлі жіптер, жоғарғымолекулярлы полиэтиленнен жасалған жіптер

Aripbayeva A.E., Kaldybayev R.T., Stepanov S.G., Kaldybayeva G.Yu., Mirzamuratova R.Sh.

Analysis of technical requirements for the design of fire pressure hands

Summary. In this article, the technical requirements for the design, construction and design of pressure fire tubes were reviewed and analyzed, and the perspective directions for the creation of new long-term and high-tech fire extinguishing tube

Key words: purpose, structure, and technical requirements to the fire pressure sleeves, woven reinforcing carcass, breaking internal hydraulic pressure, polyester yarns, yarns from ultra high molecular weight polyethylene.

УДК 549,753:621.793

A.K.Kenzhegulov^{1,2}, A.A. Mamayeva², A.V. Panichkin²

(¹Kazakh National Technical University after K.I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan
kazakh_1403@mail.ru;

²«Institute of Metallurgy and Ore Benefication» JSC, Almaty, Kazakhstan
ak78@mail.ru, abpanichkin@mail.ru)

INVESTIGATION OF CALCIUM-PHOSPHATE COATINGS OBTAINED BY HF MAGNETRON SPUTTERING

Abstract. Calcium-phosphate coatings on a VT1-0 titanium substrate were obtained by the method of high-frequency magnetron sputtering. As a result of the research, the parameters for obtaining calcium-phosphate coatings were established and determined. The coatings were investigated by scanning electron microscopy, X-ray analysis, atomic force microscopy and infrared spectroscopy. The morphology, phase and chemical composition of the coatings formed on the surface of the titanium substrate during high-frequency magnetron sputtering of a hydroxyapatite target are described. The atomic force microscopy method was used to study the surface topography of the KF of the coatings, and individual calcium phosphate grains with sizes of about 20-300 nm were found. On the diffractograms of the samples, reflections related to hydroxyapatite were detected. It was concluded that the obtained calcium phosphate coatings are promising for treating the surface of endoprostheses made of titanium alloys, in order to improve their adhesion to the bone tissue.

Keywords: calcium-phosphate coating, hydroxyapatite, high-frequency magnetron sputtering, titanium.

А.К. Кенжегулов^{1,2}, А.А.Мамаева², А.В.Паничкин²

(¹КазНТУ им. К.И. Сатпаева, Алматы, Республика Казахстан kazakh_1403@mail.ru;

²АО «Институт металлургии и обогащения», г. Алматы, Казахстан
ak78@mail.ru, abpanichkin@mail.ru)

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЛЬЦИЙ-ФОСФАТНЫХ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ВЧ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ

Аннотация. Методом высокочастотного магнетронного распыления получены кальций-фосфатные покрытия на подложке титана марки ВТ1-0. В результате проведенных исследований установлены и определены параметры получения кальций-фосфатных покрытия. Покрытия исследованы методами сканирующей электронной микроскопии, рентгенофазового анализа, атомной силовой микроскопии и ИК-спектроскопии. Описана морфология, фазовый и химический состав покрытий, образующийся на поверхности титановой подложки при высокочастотном магнетронном распылении мишени из гидроксиапатита. Методом атомно-силовой микроскопий изучена топография поверхности КФ покрытий и обнаружены отдельные зерна кальций-фосфата размерами порядка 20-300 нм. На дифрактограммах образцов обнаружены рефлексы относящиеся к гидроксиапатиту. Сделано заключение о перспективности полученных кальций-фосфатных покрытий для обработки поверхности эндопротезов из титановых сплавов, для улучшения их срачивания с костной тканью.

Ключевые слова: кальций-фосфатное покрытие, гидроксиапатит, высокочастотное магнетронное распыление, титан.

Проблема биосовместимости материалов является весьма актуальной в медицинском материаловедении. Одним из интенсивно развивающихся направлений современного медицинского материаловедения является создание имплантатов для замены поврежденных участков ткани [1].

В качестве материала для получения биопокрытий на металлических имплантатах для стоматологии и ортопедии традиционно используется гидроксиапатит (ГА) – $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, который является основным минеральным компонентом костной ткани [2].

Основными методами, используемыми в настоящее время для формирования биосовместимых покрытий на медицинских материалах, являются: плазменное напыление [3,4], микродуговое оксидирование [5,6], методы, основанные на кристаллизации покрытий из различных растворов [7]. Каждый из перечисленных методов имеет свои ограничения: например, плохая адгезия покрытий к подложке, невозможность регулировать их элементный состав, ограниченность в выборе материала подложки для формирования покрытия.

Выбор метода высокочастотного магнетронного распыления (ВЧМР) [8-11] для получения покрытий на имплантатах обусловлен тем, что эффективно распылять ГА, который является диэлектриком, можно только на высокой частоте. Метод ВЧМР является гибким, так как позволяет варьировать элементный состав покрытия путём изменения либо состава исходной мишени для распыления, либо параметров напыления. Как показывают исследования, использование метода ВЧМР обеспечивает получение высокой адгезионной прочности между материалом – основой и покрытием, покрытия близки по стехиометрическому составу к составу исходной мишени.

В данной работе исследованы морфология, топография и состав кальций-фосфатных покрытий (КФ), сформированных методом ВЧМР, в сравнении с ГА мишенью.

Материалы и методы

Для напыления КФ покрытий использовалась модернизированная установка ВУП-5М с магнетронным источником. Рабочая частота ВЧ генератора 13.56 МГц.

Режимы напыления покрытий: рабочее давление аргона 0.1 Па (предельное давление в вакуумной камере 10^{-4} Па), расстояние между мишенью и подложкой 40 мм.

Перед началом процесса осаждения давление в реакционной вакуумной камере понижается до значения $\sim 9 \cdot 10^{-3}$ Па при помощи вакуумной системы. Затем включается магнетрон при мощности излучения генератора 100, 200, 250, 300, 350 Вт и в камеру напускается аргон. Контроль остаточного давления осуществляется автоматически с помощью системы регулятора расхода газа РРГ-3 с точностью ± 0.1 Па. Подача газов в камеру осуществлялась отдельно по фторопластовым шлангам через механические редукторы, установленные на входе устройства. Скорость потока газов обеспечивала скорость осаждения пленок 2.5 нм/мин. Под воздействием излучения магнетрона в камере зажигается ВЧ – плазма разряда, в которой протекают реакции ионизации. Вследствие плазмохимических реакций на подложке осаждается КФ покрытие. Время нанесения покрытия составляет 2 часа. В качестве подложки был выбран титан марки ВТ1-0 с химическим составом Fe-0.25, Si-0.1, Ti-99.7, O-0.2. Материалом мишени являлся ГА.

Полученные КФ покрытий исследовались методами сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), атомно-силовой микроскопии (АСМ), рентгенофазового анализа (РФА), ИК спектроскопией. Для этого использовали микроскоп JXA-8230 (JEOL), микроскоп AFM PSIA XE-100, дифрактометр D8 Advance Bruker, ИК-Фурье спектрометр Nicolet 5700.

По требованиям к морфологиям покрытия на медицинских имплантатах, согласно ГОСТу 9.407-84 [12], покрытие должно быть равномерным, однородным, без пор, трещин, отслаиваний и пузырей. Морфология покрытий является одним из параметров, влияющим на адгезию биологических клеток к поверхности имплантата [13].

На рисунке 1 показана структура поверхности образцов покрытых КФ соединениями после ВЧМР при различных мощностях плазмы. Поверхность покрытий, является однородной, равномерной, плотной, не содержит видимых дефектов, пузырей и сколов, нанесенное покрытие повторяет рельеф поверхности подложки титана. Во всех режимах осаждения микроструктура КФ покрытий имеет близкую по строению текстуру, повторяющую микронеровности подложки.

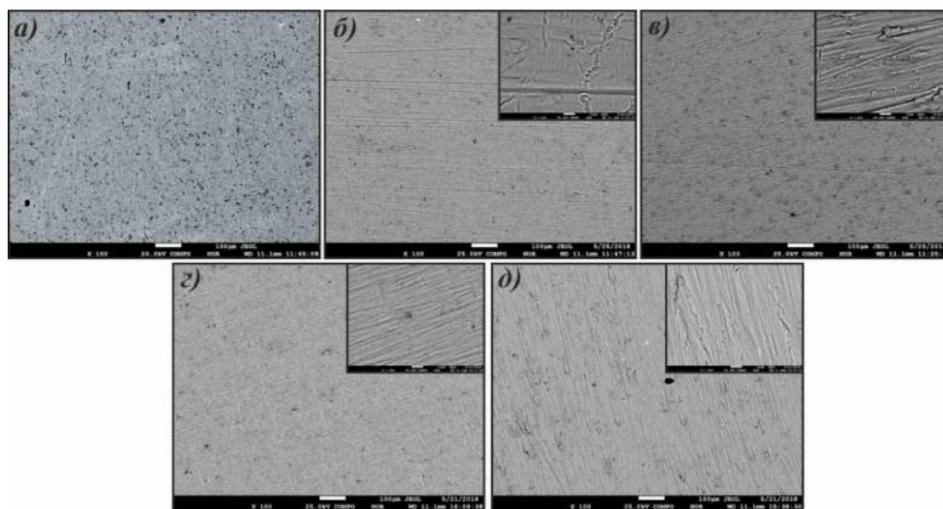


Рис. 1. КФ покрытия, сформированные при разных значениях мощности разряда (Вт) плазмы: а) 100; б) 200; в) 250; г) 300; д) 350

На рисунке 2 представлены АСМ изображения рельефа, карты распределения потенциала и фазового контраста поверхности образцов. При больших увеличениях наблюдаются отдельные зерна кальций-фосфата размерами порядка 20-300 нм, что наблюдалось и при СЭМ анализах. Среднее арифметическое отклонение профиля поверхности $R_a=9.45$ нм, высота неровностей профиля по десяти точкам $R_z=48.3$ нм.

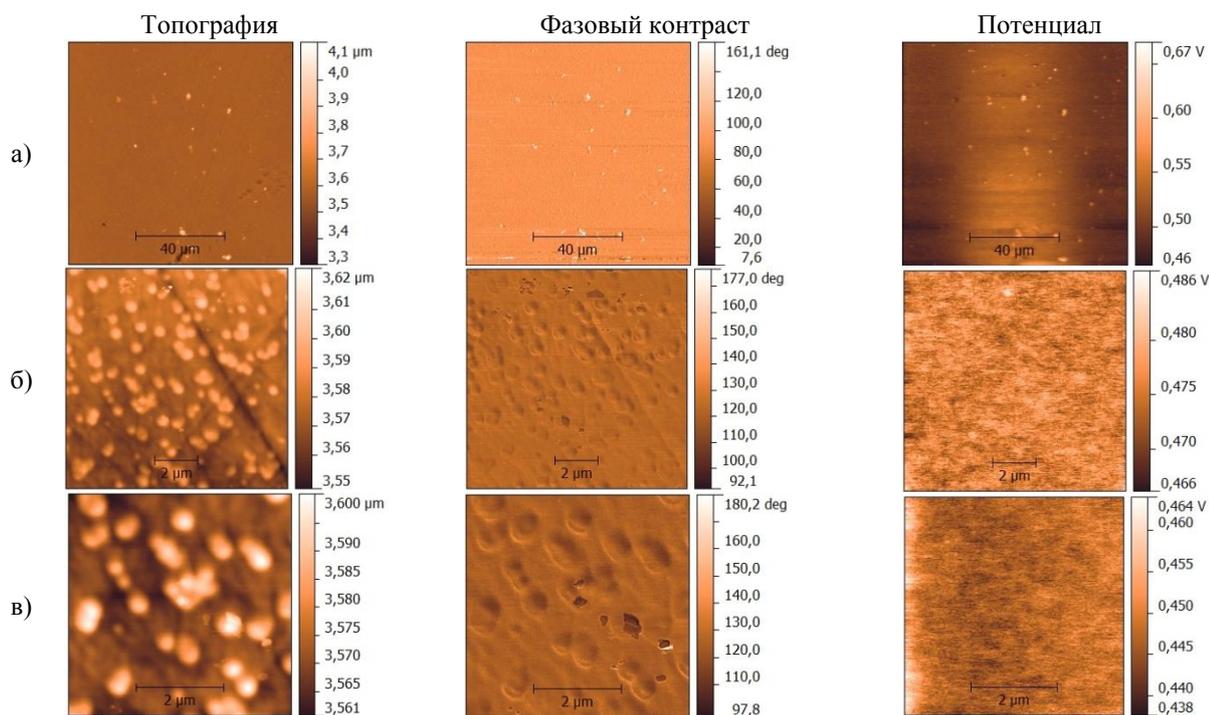


Рис. 2. АСМ изображения топографии поверхности, фазового контраста и карты распределения потенциала КФ покрытий (200 Вт)

На оже-спектрах полученного КФ покрытия толщиной 0.5 мкм присутствуют основные структурные элементы распыляемой мишени из ГА: Са, Р, О, а также подложки Тi. Из рисунка 3 видно, что элементы равномерно распределяются по глубине покрытия и полностью закрывают подложку. В области соприкосновения пленки с поверхностью образца происходит перемешивание элементов покрытия и подложки, что свидетельствует об образовании химических связей покрытия с подложкой.

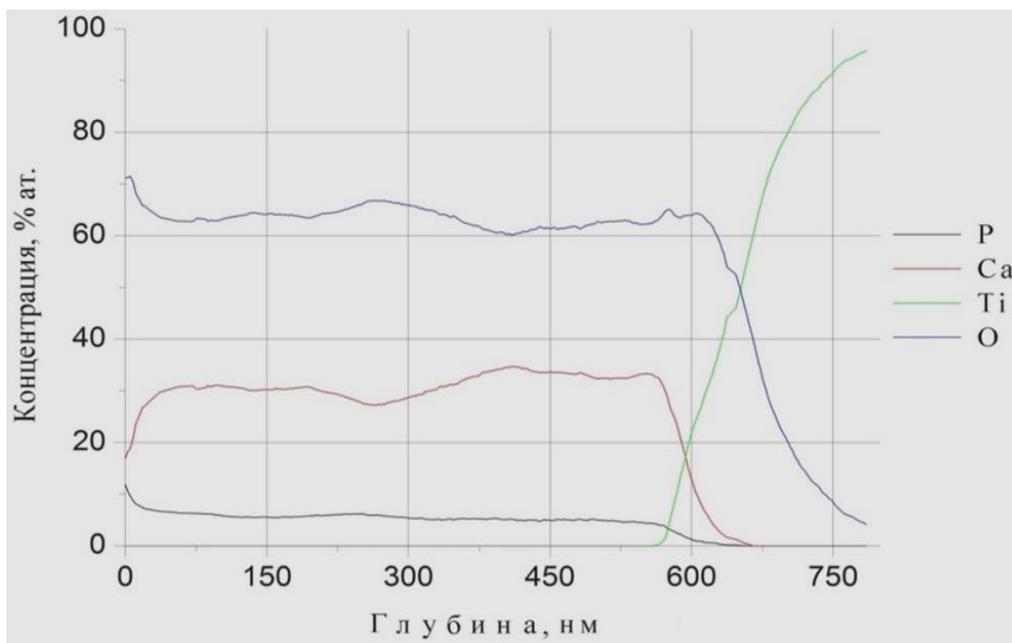


Рис. 3. Профили концентрации основных элементов по толщине КФ покрытий

На дифрактограммах присутствуют рефлексы при $25,89^{\circ}$ (002), $34,05^{\circ}$ (202), $49,47^{\circ}$ (213), соответствующие ГА (рис. 4) [13]. Рентгенограмма ГА мишени и полученного покрытия, показывает наличие пиков $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ и $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)(\text{OH})$ и CaO .

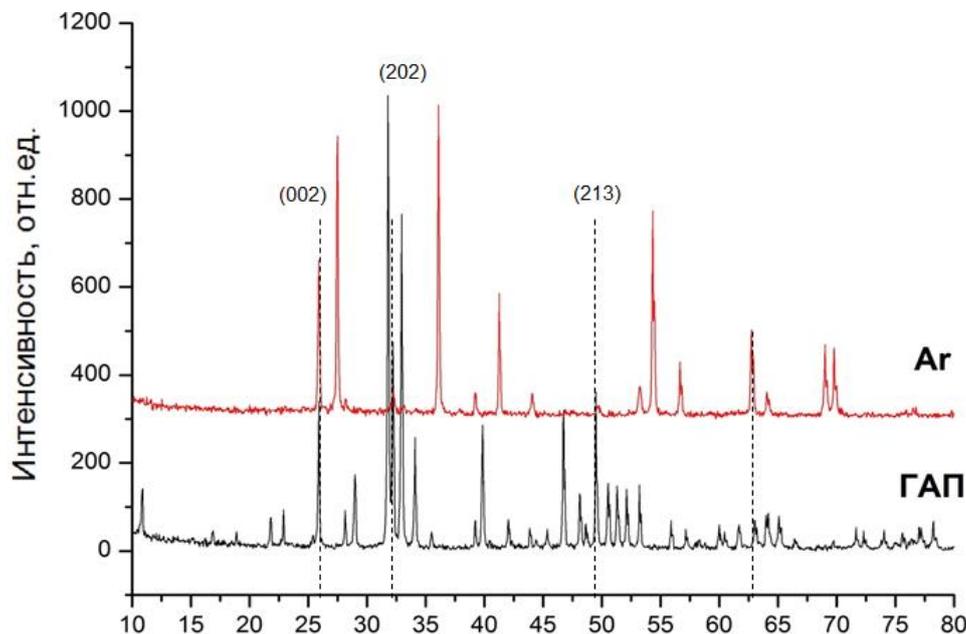


Рис. 4. Рентгеновские дифрактограммы ГА мишени и КФ покрытия, сформированного в атмосфере аргона

Дифракционные линии, соответствующие ГА, смещаются в сторону больших углов, а величина межплоскостных расстояний уменьшается, что свидетельствует, по-видимому, о взаимодействии с титановой подложкой с образованием – трикальцийфосфата (ТКФ) и оксида титана. Таким образом, в результате использования ВЧМР метода на поверхности получены КФ покрытия близкие по фазовому составу к ГА.

На рисунке 5 представлены ИК-спектры ГА мишени и КФ покрытия, сформированного при мощности плазмы 200 Вт. Проведено сравнение ИК спектров мишени и покрытия.



Рис. 5. Инфракрасные спектры ГА мишени и КФ покрытий, сформированных в атмосфере аргона

Оба спектра характеризуются наличием полос OH^- групп: O-H валентных колебаний в области $3570\text{...}3730\text{ см}^{-1}$ и при $3000\text{...}3600\text{ см}^{-1}$ валентных колебаний OH^- групп, участвующих в водородной связи; наличием интенсивных полос поглощения в области $1030\text{...}1140$ и $930\text{...}990\text{ см}^{-1}$, относящихся к валентным колебаниям связей P-O в фосфатной группе, соответственно, полосы в области $520\text{...}660$ и $410\text{...}490\text{ см}^{-1}$ отвечают деформационным колебаниям связей P-O в фосфатной группе [14].

В результате, полученные при оптимальных условиях осаждения покрытия согласно элементному составу состоят из Ca, P, O. Использование метода ВЧМР позволяет получать КФ покрытия близкие по фазовому составу к ГА. ИК спектры покрытий показали наличие полос поглощения OH^- групп и связей P-O в фосфатной группе. ВЧ-магнетронного распыления хорошо подходит для обработки поверхности эндопротезов из титановых сплавов, для улучшения их сращивания с костной тканью.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Jin S., Zhang Y., Wang Q., Zhang D., Zhang S. Influence of TiN coating on the biocompatibility of medical NiTi alloy // *Colloids Surf B Biointerfaces*. – 2013. – V. 101. – P. 343-349.
- [2] Волков Е.А. Разработка, экспериментальное и клиническое обоснование применения минерализующих средств в комплексном лечении больных с патологией твердых тканей зубов. Автореф. дис. д-ра мед.наук. М., 2007. - 24 с.
- [3] Su Y., Li K., Zhang L., Liu S., Yuan Y., He S. Calcium phosphorus bio-coating on carbon/carbon composites: Preparation, shear strength and bioactivity // *Applied Surface Science*. – 2017. – V. 419. – P. 503-511.
- [4] Bingbing Zh., Yifan L., Hanlin L., Chao Zh. Investigation of the crystallinity of suspension plasma sprayed hydroxyapatite coatings // *Journal of the European Ceramic Society*. – 2017. – V. 37, Issue 15. – P. 5017-5021.
- [5] Mamaeva A.A., Kenzhegulov A.K., Panichkin A.V., Kalipekova M.A. Obtaining calcium-phosphate coatings on titanium substrate under conditions of micro-arc oxidation // *Complex use of mineral resources*. – 2017. – №2. – P. 33-40.
- [6] Мамаева А.А., Паничкин А.В., Калипекова М.А., Кенжегулов А.К., Бахытулы Н., Получение кальций-фосфатных покрытий на титановой подложке в условиях микродуговой обработки // *Industry 4.0. Scientific Proceedings*. – Болгария, 2016. – Т. 27/213. – С. 116-119.
- [7] Zamoum O., Thibault S., Regnie G., Mecherri M O., Fiallo M., Sharrock P. Macroporous calcium phosphate ceramic implants for sustained drug delivery // *Mater Sci Eng*. – 2011. – V. 289. – P. 1352.
- [8] Штанский Д.В., Глушакова Н.А., Башкова И.А., Харитоновна М.А., Мойжес Т.Г., Швейко А.Н., Кирюханцев Корнеев Ф.В., Петрижик М.И., Левашов Е.А., Rossi F. Новые биосовместимые покрытия трибологического назначения для медицины // *Известия вузов. Сер. Цветная металлургия*. – 2004. – № 6. – С. 66-74.

[9] Euler A., Santosa M., Simona V., Mateescu M., Faerber J., Acosta M., Pelletier H., Anselme K. Physical-chemical and biological behavior of an amorphous calcium phosphate thin film produced by RF-magnetron sputtering // *Materials Science and Engineering: C*. – 2012. – V. 32, Issue 7. – P. 2086-2095.

[10] Surmeneva M.A., Mukhametkaliyev T.M., Tyurin A.I., Teresov A.D., Koval N.N., Pirozhkova T.S., Shuvarin I.A., Shuklinov A.V., Zhigachev A.O., Oehr C., Surmenev R.A., Effect of silicate doping on the structure and mechanical properties of thin nanostructured RF magnetron sputter-deposited hydroxyapatite films // *Surface & Coatings Technology*. – 2015. – V. 275. – P. 176-184.

[11] Surmeneva M.A., Chaikina M.V., Zaikovskiy V.I., Pichugin V.F., Bucke V., Prymak O., Eppel M., Surmenev R.A. The structure of an RF-magnetron sputter-deposited silicate-containing hydroxyapatite-based coating investigated by high-resolution techniques // *Surface and Coatings Technology*. – 2013. – V. 218. – P. 39-46.

[12] ГОСТ 9.407-84. Покрyтия лакокрасочные. Метод оценки внешнего вида. – Введ 1985-01-07. – М.: Стандартинформ, 1985. – 8 с.

[13] Variola F., Brunski J.B., Orsini G., Tambasco de Oliveira P., Wazen R., Nanci A. // *Nanoscale* – 2011. – V. 3. – P. 335.

[14] Powder Diffraction File (inorganic phases). Swarthmore: Joint Committee on Powder Diffraction Standards (JCPDS #09-432), 1970.

[15] Kunkun Zh., Xiao G., Dongning H., Bin L., Desheng J., Puwang L., Zheng P. and Yongyue L. Adsorption of Ponceau 4R from aqueous solutions using alkali boiled Tilapia fish scales // *RSC Adv*. – 2013. – №3. – P. 25221-25230.

Кенжегулов А.К., Мамаева А.А., Паничкин А.В.

ЖЖ магнетронды тозандандыру әдісімен алынған кальций-фосфаттық жабындыларды зерттеу

Түйіндеме: Жоғары жиілікті магнетрондық тозандандыру әдісімен маркасы VT1-0 болатын титандық төсеніштің бетіне кальций-фосфаттық жабындылар алынды. Жасалған зерттеулердің нәтижесінде кальций-фосфаттық жабындыларды алудың параметрлері анықталды және белгіленді. Гидроксипатиттік нысананы жоғары жиілікті магнетрондық тозандандыру нәтижесінде алынған кальций-фосфаттық жабындылардың морфологиясы, фазалық және химиялық құрамы сипатталды.

Түйінді сөздер: кальций-фосфаттық жабындылар, гидроксипатит, жоғары жиілікті магнетрондық тозандандыру, титан.

Kenzhegulov A.K., Mamayeva A.A., Panichkin A.V.

Investigation of calcium-phosphate coatings obtained by HF magnetron sputtering

Summary: Calcium-phosphate coatings on a VT1-0 titanium substrate were obtained by the method of high-frequency magnetron sputtering. As a result of the research, the parameters for obtaining calcium phosphate coatings were established and determined. The morphology, phase and chemical composition of the coating resulting from the high-frequency magnetron sputtering of a hydroxyapatite target are described.

Keywords: calcium-phosphate coating, hydroxyapatite, high-frequency magnetron sputtering, titanium.

UDK677.072.35

R.T. Kaldybaev, G.Yu. Kaldybaeva, Z. Tolesh

(M. Auezov South Kazakhstan State University Shymkent Republic of Kazakhstan)

INVESTIGATION OF QUALITY INDICATORS BY BICOMPONENT AND COTTON STRETCH NEEDS

Abstract. In the spinning industry, a method of joining is used to straighten the roving in a linear density (thickness). The advantage of straightening in this way is the simplicity of the process and the possibility of rectifying the structural unevenness of the product. But this method, like other methods of straightening, has its drawbacks. In the process of stretching a thickened product, a short irregularity occurs.

Automatic straightening according to the product's linear density does not have a single drawback indicated in the connection. The essence of straightening rovings in linear density in the tensile device is to increase the tension at the entrance of a thick roving and reduce the stretching at the entrance of a short roving to obtain an even roving.

To reduce the stretching, it is sufficient to reduce the speed of one of them. Straightening stretching should ensure the yield of the product from the tensile device with a constant linear density.

When comparing the indicators of mixed and cotton fiber, the parameters of the mixed spun yarn are improved when combined with silk fibers with uniform basic parameters.

Keywords: silk, cotton, physical and mechanical properties, strength, mixing, quality, compound.

Р.Т. Қалдыбаев, Г.Ю. Қалдыбаева, Ж. Төлеш
(M. Auezov South Kazakhstan State University Shymkent Republic of Kazakhstan
Rashid_cotton@mail.ru. gkaldybaeva@mail.ru)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА БИКОМПОНЕНТНОЙ ШЕЛКОВОЙ И ХЛОПКОВОЙ ПРЯДЕНОЙ НИТИ

Аннотация. В прядильной промышленности для выпрямления ровницы по линейной плотности (толщине) используется способ соединения. Преимуществом выпрямления данным способом является простота процесса и возможность выпрямления структурной неровности продукта. Но данный способ, как и другие способы выпрямления, имеет свои недостатки. В процессе растяжения утолщенного продукта возникает кратковременная неровность.

Автоматическое выпрямление по линейной плотности продукта не имеет ни одного недостатка, указанных в соединении. Суть выпрямления ровниц по линейной плотности в приборе растяжения заключается в увеличении растяжения при входе толстой ровницы и уменьшении растяжения при входе короткой ровницы с целью получения ровной ровницы.

Для уменьшения растяжения достаточно уменьшить скорость одной из них. Выпрямление растяжения должно обеспечивать выход продукта из прибора растяжения с постоянной линейной плотностью.

При сопоставлении показателей смешанной и хлопкового волокна, показатели смешанной пряденой нити улучшаются при соединении с шелковым волокном с равномерными основными показателями.

Ключевые слова: шелк, хлопок, физико-механические показатели, прочность, смешивание, качество, соединение.

Соединением в прядильной промышленности называется процесс приведения двух или более одинаковых или схожих продуктов в единый продукт[1,2].

Целью соединения является выпрямление, то есть уменьшение неровности продукта по структуре, составу и толщине.

В ходе процесса соединения продукты, соединяемые по содержанию, толщине, структуре и другим показателям соединяются в различных комбинациях, в результате чего они выпрямляются в определенной степени. Соединение также преследует иную цель. Оно дает возможность дополнительного растяжения продукта для лучшего выпрямления. При соединении с увеличением толщины продукта можно выполнить дополнительное растяжение волокон. Но процесс соединения как способ выпрямления имеет ряд недостатков[3,4].

Первый недостаток заключается в том, что с увеличением числа соединений в длинных отрезках уменьшается неровность, но увеличивается толщина продукта, в результате для его утончения необходимо провести дополнительное соединение[5].

Если для улучшенного выпрямления волокон не требуется подобное растяжение, то в данном случае растяжение считается лишним, и дает дополнительную неровность. А это в свою очередь уменьшает эффективность выпрямления от соединения[6,7].

Поэтому число соединений и связанным с ним растяжением, а также количество технологических соединений выбираются для каждого случая, по требованиям к полуфабрикату и пряденой нити, а также степени неровности продукта при дополнительной неровности при растяжении[8].

Второй недостаток заключается в ограниченности продуктивности при использовании соединения. Число соединений неровностей уменьшается обратно пропорционально квадратному корню. Невозможно безгранично увеличивать количество соединений на одной машине[9].

Третий недостаток заключается в том, что данный процесс не может обеспечивать среднюю линейную плотность выходящего продукта.

Изменение неровности при соединении и объединенном растяжении связано с последовательностью данных процессов. При выполнении растяжения а потом соединения продуктивность выпрямления будет выше. В данном случае встречаются полуфабрикаты с объединением имеющейся неровности по выравниванию соединения с неровностью от дополнительного растяжения[10,11].

Данные процессы выполняются на ровничной машине в данной последовательности. На горизонтальной поверхности ровницы натягиваются с обеспечителей, и при растяжении на приборе растяжения через передние пары выхода с отдельных прядей формируется новый продукт ровница[12,13].

На приборе растяжения волокна выпрямляются и становятся параллельными. Выпрямление выполняется под влиянием силы растяжения. При проходе волокон через прибор растяжения их передние концы входят переднюю зону зажима. На них влияет сила трения, возникающая в результате воздействия с быстро передвигающимися волокнами или при соприкосновении с поверхностью переднего цилиндра и валика [14,15].

Большая часть задних концов волокон находится в окружении волокон,двигающихся со скоростью меньше V_1 . Таким образом, на протяжении определенного времени задние и передние концы волокон двигаются с различной скоростью, и волокна выпрямляются.

При этом прицепленные к передним парам волокна двигаются перпендикулярно оси цилиндра. Значит, с выпрямлением волокон также они становятся параллельными.

В зависимости от переходов коэффициент выпрямления натуральных волокон равен 0,56-0,85.

Расчёт относительной силы разрыва пряденой нити, производимой из смеси волокон.

Относительная сила разрыва пряденой нити, производимой из нескольких компонентов, может быть определена по формуле, предложенной А.А.Синициным.

$$P_{осм} = P_{01} \cdot \alpha_1 + P_{02} \cdot \alpha_2 + \dots + P_{0n} \cdot \alpha_n \quad (1)$$

Где $P_{осм}$ – относительная сила разрыва;

$P_{01}, P_{02}, \dots, P_{0n}$ – относительная сила разрыва пряденой нити, производимой из отдельных компонентов;

$\alpha_1, \alpha_2 \dots \alpha_n$ – доля каждого компонента в смеси.

Для определения относительной силы разрыва пряденой нити А.Н.Ванчиков предложил простой, но эффективный на практике способ расчёта. Относительная сила разрыва пряденой нити,

производимой из нескольких компонентов, может быть вычислена по следующей формуле:

$$P_{осм} = P_{осон} \cdot K_{осм} \quad (2)$$

Где $P_{осм} = P_1 P_{ов1} + h_2 P_{ов2}$ – относительная сила разрыва средневзвешенной смеси.

$K_{осм}$ – коэффициент использования силы разрыва волокон смеси.

При сопоставлении дольной погрешности количества компонентов по весу пряденой нити с долей количества компонентов по числу волокон в пряденой нити при близком расстоянии перемешиваемых волокон их длина не является существенной. Линейная плотность волокон варьируется от 167 до 370 мтекс.

При сопоставлении показателей смешанной и хлопкового волокна, показатели смешанной пряденой нити улучшаются при соединении с шелковым волокном с равномерными основными показателями.

При расчёте смеси данного сырья сила разрыва хлопка составила 4,3 сН, волокна шелка 5,7 сН. В смеси используется 85% хлопкового и 15% шелкового волокна.

Полученные результаты дают возможность получить хлопково-шелковую пряденую нить путем перемешивания 15% шелковых счёсов второго перехода прядильной промышленности и 85% хлопкового волокна 2-сорта.

Проверка качества хлопково-шелковой пряденой нити проводилась в лаборатории сертификации при Ташкентском институте текстильной и легкой промышленности.

Сопоставление характеристик качества хлопково-шелковой пряденой нити и чистой хлопковой пряденой нити приведено в таблице 1.

Таблица 1. Показатели качества хлопково-шелковой пряденой нити и беспримесной хлопковой пряденой нити

Показатели качества	Хлопково-шелковая пряденая нить		Чистая хлопковая нить
	Пневмопрядение	Кольцевое прядение	
Линейная плотность, текс	17,7	20,2	20,0
Сила разрыва, сН/текс	6,64	8,46	6,22
Растяжение при разрыве, %	4,9	7,2	6,7
Количество кручений, бр/м	728	757,6	847
Коэффициент вариации при кручении	5,5	1,3	1,5

Анализ таблицы 1 показывает, что при одинаковой линейной плотности относительная сила разрыва хлопково-шелковой пряженной нити выше на 36% чем у беспримесной хлопковой нити. Растяжение при разрыве хлопково-шелковой пряженной нити составила 7,2%, у беспримесной хлопковой нити оно равно 6,7%.

Вывод:

Высокие характеристики прочности натурального шелка приводят к улучшению физико-механических показателей хлопково-шелковой пряженной нити. Этого добились лишь при добавлении 15% волокнистых отходов натурального шелка.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Туйчиев Ж.С. Разработка технологии переработки отходов шелкопрядения для производства шелковой пряжи высоких линейных плотностей. //Научно-технический журнал «Ипак».2003. - №1-2.- С. 30-31.
- [2] Жуманиязов К., Каримов Ю.А., Бурнашев И.З. Алимова Х.А. Использование отходов шелка (ватысдира) в текстильном производстве// Труды международной научно-технической конференции «Прогресс-2001» Иваново -2001.- Т1.- С.135-138
- [3] Джанпаизова В.М., Ташменов Р.С., Мырхалыков Ж.У., Калдыбаева Г.Ю., Аширбекова Г.Ш. Возможности производства пряжи больших линейных плотностей из отходов с использованием высокопроизводительного безверетенного роторного способа прядения//Журнал Изв. Вузов. Технология текстильной промышленности. - Иваново.- 2015.- № 1, (355) - С.69-72
- [4] Усмонова Ш.А. Совершенствование технологии подготовки сырья для получения равномерных окрасок шелка. //Дисс.канд.техн.наук. Ташкент.- 2011.-С.95-102
- [5] Калдыбаева Г.Ю., Калдыбаев Р.Т., Серикулы Ж. Сравнительный анализ показателей качества хлопково-шелковой и хлопковой пряженной нитей// Известия вузов, Технология текстильной промышленности. - Иваново.- 2017.- №4 (369) С.131-134.
- [6] Калдыбаев Р.Т., Калдыбаева Г.Ю., Серикулы Ж.Исследование особенностей производства бикомпонентной хлопково-шелковой пряженной нити из второстепенных волокнистых отходов // Известия вузов, Технология текстильной промышленности. - Иваново.- 2017.- №4 (369) С. 144-147.
- [7] Калдыбаев Р.Т., Калдыбаева Г.Ю., Тасыбаева Ш.Б., Пономаренко Е.В. Разработка технологии прядения хлопково-шелковой нити // Известия вузов, Технология текстильной промышленности. - Иваново.- 2017.- №4 (369) С. 148-151.
- [8] Джанпаизова В.М., Тогатаев Т.У., Ботабаев Н.Е., Оценка физико-механических свойств пряжи, выработанной на кольцевой прядильной машине// Известия вузов, Технология текстильной промышленности. - Иваново.- 2017.- №4 (369) С. 127-131.
- [9] Джанпаизова В.М., Мырхалыков Ж.У., Ташменов Р.С. Возможности улучшения качества пряжи путем рассортировки волокон хлопка. //Журнал Изв. Вузов. Технология текстильной промышленности. - Иваново. - 2016.-№ 3, (363) - С. 107-111.
- [10] Калдыбаева Г.Ю., Елдияр Г.К., Бейсенбаева Ш.К.Исследование натяжения нити шелка –сырца для формирования ассортиментной структуры современного текстильного предприятия// Международный научный журнал "Наука и мир". - 2016.- Т.1. - №5(33).- С.37-40.
- [11] Калдыбаев Р.Т., Мырхалыков Ж.У.Исследование возможности безотходной переработки волокон в пряжу //Международный научный журнал «Наука и Мир». 2017.- Т.1.- № 2 (42),
- [12] Калдыбаев Р.Т., Мырхалыков Ж.У.Исследование свойств регенерированного прядомого волокна для производства пневмомеханической пряжи высокого качества // Международный журнал «Zhanstvena Misel». Словения. 2017.- №2.С.24-27
- [13] Кузьмин В. В. Математическое моделирование технологических процессов: учебник для вузов/ В. В. Кузьмин[и др.]. Москва: Высшая школа, 2008. 279 с.
- [14] Мартынова, А.А. Технология изготовления тканей: учебник для нач. проф. образования / А. А. Мартынова, О. Ф. Ятченко, А. В. Васильев. - М. : Академия, 2007. - 304 с.
- [15] Кузьмин В. В. Математическое моделирование технологических процессов: учебник для вузов/ В. В. Кузьмин[и др.]. Москва: Высшаяшкола, 2008. 279 с.

Қалдыбаев Р.Т., Қалдыбаева Г.Ю., Төлеш Ж.

Бикомпонентті және мақта иірілген жіптердің сапа көрсеткіштерін зерттеу

Түйіндеме. Бұл мақалада мақта-жібек иірілген жіп және қоспасыз мақта иірілген жіп сапасының көрсеткіштерін зерттеу жүргізіледі.

Аралас және мақта талшығының көрсеткіштерін салыстыру кезінде аралас иірілген жіптің көрсеткіштері жібек талшығымен біркелкі негізгі көрсеткіштермен қосылған кезде жақсарады. Алынған нәтижелер иіру өнеркәсібінің екінші көшуінің 15% жібек шаштарын және 2-сұрыпты мақта талшығының 85% араластыру жолымен мақта-жібек жірілген жіп алуға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: жібек, мақта, физика-механикалық көрсеткіштері, беріктігі, араластыру, сапасы, қосылу

Kaldybayev R.T., Kaldybayeva G.Yu., Tolesh Z.

Investigation of quality indicators by bicomponent and cotton stretch needs

Summary. In this article, we study the quality indicators of a cotton-silk spun yarn and a pure cotton spun yarn

When comparing the indicators of mixed and cotton fiber, the parameters of the mixed spun yarn are improved when combined with silk fibers with uniform basic characteristics. The obtained results make it possible to obtain a cotton-silk spun yarn by mixing 15% of the silk scrapes of the second transition of the spinning industry and 85% of cotton fiber of the 2-grade .

Key words: silk, cotton, physical and mechanical properties, strength, mixing, quality, connection.

УДК 621.186.3

N. Zhumanbayeva, B. Balbekova

(Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan

E-mail: nazg22@mail.ru)

**WELDED JOINTS FEATURES AND STEEL PROPERTIES
OF MARTENSITIC AND PEARLITIC CLASSES**

Abstract. The steels used for the manufacture of pipes of steam pipes transporting high-temperature steam are considered.

Pipelines of high and ultrahigh pressure are manufactured according to special technical conditions from steel 20, 12MX, 15MX, 12X1MФ, 15X1M1Ф. For the formation of the optimal structure of heat-resistant steels of the martensitic class, strict adherence to the heat treatment regime and the subsequent extremely careful attitude to technological operations associated with thermal effects on the metal is required.

On this basis, special attention was paid to the development and industrial development of the technology of welding elements of power equipment made of steel grade P91 (X10CrMoVNb9-1), P92 (X10CrWMoVNb 9-2). These steels are widely used as structural materials for elements of steam pipeline and boiler equipment of thermal power plants and made it possible to increase the operating temperature of steam to 620°C. Welded joints of steel of type P91 with steels of austenitic class (type X18H10T, etc.) should be made with high-nickel filler materials with a nickel content of at least 45%. Welding of dissimilar joints of steel of type P91 with steels of pearlitic or austenitic class should be carried out with preliminary and accompanying heating. Requirements for heating modes for parts made of steel of type P91 must comply with the requirements established for uniform welded joints of steel P91.

Key words: thermal energy, steamline, steel type P91, heat-resistant steel, welded joints.

Н. Жуманбаева, Б. Балбекова

(Карагандинский государственный технический университет, Караганда, Казахстан

E-mail: nazg22@mail.ru)

**ОСОБЕННОСТИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И СВОЙСТВА СТАЛЕЙ
МАРТЕНСИТНОГО И ПЕРЛИТНОГО КЛАССОВ**

Аннотация. Рассматриваются стали, применяющиеся для изготовления труб паропроводов, транспортирующих пар высокой температуры.

Трубопроводы высокого и сверхвысокого давления изготавливаются по специальным техническим условиям из сталей 20, 12MX, 15MX, 12X1MФ, 15X1M1Ф. Для формирования оптимальной структуры жаропрочных сталей мартенситного класса требуется четкое соблюдение режима термической обработки и последующее крайне внимательное отношение к технологическим операциям, сопряженным с тепловым воздействием на металл.

Исходя из этого, особое внимание было уделено разработке и промышленному освоению технологии сварки элементов энергетического оборудования из стали марки P91 (X10CrMoVNb9-1), P92 (X10CrWMoVNb9-2). Указанные стали нашли широкое применение в качестве конструкционных материалов элементов паропроводного и котельного оборудования ТЭС и обеспечили возможность повышения рабочей температуры пара до 620°C. Сварные соединения сталей типа P91 со сталями аустенитного класса (типа X18H10T и др.) следует выполнять высоконикелевыми присадочными материалами с содержанием никеля не менее 45%. Сварка разнородных соединений сталей типа P91 со сталями перлитного или аустенитного класса должна выполняться с предварительным и сопутствующим подогревом. Требования к режимам подогрева детали из сталей типа P91 должны соответствовать требованиям, установленным для однородных сварных соединений стали P91.

Ключевые слова: тепловая энергетика, паропроводы, сталь типа P91, жаропрочная сталь, сварные соединения.

Тепловая энергетика – динамично развивающаяся отрасль на протяжении последних 80 лет. КПД тепловых станций за этот период вырос с 10 до 60 %, что позволяет достигать сразу две цели – снизить удельный расход топлива на производство 1 кВт·ч электроэнергии и улучшить экологические показатели энергоблоков, включая сокращение выбросов, создающих так называемый «парниковый эффект». В соответствии с термодинамикой, термический КПД тепловых электростанций повышается за счёт увеличения температуры и давления пара. В свою очередь, освоение более высоких параметров пара во всем мире сопровождалось разработкой и внедрением новых конструкционных материалов.

В данной статье был проведен литературный обзор особенностей сварных соединений и свойств сталей применяемых в паропроводах.

Металл элементов паровых и водогрейных котлов и трубопроводов работает в разнообразных и в ряде случаев тяжелых условиях. Внутреннее давление и дополнительные усилия, вызванные массовыми нагрузками, тепловыми расширениями и рядом других трудно учитываемых факторов, приводят к тому, что элементы котлов работают в сложнапряженном состоянии. Трубы поверхностей нагрева омываются горячими топочными газами с одной стороны, паром и водой – с другой стороны. В современных паровых котлах пар перегревается до 545-570°C. Температура металла труб поверхностей нагрева существенно выше температуры пара на выходе из котла. Это определяется неравномерной раздачей пара по змеевикам и неравномерным обогревом труб газами, а также неизбежным перепадом температур между наружной обогреваемой и внутренней охлаждаемой поверхностями труб и теплоносителем. Металл при высоких температурах снижает прочность, возникают новые явления которые не наблюдаются при комнатной температуре (20°C) металл начинает накапливать пластическую деформацию при относительно низких напряжениях, снижаются его пластические свойства при длительном нагружении, ухудшается структура. А на его поверхности интенсивно протекают коррозионные процессы. На внутренних поверхностях труб котла, барабанов камер и трубопроводов протекает коррозия в воде или паре, происходит образование отложений, забивание гибов труб поверхностей нагрева продуктами коррозии. При этом ухудшается теплообмен, так как слой оксидов, обладающий низкой теплопроводностью вносит добавочное термическое напряжение. На теплоэлектроцентралях нашей страны для труб паропроводов, пароперепускных труб и коллекторов применяются перлитные стали марок 20, 12MX, 15MX, 12X1MФ, 15X1M1Ф. Состав этих сталей подвержен значительным колебаниям и часто не соответствует нормативной документации. В процессе длительной эксплуатации при высоких температурах (>450°C) структура стали претерпевает изменения. При эксплуатации паропроводов высоких, сверхвысоких и сверхкритических параметров пара происходят изменения в строении как ферритной, так и перлитной составляющих. Карбиды перлита имеющие в исходном состоянии пластинчатую форму, превращаются постепенно в округлые частицы-сфероиды [1].

Условия работы современных энергетических комплексов выдвигают требования прочности и стойкости конструкционных материалов в широком диапазоне температур. Стремление авторов машин поднять рабочие давления, скорости и температуры, уменьшить массу изделий, приходящуюся на единицу создаваемой или передаваемой мощности, определило тесное взаимодействие работоспособности агрегатов от достижений материаловедения.

Выход на параметры для высокого (14 МПа, 570°C) и сверхкритического (25МПа, 560°C) давления стал возможным благодаря внедрению низколегированных теплоустойчивых хромомолибденованадиевых сталей перлитного класса марок 12X1MФ и 15X1M1Ф для пароводяных систем, а для пароперегревателей котлов с температурой до 620°C использованы высоколегированные стали аустенитного класса типа 12X18H12T [2]. Температура 560°C практически является максимально допустимой для трубопроводов из стали 15X1M1Ф с учетом требований обеспечения надежности,

безопасности, оптимизации объемов и сроков контроля состояния металла и ремонта. Практический опыт эксплуатации данной марки стали при температурах выше 560-565°C отсутствует.

Качественный скачок в мировой энергетике на параметры 600- 620°C и 26-30МПа стал возможен благодаря созданию высокожаропрочных высокохромистых сталей мартенситно-ферритного класса. В импортных сталях это марки P-91 (X10CrMoVNb 9-1) и P-92 (X10CrWMoVNb 9-2) Европейского союза и США [3].

В России была разработана подобная P-91 сталь – 10X9МФБ (ДИ-82) с разрешенной температурой 600 °С [4]. В последние годы на базе стали ДИ-82 создана сталь марки 10X9В2МФБР, дополнительно легированная вольфрамом с температурой применения 620-630°C [5, 6]. Эта сталь считается аналогом P-92. На базе этой стали в ЦНИИТ-маше разработана высокохромистая сталь с легированием кобальтом 10X9К3В2МФБР и температурой использования до 650°C [5].

Для температур свыше 560°C наиболее эффективно использовать хромистые жаропрочные стали X10CrMoVNb9-1 (P91) и 10X9МФБ (ДИ 82-Ш), так как температура их эксплуатации находится в пределах 600-610°C. Эти стали имеют высокие прочностные характеристики, не ухудшающиеся со временем, и высокое сопротивление ползучести. При сравнении с теплоустойчивыми хромомолибденовыми сталями применение хромистых жаропрочных сталей в данном диапазоне температур обеспечивает снижение толщины и весовых характеристик трубных элементов на 30-60% с одновременным увеличением срока службы и снижением затрат на контроль состояния элементов паропроводов.

Использование стали P91 для трубопроводов ТЭЦ и ТЭС позволит уменьшить типоразмеры труб с 377x50 мм и 530x25 мм до 355,6x40 мм и 508x17,5 мм, соответственно. Общее снижение веса трубопроводов составляет примерно 26%. В условиях резких изменений температур пара более тонкие стенки трубных элементов имеют меньший температурный градиент, и поэтому требуется меньше времени для выравнивания температуры, вследствие чего они менее склонны к повреждениям, вызванным тепловой усталостью [7].

Однако до сих пор в Казахстане отсутствуют нормативные документы, определяющие порядок проведения работ по сварке, термообработке и контролю качества при монтаже стационарных трубопроводов, трубопроводов в пределах котла из стали P91. Сталь P91 не терпима к изменениям в ее микроструктуре, которые могут возникнуть в процессе проведения сварочных работ, поэтому операции предварительного подогрева, поддержания температуры между проходами и ТО после сварки очень критичны для нее. Независимо от толщины стенки свариваемых деталей все сварные швы на сталях типа P91 должны выполняться с предварительным и сопутствующим подогревом и подвергаться термообработке после сварки. Рекомендуемым методом подогрева при сварке является радиационный электроподогрев. Индукционный подогрев является равноценным при условии обеспечения плавного спада тока при отключении, предотвращающего возникновение остаточной намагниченности. При разработке технологии подогрева следует избегать резких перепадов температур по толщине стенки и в пределах площади нагрева и связанных с ними температурных напряжений. Разница температур на наружной и внутренней поверхностях труб не должна превышать 50-80°C в зависимости от толщины стенки деталей. Все операции термического цикла сварки и термообработки должны выполняться с тщательным контролем температуры поверенными приборами и соблюдением установленного температурного режима, так как и превышение, и занижение температуры может быть причиной образования трещин в сварных швах или недопустимого изменения свойств основного металла или металла шва, в частности, отступлений по твердости и характеристикам длительной прочности.

Для сварных соединений сталей типа P91 со сталями перлитного класса, такими например, как стали 10X2М, 12X1МФ и другие, должны выбираться присадочные материалы, рекомендованные для однородных сварных соединений менее легированной перлитной стали. Сварные соединения сталей типа P91 со сталями аустенитного класса (типа X18Н10Т и др.) следует выполнять высоконикелевыми присадочными материалами с содержанием никеля не менее 45%.

Сварка разнородных соединений сталей типа P91 со сталями перлитного или аустенитного класса должна выполняться с предварительным и сопутствующим подогревом. Требования к режимам подогрева детали из сталей типа P91 должны соответствовать требованиям, установленным для однородных сварных соединений стали P91.

Сварные соединения сталей типа P91 со сталями перлитного класса требуют проведения термоотдыха непосредственно после сварки, если предстоит разрыв по времени с термообработкой.

При этом проведение операции «подстуживания» не требуется. Режимы термоотдыха должны соответствовать режимам выполнения однородных сварных соединений сталей типа P91.

Разнородные сварные соединения стали P91 подлежат обязательной термообработке. Режим термообработки сталей типа P91 со сталями перлитного класса (10X2M, 12X1MФ):

- температура отпуска 725-745°C;
- продолжительность выдержки 2-3 ч.

Режим термообработки стали P91 с приваренными деталями из аустенитных хромоникелевых сталей должен выбираться исходя из необходимости предотвращения образования хрупких диффузионных прослоек по зоне сплавления разнородного соединения в условиях возникновения дополнительных напряжений, вызванных различием коэффициентов линейного расширения свариваемых материалов. По этой причине отпуск должен быть по возможности кратковременным, но не менее продолжительности выдержки в 0,5 ч, а температура отпуска должна назначаться равной 725-745°C. Данный отпуск предназначен для снижения твердости околошовной зоны со стороны стали P91 и снижения уровня остаточных сварочных напряжений.

С учетом особенностей технологии сварки конструкций из сталей типа P91 в объем контроля должны быть включены:

- контроль проникающими жидкостями и/или магнитопорошковая дефектоскопия;
- контроль твердости металла шва.

В сварных соединениях с полным проплавлением визуально-измерительный контроль должен проводиться как с наружной, так и внутренней поверхности сварных швов. При ограниченной доступности обратной поверхности швов, не подвергающихся радиографии или УЗК, для осмотра технологический процесс контроля должен предусматривать использование дополнительных технических средств, например:

- видеоскопов;
- волоконнооптических устройств наблюдения в труднодоступных местах.

В этом случае можно ограничиваться только визуальными контролем с оценкой качества только на предмет отсутствия непроваров в корневом слое шва и качества защиты обратной поверхности.

Радиографический и/или ультразвуковой контроль стыковых сварных соединений труб должен проводиться в объеме 100%.

Капиллярная или магнитопорошковая дефектоскопия сварных соединений на сталях типа P91 должна проводиться в состоянии после термообработки в объеме 100%.

В виде исключения допускается уменьшение объема МПД до 10% на стыковых сварных соединениях приварки теплообменных труб диаметром до 2" (51 мм.) к штуцерам коллекторов, выполненных аргонодуговой сваркой. При этом в объем выборочного контроля должны быть включены крайние трубы, привариваемые к коллектору.

При этом, с целью более полного выявления дефектов на конструкциях, не прошедших окончательную термообработку, контроль рекомендуется проводить не ранее, чем через одни сутки после завершения сварочных работ с учетом возможности появления или раскрытия дефектов по механизмам [8].

Таким образом, обзор литературы свидетельствует о том, что применение стали P91 в отечественных ТЭЦ и ТЭС требует особого внимания к соблюдению технологических режимов сварки и послесварочной термической обработки сварных соединений, особенно на разных этапах изготовления трубопроводов. Особый контроль должен распространяться и на выполнение разнородных сварных соединений. Несмотря на широкое использование стали P91 в зарубежных странах, внедрение данной марки стали в отечественные ТЭЦ и ТЭС требует не только изучения и исследование свойств жаропрочных сталей мартенситного класса, но и освоение методик по неразрушающему контролю и диагностике.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Герасимов В.В., Переверзева О.В. Изменение структурных и механических характеристик жаропрочной стали при длительной эксплуатации в системах теплоэнергетических установок // Материаловедение. 2004. № 9. с. 39-44.

[2] Марочник сталей и сплавов / под ред. А.С. Зубченко. – М.: Машиностроение, 2001.

[3] Hold J. Microstructure and long-term creep properties of 9–12 % Cr steels // Intern. J. Pressure Vessels and Piping. 2008. V. 85. P. 30–37.

[4] Дуб А.В., Скоробогатых В.Н., Щенкова И.А. Новые жаропрочные хромистые стали для перспективных объектов тепловой энергетики // Теплоэнергетика. 2008. № 7. с. 53–58.

[5] Скоробогатых В.Н., Щенкова И.А., Козлов П.А. Опыт создания и промышленного освоения жаропрочных сталей для перспективного паропроводного и котельного оборудования // Сб. докл. науч.-техн. конф. «Ресурс, надежность и безопасность теплосилового оборудования электростанций». – М.: ОАО «ВТИ», 2011. с. 21–26.

[6] Резинских В.Ф., Пчелинцев А.В. Исследование служебных характеристик стали 10Х9В2МФБР-Ш // Теплоэнергетика. 2010. № 1. с. 31–36.

[7] Деменин М.Ф. Сварка трубопроводов из хромистой жаропрочной стали Р91 при строительстве энергоблока ПГУ-420 на ТЭЦ-16 // ООО «Тэк-Консалтинг» с.1-5.

[8] Технологическая рекомендация комбинированной сварки стыков труб мартенситного класса из стали Р91 (Х10СгМоVNb 9-1. 4903) утв. ООО «КВАРЦ Групп» 2015. с. 8-14.

Жұманбаева Н., Балбекова Б.

Мартенсит және перлит класты дәнекерленген қосылыстардың қасиеттері мен ерекшеліктері.

Түйіндемe: Бұл мақалада жылу энергетикасында қолданылатын ыстыққа төзімді болаттардың маркасы қарастырылады. Металға жылулық әсер ету барысында термиялық өңдеу және технологиялық операцияларға өте мұқият қарау шарттары қарастырылған. Ыстыққа төзімді хромды Р91 маркалы болатын 560°C жоғары температурада тиімді қолдануға болады. Бұл болаттар жоғары беріктігін уақыт өте келе де жоғалтпайды. Р91 болат маркасын жылу электр станциялары мен жылу электр орталықтарында пайдалану, құбырлар салмағын шамамен 26% -ға азайтуға мүмкіндік береді.

Шет елдерде Р91 болатының кең таралғандығына қарамастан, отандық ЖЭС мен ЖЭО-дағы осы болат маркасын енгізу тек мартенсит класының ыстыққа төзімді болаттарының қасиеттерін зерттеуді және зерттеуді ғана емес, сондай-ақ бұзылуды бақылау және диагностикалау әдістерін дамытуды талап етеді.

Түйінді сөздер: жылу энергиясы, бу парақтары, Р91 болат түрі, ыстыққа төзімді болат, дәнекерленген буындар.

Zhumanbayeva N., Balbekova B.

Welded joints features and steel properties of martensitic and pearlitic classes

Summary: This article discusses the grades of heat-resistant steels used in thermal energy. Conditions for heat treatment and the subsequent extremely careful attitude to technological operations associated with thermal effects on the metal. Chrome heat-resistant steel P91 is most effectively used at temperatures above 560°C. These steels have high strength characteristics that do not deteriorate with time. The use of steel R91 for pipelines of thermal power plants and thermal power plants will allow, reduce the weight of pipelines by about 26%.

Despite the widespread use of P91 steel in foreign countries, the introduction of this steel grade in domestic CHP and TPPs requires not only the study and study of the properties of heat-resistant steels of the martensitic class, but also the development of non-destructive testing and diagnostics techniques.

Key words: thermal energy, steamline, steel type P91, heat-resistant steel, welded joints.

УДК 658.5.011

A.B. Omarova, Zh.K. Tulemisova, A.E. Kaumenova, Zh.M. Suleimenova

(Kazakh national agrarian university, Almaty, Kazakhstan

E-mail: akonia-1989@mail.ru)

DEVELOPMENT OF REGULATORY TECHNICAL DOCUMENTS FOR THE PRODUCTION OF PROBIOTIC PRODUCTS

Abstract. The growing need for modern safe and effective medicines of domestic production is the main one to expand the range of medicinal products of natural, including microbial origin. This category of medicines includes probiotics, which for decades has been successfully used for the prevention and treatment of various diseases associated with the violation of the regulatory intestinal microflora and, as a consequence, immunity. In domestic medicine, general and individual medical and veterinary articles on this group of drugs are not available, as the production of probiotics in a choleric and liquid form has no analogues in the country. In foreign materials, monographs on probiotics are also not available. Thus, the development of regulatory documents that regulate the requirements for the production of probiotic drugs and methods for their quality testing is one of the most urgent tasks of our medicine.

Keywords. Probiotic preparations, regulations, standards, starter, lactic acid bacteria

А.Б. Омарова, Ж.К. Төлемісова, А.Е. Кауменова, Ж.М. Сүлейменова

РАЗРАБОТКА НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ ПРОИЗВОДСТВА ПРОБИОТИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ

Аннотация. Рост потребности в современных безопасных и эффективных лекарственных средствах отечественного производства является основным в расширении ассортимента лекарственных препаратов природного, в том числе микробного происхождения. К этой категории лекарственных средств относятся пробиотики, которые на протяжении многих десятилетий успешно применяются для профилактики и лечения различных заболеваний, связанных с нарушением нормативной микрофлоры кишечника и, как следствие этого процесса, иммунитета. В отечественной медицине общие и частные медицинские и ветеринарные статьи на данных группу препаратов отсутствуют, так как производство пробиотиков в сухом и жидком виде не имеет аналогов в стране. В зарубежных материалах монографии на пробиотики также не представлены. Таким образом, разработка нормативных документов, регламентирующих требования к производству пробиотических препаратов и методам их испытаний качества – одна из актуальнейших задач отечественной медицины.

Ключевые слова. Пробиотические препараты, нормативные документы, стандарт, закваска, молочнокислые бактерии

Приоритетным направлением современной промышленной микробиологии являются многоплановые исследования в области разработки эффективных средств коррекции биоценозов, усовершенствовании выпускаемых форм препаратов, интенсификации и повышении экономической эффективности производства.

С целью обеспечения экологической безопасности продуктов питания запрещено применение антибиотиков при выращивании сельскохозяйственных животных и получении продукции животноводства. Поэтому во всем мире, в том числе и в Казахстане, идет активная разработка и внедрение безопасных, эффективных пробиотических препаратов, как альтернативы к антибиотикам [1].

Пробиотические препараты имеют в своем составе живые микроорганизмы и вещества микробного происхождения (метаболиты), способные при естественном способе введения корректировать функцию нормальной микрофлоры кишечника. Нормальная микрофлора кишечника предотвращает активацию факторов патогенности у грамотрицательных кишечных микроорганизмов и сдерживает рост их численности. Кроме того, эти препараты обладают выраженными антагонистическими свойствами против условно-патогенных микроорганизмов. В настоящее время в качестве пробиотиков используют препараты, содержащие в основе живые бифидо-лактобактерии, также спорообразующие аэробные бактерии, которые реально оказывают положительное влияние на здоровье и продуктивность животных [2,3].

Материалы и методы

Образцы кисломолочных продуктов, таких, как шубат, кумыс и верблюжье молоко были собраны из небольших регионов, расположенных недалеко от города Алматы. После измерения pH продуктов образцы были септически собраны в стерильные пробирки, со льдом были транспортированы для анализа в лабораторию микробиологии Чешского университета Естественных наук в Праге.

Молекулярно-биологические исследования были проведены в Институте общественного здравоохранения и клинического питания Университета Восточной Финляндии и в лаборатории генетики и физиологии животных, Прага, Чешская Республика.

При университетской лаборатории Инновационного центра и в научно-исследовательской лаборатории кафедры «Биологическая безопасность», также проводились традиционные микробиологические, молекулярно-биологические и физико-химические и органолептические методы исследования. Для этого использовалось различное оборудование, в том числе термостаты, центрифуга, бинокулярный цифровой микроскоп, дистиллятор, автоклав, лиофильная сушка и др.

В результате международных научно-исследовательских исследований, на базе лаборатории Конструирования и производства пробиотиков были впервые разработаны методы оценки качества пробиотических штаммов используемые при производстве пробиотических препаратов, начиная от выделения активных молочнокислых бактерий, микробиологической оценки безопасности пробиотических продуктов для ветеринарного применения и готовой отечественных заквасок для кисломолочных продуктов и пробиотических препаратов.

В связи с этим, мы предлагаем нормативный технический документ для производства пробиотических продуктов на основе отечественных молочнокислых бактерий с высокими антагонистическими свойствами для ветеринарной практики Республики Казахстан.

Настоящий нормативный технический документ предназначен для профилактики и лечения желудочно-кишечных заболеваний молодняка сельскохозяйственных животных, полученный на основе культуры бактерий *Lactococcus lactis* 7-8 М, *Lactobacillus brevis* 8-6 М и дрожжей *Torulopsis kefir* *шт. У – 25* выращенных в жидкой питательной среде и высушенные с использованием в качестве защитной среды обезжиренного молока.

Технические требования

Препарат должен соответствовать требованиям настоящего стандарта и изготавливаться по технологической инструкции по изготовлению и контролю, утвержденной в установленном порядке.

Характеристика

1. По органолептическим, физико-химическим и биологическим показателям препарат должен соответствовать требованиям и нормам, указанным в таблице 1.

Таблица 1.

Наименование	Характеристика и нормы
Внешний вид и цвет	Однородный порошок от желтовато-серого до бежевого цвета, допускается мраморность окраски
Массовая доля влаги, %, не более	5,0 ± 0,5
Распадаемость, мин.	30±5
Количество жизнеспособных бактерий, КОЕ/г, не менее	1,0·10 ⁶
Типичность роста	Мелкие выпуклые колонии белого цвета
Бактериологическая чистота	Контаминация сапрофитной микрофлорой не более 300 тыс. бактерий
Безвредность в тест-дозе на одну мышь, мл	0,5
Антагонистическая активность к тест-микробам, см. не менее	2,0

Требования к сырью и материалам

Сырье и материалы, применяемые при изготовлении препарата, должны соответствовать требованиям действующей нормативной документации на них, т.е. иметь подтверждение соответствия или иные документы поставщика, подтверждающие качество, разрешены к применению органами государственного ветеринарного надзора Республики Казахстан.

Входной контроль производится предприятием-изготовителем по ГОСТ 24297.

Упаковка

Препарат расфасовывают массой нетто от 1 до 3 г во флаконы по ГОСТ 34036.

Групповая и транспортная тара по ГОСТ 17768.

Препарат может быть упакован в другие виды потребительской и транспортной тары из упаковочных материалов, разрешенных к применению.

Маркировка

Флаконы с препаратом этикетировать на полуавтоматах с помощью клише или краски с указанием:

- наименования предприятия-изготовителя,
- наименование препарата,
- состава;
- номера серии/партии,
- количества микроорганизмов, КОЕ/г;
- массы нетто, г,
- даты изготовления,

- срока годности (месяц, год),
- условий хранения.

Порядок и периодичность контроля органолептических, физико-химических и биологических показателей, упаковки и маркировки устанавливает изготовитель в программе производственного контроля.

Методы контроля

Отбор проб

Для препарата от каждой серии/партии случайным образом отбирают 3% флаконов, но не менее 20.

Все отобранные образцы делят на две части, одну из которых направляют в испытательную лабораторию, а другую оставляют как контрольную, используемую для повторных испытаний в случае возникновения разногласий.

Внешний вид препарата определяют визуально, просматривая флаконы с препаратом в проходящем свете.

Определение массовой доли влаги по ГОСТ 24061.

Определение распадаемости.

Препарат должен распадаться на рыхлую массу в течение (30 ± 10) мин в 50 мл 0,9% раствора хлорида натрия или дистиллированной воды в термостате при температуре $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$ и встряхивании (покачивании) с интенсивностью 80-120 встряхиваний (покачиваний) в минуту. Определяют *РАСПАДАЕМОСТЬ ВИЗУАЛЬНО* [4,5].

Определение количества жизнеспособных клеток.

Определение бактериальной чистоты препарата проводят в соответствии с ГОСТ 28085 со следующими дополнениями: для определения бактерий группы кишечной палочки используют жидкую среду Кесслера.

Наличие колоний патогенной микрофлоры не допускается. Допускается наличие сапрофитной микрофлоры не более 300 колоний на 1 г.

Для проверки на патогенность смывы из чашек засевают на МПБ, МППБ и среду Сабуро по 2 пробирки в соответствии с «Методическими указаниями по бактериологическому контролю стерильных ветеринарных биологических препаратов».

Суточную культуру из МППБ вводят двум кроликам по 4 мл подкожно; 4 морским свинкам, двум по 2 мл подкожно, а двум по 1,0 мл внутримышечно в обе задние лапки; а также 5 белым мышкам по 0,5 мл подкожно.

Культуру из МПБ и среды Сабуро вводят белым мышам подкожно (по 5 мышек на каждую среду).

Наблюдение за животными ведут в течение 10 дней. Все животные должны остаться живыми.

При получении отрицательных результатов серию препарата проверяют на удвоенном количестве образцов и животных. При повторении отрицательных результатов серию бракуют.

При микроскопии взвеси препарата и в мазках, окрашенных по Грамму, должны содержаться клетки, характерные для культуры бактерий *Lactococcus lactis* 7-8 М и *Lactobacillus brevis* 8-6 М.

Определение безвредности;

Определение антагонистической активности препарата;

Обработка результатов.

Учет результатов проводят через сутки инкубирования при 37°C по величине зоны отсутствия роста индикаторной культуры на 2,0 см и более характеризует высокую антагонистическую активность [6].

Контролем роста тест-культуры служит их параллельный посев на чашки с той же средой (МРС-5) без испытуемой культуры.

Годным считают серии препарата, которые со всеми тест-штаммами дают зону подавления роста диаметром не менее 2,0 см.

Транспортирование и хранение

Препарат транспортируется всеми видами транспорта в соответствии с правилами перевозки скоропортящихся грузов, действующими на данном виде транспорта при температуре $2-12^\circ\text{C}$.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] FAO/WAO. Health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live lactic acid bacteria. Argentina, 2001. Available from : <http://www.fao.org/es/esn/Probio/report.pdf>
- [2] Бондаренко В.М., Грачева Н.М. Пробиотики, пребиотики и синбиотики в терапии и профилактике кишечных дисбактериозов//Фарматека.2003. №7. С.56-63.
- [3] Шендеров Б.А. Медицинская микробная экология и функциональное питание. Т.3.Пробиотики и функциональное питание. М.:Грантъ, 2001. 286с.
- [4] ГОСТ 31928-2013 Средства лекарственные для ветеринарного применения пробиотические. Методы определения пробиотических микроорганизмов. – Введ. 2014-07-01 - Федеральное государственное бюджетное учреждение "Всероссийский государственный Центр качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов" (ФГБУ "ВГНКИ"); 2013.-7 с.
- [5] ГОСТ 17768-90 Средства лекарственные. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение. – Введ. 1992-01-01 - Министерство медицинской промышленности СССР; - 1990.- 5с.
- [6] ГОСТ Р 52249-2009 Правила производства и контроля качества лекарственных средств. Введ. 20-05-2009- Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии ; № 159-ст.

Омарова А.Б., Төлемісова Ж.К., Кауменова А.Е., Сүлейменова Ж.М.

Пробиотикалық өнімдер өндірісінің нормативтік техникалық құжаттарын әзірлеу

Түйіндеме. Отандық өндірістің заманауи қауіпсіз және тиімді дәрілік препараттарды өндіруге деген сұраныстың жоғарылауы, табиғи, оған қоса микробиологиялық шығу тегі дәрілік препараттарды кеңейтудің басты шарты болып табылады. Дәрілік заттардың бұл деңгейіне асқазан-ішек жолдарының қалыпты микрофлорасының бұзылуы, нәтижесінде иммунитетке әсер етуімен сипатталатын әртүрлі ауруларды алдын-алу және емдеу мақсатында ұзақ жылдар бойы табысты қолданылып келе жатқан пробиотиктер қатары кіреді. Отандық медицинада аталған топтың препараттарына жалпы және жеке медициналық және ветеринариялық мақалалар орын алмады, оған себеп құрғақ және сұйық күйде препараттарды өндірудің елде аналогы жоқтығы. Шетелдік мәліметтерде де пробиотиктер жөнінде монографиялар келтірілмеген. Осылайша, пробиотикалық препараттарды өндіруге қойылатын талаптар мен олардың сапасын зерттеу әдістері арқылы нормативтік құжаттарды әзірлеу – отандық медицинаның маңызды тапсырмалардың бірі.

Кілт сөздер. Пробиотикалық препараттар, нормативтік құжаттар, стандарт, ашытқы, сүтқышқылды бактериялары.

Omarova A.B., Tulemisova Zh.K., Kaumenova A.E., Suleimenova Zh.M.

Development of regulatory technical documents for the production of probiotic products

Summary. The growing need for modern safe and effective medicines of domestic production is the main one to expand the range of medicinal products of natural, including microbial origin. This category of medicines includes probiotics, which for decades has been successfully used for the prevention and treatment of various diseases associated with the violation of the regulatory intestinal microflora and, as a consequence, immunity. In domestic medicine, general and individual medical and veterinary articles on this group of drugs are not available, as the production of probiotics in a choleric and liquid form has no analogues in the country. In foreign materials, monographs on probiotics are also not available. Thus, the development of regulatory documents that regulate the requirements for the production of probiotic drugs and methods for their quality testing is one of the most urgent tasks of our medicine.

Key words. Probiotic preparations, regulations, standards, starter, lactic acid bacteria

УДК 621.777

E.Z. Nugman, A.Zh. Abekova, A.Қ. Mustafa, N.S. Tulebayev, B.A. Bekbosynova
(Satpayev University, Kazakhstan, Almaty
E-mail: nugman79@mail.ru)

**SIZE DETECTION OF SPINDLE CONNECTIONS OF NEW
RADIAL SHEAR SET**

Abstract. The article deals with various types of spindle joints of rolling mills. Spindles are used to transfer torque from the engine through the gearbox and gear cage to the mill rolls. The review of existing types and designs of spindle joints is given. The characteristic features, advantages and disadvantages of each of them are also indicated. The article presents the design of a new radial shear mill. For this mill is selected as spindles automotive drive shafts. In the work,

the calculated values of the hinge load capacity were determined and the design dimensions of the spindle of the new radial-shear mill were selected.

Key words: spindle, cardan shafts, articulated spindle, universal spindle, gear spindle, ball spindle, roller spindle, club spindle, torque, radial shear mill.

Е. Нугман, А. Абекова, А. Мустафа, Н. Төлебаев, Б. Бекбосынова
(Сәтбаев университеті, Алматы, Республика Казахстан
E-mail: nugman79@mail.ru)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРА ШПИНДЕЛЬНОГО СОЕДИНЕНИЯ НОВОГО РАДИАЛЬНО-СДВИГОВОГО СТАНА

Аннотация. Рассматриваются различные виды шпиндельных соединений прокатных станов для передачи крутящего момента от двигателя через редуктор и шестеренный клеть к валкам стана. Приведен обзор существующих видов и конструкций шпиндельных соединений. Также указаны характерные особенности, преимущества и недостатки каждого из них. Приведена конструкция нового радиально-сдвигового стана. Для данного стана выбрано в качестве шпиндели автомобильные карданные валы. Определены расчетные значения коэффициента грузоподъемности шарнира и выбран конструктивные размеры шпинделя нового радиально-сдвигового стана.

Ключевые слова: шпиндель, карданные валы, шарнирный шпиндель, универсальный шпиндель, зубчатый шпиндель, шариковый шпиндель, роликовый шпиндель, трещоточный шпиндель, крутящий момент, радиально-сдвиговый стан.

Известно [1-3], что привод валков станов поперечно-винтовой или радиально-сдвиговой прокатки может быть как групповым, так и индивидуальным. Большое применение в старых конструкциях вышечеречисленных станов получил групповой привод. Преимущество группового привода – небольшие габариты главной линии стана, гарантированное соотношение окружных скоростей валков, простота электрических схем управления электроприводами и т.д. Однако, недостатком является двойное замыкание кинематической цепи главного привода (через шестеренную клеть и прокатываемый металл). В результате влияния этого недостатка и действия статической неопределенности происходит перераспределение моментов на валках и значительно повышается их значения по сравнению с расчетными величинами. Это может привести к снижению долговечности оборудования и к простоям в результате аварийных поломок.

Экономически не выгодной является эксплуатация сложной шестеренной клети: большой расход смазочных материалов, систематический контроль зацепления и подшипников и т.д. [3-5]. Существенным недостатком использования шестеренной клети также являются значительные потери энергии в шестеренной клети при групповом приводе, невозможность воздействия на очаг деформации путем изменения соотношений скоростей валков.

Особое внимание уделим шпиндельному соединению прокатного стана, относящемуся к числу важнейших узлов трансмиссий оборудования прокатного цеха.

В настоящее время в металлургическом машиностроении используют универсальные шпиндели с вкладышами скольжения, универсальные шпиндели с шарнирами на подшипниках качения и зубчатые шпиндели. [6] В минизаводах применяют шпиндели с шариковыми и роликовыми шарнирами, а также трещоточные шпиндели.

Типом шарнира и его конструктивным исполнением определяется нагрузочная и компенсирующая способности шпинделя [7]. Шпиндельные соединения с шарнирами на вкладышах скольжения получили большое применение по сравнению с известными разновидностями шпиндельных соединений, применяемых в приводах металлургических машин (ГОСТ 8059-83). Компактностью и высокой несущей способностью отличаются данные шарниры. Однако, данные шпиндельные соединения хорошо работают лишь при небольших углах перекаса и частотах вращения. Следует отметить, что уменьшение углов перекаса приводит к удлинению шпинделей, а, следовательно, к увеличению габаритов и массы прокатного стана. Для шпиндельных соединений допускают большие значения углов перекаса и частоты вращения. Необходимо обратить внимание, что стойкость подшипников качения на один-два раза больше стойкости бронзовых вкладышей. Однако, при одинаковых геометрических размерах значительно низким является нагрузочная способность шарнира с подшипниками качения, чем шарнира с вкладышами скольжения [8]. Объяснить это возможно только низкой грузоподъемностью подшипников качения и крестовины.

Благодаря несложной конструкции, хорошей нагрузочной и компенсирующей способности в широком диапазоне скоростей вращения, наиболее широкое распространение получили универсальные шпиндели (рабочий угол перекоса шарнира до 3°) [8].

Для привода валков эджерных клетей непрерывно-заготовочных станков, валков клетей кварто холодной прокатки, валков сортопрокатных и трубопрокатных станков широко применяются шпиндели с подшипниками качения [8].

Следует отметить, что универсальный шарнир конструкции ВНИИМЕТМАШа имеет допустимый угол перекоса шарнирных муфт шпинделей. Величина угла перекоса под нагрузкой изменяется до 13° , а без нагрузки – до 15° [7]. Углы перекоса меньше 2° нежелательны. Это связано с быстрым изнашиванием кольца подшипников при режиме качательного движения. Перекос осей полумуфт до 8° допускает конструкция шарнира «Уралмаш». Конструктивную и эксплуатационную характеристику шестеренных клетей можно существенно улучшить путем применения шпинделей с шарнирами на подшипниках качения. Данные шпиндели хорошо работают при углах перекоса до 12° . При данных углах не только улучшаются условия работы зубчатого зацепления, но и появляются условия усиления подшипниковых узлов и перемычки между расточками под подшипники [8]. Таким образом, применение способности шпинделей передавать движение при сравнительно больших углах перекоса шарниров дает возможность существенно увеличить нагрузочную способность и долговечность шестеренных клетей.

В настоящее время автомобильные и тепловозные карданные валы часто используют при больших величинах частот вращения и углов перекоса $15 \dots 20^\circ$, но при относительно малых значениях моментов в приводах прокатных станков [7]. Карданные валы различают в зависимости от осевых перемещений в шлицевом соединении между шарнирами и отсутствием осевого перемещения.

Повышение производительности прокатных станков достигается применением универсальных шпинделей на подшипниках качения [8]. Увеличение производительности достигается благодаря следующим характеристикам: сравнительно большие (до 18°) углы перекоса в шарнирных головках; быстрое соединение с рабочей клетью; удобство сборки и разборки, простота ремонта, монтажа и демонтажа; хорошая нагрузочная способность и долговечность при минимальных габаритах.

В приводах прокатных станков используются специальные зубчатые шпиндели [8]. Данные шпиндели являются модификацией зубчатых муфт с промежуточным валом. Зубчатые шпиндели отличаются тем, что они крутящий момент передают при больших углах перекоса (до 2°), чем у муфт (до $0,5^\circ$). Компактность и высокую нагрузочную способность обеспечивает много одновременно работающих зубьев эвольвентного профиля. Две обоймы с внутренними зубьями являются основными элементами зубчатого шпинделя. При работе шпинделя данные обоймы зацепляются соответственно с двумя зубчатыми втулками с наружными зубьями. Обычно по наружному диаметру выполняют центрирование обоймы относительно втулки. Зубчатые шпиндели применяют в следующих исполнениях [8]: со сплошным валом и насадными втулками, со сплошным валом и насадными обоймами, с полым валом.

По сравнению с карданными шпинделями, зубчатые шпиндели при небольших углах перекоса (до 1°) имеют преимущества по выдерживанию больших нагрузок [7]. С повышением угла перекоса зубчатых шпинделей быстро уменьшается нагрузочная способность из-за резкого изнашивания боковых поверхностей зубьев при проскальзывании. Это приводит к ослаблению сечения зуба, увеличению зазоров и повышению динамических нагрузок.

Благодаря следующим параметрам зубчатые шпиндели имеют сравнительно высокую долговечность [8]: расположение зубчатого зацепления обоймы и втулки в зоне лопасти прокатного вала приводит к уменьшению износа; использование сферических центрирующих шарниров приводит к исключению передачи радиальных нагрузок на зубья зацепления; применение новой конструкции уплотнения зубчатого шарнира шпинделя приводит к исключению попадания воды и окалина в шарнир и обеспечивает присутствие смазки в шарнире шпинделя.

Необходимость увеличения компенсирующей способности зубчатых шпинделей позволила создать шариковые и роликовые шпиндели [7]. В данных шпинделях контакт зубчатых обойм и втулок производят через тела качения, как шарики и ролики. По шагу зубчатой втулки и по условию прочности зуба на изгиб определяют количество роликов (шариков). Вал является слабым звеном для конструкции этих шпинделей. Поэтому в зависимости от прочности вала определяют несущую способность обсуждаемых шпинделей.

Промышленным испытанием установлено, что роликовые шпиндели позволяют увеличить угол перекоса от $0,5^\circ$ до 3° при сравнительно большой долговечности, по сравнению с зубчатыми

шпинделями с эвольвентным профилем зуба [7]. Оценка в промышленных условиях работоспособности роликовых шпинделей позволила установить, что в передаче крутящего момента принимают участие не все ролики. Поэтому неравномерным является износ поверхностей контакта.

Шариковые шпиндели применяют для привода валков клетей непрерывных мелкосортных и проволочных станов, работающих при больших скоростях (до 2000 об/мин) [8]. По сравнению со шпинделями с вкладышами скольжения и с шарнирами на подшипниках качения, шариковые шпиндели показали высокую долговечность при эксплуатации. Однако шариковые шпиндели в ограниченном объеме применяют в прокатных цехах.

Ряд преимуществ имеет конструкция роликовых шпинделей прокатных станов [8]. По сравнению со шпинделями зубчатыми и шпинделями на вкладышах скольжения, роликовые шпиндели имеют более высокие нагрузочные способности и долговечность. Этому способствуют следующие преимущества:

- использование силовых передающих элементов роликового шпинделя, сделанных в виде бочкообразных роликов, смонтированных между втулкой и обоймой шарнира шпинделя в их полуцилиндрических пазах;
- равномерное наложение нагрузок на ролики независимо от угла перекоса обоймы относительно втулки;
- расположение центров шарниров роликового шпинделя в зоне лопастей прокатного и шестеренного валков;
- снабжение шарниров герметичным центрирующим устройством, позволяющим надежно удерживать смазку.

Трефовые шпиндели, у которого угол перекоса шарнира равен до $0,5^\circ$, применяют в основном в сортовых станах из-за ряда недостатков: низкая компенсирующая и нагрузочная способность, высокая интенсивность изнашивания, большая динамическая нагрузка [7]. Трефовые шпиндели имеют тревовые профили на хвостовиках рабочего валка, самого шпинделя и обоймы. Обоймы соединяют хвостовики валка и шпинделя. Из-за концентрации напряжений в трехах при кручении, по сравнению с другими шпинделями, нагрузочная способность этих шпинделей низкая. К преимуществам этих шпинделей можно отнести легкость демонтажа шпинделей при перевалке валков.

Нами предлагается энергосберегающий стан непрерывного прессования с программным управлением, позволяющий без пресс-остатков с высокой производительностью изготовлять прутки и трубы различного типоразмера.

Радиально-сдвиговой стан (рисунок 1) представляет собой комплекс прокатного и нагревательного оборудования, предназначенного для горячей винтовой прокатки прутков и труб малых диаметров. Трехвалковая рабочая клеть РСС (рисунок 2) состоит из станины 1, в расточках которой через 120° смонтированы узлы рабочих валков 2. Рабочие валки смонтированы на подушках 3, крутящий момент, которым передается через шпиндели от электродвигателей. Клетки нового стана сконструированы с возможностью расположения валков в клетке с различными углами к оси прокатки и тангенциальным смещением относительно ее на 18 мм. Параметры, характеризующие взаимное положение осей прокатки и валков, были определены в результате изучения опыта эксплуатации станом поперечно-винтовой прокатки.

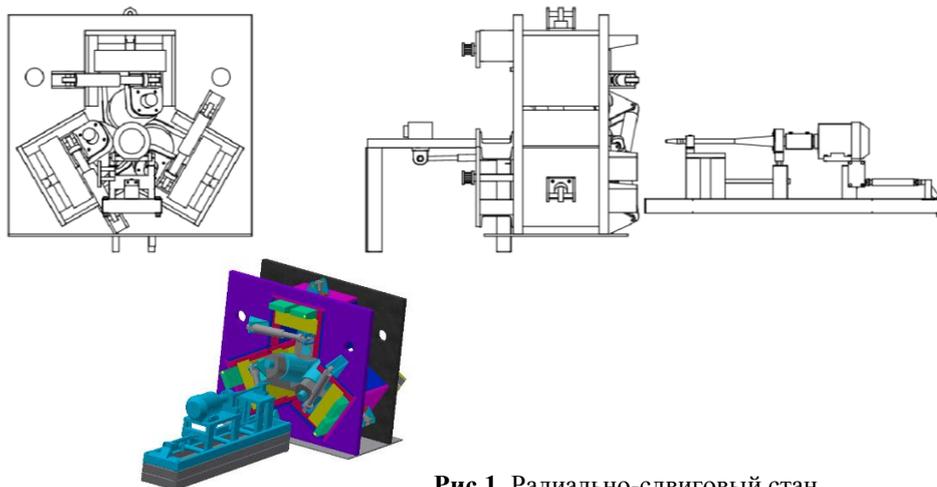
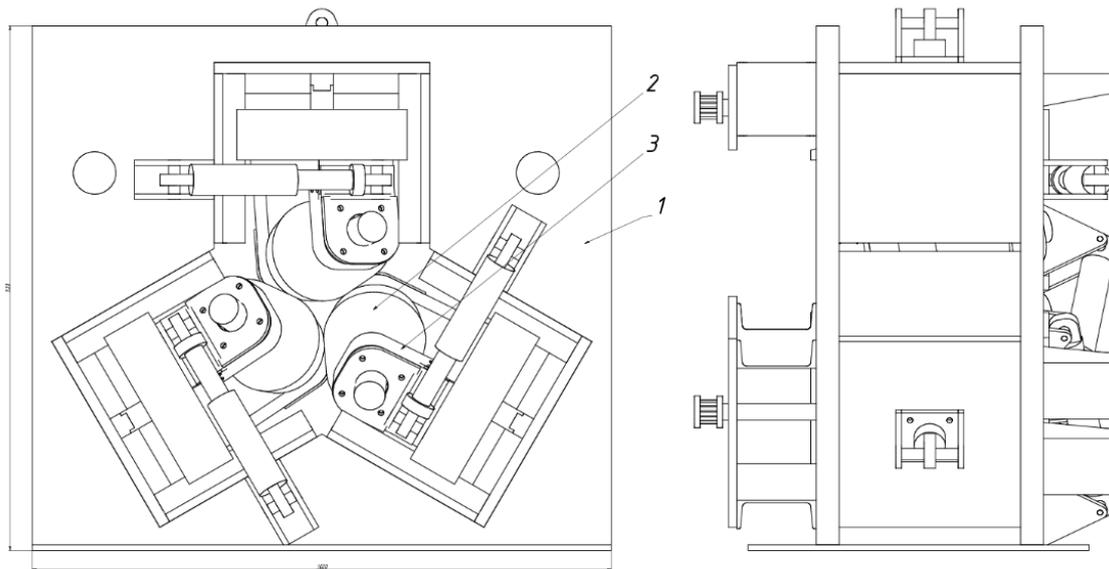


Рис.1. Радиально-сдвиговой стан



1 – станина; 2 – рабочий валок; 3 – подушка
Рис. 2. Трехвалковая рабочая клетка радиально-сдвигового стана

Проанализировав вышеприведенные результаты, нами было принято решение использовать на данном стане в качестве шпинделей автомобильные карданные валы.

В целом имеется два критерия выбора конструктивного размера карданного вала (в данном случае) [9]:

1. Срок службы подшипников качения в шарнирах;
2. Эксплуатационная прочность и, следовательно, производительность по крутящему моменту или предельно допустимая нагрузка.

Узлом, определяющим ресурс шпинделя, является, как правило, подшипник шарнира. Поэтому выбор типоразмера карданного вала (шпинделя) целесообразно производить исходя из крутящего момента передаваемого подшипниками. В основе нижеследующего расчета лежит обычный расчет роликового подшипника, причем предполагается, что осциллирующее движение заменяется вращением. Характеристикой передающей способности подшипника является коэффициент грузоподъемности шарнира [9]:

$$T = C \cdot R,$$

где C – динамическая грузоподъемность подшипника и R – расстояние центра подшипника от центра шарнира.

Коэффициент грузоподъемности шарнира указан в техническом паспорте на вал. Величину требуемого коэффициента грузоподъемности шарнира - расчетное значение – можно определить по формуле:

$$T_{\text{erf}} = M \cdot K \cdot \frac{1}{2 \cdot \cos \beta} \cdot \left(\frac{Lh_{\text{erf}} \cdot n \cdot \beta}{46,8 \cdot 16667} \right)^{0,3}, \text{ Нм} \quad (1)$$

где T_{erf} - требуемый коэффициент грузоподъемности шарнира;

K - коэффициент динамических нагрузок (см. таблицу 1);

β - угол в шарнире (град). При углах $< 20^\circ$ их принимают равными $\beta = 20^\circ$;

M - передаваемый крутящий момент в Нм;

Lh_{erf} - требуемый срок службы в часах. Требуемый срок службы должны достигать минимум 90% от всех валов. Среднее значение Lh_{erf} всех валов тогда больше в 5 раз;

n - число оборотов вала в мин⁻¹.

Формула предназначена для равномерного режима работы, т.е. когда крутящий момент M сохраняется в течение ресурса Lh_{erf} при числе оборотов n и угле в шарнире β (рисунок 1).

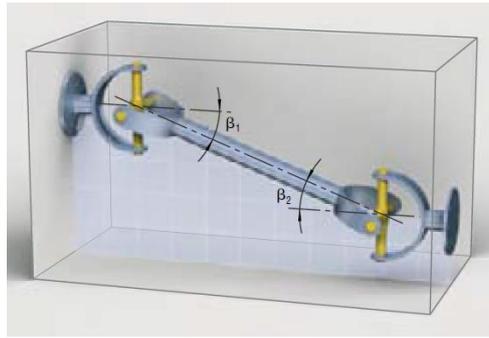


Рис. 3. Z-образное расположение шпинделя: приводной и выходной валы расположены параллельно в одной плоскости

Таблица 1. Коэффициент динамических нагрузок

Приводной агрегат	<i>K</i> с эластичным сцеплением	<i>K</i> без эластичного сцепления
Электромоторы	1	1
Моторы с гидротрансформат	1	1
Дизель-моторы		
1-3 цилиндров	2	2,5
4 и больше цилиндров	1,5	2,0
Оттомоторы		
1-3 цилиндров	1,5	2,0
4 и больше цилиндров	1,25	1,75
Компрессоры		
1-3 цилиндров	1,25	1,75
4 и больше цилиндров	1,15	1,5

Рабочую длину определяет расстояние между приводным и выходным агрегатами, а также изменение длины в процессе работы (рисунок 2).

Оптимальная рабочая длина [9]:

$$l_{B,opt} \approx l_z + l_v/3.$$

Максимально допустимая рабочая длина [9]:

$$L_{B,max} = l_z + l_v,$$

где l_B – рабочая длина (укажите при заказе), мм;

l_z – наименьшая длина карданного вала, (в сдвинутом положении), мм;

l_v – возможное удлинение, мм.

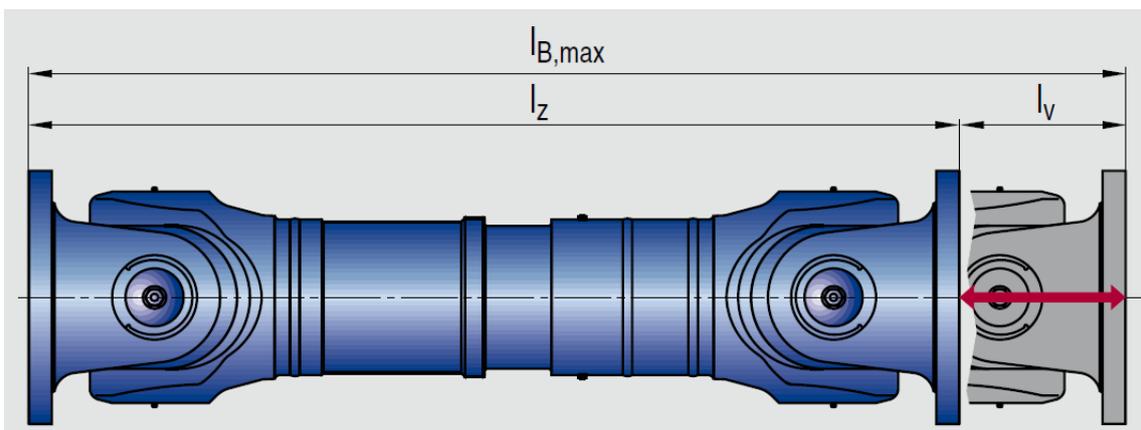


Рис. 4. Автомобильные карданные валы

При определении типоразмера карданного вала применили следующие исходные данные: $n = 250 \text{ мин}^{-1}$; $M = 3400 \text{ Нм}$; $\beta = 20^\circ$. Срок службы должен быть 20000 час.

Для электромотора и рабочей машины, работающих без ударных нагрузок, $K = 1$. Тогда

$$T_{\text{erf}} = 3400 \cdot 1 \cdot \frac{1}{2 \cdot \cos 20^\circ} \cdot \left(\frac{20000 \cdot 250 \cdot 20}{46,8 \cdot 16667} \right)^{0,3} = 7776,55 \text{ Нм.}$$

Итак, $T_{\text{erf}} = 7776,55$ Нм. Из справочника (см. таблицы 2 [9]) выбирают вал (шпиндель) с ближайшим большим типоразмером. Если, например, должен применяться вал (шпиндель) исполнения ST1, то выбирают исполнение 150.3 с коэффициентом грузоподъемности $11 \text{ кНм} = 11000 \text{ Нм}$.

Для этого типоразмера проверяется, выполняется ли следующее неравенство:

$$\frac{M \cdot K}{\cos \beta} \leq M_{\text{max}} \quad (2)$$

$3400 \text{ Нм} \cdot 1,0 \leq 11000 \text{ Нм} \cdot \cos 20^\circ$; $3400 \text{ Нм} \leq 10336 \text{ Нм}$.

Условие выполняется и вал (шпиндель) может быть использован. Его срок службы будет составлять [10]:

$$L_h = L h_{\text{erf}} \left(\frac{T}{T_{\text{erf}}} \right)^{3,33} \quad (3)$$

$$L_h = 20000 h_{\text{erf}} \cdot \left(\frac{11000}{7776,55} \right)^{3,33} = 63467 h_{\text{erf}}$$

Оптимальная рабочая длина:

$$l_{\text{B,opt}} \approx l_z + l_v/3 = 745 + 37 = 782 \text{ мм.}$$

Максимально допустимая рабочая длина:

$$l_{\text{B,max}} = l_z + l_v = 745 + 110 = 855 \text{ мм.}$$

Таблица 2. Технические характеристики шпинделя

ST/STL/STK																					
Размер	M_z (кНм)	M_{Dw} (кНм)	CR (кНм)	β_{max} (°)	Общие данные										ST			STL 1		STL 2	
					a	k	b ± 0,1	c H7	h C12	l_m	r	t	z	g	LA	l_v	$l_{z \text{ min}}$	LA	l_v	$l_{z \text{ min}}$	
058.1	0,25	0,08	0,09	30	58	52	47	30	5	30	28	1,5	4	3,5	A, B	25	240	l_z и l_v – переменные. Величины предоставляются по запросу.			
065.1	0,52	0,16	0,16	30	65	60	52	35	6	32	32	1,7	4	4	A, B	30	260				
075.1	1,2	0,37	0,23	30	75	70	62	42	6	36	40	2,2	6	5,5	A, B	35	300				
090.2	2,2	0,68	0,44	20	90	86	74,5	47	8	42	50	2,5	4	6	A, B, C	40	350				
100.2	3,0	0,92	0,62	20	100	98	84	57	8	46	50	2,5	6	7	A, B, C	40	375				
120.2	4,4	1,3	0,88	20	120	115	101,5	75	10	60	60	2,5	8	8	A, B, C	60	475				
120.5	5,4	1,6	1,4	20	120	125	101,5	75	10	60	70	2,5	8	9	A, B, C	60	495				
150.2	7,1	2,2	2,0	20	150	138	130	90	12	65	80	3	8	10	C	110	550				
150.3	11	3,3	2,6	35	150	150	130	90	12	90	90	3	8	12	C	110	745				
150.5	13	4,3	3,3	30	150	158	130	90	12	86	100	3	8	12	C	110	660				
180.5	22	6,7	4,6	30	180	178	155,5	110	14	96	110	3,6	8	14	C	110	740				

Выводы

1. В соответствии с требованиями прокатанных изделий применяются различные виды шпинделей. При этом каждый шпиндель прокатанных станов имеют как преимущества, так и недостатки.
2. Для радиально-сдвигового стана новой конструкции предлагается использовать в качестве шпиндели автомобильные карданные валы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Тартаковский И.К. Развитие и создание нового поколения высокопроизводительных и надежных станов для производства горячекатаных бесшовных труб: автор. дисс. докт. техн. наук. – М.: Всероссийский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт металлургического машиностроения им. академика А.И. Целикова, 2009. - 58 с.
- [2] Тартаковский И.К. Некоторые вопросы проектирования станов для производства горячекатаных бесшовных труб // Производство проката. 2009 г., № 5. - С. 22-28 с.
- [3] Королев А.А. Прокатные станы и оборудование прокатных цехов. Атлас. 2-е изд. М.:Металлургия, 1981. – 483 с.
- [4] Коваль Г.И. Современное оборудование прокатных цехов. Часть 1: Главные линии рабочих клетей прокатных станов. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 349 с.
- [5] Мальцев А.А. Основное оборудование прокатных станов. М.: Металлургия, 2010. – 368 с.
- [6] Целиков А.И., Зюзин В.И. Современное развитие прокатных станов. М.: Металлургия, 1972. – 243 с.
- [7] Комаров А.Н. Шпиндели и муфты с шарнирами на телах качения для тяжелых машин (прокатных станов). Днепропетровск: Системные технологии, 1998. – 219 с.
- [8] Яковлев Р.А. Шпиндельные соединения металлургических машин. М.: Издательство МГТУ. 1994. – 173 с.
- [9] Voith Turbo / Высокопроизводительные карданные валы/ G380.ru (каталог), - 70 с.
- [10] Spicer Gelenkwellenbau /Карданные валы промышленные/ <http://www.gwb-essen.de>, - 70 с.

Нугман Е.З., Абекова А.Ж., Мустафа А.К., Төлебаев Н.С., Бекбосынова Б. А.

Жаңа радиальды-ығыстыру орнағының айналдырықты қосылыстарының өлшемдерін анықтау

Түйіндемe. Мақалада илемдеу орнақтарының әртүрлі айналдырықты қосылыстары қарастырылған. Жаңа радиальды-ығыстыру орнағының құрылымы келтірілген. Осы орнақ үшін айналдырғыш ретінде автомобильдің айқартопса білігі таңдалып алынған. Жұмыста топсаның жүккөтергіш коэффициенттің мәні анықталып, жаңа радиальды ығыстыру орнағына қойылатын айналдырғыштың құрылымдық өлшемі таңдалған.

Түйінді сөздер: айналдырық, айқартопса білігі, топсалы айналдырық, әмбебапты айналдырық, домалау мойынтірегі, тісті айналдырық, шарикті айналдырық, аунақшалы айналдырық, айналдыру моменті, радиальды-ығыстыру орнағы.

Nugman E.Z, Abekova A.Zh, Mustafa A.K, Tulebayev N.S, Bekbosynova B.A

Size detection of spindle connections of new radial-shear set

Summary. In the article various types of spindle connections of rolling mills are considered. The design of a new radial shear installation is given. For this mill, the as a spindle car driveshafts. The article defines the calculated values coefficient load-bearing capacity of the hinge and selected constructive the size

Spindle a new radial-shift station.

Key words: spindle, cardan shafts,the articulated spindle,universal spindle, rolling bearings, gear spindleball spindle,roller spindle,torque,radial-shear mill.

УДК 629.4.004; 629.4.004.67

A.S. Baikenzheyeva

(Kazakh Academy of Transport and Communications, named after M. Tynashpayev Almaty, Kazakhstan.
E-mail: aigul_bkz@mail.ru)

APPROPRIATE STATE AND WAYS TO INCREASE SERVICE EFFICIENCY AND SAFETY OF THE RAILWAY TRANSPORT ROAD WAY OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Abstract. The article provides for further development, improvement of the work of the railway transport and increase of its efficiency.

Key word Railways, earth canvas, bulk ballast troughs, deformation.

А.С. Байкенжеева

(Казахская академия транспорта и коммуникации» им. М. Тынышпаева.
aigul_bkz@mail.ru, Алматы, Республика Казахстан)

ОПТИМАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Аннотация. В статье предусматривается дальнейшее развитие, совершенствование работы железнодорожного транспорта и повышение его эффективности.

Ключевые слова. Железные дороги, земляное полотно, насыпях балластных корыт, деформация.

Введение

Земляное полотно находится под воздействием проходящих поездов, веса верхнего строения пути и собственного веса. Оно, как и любой грунтовый массив (косогор), в различной степени (в зависимости от глубины рассматриваемой толщи) подвержено колебаниям температуры и влажности, влияниям инфильтрации поверхностных и испарения грунтовых вод, степени агрессивности и насыщенности их электролитами. Поэтому, меняются во времени факторы, сопротивляющиеся деформациям грунтовых массивов (силы трения и сцепления), равно как и факторы, стремящиеся вызвать деформации (сдвигающие составляющие веса, гидродинамических сил). В связи с этим степень устойчивости грунтового массива также изменяется во времени. В целом, задачей инженерно-технических мероприятий является перевод объекта в период длительной стабильности. Иногда это происходит в силу естественно - исторических процессов.

Для проведения мероприятий по обеспечению длительной стабильности объекта и достижения полной эффективности этих мероприятий наиболее целесообразно использовать период относительной стабильности. Длительная стабильность исчезнет, если будут нарушены условия ее существования. Одной из важнейших проблем железнодорожного транспорта является повышение несущей способности, работоспособности, долговечности верхнего строения пути, земляного полотна и его грунтового основания.

Методы

Железные дороги Казахстана проложены в разных климатических и грунтовых условиях, которые необходимо учитывать при проектировании и расчете, строительстве и эксплуатации земляного полотна и их грунтовых оснований. Впервые по грунтовым основаниям железных дорог Казахстана проведены исследования профессором А.Д. Омаровым, что имеет важное значение при проектировании, строительстве и эксплуатации железных дорог. Здесь установлены наиболее распространённые типы грунтов оснований железной дороги Казахстана в пяти метрах поверхностной толщи грунтов и их физико-

механические свойства, теоретические законы распределения. Железные дороги Казахстана пересекают практически все географические и климатические зоны Казахстана. Это обуславливает специфические требования к несущей способности, стабильности, дренажным свойствам, методом содержания и ремонта пути, что в первую очередь касается балластного слоя и земляного полотна. Работа земляного полотна усложняется при обращении поездов повышенной массы и длины. В результате многократного воздействия на грунт поездных нагрузок, а также под влиянием климатических факторов, в земля. ном полотне возникают деформации, которые создают угрозу безопасности движения поездов приводят к ограничению скорости, а иногда и к перерывам в движении. В последние годы, несмотря на значительные затраты денежных средств на капитальный ремонт земляного полотна, все еще остается высокой его деформативность, и особенно высоких насыпей. В ряде случаев из-за обрушения откосов насыпей движение поездов прерывалось на несколько суток, что вызывало серьезные сбои в эксплуатационной работе не только отдельных дорог, а иногда и целых направлений. Таким образом, обеспечение безопасности движения поездов, сокращение потерь пропускной и провозной способности железных дорог в значительной степени зависит от состояния земляного полотна. Опыт эксплуатации железных дорог свидетельствует о том, что наиболее острой проблемой в области земляного полотна является обеспечение устойчивости

высоких длительно эксплуатируемых насыпей из глинистых грунтов. Именно деформации насыпей, в том числе внезапные, при следовании поездов приводят к самым тяжелым последствиям. Бывают случаи массовых деформаций насыпей, происшедших практически одновременно на большом протяжении железной дороги. Следовательно, весьма актуальной задачей является своевременное выявление деформирующихся участков земляного полотна.

Результаты

В настоящее время на сети железных дорог Казахстана имеется значительное количество участков земляного полотна с различными деформациями и повреждениями. Из-за деформаций земляного полотна устанавливаются ограничения скорости и даже происходят полные перерывы движения поездов, создается аварийное положение. На сети дорог ежегодно действует около 100 предупреждений по причине неудовлетворительного состояния земляного полотна. Общий перерыв в движении в год по сети составляет порядка 80-90 часов. Все это вызывает значительные финансовые потери в народном хозяйстве. Например, на участках линии Защита - Зыряновск в 1990 - 2000 годах обнаружено 16 больных мест, из всех крупных деформаций, приводящих к длительному перерыву в движении поездов, 85 % всех случаев приходилось на насыпи. Всего по Казахстану с 1990 по 2000 гг. произошло 84 крупных деформации и из них 56 - приходится на деформации насыпей (деформации выемок наблюдались только в трех случаях). Анализ эксплуатационных наблюдений показывает, что типичные нарушения устойчивости насыпей связаны со следующими основными факторами:

- образованием в насыпях балластных корыт, балластных лож, балластных мешков, балластных гнезд;
- изменением структуры, свойств и состояния грунта и образованием трещин и ослабленных по прочности зон;
 - - избыточным переувлажнением грунтов земляного полотна в результате продолжительных ливневых дождей;
 - возрастающим по интенсивности динамическим воздействием поездных нагрузок.

В настоящее время наибольшую опасность для движения поездов представляют деформации высоких насыпей. Анализ деформативности высоких насыпей на дорогах Казахстана показал, что около 3 % насыпей высотой области земляного полотна является обеспечение устойчивости высоких длительно эксплуатируемых насыпей из глинистых грунтов. Именно деформации насыпей, в том числе внезапные, при следовании поездов приводят к самым тяжелым последствиям. Бывают случаи массовых деформаций насыпей, происшедших практически одновременно на большом протяжении железной дороги. Следовательно, весьма актуальной задачей является своевременное выявление деформирующихся участков земляного полотна. В настоящее время на сети железных дорог Казахстана имеется значительное количество участков земляного полотна с различными деформациями и повреждениями. Из-за деформаций земляного полотна устанавливаются ограничения скорости и даже происходят полные перерывы движения поездов, создается аварийное положение. На сети дорог ежегодно действует около 100 предупреждений по причине неудовлетворительного состояния земляного полотна. Общий перерыв в движении в год по сети составляет порядка 80,0-90,0 часов. Все это вызывает значительные финансовые потери в народном хозяйстве.

Например, на участках линии Защита – Зыряновск в 2000-2015 годах обнаружено 26 больных мест, из всех крупных деформаций, приводящих к длительному перерыву в движении поездов, 85 % всех случаев приходилось на насыпи. Анализ эксплуатационных наблюдений показывает, что типичные нарушения устойчивости насыпей связаны со следующими основными факторами:

- образованием в насыпях балластных корыт, балластных лож, балластных мешков, балластных гнезд;
- изменением структуры, свойств и состояния грунта и образованием трещин и ослабленных по прочности зон;
- избыточным переувлажнением грунтов земляного полотна в результате продолжительных ливневых дождей;
- возрастающим по интенсивности динамическим воздействием поездных нагрузок.

В настоящее время наибольшую опасность для движения поездов представляют деформации высоких насыпей. Анализ деформативности высоких насыпей на дорогах Казахстана показал, что около 3 % насыпей высотой 10- 12 м неустойчивы, около 8 % насыпей высотой 18-20м подвержены

деформациям. На дорогах Казахстана плохо поставлена диагностика работы земляного полотна. Например, до сих пор неизвестны причины просадки земляного полотна на участке Алматы - Боралдай, хотя просадка пути происходит с 1985 года после сооружения второго пути. Разработка новых методов диагностики земляного полотна базируется на фундаментальных исследованиях в области земляного полотна железных дорог. Известна работа С.А. Вознесененко [1], в которой делается попытка использовать колебания грунта под воздействием поездной нагрузки для контроля за состоянием железнодорожных насыпей. Эта работа имеет положительное значение в плане постановки вопроса. Недостаток фактического материала и противоречивость полученных экспериментальных данных затрудняет использование этой работы для решения практических задач по оценке состояния эксплуатируемого земляного полотна. Понятие динамическое состояние насыпей предложено профессором Т.Г. Яковлевой [2.3] такое состояние насыпей возникает только при прохождении поезда и исчезает. При динамическом состоянии устойчивость откосов меньше, и степень ее уменьшения зависит от высоты насыпи, прочности основания, внутреннего строения насыпи и свойств грунта, а также от типа подвижного состава и скорости движения.

Анализ динамических воздействий поездной нагрузки на земляное полотно показывает, что решающую роль в обеспечении надежности работы основной площадки играет точность расчета устойчивости с учетом пульсационного режима нагружения. Нагрузка от колес подвижного состава передается на основную площадку и быстро затухает с глубиной. При скоростном движении поездов, для предохранения от вибродеградации, основную площадку укрепляют битумосодержащими породами, плитами и другими материалами. Практика эксплуатации железных дорог показывает, что повреждения земляного полотна накапливаются тем быстрее, чем больше статические осевые нагрузки и скорости движения, т.е. вибрационные воздействия. Эксплуатация земляного полотна с загруженной основной площадкой и нарушенной крутизной откосов показала, что повышаются выход из строя элементов верхнего строения и затраты на текущее содержание пути. Такой дефект земляного полотна, как загруженность основной площадки на зарубежных железных дорогах менее распространен, так как они имеют в несколько раз меньшую грузонапряженность. Устройство контрбанкетов требует больших объемов дренажных материалов и площадей свободных земель для их размещения, что является дефицитом в Европе, Японии, поэтому за рубежом при сооружении контрбанкетов используются армогрунты. Для повышения устойчивости откосов применяются также подпорные стены, армированные стеклотканью, что обеспечивает более низкую стоимость, повышенную долговечность, хорошее сцепление с грунтом, но, при этом, снижается модуль упругости. Для увеличения сопротивления балласта сдвиговым перемещениям, повышения стабильности может быть достигнуто созданием в нем цементационных связей между щебенками. Такой способ приводит к увеличению жесткости пути. В Японии для уменьшения жесткости пути на подошву шпал прикрепляют тонкие плиты из прессованной мелкой крошки каучука с полиуретановой скрепляющей добавкой. В бывшем Советском Союзе были проведены исследования по повышению стабильности балластной призмы методом контактной силикатизации и цементации щебня [4]. Этот метод повышает сопротивление щебня выпиранию из-под шпал, но сохраняет возможность колебаний щебенки относительно друг друга в остальной части балластной призмы, что позволяет рассеивать, (за счет трения), значительную часть энергии колебаний балластной призмы. За рубежом также были проведены исследовательские работы по повышению стабильности основной площадки земляного полотна и балластной призмы. Так, например, на дорогах Нью-Йорк - Централ, Иллинойс - Централ, Миссури - Пасифик (США), Англии и Голландии укладывают под балластный слой бетонные и железобетонные плиты. При строительстве линии Рим - Флоренция для создания прочного основания балластной призмы применялся битуминизированный конгломерат, обладающий водонепроницаемостью и предохраняющий полотно от промерзания и усталостных явлений, способный самостоятельно восстанавливать свою форму.

Обсуждение

Во ВНИИЖТе проводились исследования, при которых щебеночный балластный слой обрабатывается латексами. Исследования показали, что при обработке балластного слоя латексами снижается интенсивность накопления остаточных деформаций балластного слоя примерно в 3 - 4 раза по сравнению с хорошо уплотненным щебеночным слоем, но не обработанным вяжущим материалом.

Также были проведены исследования по повышению основной площадки земляного полотна железобетонными блоками и рамами. За последние 40 лет испытаны различные их конструкции.

Однако эти конструкции не смогли обеспечить два ценнейших свойства балластного слоя: его упругость и способность распределять нагрузки от подвижного состава, передаваемые на балласт через рельсы и шпалы. Поэтому жесткие основания, уложенные непосредственно под рельсы, могут иметь лишь ограниченные сферы применения (мосты, эстакады, тоннели). Опыт эксплуатации железнодорожных путей с асфальтовым основанием показал, что применение слоя асфальта под балластным слоем уменьшает расходы на текущее содержание пути.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Железнодорожный путь /Т.Г. Яковлева, Н.И. Карпушенко, СИ. Клинов, Н.Н. Путря, М.П. Смирнов: Под ред Т.Г. Яковлевой 2-е изд. М.: «Транспорт», 2004. -407 с.
- [2] СТП 091.56.010-2005. Текущие содержание железнодорожного пути. Технические требования и организация работ. Белорусская железная работа. Минск. -2006. - 284 с.
- [3] Расчеты и проектирование железнодорожного пути: Учебное пособие для студентов вузов ж. -д. трансп./ В.В. Виноградов, А.М. Никонов, Т.Г. Яковлева и др.; Под ред. В.В. Виноградова и А.М. Никонова. - М.: Маршрут, 2003. - 486 с.
- [4] Н.В Бубликов, П.В Ковтун, А.М. Патласов, А.Г Жуковец. Проектирование рельсовой колеи. - Гомель. БелГУТ. 1996. - 53 с.
- [5] Елсаков Н.Н Практическое руководство по текущему содержанию стрелочных переводов. - М.: Транспорт 2000.- 107 с.
- [6] Устройство и эксплуатация железнодорожного пути: Пособие/ В.И. Матвеев, П.В. Ковтун, А.Г. Жуковец, ТИ. Есева - Гомель: БелГУТ, 2004. -114 с.
- [7] Матвеев В.И., Инютин В.И., Есева Т.И Требования к оформлению дипломных и курсовых проектов. - Гомель. БелГУТ. 2003. - 69 с.
- [8] Расчет и проектирование основных параметров рельсовой колеи - Методические указания к курсовому проекту для студентов ??? - ?V курсов специальности 270204 - «Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство» часть I, Екатеринбург, УрГУПС, 44 стр.
- [9] Расчеты и проектирование железнодорожного пути: Учебное пособие для студентов вузов ж. -д. трансп./ Под ред. В.В. Виноградова и А.М. Никонова. - М.: Маршрут, 2003.--486 с.
- [10] Яковлева Т.Г., Шульга В.Я., Амелин С.В. и др. Основы устройства и расчет ж.д. пути / Под ред. С.В.Амелина и Т.Г. Яковлевой. - М.: Транспорт, 1990.

Байкенжеева А.С.

Қазақстан Республикасының теміржол көлігінің жол төсемін тиімділігі мен қауіпсіздігін қамтамасыз етудің онтайлы жағдайы мен тәсілдері.

Түйіндеме. Мақалады жалпы темір жол балластының негізгі құрылымы туралы әдеби талдаулар жүргізіліп, ғылыми түсініктерге, нақты тәжірбиелерге сілтеме жасалған. Темір жол саласы бойынша жол төселімінің тұрақтылығын көтеру мақсатында бірнеше материалдармен жасалған жұмыстар ұсынылып, жұмыс барысында қарастырылып отырған Защита – Зыряновск жол бөлігіндегі сын көтермейтін жол бөліктері туралы зерттеулер жүргізіліп, бірнеше статистикалық мәліметтер жинаған.

Түйін сөздер: темір жол, жол төселімі, демормация, балласт төңірегі№

ӘОЖ 81.93.29

М.А. Bolatbek, Sh.Zh. Mussiraliyeva

DETECTION OF EXTREMIST TEXTS USING MACHINE LEARNING METHODS

Abstract. A sharp increase in the number of materials with extremist content on the Internet poses a threat to national security of the country. Unfortunately, terrorist and extremist organizations began to spread information in the Kazakh language too. In this regard, in order to prevent citizens to join to extremist organizations it becomes urgent to monitor the users' activity on the Internet. In this paper, authors analyzed the Ansar1 forum to determine the content of extremist texts in English and used machine learning methods to determine the accuracy of the relation of input text to an extremist class. To perform the classification, a corpora was constructed which consists of the texts of above mentioned forum and machine learning methods such as support vector machine, naive Bayes classifier, logistic regression, classification trees and random forest classifier were used.

Key words. Extremism, text classification, machine learning methods, naive Bayes classifier, logistic regression, support vector machine.

М.А. Болатбек, Ш.Ж. Мусиралиева

(әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы

E-mail: {bolatbek.milana, mussiraliyevash}@gmail.com)

ЭКСТРЕМИСТІК МӘТІНДЕРДІ МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІ АРҚЫЛЫ АНЫҚТАУ

Аннотация. Интернет желісіндегі экстремистік материалдарды қамтитын сайттар санының күрт артуы ұлттық қауіпсіздік саласы үшін белгілі бір қауіп төндіреді. Өкінішке орай, террористік және экстремистік топтар қазақ тілінде де ақпарат тарата бастаған. Осы орайда азаматтардың лаңкестік топтарға кіруінің алдын алу үшін қолданушылардың Интернет желісіндегі әрекеттерін бақылау маңызды болып табылады. Бұл жұмыста авторлар ағылшын тіліндегі экстремистік мәтіндердің мазмұнын анықтау мақсатында Ansar1 форумына талдау жасап, машиналық оқыту әдістері көмегімен кіріс мәтіннің экстремистік топқа жату дәлдігін анықтайды. Жіктеу үшін аталған форум мәтіндерінен тұратын корпус құрылып, тірек векторлар машинасы, аңқау Байес жіктеушісі, логистикалық регрессия, жіктеу ағаштары және кездейсоқ орман жіктеушісі сияқты машиналық оқыту әдістері пайдаланылды.

Кілтсөздер. Экстремизм, мәтінді жіктеу, машиналық оқыту әдістері, аңқау Байес жіктеушісі, логистикалық регрессия, тірек векторлар машинасы.

Кіріспе

Интернет желісі мен ақпараттық технологиялардың қарқынды дамуы ұлттық қауіпсіздік саласына айтарлықтай қауіп төндіреді. Себебі соңғы онжылдық ішінде белгілі экстремистік ұйымдар өз қызметтерін Интернет кеңістігінде белсенді жүргізетін болған. Интернетте 10000-ға жуық экстремистік ұйым сайттары тіркелген [1]. Экстремистік ұйымдар әлеуметтік желілерді, әр түрлі форумдарды өз топтарына жаңа мүшелер шақыру, оларға насихат жүргізу немесе лаңкестік әрекеттерді орындауға қажетті қаражат жинау және т.с.с. үшін пайдаланады.

Террористік ұйымдар қазақ тілінде де экстремизм мен терроризмді насихаттайтын материалдар тарата бастаған. Ал мұндай мазмұндағы материалдардың саны ғаламторда геометриялық прогрессиямен өсуде. 2016 жылы 12 экстремистік акцияның жолы кесілді. 182 азамат террористік бап бойынша заң алдында жауап берді. Терроризмді қаржыландырғаны үшін халықаралық террористік ұйымдардың 3 көмекшісі қылмыстық жауапкершілікке тартылды. 5 экстремистік топ мүшесі шетелдік әріптестерімізге жіберілді. ҰҚК ақпараттық қолдауының арқасында шетелдік арнайы органдар арқылы халықаралық террористік ұйымдардың 14 мүшесі ұсталған.

Қазақ тілінде экстремизм мен терроризм идеясын насихаттайтын жеке материалдардың саны күрт артуда. Бұл экстремистік топтардың арнайы аудиторияда жұмыс істей бастағандығын көрсетеді. Олар What's app, Viber, Twitter және т.б. әлеуметтік желілері арқылы жұмысын жандандыруда [2]. 2017 жылы Дін істері және азаматтық қоғам министрлігінің мамандары ғаламтордағы 5527 ақпарат ресурстарына зерттеу жүргізген. Зерттеу қорытындыларына сәйкес, олардың ішінде 2487 заңсыз материалдардың бар екендігі анықталды. 2017 жыл басынан бері теріс діни контенті бар 2,5 мың сайт анықталып, бұғатталған [3]. Осы себепті, экстремистік мазмұндағы сайттарды анықтау мақсатында Интернет ресурстарды автоматты түрде бақылау жүйелерін құру өте маңызды болып табылады.

Әдебиеттерге шолу

Экстремистік мазмұндағы мәтіндерді анықтау үшін ғалымдар бірнеше әдістерді ұсынады. Әлеуметтік желілердегі экстремистік ұйымдардың жұмыстарын анықтау мен болжау әдістері [4] жұмысында ұсынылады. Зерттеушілер форумдағы мәтіндерді жіктеу үшін аңқау Байес үлгілері, логистикалық регрессия, жіктеу ағаштары, тірек векторлары машинасы әдістерін пайдаланады.

Ғалымдар [5] жұмыста Твиттер әлеуметтік желісіндегі радикалды контентті автоматты түрде анықтауға ұмтылады. Жіктеу үшін ағылшын тіліндегі сөздерге 1 (негативті) және 3 (позитивті) аралығындағы белгілі бір ұпайларды тағайындайтын Dictionary of Affect in Language (DAL) сияқты сөздіктер пайдаланылады. Авторлар тәжірибе жүргізу барысында Support Vector Machine (SVM), аңқау Байес және AdaBoost сияқты әр түрлі жіктеуіштерді пайдаланған.

Қолданушылардың Твиттер платформасында жариялайтын твиттері арқылы олардың терроризмге итермелейтін әрекеттерін анықтау әдісі [6] жұмысында көрсетілген. Мәліметтер Twitter API көмегімен белгілі бір кілтсөздерді беру (мысалы, “террорист”) арқылы жинақталады. Келесі кезеңде жинақталған мәліметтер барлық тэгтерді, қажетсіз ақпаратты өшіру арқылы тазартылады. Содан кейін мәліметтер аңқау Байес үлгісі көмегімен оң, теріс және бейтарап санаттарға жіктеледі.

Ғалымдар экстремистік топтар жиі пайдаланатын сөздерді анықтау үшін [7] жұмыста Part of Speech Tagging әдісін пайдаланады. Аталған әдіс жиі пайдаланатын сөздерді анықтап, оларды сөз

таптары, мысалы зат есім, етістік, сын есім және т.с.с. бойынша топтастырады. Бұл әдіс кілтсөздер ретінде белгілі бір сөз таптарын ғана қарастыру кезінде ыңғайлы болып келеді.

Авторлар [8] жұмыста веб-ресурстардағы қазақ тіліндегі экстремистік мәтіндерді анықтауға қатысты зерттеу жүргізген. Аталған есепті шешу үшін бес кезеңнен тұратын үлгі құрылған. Жұмыстың мақсаты экстремистік топтар жиі қолданатын кілтсөздерді анықтау болып табылады, анықталған кілтсөздер әрі қарай мәтіндерді “экстремистік” және “бейтарап” санаттарға бөлу үшін пайдаланылады. Зерттеу жұмысын жүргізу үшін қазақ тіліндегі экстремистік мәтіндер корпусы құрылған. Корпуста барлығы 150 мәтін бар, олардың 80-і экстремистік сипатта болса, қалғаны жаңалық сайттарынан және т.б. жиналған бейтарап мәтіндер болып табылады. Кілтсөздерді анықтау үшін TF-IDF әдісі пайдаланылады. Анықталған кілтсөздер мәліметтер қорына түрлі морфологиялық нұсқаларымен бірге енгізілген. Нәтижесінде берілген кіріс мәтін ішінен мәліметтер қорындағы экстремистік кілтсөздерді іздейтін бағдарлама құрылған.

Материалдар мен әдістер

Бұл жұмыста авторлар Dark Web Portal Project [9] жобасы барысында жинақталған форумдардың біріне талдау жасайды. Dark Web Portal Project жобасы жеті тілдегі әр түрлі 28 форум мәліметтерін қамтиды. Аталған форумдарда экстремистік және жалпы діни мәселелер талқыланады, олардың бірқатары радикалдық ислами сипаттағы мәтіндер болып келеді. Авторлар аталған форумдардың ішіндегі Ansar1 форумына тоқталды. Ол жерде барлығы 29942 хабарлама бар. Хабарламалар 12/2008-1/2010 мерзімі аралығында жинақталған. Қатысушылардың жалпы саны - 382. Негізгі тілі ағылшын тілі болса да, арасында араб, орыс, түрік және кавказ ұлттарының тіліндегі хабарламалар кездеседі. Жіктеу дәлдігін арттыру мақсатында авторлар келесі тапсырмаларды орындады:

1. Ansar1 форумындағы барлық 29492 хабарламаны оқылды.
2. Хабарламаларды оқи отырып, экстремистік мазмұндағы хабарламалардың екі жеке корпусы құрылды, олардың бірі машиналық оқыту әдістерін оқыту үшін, ал екіншісі аталған әдістер арқылы жіктеу жүргізу үшін пайдаланылады.
3. Корпустағы мәтіндердің орфографиялық қателері түзетілді, барлық тыныс белгілері мен сілтемелер өшірілді.
4. Корпустағы мәтіндерге Портер стемминг алгоритмі қолданылды, яғни мәтіндегі әр сөздің жалғаулары мен жұрнақтары алынып тастап, тек негізі ғана қалдырылады. Бұл сөздің әр түрлі қосымша жалғанған барлық нұсқаларын бір сөз ретінде қарастыру үшін жасалды.
5. Нәтижесінде корпустағы мәтіндердің жалпы саны 417, олардың 246-сы оқыту корпусында, ал қалған 171-і тәжірибе жүргізу корпусына орналастырылды.
6. Келесі кезеңде жинақталған мәліметтерге Python Scikit-Learn оқыту кітапханасында жіктеу жүргізілді. Жіктеу үшін тірек векторлар машинасы (SVM), аңқау Байес жіктеуші (naive Bayes classifier), логистикалық регрессия (logistic regression), жіктеу ағаштары (classification trees) және кездейсоқ орман жіктеуші (random forest classifier) машиналық оқыту әдістері пайдаланылды.

Тірек векторлар машинасы

Тірек векторлар машинасы (ағылшынша *SVM, support vector machine*) әдісінің негізгі идеясы оқытушы жиындағы оң және теріс мысалдарды максималды түрде ажырататын шешімдер беті болатын гиперкеңістікті құру болып табылады. Тірек векторларды оқыту алгоритмін құру тірек вектор мен кіріс кеңістіктен алынған вектордың скаляр көбейтіндісінің ядросы түсінігіне негізделеді. Тірек векторлар оқытушы таңдаманың ішкі жиыны болып табылады. Әдістің орындалуы барысында екі сынып шекарасындағы бейнелерге (мысалдарға) іздеу жүргізіледі. Мұндай бейнелер тірек векторлар болып табылады. Олар мәліметтердің шешімдер кеңістігіне (бөлінетін екі сынып шекаралары арасындағы аймақ) ең жақын орналасқан нүктелері болып табылады. Жалпы алғанда тірек векторлар машинасы әдісі көмегімен жіктеу дегеніміз бастапқы бейнелер жиынын екі сыныпқа бөлетін және бір сынып бейнелері үшін нөлден кіші, ал басқа сынып векторлары үшін нөлден үлкен мәнге ие болатын қандай да бір сызықты функцияны іздеу болып табылады. Жіктеудің ең жақсы функциясы күтілетін тәуекелі ең кіші функция болып табылады. Күтілетін тәуекел — бұл жіктеу қателігінің күтілетін деңгейі [10].

Аңқау Байес жіктеуші

Аңқау Байес сипаттамалар арасындағы тәуелсіздікті болжайтын Байес теоремасын қолдануға негізделетін ықтималдық жіктеуші. Аңқау Байес d құжатының c классына тиісті болуының p ықтималдығын: $p(c|d)$ есептейді. Жіктеуге арналған d құжаты $d = (d_1, \dots, d_n)$ векторы арқылы бейнеленеді, шартты ықтималдықты Байес теоремасын пайдалану арқылы келесі түрде жазуға болады [5]:

$$p(c|d) = \frac{p(c)p(d|c)}{p(d)}$$

Логистикалық регрессия

Логистикалық регрессия — бұл тәуелді айнымалы екі санаты бар санаттық айнымалы, ал тәуелсіз айнымалылар сандық немесе санаттық айнымалылар болғанда қолданылатын болжау үлгісінің бір түрі. Сонымен қатар, ол таңдалған кездейсоқ оқиғаның орындалу немесе орындалмау ықтималдығын да бағалайды. Бұл үлгі оқиғаның белгілі бір санатқа жататынын немесе жатпайтынын бағалай отырып, оны жіктей алады.

Logit — айнымалының логарифм коэффициенттеріне тең функция. Егер p $Y=1$ (оқиғаның орындалу) ықтималдығы болса, онда $\frac{p}{1-p}$ коэффициенттерге сәйкес келеді. p ықтималдығының logit функциясы келесі түрде жазылады:

$$\text{logit}(p) = \log \frac{p}{1-p}$$

Логистикалық регрессия үлгісі:

$$\text{logit}(p) = b_0 + b_1 * X_1 + b_2 * X_2 + \dots + b_k * X_k$$

X_1 — тәуелсіз айнымалылар мәні, b_1 — есептелуі логистикалық регрессия тапсырмасы болып табылатын коэффициенттер, b_0 — белгілі бір тұрақты шама.

Логистикалық регрессияда тәуелді айнымалы шын мәнінде logit болады, ол коэффициенттер логарифмі болып табылады:

$$\text{logit}(p) = \ln \frac{p}{1-p}$$

Сонымен ізделіп отырған ықтималдық келесідей болады [11]:

$$p = \frac{e^{\text{logit}(p)}}{1 + e^{\text{logit}(p)}}$$

Жіктеу ағаштары

Жіктеу ағашы (шешім қабылдау ағаштары немесе регрессиялық ағаш деп те аталуы мүмкін) — жіктеуіштерді, сонымен қатар регрессия үлгілерін бейнелеу үшін пайдаланылатын болжау үлгісі. Ағаш “жапырақтар” мен “бұталардан” тұрады. Шешім ағашының “бұталарына” мақсат функция тәуелді болатын атрибуттар, “жапырақтарына” мақсат функцияның мәндері, ал қалған түйіндерге оқиғалар ажыратылатын атрибуттар жазылады. Жаңа оқиғаны жіктеу үшін ағаш бойымен жапыраққа дейін түсіп, сәйкес мәнді шығару керек. Операцияларды зерттеу кезінде шешімдер ағашында шешімдердің сатылы үлгісі мен олардың салдарлары қарастырылады. Шешім қабылдаушы көшбасшы шешімдер ағашын өз мақсатына жетуі мүмкін болатын стратегияны таңдау үшін қолданады. Жіктеу ағаштары нысанды немесе үлгіні олардың атрибуттарының мәндері негізінде алдын ала анықталған сыныптар жиынына жіктеу үшін пайдаланылады [12].

Кездейсоқ орман жіктеуіші

Кездейсоқ орман жіктеуіші — жіктеу және регрессия тапсырмалары үшін жиі пайдаланылатын дәлдігі жоғары бейсызық алгоритм. Ол шешімдер ағашына негізделеді. Қандай да бір қабылдануы тиіс шешім бар деп есептейік. Аталған шешімді қабылдауға көмектесетін айнымалылар бар, олардың кейбірінің салмақтары басқаларына қарағанда жоғары болып келеді. Шешімдер ағашының алгоритмі компьютерге оның оқытушы жиынындағы қай айнымалылардың ең маңызды екендігін анықтауға мүмкіндік береді. Ол аталған айнымалыларды ағаштың ең жоғарғы тұсына орналастырады да, маңыздылығы аз айнымалыларға біртіндеп ауысады. Мұндай әдіс айнымалыларды топтастыруға мүмкіндік береді. Өкінішке орай, шешімдер ағашының жоғарғы деңгейлері жауапқа қатты әсер етеді және егер жаңа мәліметтер оқытушы таңдаманың үлестіріміне сай келмесе, үлгінің жалпылау қабілеті төмендейді. Дәл осы жерде "кездейсоқ орман" алгоритмі негізіндегі үлгі көмекке келеді. Ағаштар жиынын құру аталған тәуекелді азайтады. Жіктеу барысында жауап іздеуде жауаптардың көбі, ал регрессия жағдайында орташасы таңдалады. Дауыстар мен орташаларды пайдалану арқасында басқа алгоритмдер бере бермейтін толық ықтималдықтарды алу мүмкіндігі туындайды [13].

Нәтижелер және талдау

Құрылған корпустағы 417 мәтіннің 171-іне Python Scikit-Learn оқыту кітапханасында жіктеу жүргізілді. Жіктеу үшін тірек векторлар машинасы (SVM), аңқау Байес жіктеуіші (naive Bayes classifier), логистикалық регрессия (logistic regression), жіктеу ағаштары (classification trees) және кездейсоқ орман жіктеуіші (random forest classifier) машиналық оқыту әдістері пайдаланылды. Жіктеу нәтижесінде берілген

кіріс корпустағы мәтіндердің экстремистік топқа жату дәлдігі анықталды. Жіктеу нәтижелері 1-кестеде келтірілген. Ең жоғары дәлдік аңқау Байес жіктеуішін пайдаланған кезде алынды (0.90).

1-кесте. **Кіріс мәтіндерді жіктеу нәтижелері**

Машиналық оқыту әдісі	Дәлдік
Тірек векторлар машинасы	0.69
Аңқау Байес жіктеуіші	0.90
Логистикалық регрессия	0.73
Жіктеу ағаштары	0.73
Кездейсоқ орман жіктеуіші	0.88

Кіріс мәтіндердің экстремистік топқа жату дәлдігімен қатар Ansar1 форумындағы ең жиі кездесетін терминдер де анықталды. Экстремистік мазмұндағы мәтіндерде жиі кездесетін терминдер тізімі 2-кестеде келтірілген.

2-кесте. **Ағылшын тіліндегі экстремистік мәтіндерде жиі кездесетін терминдер**

Термин	Жиілігі	Термин	Жиілігі
allah	152	destroy	24
mujahideen	60	enemi	22
inshaallah	50	war	10
kill	36	punish	10
attack	34	mujahedin	7
fight	31	allaah	7
kuffar	30	money	5
inshallah	25	inschallah	5

Зерттеу жұмысы барысында анықталғандай, берілген форумдағы ағылшын тіліндегі жиі кездесетін бірқатар діни терминдер [8] жұмыста анықталған қазақ тіліндегі кілтсөздермен сәйкес келеді екен. Қазақ және ағылшын тілдеріндегі экстремистік мәтіндерде жиі кездесетін діни терминдер тізімі 3-кестеде келтірілген.

3-кесте. **Қазақ және ағылшын тілдеріндегі хабарламалардағы діни терминдер сәйкестігі**

Қазақ тіліндегі кілтсөздер	Ағылшын тіліндегі кілтсөздер
allah/алла/аллах	allah/allaah
соғыс/соғыс	war
кәпір/кафир	kuffar
иншааллах/иншаллах/иншаллах	inshallah/inschallah
мужахид/можахид/муджахед/муджахид	mujahideen/mujahedin

Қорытынды

Берілген жұмыста ағылшын тіліндегі Ansar1 форумындағы мәтіндерге талдау жасалып, оларға машиналық оқыту әдістері көмегімен жіктеу жүргізілді. Жіктеу үшін Python Scikit-Learn оқыту кітапханасында тірек векторлар машинасы (SVM), аңқау Байес жіктеуіші (naive Bayes classifier), логистикалық регрессия (logistic regression), жіктеу ағаштары (classification trees) және кездейсоқ орман жіктеуіші (random forest classifier) машиналық оқыту әдістері пайдаланылды. Жіктеу нәтижесі бойынша ең жоғары дәлдік аңқау Байес жіктеуішін пайдаланған кезде алынды. Келешекте машиналық оқыту әдістерінің дәлдігін арттыру мақсатында жіктеуді бірнеше ережелерді қатар пайдалану арқылы жүргізу жоспарлануда.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Жаворонкова Т.В. Террористік және экстремистік ұйымдардың Интернет желісін пайдалануы // Оренбург мемлекеттік Университеті хабаршысы. — 2015. — №3(178). — 30 б.

- [2] Қазақ тілінде «сойқан» сайттар көбейіп кетті. <http://jasqazaq.kz/2017/01/31/aza-tilinde-soj-an-sajttar-k-bejir-ketti/>. Қаралған күні: 10.03.2018.
- [3] Қазақстанда жыл басынан бері экстремизмге үгіттейтін 2,5 мың сайт анықталған. <https://sn.kz/kk/sn-zan-zaman/26169-aza-standa-zhyl-basynan-beri-ekstremizmge-gittejtin-2-5-my-sajt-any-tal-an>. Қаралған күні: 15.03.2018.
- [4] Дж.Р.Сканлон. Экстремистік кибер-шақыртуды автоматты түрде анықтау және болжау // Магистрлік диссертация. — Виргиния Университеті, 2014. — 5-7 б.
- [5] Е.Омер. Твиттердегі жиһадтық хабарламаларды анықтау үшін машиналық оқытуды пайдалану // Магистрлік диссертация. — Уппсала Университеті, 2015. — 5-14 б.
- [6] С.А. Азизан, И.А.Азиз. Терроризмді машиналық оқытуды пайдалану арқылы сентимент талдау негізінде анықтау // Инженерия және қолданбалы ғылымдар журналы. — 2017. — №12(3). — 691-698 б.
- [7] Р.Скривенс, Р.Франк. Интернеттегі радикалдық мәтіндерді сентимент негізінде жіктеу // Еуропалық зерде және ақпараттық қауіпсіздік конференциясы. — Уппсала, 2016. — 104-107 б.
- [8] М.А.Болатбек, Ш.Ж.Мусиралиева, У.А.Тукеев. Қазақ тілді веб-контенттегі экстремистік бағытты анықтауға арналған түйінсөздер мәліметтер қорын құру // Қазақ Университеті. Математика, механика, информатика. — 2018. — №1(97). — 134-142 б.
- [9] Көлеңкелі Веб және геосаяси веб-зерттеулер. <https://ai.arizona.edu/research/dark-web-geo-web>. Қаралған күні: 05.11.2017.
- [10] О.В.Китова, И.Б.Колмаков, И.А.Пеньков. Инвестиция көрсеткіштерін болжауға арналған тірек векторлар машинасы әдісі // Статистика және экономика. — 2016. — №4. — 27-29 б.
- [11] В.С.Рават. Логистикалық регрессия. — Лакшмибай физикалық ғылымдар ұлттық институты, 2018. — 2-5 б.
- [12] О.З.Маймон, Л.Рокач. Шешімдер ағашымен білім жинау: Теория және қосымшалар. — Екінші басылым. — АҚШ: World Scientific Publishing, 2015. — 304 б.
- [13] Х.Бринк, Д.Ричардс, М.Феверолф. Машиналық оқыту. . — М: Питер, 2017. — 336 б.

Болатбек М.А., Мусиралиева Ш.Ж.

Определение экстремистских текстов с помощью методов машинного обучения

Резюме. В данной работе авторы для определения содержания экстремистских текстов на английском языке анализировали форум Ansar1 и с помощью методов машинного обучения определили точность отнесения входного текста в экстремистский класс. Для выполнения классификации был построен корпус, который состоит из текстов вышеуказанного форума и были использованы методы машинного обучения такие как, машина опорных векторов, классификатор наивного Байеса, логистическая регрессия, деревья классификации и классификатор случайного леса.

Ключевые слова. Экстремизм, классификация текста, методы машинного обучения, классификатор наивного Байеса, логистическая регрессия, машина опорных векторов.

Boлатбек М.А., Mussiraliyeva Sh.Zh.

Detection of Extremist Texts Using Machine Learning Methods

Summary. In this paper, authors analyzed the Ansar1 forum to determine the content of extremist texts in English and used machine learning methods to determine the accuracy of the relation of input text to an extremist class. To perform the classification, a corpora was constructed which consists of the texts of above mentioned forum and machine learning methods such as support vector machine, naive Bayes classifier, logistic regression, classification trees and random forest classifier were used.

Key words. Extremism, text classification, machine learning methods, naive Bayes classifier, logistic regression, support vector machine.

УДК 004.8

Н.П. Азанов, Ж.Б. Манас

THE SECURITY PROBLEMS AND CRYPTOGRAPHIC STRENGTH OF ELLIPTIC CURVES

Abstract: Every day we see an increase in computing power and at the same time an increase in the number of attempts to hack cryptosystems in order to obtain any data. Today, information technology is developing very rapidly at the same time as the value of all kinds of digital information is increasing. With the growth of value at the same time increases the cost of information security [2].

All information processed on computer networks and the Internet must be well protected. This fact requires continuous improvement of information security mechanisms. It is for this reason that the creation and use of secure data encryption systems is currently important.

Key words: cryptography, elliptic curve, singularity, supersingularity.

Н.П. Азанов, Ж.Б. Манас

(Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Алматы, Республика Казахстан, manas.zhanar2205@gmail.com)

ПРОБЛЕМЫ КРИПТОГРАФИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ КРИВЫХ

Аннотация: Вся информация, обрабатываемая в компьютерных сетях и в интернете, должна быть хорошо защищена. Этот факт требует непрерывного совершенствования механизмов защиты информации. Именно по этой причине на данный момент актуально создание и использование защищенных систем шифрования данных.

Тема относится к области криптографии на эллиптических кривых. Будет исследовано применение эллиптических кривых в асимметричных алгоритмах шифрования и их криптографическая стойкость к разным атакам. Предложено выбрать определенные виды эллиптических кривых, которые до этого момента использованные, а также ещё не использовались в алгоритмах шифрования данных.

Ключевые слова: криптография, эллиптическая кривая, сингулярность, суперсингулярность.

Ежедневно мы видим рост вычислительных мощностей и одновременно с этим увеличение количества попыток взлома криптосистем с целью получения, каких бы то ни было данных. Сегодняшний день информационные технологии весьма быстро развиваются одновременно с повышением ценности всякого рода цифровой информации. С ростом ценности возрастает стоимость защиты информации [2].

Нынче наиболее востребованы криптосистемы - это криптосистемы с открытым ключом. Одной из разновидностей таких систем являются системы шифрования на основе эллиптических кривых. Согласно исследованиям НИСТ, системы шифрования на основе эллиптических кривых при меньшей длине ключей позволяют обеспечить более высокий уровень безопасности данных. При использовании таких систем шифрования возникает вопрос выбора основного параметра системы, а именно криптобезопасной эллиптической кривой [1].

Эллиптические кривые являются одним из основных объектов изучения в современной теории чисел и криптографии. Эллиптическая криптография образует самостоятельный раздел криптографии, посвященный изучению криптосистем на базе эллиптических кривых. В частности, на эллиптических кривых основан российский стандарт цифровой подписи ГОСТ Р 34.10-2001 [3].

Сегодня, криптосистемы на эллиптических кривых также используются в TLS, PGP и SSH, важнейших технологиях, на которых базируются современный веб и мир ИТ, в Bitcoin и других криптовалютах.

Интерес к математическим конструкциям наподобие группы рациональных точек эллиптических кривых появился в криптографии в 1985 г. В двух направлениях: для решения задач факторизации больших целых чисел и для построения криптографических протоколов. Эта заинтересованность особенно актуализировалась в последние десятилетия и обусловлена она тем, что с одной стороны, эллиптические кривые оказались источником конечных абелевых групп, которые владеют полезными структурными свойствами, а с другой – тем, что на основе их применения удалось обеспечить те же показатели стойкости, которыми владеют числовые и полиномиальные криптосистемы, но как уже говорилось соответствующие показатели первых удалось получить при существенно меньшем размере ключа [5, 6]. Безусловно, что одним из основных показателей криптоалгоритмов выступает уровень их стойкости.

Под стойкостью криптографического алгоритма обычно понимают количество операций, которые необходимо выполнить, чтобы получить секретный ключ используя открытый ключ. От числа и характера «элементарных» операций напрямую, зависит время, необходимое для их выполнения.

Как показывает анализ, не все эллиптические кривые в оговоренном смысле одинаково полезны и пригодны для использования. В этой статье мы определим условия, которые должны быть учтены при отборе эллиптических кривых пригодных для криптографических применений.

Эллиптическая кривая — это просто множество точек, описываемое уравнением **Вейерштрассе:**

$$y^2 = x^3 + ax + b$$

Существует ряд видов эллиптических кривых:

- гладкие эллиптические кривые;
- сингулярные эллиптические кривые;

- суперсингулярные эллиптические кривые.

Гладкие эллиптические кривые отличаются от сингулярных тем что для гладких выполняется следующее неравенство:

$$4a^3 + 27b^2 \neq 0$$

Для сингулярных же оно не выполняется.

Очень важно помнить тот факт, что если мы будем самостоятельно разрабатывать криптографический продукт, поддерживающий «эллиптику», то **нежелательно использовать сингулярные кривые в схемах ЭЦП**. Потому что, используя сингулярные кривые вы идете на большой риск значительно снизить стойкость схемы ЭЦП. В математике сингулярностью обозначается такая точка, в которой предложенная функция имеет странное поведение, например, стремится к бесконечности. Ученые считают, что использование сингулярных кривых в алгоритмах криптографии приводят к уменьшению криптостойкости алгоритма. Поэтому использование таких кривых запрещено.

Суперсингулярные кривые проявляют себя при работе с бинарным конечным полем Галуа.

При использовании кривых над ними приходится проводить арифметические операции. Основной операцией является сложение двух точек кривой. Сложение точек представлено на рисунке 1.

Для того чтобы сложить две точки P и Q, необходимо провести между ними прямую, пересекающую кривую в третьей точке R, а затем отразить эту точку относительно горизонтальной оси координат. Получившаяся точка и будет являться суммой точек P+Q.

Все эллиптические кривые относятся к кривым над вещественными числами. Для того чтобы не возникало проблем с округлением чисел в криптографии используют кривые над бинарным конечным полем Галуа. Это позволяет определять связь между исходным текстом и зашифрованными данными.

Одним из наиболее важных параметров кривой в криптографии является количество точек над конечным полем (порядок эллиптической кривой).

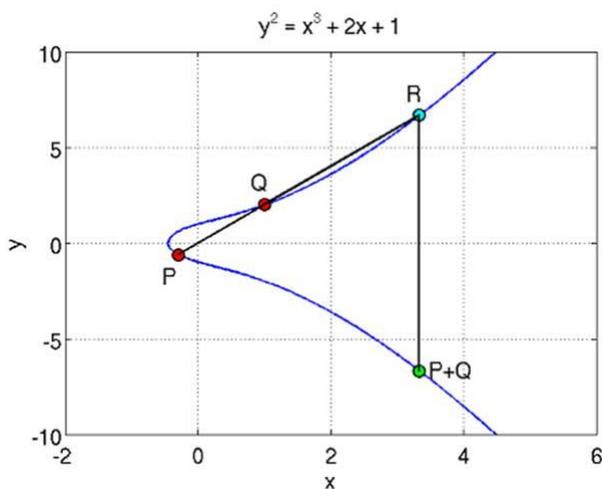


Рис 1. Сложение точек

По теореме Хассе - количество точек кривой, определенной над полем Z_q с q элементами тогда справедливо равенство:

$$|N - (q + 1)| \leq 2\sqrt{q}$$

$$2^n$$

А так как используется конечное поле Галуа, которое состоит из 2^n элементов, можно сказать, что порядок кривой $E_{2^n}(a, b)$ равен $2^n + 1 - t$, где $|t| \leq \sqrt{2^n}$.

Суперсингулярной эллиптической кривой является та кривая у которой t без остатка делится на характеристику поля (2).

Точки эллиптической кривой над конечным полем являются группой, для этой группы определена операция сложения. Поэтому можно представить умножение числа k на точку G как $G+G+...+G$ с k слагаемыми.

Допустим, имеется сообщение M представленное в виде целого числа. Его можно зашифровать, используя выражение $C=M*G$. Возникает вопрос, насколько сложно восстановить M , зная параметры кривой $E(a,b)$, шифротекст C и точку G .

Эта задача называется задачей дискретного логарифмирования на эллиптической кривой и не имеет быстрого решения. Наиболее быстрые методы решения данной задачи имеют сложность $O(\sqrt{q})$, где q - количество точек эллиптической кривой над полем. При этом для решения задачи дискретного логарифмирования в конечных полях есть алгоритмы имеющей сложность $O(\exp(c(\log p \log \log p)^d))$, где c и d - некоторые константы, а p - размер поля.

Для того чтобы получить уровень криптографической стойкости в 2^{80} операций, необходимо чтобы $q=2^{160}$ при вычислении дискретного логарифма на эллиптической кривой и $q=2^{1024}$ при вычислении дискретного логарифма в конечном поле.

Уязвимость сингулярных и суперсингулярных кривых.

Не существует общих методов решения задачи дискретного логарифма на эллиптических кривых. Однако такие методы на самом деле существуют только для определенного рода кривых: сингулярных и суперсингулярных. Благодаря специфичным свойствам этих кривых задача дискретного логарифма на эллиптической кривой сводится к задаче дискретного логарифма в конечном поле. Поэтому для такого рода кривых стандартные 160-320 битные ключи будут сильно уязвимы. Злоумышленники смогут вскрыть секретный ключ за относительно короткое время [7].

В итоге все эллиптические кривые можно классифицировать по наличию методов решения задачи дискретного логарифма:

- Безопасные для использования в системах шифрования
- С риском взлома при использовании в системах шифрования

К первым относятся гладкие эллиптические кривые, для которых не существует общего метода решения задачи дискретного логарифма.

Ко вторым относятся сингулярные и суперсингулярные кривые за счет своих специфичных свойств, из-за которых задача решения дискретного логарифма на эллиптической кривой сводится к задаче решения дискретного логарифма в конечном поле.

Практически любая "современная" криптосистема может быть "переложена" на эллиптические кривые, но переход на эллиптические кривые не приводит к автоматическому возрастанию стойкости криптосистем. Например, для системы RSA и родственных ей систем, основанных на сложности задачи факторизации, это не усиливает схему. В то же время для схем, основанных на сложности задачи логарифмирования в дискретных полях, переход на эллиптические кривые позволяет существенно увеличить стойкость. Обусловлено это тем, что при надлежащем выборе параметров кривой задача логарифмирования в группе точек кривой существенно сложнее задачи логарифмирования в мультипликативной группе исходного поля. Этот факт в сочетании с быстрой "инфляцией" схем "современной" криптографии привел к повсеместному переходу на эллиптические кривые в "чувствительных" областях применения. Так, старые стандарты ЭЦП РФ и США и все остальные, просуществовав около 7 лет, с 1994 по 2001 гг., практически одновременно были заменены новыми, реализующими прежние криптографические схемы на эллиптических кривых, что позволило существенно увеличить стойкость и сократить размер блоков данных. Старый ЭЦП стандарт оперировал 1024-битовыми блоками данных, новый оперирует 256-битовыми. При этом, по оценкам специалистов, трудоемкость взлома старого и нового стандартов ЭЦП составляет величину порядка 10²⁶ и 10³⁸ операций умножения в базовом поле GF(p) соответственно. По указанной причине в настоящее время происходит массовый перевод асимметричных криптосистем, основанных на сложности задачи логарифмирования в дискретных полях, на эллиптические кривые [8].

Плюсы и минусы использования эллиптических кривых

Основные плюсы:

1. Меньшая длина ключа по сравнению с «классическими» алгоритмами шифрования.
2. Более высокая скорость работы алгоритмов шифрования основанных на эллиптических кривых.
3. Из-за меньшей длины ключа и более высокой скорости работы алгоритма алгоритмы основанные на эллиптических кривых можно использовать на устройствах с ограниченными вычислительными ресурсами.

Основные минусы:

1. Эллиптическая криптография – это очень сложно для понимания.
2. Основа криптографии на эллиптических кривых вытекает из отсутствия алгоритма решения задачи дискретного логарифмирования на эллиптических кривых, если такой алгоритм появится то произойдет крах всей криптографии на основе эллиптических кривых [4].

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Колесников П.В. Оценка стойкости преобразований в группе точек эллиптических кривых при использовании открытых параметров и ключей в качестве личных/П.В.Колесников// Правове, нормативне та метролопчне забезпечення системи захисту шформацн в Укрань - 2001. - вип. 2. - С.95-98. стр. 24.
- [2] Пылин В.В. Проблемы использования специальных эллиптических кривых в системах электронно-цифровой подписи /В.В.Пылин// Информационные технологии в профессиональной деятельности и научной работе: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием: в 2ч. - Йошкар-Ола, Марийский государственный технический университет, 2008. - С.148-150.
- [3] Куржеевский И.В., Бродовская В.В., Филимонова А.В. Применение эллиптических кривых и «гаммирования» для защиты от несанкционированного доступа/Физико-математические науки и информационные технологии: проблемы и тенденции развития: сб. ст. по матер. VIII междунар. науч.-практ. конф. № 8. – Новосибирск, СибАК, 2012.
- [4] Склотов Д.Ю. Классификация эллиптических кривых используемых в криптографии//Научное сообщество студентов: Междисциплинарные исследования: сб. ст. по мат. XLII междунар. студ. науч.-практ. конф. № 7(42). URL: [https://sibac.info/archive/meghdis/7\(42\).pdf](https://sibac.info/archive/meghdis/7(42).pdf) (дата обращения: 19.09.2018)
- [5] Miller V.C. Use og Elliptic Curve in Cryptography//Cryptology: Proceedings of Crypto 85, Springer LNCS 218,1986. – P. 417-426.
- [6] Lenstra H.W. Factoring integers with elliptic curves //Ann. Of Vath, (2) 126 (1987). – Н. 674-745.
- [7] Дмитриев Е.А., Танаев И.В., Швейкин В.В. [и др.] Применение эллиптических кривых в криптографии//Научное сообщество студентов XXI столетия. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: сб. ст. по мат. XLV междунар. студ. науч.-практ. конф. № 8(44).
- [8]http://www.secuteck.ru/articles2/Inf_security/elept_krivaya_nov_etap_razv_kripto/

Азанов Н.П., Манас Ж.Б.

Эллиптикалаық қисықтардың криптоберіктігі және криптоберіктік мәселелері

Түйіндеме: Компьютерлік желілерде және интернетте өңделетін барлық ақпарат жақсы қорғалуы тиіс. Бұл факт ақпаратты қорғау тетіктерін үздіксіз жетілдіруді талап етеді. Осы себепті қазіргі уақытта қорғалған деректерді шифрлау жүйелерін құру және пайдалану өзекті болып табылады.

Тақырып эллиптикалаық қисықтардағы криптография саласына жатады. Шифрлеудің асимметриялық алгоритмдерінде эллиптикалаық қисықтарды қолдану және олардың әртүрлі шабуылдарға криптографиялық төзімділігі зерттелетін болады. Осы уақытқа дейін пайдаланылған, сондай-ақ деректерді шифрлау алгоритмдерінде әлі пайдаланылмаған эллиптикалаық қисықтардың белгілі бір түрлерін таңдау ұсынылды.

Кілттік сөздер: криптография, эллиптикалаық қисық, сингулярлық, суперсингулярлық.

Azanov N.P., Manas Zh.B.

The security problems and cryptographic strength of elliptic curves.

Summary: Every day we see an increase in computing power and at the same time an increase in the number of attempts to hack cryptosystems in order to obtain any data. Today, information technology is developing very rapidly at the same time as the value of all kinds of digital information is increasing. With the growth of value at the same time increases the cost of information security [2].

All information processed on computer networks and the Internet must be well protected. This fact requires continuous improvement of information security mechanisms. It is for this reason that the creation and use of secure data encryption systems is currently important.

Key words: cryptography, elliptic curve, singularity, supersingularity.

M.B. Kambatyrov, U.B. Nazarbek

(M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan, eplusr@bk.ru)

MARKET ANALYSIS OF SUPPLEMENT FEED IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Abstract. This article contains information about the market of feed additives of the Republic of Kazakhstan for farm animals and poultry. Currently, the total need for livestock and poultry in the feed, according to the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan, is about 5 million tons per year. The capacities of the feed mills available in the country make it possible to provide farm animals with feeds for 48% of the total need. At the same time, in 2016 the actual supply of mixed fodder due to domestic production was 20% in Kazakhstan; there is a positive trend in the increase in feed production: after two years of stagnation in the sector last year, production volumes reached 960 thousand tons, having increased by 32.7% over the year. Capacity utilization was 35%. According to the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan, by 2021 it is planned to increase the volume of feed production in the country from 1 to 2.5 million tons per year. The use of feed additives in the diet of farm animals is the most important condition for obtaining maximum productivity and maintaining their health. Much of the research in animal husbandry is given to feeding, balancing their diet, not only for the main substances that characterize its nutritional value, but also for some biologically active components. This has an impact on biochemical processes and the physiological state of the organism of animals and birds, enhances their safety and productive qualities and leads to a decrease in the risk of developing diseases, as well as normalizing the balance of nutrients.

Key words: market, fodder, feed additives, the role of feed additives, feed, farm animals, birds.

М.Б. Камбатыров, У.Б. Назарбек, П.А. Абдуразова

(Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауезова, Шымкент, Казахстан, eplusr@bk.ru)

ИССЛЕДОВАНИЕ РЫНКА КОРМОВЫХ ДОБАВОК В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

Аннотация. В данной статье содержится информация о рынке кормовых добавок Республики Казахстан для сельскохозяйственных животных и птиц. В настоящее время общая потребность животноводства и птицеводства в комбикормах, по оценке Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан, составляет порядка 5 млн тонн в год. Имеющиеся в стране мощности комбикормовых заводов позволяют обеспечить сельскохозяйственных животных комбикормами на 48% от всей потребности. При этом в 2016 году фактическая обеспеченность комбикормами за счет отечественного производства составила 20% в Казахстане наблюдается положительная динамика увеличения производства комбикормов: после двухлетней стагнации в секторе в прошлом году объемы выпуска достигли 960 тыс. тонн, увеличившись за год сразу на 32,7%. Загруженность мощностей составляла 35%. По утверждению министерства сельского хозяйства Республики Казахстан, к 2021 году планируется увеличить объемы производства комбикормов в стране от 1 до 2,5 млн тонн в год. Применение кормовых добавок в питании у сельскохозяйственных животных – важнейшее условие получения максимальной продуктивности и сохранения их здоровья. Значительная часть исследований в животноводстве посвящается кормлению, сбалансированности их рациона не только по основным веществам, характеризующим его питательность, но и некоторым биологически активным компонентам. Это оказывает влияние на биохимические процессы и физиологическое состояние организма животных и птиц, обеспечивает повышение их сохранности и продуктивных качеств и ведет к снижению риска развития болезней, а также нормализации баланса питательных веществ.

Ключевые слова: рынок, корма, кормовые добавки, роль кормовых добавок, комбикорм, сельскохозяйственные животные, птицы.

Сельское хозяйство Казахстана в начале своей независимости производило 4 млн. т комбикормов, из которых 1,3 млн. т для птицы. При этом 80% производимых комбикормов являлись сбалансированными, в то время как другие страны как Россия и Украина производили на 60% больше от общего объема соответственно.

Комбикормовые предприятия производили продукции для 45 видов сельскохозяйственных животных (крупнорогатого скота, овец, лошадей, птиц, рыбы, кроликов и др.). Для выпуска продукции, применялось более 70 видов сырья, предназначенной на кормление животных.

Казахстан занимал четвертое место среди республик бывшего СССР и третье по объемам производства кормов для птицы в рейтинге производства готовых кормов для животных. Но в конце 90-х объемы производства комбикормовой продукции значительно сократились, составив 2,1 млн. тонн - практически в 2 раза.

Такое резкое падение объемов производства концентрированных комбикормов привело и к значительному сокращению поголовья скота в сельхозпредприятиях, когда поголовье только овец и коз сократилось более чем в 2 раза, а такие отрасли как разведение рыб и кроликов практически прекратили свою деятельность.

Эксперты отмечают, что себестоимость продукции птицефабрик на 60-70% составляет стоимость кормов. И от того, какие виды кормов и какого качества, изготовленных по какой рецептуре и с добавлением каких витаминных комплексов, используются для разведения птицы, напрямую зависит производительность и эффективность работы птицефабрик.

В вопросе контроля качества производимых кормов в конце прошлого столетия произошли перемены в сторону сокращения или полного исчезновения лаборатории по проверки продукции комбикормовой промышленности.

В связи с тем, что глава нашего государства Н. Назарбаев, на ближайшие десятилетия поставил одной из главных задач достижение высоких показателей животноводства в стране, требуется пристальное внимание на планомерное и эффективное развитие комбикормовой промышленности как центрального звена в достижении этих целей.

Сегодня рынок кормовых добавок в Республике Казахстан развивается довольно быстрыми темпами. Увеличение спроса на них объясняется, с одной стороны, повышением цен на продукцию животноводства, а с другой – государственной поддержкой этой отрасли в виде дотаций и льготных кредитов. Министерство сельского хозяйства Казахстана разработало мастер-план по развитию кормопроизводства до 2020 года в целях развития этой отрасли. Системное решение данного вопроса заключается в модернизации существующих и вновь строящихся комбикормовых заводов путём льготного финансирования и оказания поддержки в виде инвестиционного субсидирования. Руководство Республики Казахстан полностью понимают, что возрождение комбикормовой промышленности – это основа увеличения животноводческой продукции и развития села.

Как ни странно именно комбикорма являются главным звеном в цепочке производства животноводческой продукции. Ведь главная задача при производстве любой животноводческой продукции является самообеспечение себя качественными кормами. Открытие таможенных границ позволяет закупать кормовые добавки лучших мировых брендов. Однако, соответственно, увеличивается и стоимость выращивания скота. Поэтому целесообразно производить качественные комбикорма самому. Эффективность получения животноводческой продукции зависит от качества комбикормов. Поэтому большое значение имеют контрольные функции на всех стадиях их производства: сырье, технологический процесс и готовая продукция.

Следует отметить, что во всех странах мира объёмы кормов ежегодно увеличиваются, а ресурсы для этого уменьшаются. Многие компоненты комбикормов стали дефицитными, а некоторые используются на другие цели (на выработку этанола, биогаза и др.). Удорожание и сокращение традиционных энергетических ресурсов обусловило необходимость включения в состав комбикормов до 80% зерновых компонентов, что приводит к их несбалансированности и не обеспечивает получения биологически полноценной животноводческой продукции. В связи с этим, поиск новых видов кормовых продуктов и создание рациональной технологии эффективного использования сырьевых ресурсов весьма актуальны. Это становится все более очевидным в последние годы, когда рост продуктивности животных в республике серьёзно сдерживается из-за слабой кормовой базы, недостатка белковых и энергетических кормов, биологически активных веществ, в результате чего допускаются грубые отклонения в составе комбикормов и рационов. Оценивая рынок готовых кормов для сельскохозяйственных животных, в первую очередь, необходимо рассмотреть вопросы потребности в развитии данного рынка, в частности, количество основных потребителей данного вида продукции – сельскохозяйственных животных. [1].

За 7 месяцев 2018 года казахстанские компании выпустили готовые корма для животных на 31,1 млрд тг. Этот показатель, по данным интернет-ресурса energyprom.kz, на 27,5% больше, чем за 7 месяцев 2017 года. С учетом инфляции, рост физического объема составил 24,2%. В 2017 году рост по итогам 7 месяцев составлял 29,2%. Таким образом, в отрасли наблюдается стабильное развитие. В натуральном выражении производство готовых кормов для сельскохозяйственных животных составило 731 тысяч тонн, это на 25,9% больше, чем в 2017 году.

Следует отметить, что более 70% всего производства готовых кормов для животных сконцентрировано в четырех областях: Алматинской, Акмолинской, Костанайской и СКО.

Производство в Алматинской области составляет свыше 29% от общей доли производства по всей республике, в Акмолинской - 14,9%, в Костанайской - 14,5%, а в СКО - 12%. [2].

В Таблице 1 приведены данные поголовья крупного рогатого скота на начало 2017 года по данным Комитета по статистике Министерства национальной экономики Республики Казахстан.

Таблица 1. Численность скота во всех категориях хозяйств Республики Казахстан на 1 января (на начало года), тыс. голов

Год	Крупный рогатый скот	Овцы и козы	Свиньи	Лошади	Верблюды	Птица, млн голов
2012	5 702,4	18 091,9	1 204,2	1 607,4	173,2	32,9
2013	5 690,0	17 633,3	1 031,6	1 686,2	164,8	33,5
2014	5 851,2	17 560,6	922,3	1 784,5	160,9	34,2
2015	6 032,7	17 914,6	884,7	1 937,9	165,9	35,0
2016	6 183,9	18 015,5	887,6	2 070,3	170,5	35,6
2017	6 247,2	17 947,2	831,1	2 113,2	172,5	37,8

В рисунке 1 по состоянию на 1 января 2017 г. поголовье крупного рогатого скота во всех категориях хозяйств увеличилось по сравнению с началом 2016 г. на 1,02% и составило 6247,2 тыс. голов, лошадей – соответственно на 2,1% и 2 113,2 тыс. голов, верблюдов – на 1,2% и 172,5 тыс. голов, птицы – 6,2% и 37,8 млн голов. Поголовье овец и коз на начало 2017 г. сократилось на 0,4% в сравнении с началом 2016 г. и составило 17 947,2 тыс. голов, а свиней соответственно на 6,4% (831,1 тыс. голов).

Стоит отметить, что более половины (58,1%) поголовья скота на начало 2017 г. приходилось на птиц. Второе место занимает поголовье овец и коз (27,6%), далее в порядке убывания следуют крупный рогатый скот (9,6%), лошади (3,2%), свиньи (1,3%) и верблюды (0,3%).

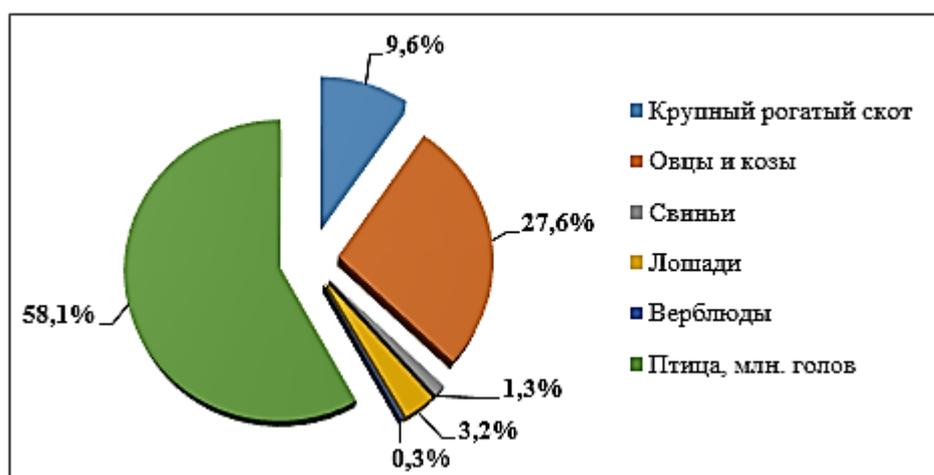


Рис. 1. Долевое распределение поголовья скота по видам на начало 2017 г.

В рисунке 2 согласно данным Комитета по статистике Министерства национальной экономики Республики Казахстан, в 2016 г. было произведено 960,0 тыс. т готовых кормов для животных, что больше уровня 2015 г. на 32,7% и в 2,2 раза больше уровня производства 2011 г.

Среднегодовой темп прироста объема готовых кормов для животных в натуральном выражении за период 2011-2016 гг. составил 16,3%. [3]

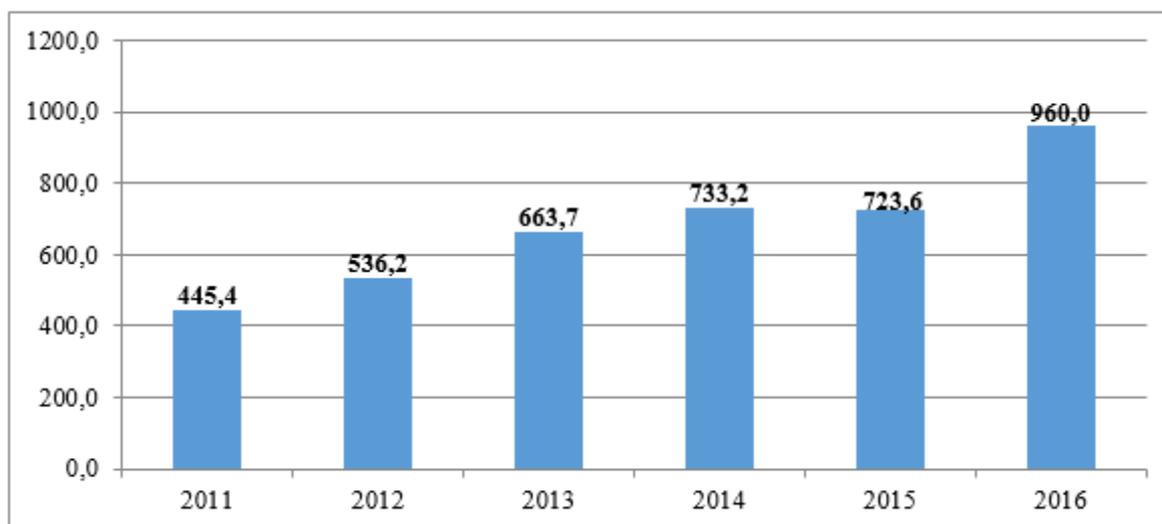


Рис. 2. Динамика производства готовых кормов для сельскохозяйственных животных в натуральном выражении в 2011-2016 гг., тыс. т

Несмотря на рост объемов выпуска готовых кормов для животных и высокую заинтересованность отечественных бизнес-структур в развитии производства готовых кормов для животных, в стране пока не хватает комбикормов отечественного производства. В настоящее время, общая потребность животноводства и птицеводства в комбикормах составляет по оценке МСХ РК порядка 5 млн тонн в год, а имеющиеся в стране мощности комбикормовых заводов позволяют обеспечить сельскохозяйственных животных комбикормами только на 48% от всей потребности. При этом в 2017 году фактическая обеспеченность комбикормами за счет отечественного производства составила всего лишь 20%.

Стоит учесть и тот факт, что цены на комбикорм для крупного рогатого скота выросли на 32 % за год, при том, что производители увеличили объемы выпуска на 4 % за год. И все же существуют некоторые проблемы. К основным проблемам рынка можно отнести:

- высокую чувствительность рынка к изменениям в зерновой отрасли
- снижение платежеспособности как покупателей кормов, так и покупателей мяса, что приведет к ужесточению конкуренции и снижению рентабельности производства
- строительство собственных производств животноводческими предприятиями
- снижение доступности кредитных ресурсов
- недостаточное производство масличных и зернобобовых культур в Казахстане
- низкий уровень технического оснащения отечественных производителей, дефицит отечественного оборудования и высокие затраты на модернизацию основных фондов
- дефицит квалифицированных кадров
- несоответствие географии производства территориальному размещению основных потребителей
- низкое внимание к разработкам и внедрению новых технологий производства [4].

В целом же, наблюдается положительная динамика увеличения производства комбикормов в РК. В целом, на начало текущего года в республике действовало порядка 70 предприятий по производству комбикормов, общей производственной мощностью 2,4 млн т продукции. Кроме того, предстоит провести реконструкцию и техническое перевооружение 20 действующих комбикормовых заводов. Комбикормовые предприятия расположены в основном в областных центрах и крупных городах. Рядом с ними находятся предприятия пищевой и перерабатывающей промышленности. Внедрение на них безотходных технологий с выработкой добавок, пригодных для ввода в комбикорма, значительно расширит сырьевую базу их производства. В таком случае, мясоперерабатывающие предприятия Казахстана при полном использовании ресурсов смогут поставить в год 7000 т сухих животных кормов, 650 т кормового и около 1000 т технического жира, 750 т мясного бульона. Молочная

промышленность на своих мощностях готова выпускать 3000 т сухого обезжиренного молока. До 4000 т. мясокостной муки предполагается вырабатывать из туш павших животных и птицы [5].

Развитие комбикормовой промышленности предусмотрено Госпрограммой АПК на 2017-2021 годы. В целях увеличения объемов производства комбикормов и экспорта востребованной продукции, планируется расширение площадей под посевы ячменя, овса, кукурузы на зерно. А так как увеличение продукции животноводства — одна из основных задач на ближайшее десятилетие, которую обозначил Президент Республики Казахстан Н. Назарбаев, то главным стержнем ее выполнения будет организация промышленного животноводства на основе укрепления кормовой базы и комбикормовой промышленности. Для этого к 2020 г. планируется построить при глубинных хлебозаготовительных предприятиях 28 комбикормовых цехов мощностью до 100 т в сутки и 72 цеха модульного типа мощностью до 20 т в смену при агропромышленных комплексах и фермерских хозяйствах.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Национальная палата предпринимателей Казахстана "Атамекен". Отчет 2016 года. – Астана, 2016. – 350 с.
- [2] Казахстанские производители увеличили выпуск кормов для животных <https://www.zakon.kz/4935621-kazahstanskie-proizvoditeli-uvelichili.html> 15.11.2016.
- [3] Маркетинговое исследование: сельское хозяйство Казахстана <http://www.marketingcenter.kz/2017/03-07-kazakhstan-selskoe-khoziaistvo.html> 03.07.2017.
- [4] В Казахстане на четверть выросло производство кормов для домашних и сельскохозяйственных животных <https://zooinform.ru/business/v-kazahstane-na-chetvert-vy-roslo-proizvodstvo-kormov-dlya-domashnih-i-sel-skohozyajstvenny-h-zhivotny-h/> 25.08.2018.
- [5] Государственная программа развития АПК Республики Казахстан на 2017-2021 годы <http://mgov.kz/ru/aza-stan-respublikasyny-a-k-damyudy-2017-2021-zhyldar-a-arnal-an-memlekettik-ba-darlamasy/> 02.10.2016.

Камбатыров М.Б., Назарбек У.Б., Абдуразова П.А.

Қазақстан Республикасындағы жемдік қоспалар нарығын зерттеу

Түйіндемe: Бұл мақалада Қазақстан Республикасының жемдік қоспалардың нарығы туралы ақпарат бар. Қазіргі уақытта Қазақстан Республикасының ауыл шаруашылығы министрлігінің мәліметі бойынша мал мен құстың жалпы қажеттілігі жылына шамамен 5 млн. тонна құрайды. Елде бар жем зауыттарының қуаттылығы ауыл шаруашылық малдарын азықпен қамтамасыз етуге мүмкіндік береді, олардың жалпы қажеттілігінің 48% -ы. Сонымен бірге, 2016 жылы Қазақстанда отандық өндіріс есебінен аралас жемдердің нақты жеткізілімі 20% -ды құрады, жемдік қоспалар өндірісін ұлғайтудың оң үрдісі байқалды: өткен жылы сектордағы екі жылдық тоқыраудан кейін жыл ішінде өндіріс көлемі 32,7% -ға артып, 960 мың тоннаға жетті. Сыйымдылықтарды пайдалану 35% құрады. Қазақстан Республикасы ауыл шаруашылығы министрлігінің мәліметінше, 2021 жылға қарай республикада азық-түлік өнімдерінің көлемін жылына 1-ден 2,5 млн. тоннаға дейін арттыру жоспарланып отыр. Шаруашылық жануарларының диетасындағы азық қоспаларын қолдану - барынша өнімділікті алу және олардың денсаулығын сақтаудың маңызды шарты. Мал шаруашылығындағы зерттеулердің басым бөлігі тағамдық құндылығын сипаттайтын негізгі заттарға ғана емес, сондай-ақ кейбір биологиялық белсенді компоненттерге де тамақтану, теңдестіруге беріледі. Бұл биохимиялық процестерге және жануарлар мен құстардың организмінің физиологиялық жай-күйіне әсер етеді, олардың қауіпсіздігін және өнімділігін арттырады және аурулардың даму қаупін төмендетеді, сондай-ақ қоректік заттардың тепе-теңдігін қалыпқа келтіреді.

Түйін сөздер: нарық, жемдер, жемдік қоспалар, жемдік қоспалардың рөлі, қоспа жем, ауыл шаруашылығы жануарлары, құстар

Kambatyrov M.B., Nazarbek U.B.

Market analysis of supplement feed in the Republic of Kazakhstan

Summary. This article contains information about the market of feed additives of the Republic of Kazakhstan for farm animals and poultry. Currently, the total need for livestock and poultry in the feed, according to the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan, is about 5 million tons per year. The capacities of the feed mills available in the country make it possible to provide farm animals with feeds for 48% of the total need. At the same time, in 2016 the actual supply of mixed fodder due to domestic production was 20% in Kazakhstan; there is a positive trend in the increase in feed production: after two years of stagnation in the sector last year, production volumes reached 960 thousand tons, having increased by 32.7% over the year. Capacity utilization was 35%. According to the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan, by 2021 it is planned to increase the volume of feed production in the country from 1 to 2.5 million tons per year. The use of feed additives in the diet of farm animals is the most important condition for obtaining maximum productivity and maintaining their health. Much of the research in animal husbandry is given to feeding, balancing their diet, not only for the main substances that characterize its nutritional value, but also for some biologically active components. This has an impact on biochemical processes and the physiological state of the organism of animals

and birds, enhances their safety and productive qualities and leads to a decrease in the risk of developing diseases, as well as normalizing the balance of nutrients.

Key words: market, fodder, feed additives, the role of feed additives, feed, farm animals, birds.

УДК:665.644.001.5 (574.2)

G. R. Burumbayeva¹, R. M. Dyussova¹, G. Zh. Seitenova¹, E. N. Ivashkina²

¹S.Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, Kazakhstan

²Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russian Federation

E-mail: burumbayeva.galiya@gmail.com)

UNIT RENOVATION OF THE CATALYTIC CRACKING PROCESS

Abstract. The installation of the catalytic cracking process, the stages of its modernization and the description of the technological process are considered. And also its impact on the capacity of raw materials, the quality and quantity of products.

Key words: catalytic cracking, octane number, processing, riser.

Г.Р. Бурумбаева¹, Р.М. Дюсова¹, Г.Ж. Сейтенова¹, Е.Н. Ивашкина²

¹Павлодарский государственный университет имени С.Торайгырова, Павлодар, Казахстан.

²Томский политехнический университет, Томск, Российская Федерация

E-mail: burumbayeva.galiya@gmail.com)

МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТАНОВКИ ПРОЦЕССА КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА

Аннотация. Рассмотрена установка процесса каталитического крекинга, этапы ее модернизации и описание технологического процесса, а также ее влияние на мощность загрузки сырья, качество и количество выпускаемой продукции.

Ключевые слова: каталитический крекинг, октановое число, переработка, лифт-реактор.

1. Введение

За продолжительный период своего развития, начиная с 30-х годов прошлого столетия, каталитический крекинг значительно менялся как в отношении способа контакта сырья и катализатора (в стационарном слое, в движущемся слое шарикового катализатора, в кипящем слое микросферического катализатора в аппаратах с лифт-реактором), так и в отношении используемых катализаторов (таблетированные – на основе природных глин, шариковые, синтетические алюмосиликаты, микросферические алюмосиликаты, в том числе цеолитсодержащие)[1-5].

Эти усовершенствования [6-10] влекли за собой масштабные изменения технологии процесса в целом, позволившие увеличить выход целевого продукта – компонента автобензина от 30-40% до 50-70% мас. максимально.

На данном этапе на нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ) Республики Казахстан практически завершается этап глубокой переработки нефти – превращение сырья вакуумного дистиллята в моторные топлива. При глубокой переработке нефти на западных НПЗ применяемые технологии и их место в схеме завода определялись ценой нефти, традиционной направленностью по производству тех или иных продуктов в зависимости от рыночной ситуации и наличием к моменту модернизации приемлемых технологий.

В результате экономического роста за последние годы в Республике Казахстан складываются тенденции, аналогичные общемировым – рост потребления и изменения ассортимента потребляемых нефтепродуктов, ужесточение требований к качеству топлива, ужесточение экологических требований.

В этой связи, с целью обеспечения энергетической безопасности, повышения эффективности производства, снижения импорта ГСМ из соседних стран, а также производства моторных топлив, соответствующих требованиям экологических классов К-4, К-5 реализует проект Модернизации заводов.

В соответствии с целями проект модернизации предполагает строительство новых и реконструкцию существующих технологических установок, а также объектов общезаводского хозяйства.

2. Объект исследования

В качестве объекта исследования была выбрана установка каталитического крекинга, предназначенного для глубокой переработки вакуумного дистиллята (рисунок 1).

Технологический режим работы реактора и регенератора до модернизации показан в таблицах 1 и 2.

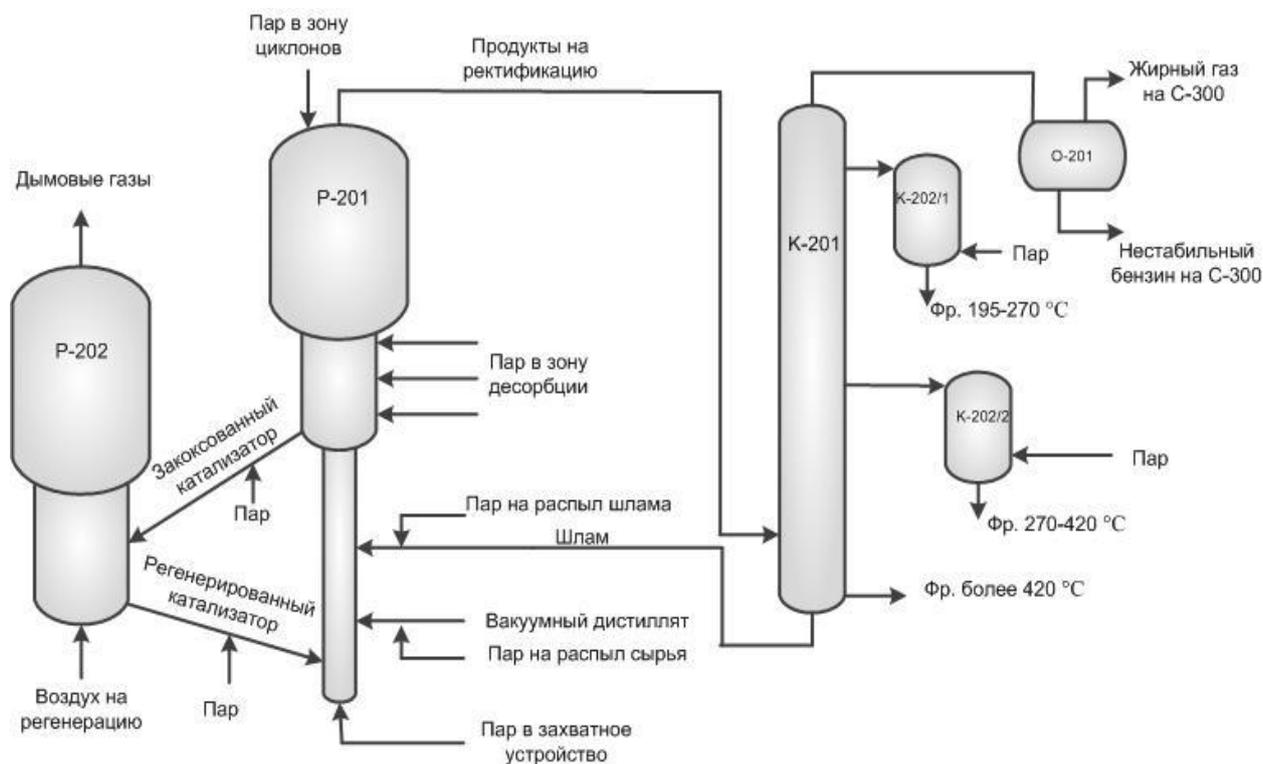


Рис. 1. Реакторно-регенераторный блок и ректификация продуктов крекинга до модернизации: Р-201 – реактор, Р-202 – регенератор, К-201 – колонна ректификации продуктов крекинга, К-202/1, К-202/2 – отпарная колонна, О-201 – отстойник.

Сущность процесса каталитического крекинга углеводородов основана на расщеплении высокомолекулярных компонентов сырья на более мелкие молекулы с перераспределением освобождающихся по месту разрыва связей С – С, водорода. Для введения процесса используют реактор с восходящим потоком паров нефтепродуктов и катализатора, а также регенератор, предназначенный для регенерации катализатора крекинга путем выжига кокса с его поверхности.

Работа установки по данной схеме осуществляется следующим образом. Диспергированное сырье подается через 8 сырьевых форсунок и затем смешивается в нижней части прямоточного реактора с регенерированным катализатором, поступающим из регенератора по наклонной транспортной линии. Затем, прокрекированное сырье с катализатором поступает в верхнюю часть прямоточного реактора, оборудованную баллистическим сепаратором. После баллистического сепаратора, парогазовая смесь продуктов крекинга, с отстойной зоны поступает в 4 одноступенчатые циклоны, где происходит окончательно улавливание частиц катализатора. Закоксованный катализатор, поступает в зону десорбции, где происходит отпарка адсорбированных смолистых нефтепродуктов из катализатора водяным паром проходя через 7 каскадных тарелок. Затем закоксованный катализатор из отпарной секции реактора самотеком по наклонному транспортному трубопроводу поступает на регенерацию в регенератор зоны выжига кокса. Из регенератора регенерированный катализатор по катализаторопроводу поступает к основанию лифт – реактора.

Продуктовая смесь пройдя сборную камеру отправляется в ректификационную колонну на разделение продуктов.

Таблица 1. Технологический режим работы реактора до модернизации

Параметры процесса	Значение
Расход сырья на установку, м ³ /ч	100-240
Температура сырья на входе реактор, °С	260-355
Расход пара на распыл сырья, кг/ч	1500-4000
Расход шлама в реактор, м ³ /ч	Не более 55
Расход пара на распыл шлама, кг/ч	Не более 1000
Расход пара в захватное устройство реактора, кг/ч	1500-10000
Температура регенерированного катализатора, °С	640-690
Температура на выходе из баллистического сепаратора, °С	500-540
Давление, кгс/см ²	1,1-1,55

Таблица 2. Технологический режим работы регенератора до модернизации

Наименование стадий процесса, аппаратов, показателей режима	Значение
Расход воздуха	
- насос по линии 213/1 м ³ /ч	70000-110000
- насос по линии 213/3 м ³ /ч	10000-40000
- на форсунки П - 201 м ³ /ч	20000-50000
Температура по зонам регенератора	
- в сборной камере зоны циклонов °С	не выше 700
-верха отстойной зоны °С	660-700
- в кипящем слое °С	640-690
- разность температур между отстойной зоной и кипящим слоем °С	не выше 60
Давление	
-перепад давления между сборной камерой Р-202 и остальной зоной кгс/м ²	не менее 1200
- в отстойной зоне кгс/м ²	1,2-1,7
Концентрация катализатора в кипящем слое кг/м ³	300-650

Основными продуктами на установке каталитического крекинга является жирный газ и бензиновая фракция. На установке каталитического крекинга используется биеоцитный катализатор [10, 11, 15]. В состав которого входит от 12,0 до 60,0 мас.% цеолита Y-типа, около 10 % мас. ZSM-5, от 0,5 до 6,0 % мас. редкоземельных элементов. Весовое соотношение цеолит ZSM-5:цеолит типа-Y составляет от 0,25 до 3,0. При этом состав катализатора, в особенности, соотношение цеолитных компонентов, а также технологический режим работы, гидродинамические особенности промышленного аппарата, состав перерабатываемого сырья определяют распределение основных продуктов крекинга.

Для решения задач по модернизации установки каталитического крекинга создан комплекс современных оригинальных разработок, к наиболее важным из которых относятся:

- распылительные сырьевые форсунки;
- сепарационное устройство прямоточного реактора (ПР);
- технология гашения термических реакций крекинга;
- двухстадийная отпарка отработанного катализатора;
- воздухо- и парораспределительные устройства;
- увеличение количества циклонов для систем пылеулавливания реактора и регенератора.
- блок фракционирования.

В результате чего были увеличены количество циклонов в реакторе с 4 до 6, произошла замена каскадных тарелок на «насадки», также уменьшили количество форсунок подачи сырья с 8 до 4 (увеличился диаметр форсунок). Произошло объединение фракций.

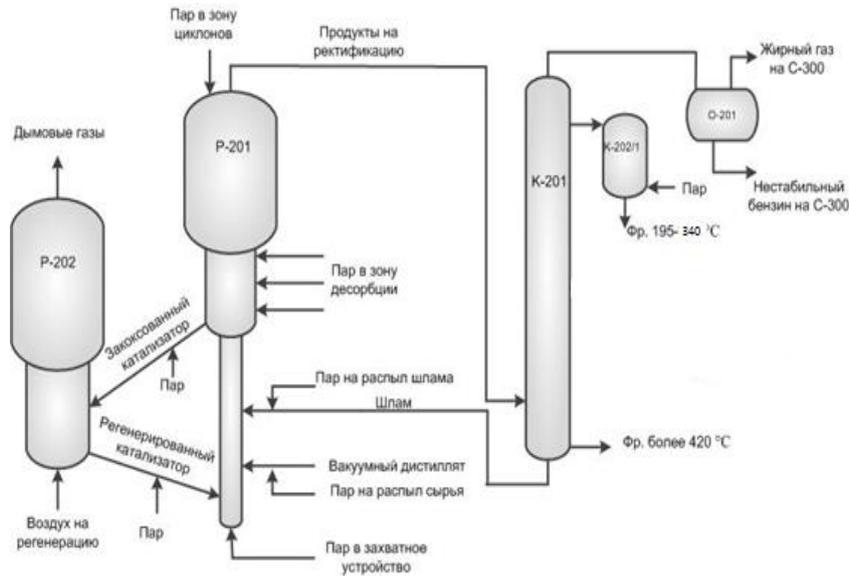


Рис. 2. После модернизации Реакторно-регенераторный блок и ректификация продуктов крекинга: P-201 – реактор, P-202 – регенератор, K-201– колонна ректификации продуктов крекинга, K-202/1 – отпарная колонна, O-201 – отстойник.

Технологический режим работы реактора и регенератора после модернизации показан в таблицах 3 и 4.

Таблица 3. Технологический режим работы реактора после модернизации

Параметры процесса	Значение
Расход сырья на установку, м ³ /ч	Не менее 140
Температура сырья на входе реактор, °С	260-355
Расход пара на распыл сырья, кг/ч	400-900
Расход шлама в реактор, м ³ /ч	6,6-13,2
Расход пара на распыл шлама, кг/ч	Не более 1000
Расход пара в захватное устройство реактора, кг/ч	Не менее 4400
Температура регенерированного катализатора, °С	455-730
Температура на выходе из баллистического сепаратора, °С	495-560
Давление, кгс/см ²	0,9-1,6

Таблица 4. Технологический режим работы регенератора после модернизации

Наименование стадий процесса, аппаратов, показателей режима	Значение
Расход воздуха	
- насос по линии 213/1 нм ³ /ч	Не менее 80000
- насос по линии 213/3 нм ³ /ч	Не менее 80000
- на форсунки П - 201 нм ³ /ч	20000-50000
Температура по зонам регенератора	
- в сборной камере зоны циклонов °С	не выше 730

-верха отстойной зоны °С	не выше 730
- в кипящем слое °С	455-730
- разность температур между отстойной зоной и кипящим слоем °С	не выше 60
Давление	
-перепад давления между сборной камерой Р-202 и остальной зоной кгс/м ²	не более 0,2 кгс/см ²
- в отстойной зоне кгс/м ²	Не более 1,7
Концентрация катализатора в кипящем слое кг/м ³	300-650

Для глубокой переработки нефти с целью производства бензина решающее значение имеет каталитический крекинг, позволяющий из остаточного и малоценного сырья получать высококачественный компонент автобензина с ОЧ ИМ 85-93, а также образуется значительный выход жирного газа, который богат ППФ и ББФ фракциями, которые в дальнейшем имеют широкое применение в химической промышленности.

В результате чего можно проследить увеличение выхода продуктов из материальных балансов, а также увеличение качества получаемой продукции.

3. Результаты и обсуждение

Одними из важных показателей [13-14] для любого нефтеперерабатывающего процесса после модернизации является качество и количество получаемой продукции. Так, после модернизации реакторно-регенераторного блока процесса каталитического крекинга возросла мощность переработки вакуумного газойля с 1 350 тыс. тонн в год до 1 868 тыс. тонн в год. В следствии чего получит дополнительные объемы бензина, дизельного топлива и сжиженного газа, увеличив таким образом выход светлых нефтепродуктов на 5% с 62,2% до 67,2%, где можно увидеть по представленным материальным балансам в таблицах 5 и 6 до и после модернизации.

Таблица 5. Материальный баланс процесса каталитического крекинга до модернизации

Потоки	кг/ч	%
Сырье: Вакуумный дистиллят	138175	100
Продукты:	–	–
Нестабильный бензин	60812,50	44,0
Легкий каталитический газойль (фр. 195-270 °С)	10179,20	7,4
Тяжелый газойль (фр.270-420°С)	5125	3,7
Фракция >420°С	5958,33	4,3
Жирный газ	47125,80	34,0
Кокс	7608,30	5,5
Потери	1365,87	1,1

Таблица 6. Материальный баланс процесса каталитического крекинга после модернизации

Потоки	кг/ч	%
Сырье: Вакуумный дистиллят	145063	100
Продукты:	–	–
Нестабильный бензин	64208,33	44,3
Фр. 195-340 °С	13725,83	9,5
Фракция >420°С	10427,92	7,2
Жирный газ	50609,58	34,9
Кокс	5062,92	3,5
Потери	1028,42	0,6

По результатам модернизации видно, что произошло увеличение загрузки сырья вакуумного дистиллята, что повлияло на увеличение выходов продуктов. Следовательно, привело к уменьшению потерь.

4. Заключение

Таким образом, модернизация процесса каталитического крекинга является трудоемким и важным моментом. Так как она влияет на мощность загрузки сырья, а также качество и количество получаемой продукции. Из таблиц 1 – 4 по технологическим режимам процесса каталитического крекинга, четко прослеживается динамика роста загружаемого сырья, которая выросла на 40 м³/ч, расход пара на распыл сырья уменьшился в 3 раза в реактор, что связано с уменьшением количества сырьевых форсунок. Также уменьшился расход воздуха, уменьшилась температура в кипящем слое регенератора, после модернизации, что определяет энергоэффективность процесса.

Из таблиц 5 и 6 материальных балансов после модернизации видно, что установка работает эффективнее. Так, выход нестабильного бензина увеличился на 0,3 %, жирного газа на 0,9 %, а выход кокса уменьшился на 1,5%. Также произошло объединение фракций 195-270°C и 270-420°C для увеличения получения дизельной фракции.

Необходимо отметить, что эффективным инструментом для решения задачи увеличения выхода и качества светлых фракций, жирных газов, оптимизации действующих установок глубокой переработки нефтяного сырья, прогнозирования и планирования состава продуктов, не требующий значительных инвестиций является метод математического моделирования.

С применением математической модели возможно не только прогнозирование выхода и качества светлых фракций в процессе каталитического крекинга в зависимости от множества факторов, но и обработка технологических режимов эксплуатации нового и действующего оборудования и адаптация установок в условиях изменения состава сырья.

Становится интересным вопрос о возможности использования и адаптации моделирующей системы, использованной авторами ранее на данной установке до модернизации, и теперь на новой установке каталитического крекинга.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Nurtazina R, Abildayev A, Nurtaza A and Aubakirova L 2015. Energy Security as a Political. The Social Sciences 10(6), pp. 845-47
- [2] Yermukhan S, Azimbekova A Actual Problems of Economics 2014 157(7), pp. 153
- [3] Zhumagulov R. Oil and gas. 2006, 2, pp. 75
- [4] Kang X and Guo X 2013 Energy Sources Part A 35, pp. 1921–28
- [5] Usheva N V, Moizes O E, Kuzmenko E A, Kim S F, Khlebnikova E S, Dyalilova S N and Filippova T V 2015 IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 27 1
- [6] Kim S F, Usheva N V, Moyzes O E, Kuzmenko E A, Samborskaya M A, Novoseltseva E.A. 2014 Procedia Chemistry 10, pp. 448-53
- [7] Tataurshikov A, Ivanchina E, Krivtcova N, Krivtsov E, Syskina A 2015 IOP Conference Series-Earth and Environmental Science 27 1
- [8] Gladys Jiménez-García, Ricardo Aguilar-López, Rafael Maya-Yescas 2011 Fuel 90, pp. 3531-41
- [9] Sildir H, Arkun Y, Cakal B, Gokce D, Kuzu E 2012 Journal of Process Control 22 1956-65
- [10] S. M. Musaev, A. I. Babaev, Z. A. Mamedov, and L. A. Zarbaliev. Synthetic compressor oils for production of polyethylene. Chemistry and Technology of Fuels and Oils, Vol. 40, No. 3, 2004 Mahmotov E S, Aldyyarov T K, Sigitov V et al 2010 Oil and gas (Almaty) 4(58) , pp. 69–75
- [11] Kazakov M.O., Nadeina K.A., Danilova I.G., Dik P.P., Klimov O.V., Pereyma V.Y., Gerasimov E.Y., Dobryakova I.V., Knyazeva E.E., Ivanova I.I., Noskov A.S. Hydrocracking of vacuum gasoil over NiMo/Y-Al2O3: Effect of mesoporosity introduced by zeolite-Y recrystallization // Catalysis Today. -2018. - V. 305. - P. 117-125.
- [12] Wang, X., Zhang, Y., He, Y., Ma, Y., Wang, J., Jin, Y. Analysis on appropriate processing schemes for 350 ~ 520 °C vacuum distillation cut of Kazakhstan mixed crude oil // Petroleum Refinery Engineering Volume 43, Issue 7, 15 July 2013, Pages 43-46
- [13] Bakirova, S.F., Aleshin, G.N., Shestoperova, L.V., Koryabina, N.M. Microelements of new west Kazakhstan crude oils (Article) // Petroleum chemistry U.S.S.R. Volume 29, Issue 1, 1990, Pages 42-47
- [14] Frantsina, E.V.; Ivanchina, E.D.; Ivashkina, E.N.; Romanovskii, R.V. Developing of the mathematical model for controlling the operation of alkane dehydrogenation catalyst of linear alkyl benzene. Chemical Engineering Journal, 2014, 238 (1), 129-139.
- [15] Kapustin V., Chernysheva E., Maximova A., Zinchenko Y. Development of new catalytic processes for processing petroleum feedstock // Pure and Applied Chemistry. - 2017. - V. 89 (10). - P.1579-1585.

Бурумбаева Р. М. Дюсова, Г. Р. Г. Ж. Сейтенова, Е. Н. Ивашкина

Модернизация орнату процесінің каталитикалық крекинг

Түйіндеме. Қаралды қондырғысы каталитикалық крекинг процесінің кезеңдерін, оны жаңғырту мен технологиялық процестің сипаттамасы. Сондай-ақ, оны әсер қуаты шикізатты тиеу, сапасы мен саны, шығарылатын өнім.

Түйінді сөздер: каталитикалық крекинг, октандық Сан, қайта өңдеу, лифт-реактор.

УДК:66.011

R. M. Dyussova¹, G. R. Burumbayeva¹, G. Zh. Seitenova¹, E. D. Ivanchina²

¹S.Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, Kazakhstan

²Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russian Federation

E-mail: riza92@bk.ru

THE EFFICIENCY DETERMINATION OF VARIOUS ISOMERIZATION PROCESS TECHNOLOGIES BY METHOD OF MATHEMATICAL MODELING

Abstract. In this paper, three technologies for the process of isomerization of light gasoline fractions are considered by mathematical modeling. The main criteria for comparison are the octane number of isomerate, technological regime, economic feasibility. On the grounds of the selected criteria, it was revealed that the technology with 2 recycles is technologically and economically justified, since the octane number of isomerate is about 87-91 points.

Key words: isomerization, mathematical modeling, octane number, processing, light gasoline fractions.

Р.М. Дюсова¹, Г.Р. Бурумбаева¹, Г.Ж. Сейтенова¹, Э.Д. Иванчина²

¹Павлодарский государственный университет имени С.Торайгырова, г.Павлодар, Казахстан.

²Томский политехнический университет, Томск, Российская Федерация

E-mail: riza92@bk.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОЦЕССА ИЗОМЕРИЗАЦИИ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Аннотация Рассмотрены три технологии процесса изомеризации легких бензиновых фракции путем математического моделирования. Основными критериями для сравнения выступают октановое число изомеризата, технологический режим, экономическая целесообразность. На основании выбранных критериев выявлено, что технология с 2 рециклами является технологически и экономически обоснованной, т.к. октановое число изомеризата составляет примерно 87-91 пунктов.

Ключевые слова: изомеризация, математическое моделирование, октановое число, переработка, легкие бензиновые фракции.

1. Введение

Изомеризация бензиновых фракции – это процесс получения высокооктанового компонента бензиновых топлив путем изменения углеводородов в изомеры.

Для повышения октанового числа в бензин добавляется МТБЭ, однако в последние годы в нефтеперерабатывающей промышленности нарастает тенденция производства нефтепродуктов с минимальным содержанием вредных веществ. Соответственно возрастает производство изомеризата, в котором отсутствуют бензол и сера.

Обычно сырьем для изомеризации является пентан-гексановая фракция $T_{н.к} = 70$ °С, содержание которой в нефти колеблется от 3 до 5 %, а в газовых конденсатах выше. В целях снижения содержания олефинов в товарных бензинах и повышения октанового числа в качестве сырья изомеризации можно использовать также легкие фракции бензина каталитического и термического крекинга, коксования и висбрекинга после их гидроочистки [1].

2. Объект исследования

В данной работе объектом исследования служат три технологии: изомеризация легких бензиновых фракций, изомеризация с рециклом по гексанам и с двумя рециклами (по C₅ и C₆). Процесс

Репех на бифункциональном катализаторе, содержащий благородный металл (платина, палладий), имеет рассматриваемые три технологии.

Для небольшого увеличения октанового числа при минимальных затратах на строительство установки достаточно односторонней схемы без рециркуляции. Данная схема позволяет производить изокомпонент с ОЧИ 80-83 пункта. Сырье проходит через два последовательно расположенных реактора с катализатором, затем поступает в колонну стабилизации. Последовательное расположение реакторов позволяет проводить процесс непрерывно, пока в одном реакторе проходит регенерация катализатора, во втором проходит процесс изомеризации. Такой метод эксплуатации позволяет экономично использовать катализатор, не прерывая производство. Данная схема является самым простым вариантом изомеризации (рис.1).

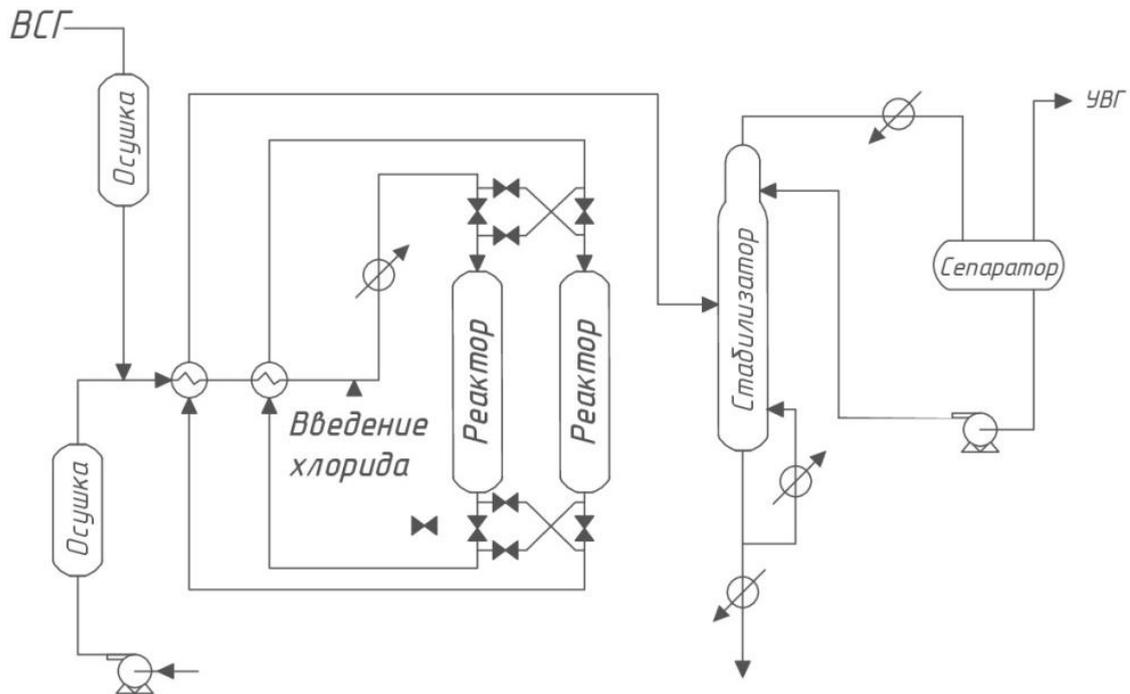


Рис. 1. Блок-схема изомеризации легких бензиновых фракции

Для значительного увеличения ОЧ изомеризата используют схемы с рециркуляцией непрореагировавших низкооктановых n-парафинов в реактор изомеризации: при помощи колонны деизогексаннизации (ДИГ), либо деизопентанизации (ДИП) или их сочетание.

Схема с рециклом по гексанам включает дополнительную колонну после реактора изомеризации. Непрореагировавшие низкооктановые компоненты (метилпентаны и n-гексаны) рециркулируются в реактор. Особенностью данной схемы является то, что она увеличивает конверсию только гексанов, но не повышает содержание изопентанов в продукте (рис.2).

Схема с колонной деизопентанизации перед реакторным блоком позволяет производить изомеризат с высоким октановым числом по исследовательскому методу, увеличивая степень конверсии n-пентанов и одновременно снижая нагрузку на реактор. Технология актуальна в случае содержания изопентанов в сырье более 13÷15 % (рис.3).

Условия ведения процесса изомеризации определяются оптимальным балансом между составом сырья, температурой реактора и объёмом и типом катализатора, обеспечивающим производство продукта с максимально высоким октановым числом при минимальных затратах.

В реакции изомеризации температура является основным контролируемым параметром, т.к. объем является постоянной величиной. Соответственно на термодинамическое равновесие в смеси n-парафины – изопарафины влияет только температура процесса. С увеличением температуры равновесие смещается в направлении образования исходных веществ, низкие температуры способствуют образованию разветвленных структур с более высокими октановыми числами. Оптимальными показателями считаются 120-180 °С.

В свою очередь давление оказывает большое влияние на скорость химических реакции во время процесса. Оптимальное давление для процесса изомеризации составляет 2,5-4 МПа.

Объемная скорость подачи сырья напрямую зависит от температуры. Например, с увеличением температуры на 10 °С, скорость подачи сырья увеличится примерно вдвое. Для схемы за проход и с рециклом по непревращённым пентанам и гексанам объемная скорость составляет 2,5 – 3,5 ч⁻¹.

Технологический режим процесса изомеризации лёгких бензиновых фракций представлены в таблице 1.

Таблица 1. Технологический режим процесса изомеризации

Параметр	Схема "за проход"	Схема с рециклом по гексанам	Схема с 2 рециклами
Температура, °С	120-160	120-180	120-160
Давление, Мпа	2.5-2.8	3.0-4.0	2.5-2.8
Объемная скорость, ч-1	2.5-3.5	1.5	2.5-3.5
Осушка сырья	Отсутствует	Необходима	Отсутствует
Октановое число (ОЧИ), пункты	80-82	88	91-92

В настоящее время по всему миру эксплуатируются более 200 установок изомеризации по технологии UOP. Примерно 120 установок являются разновидностью процесса Penex. В меньшей степени распространен процесс Par-Isom (около 10 установок). По технологии «за проход» 17 установок, с дополнительной колонной ДИГ работают 12 заводов в мире, и всего 2 установки по технологии Ipsorb.

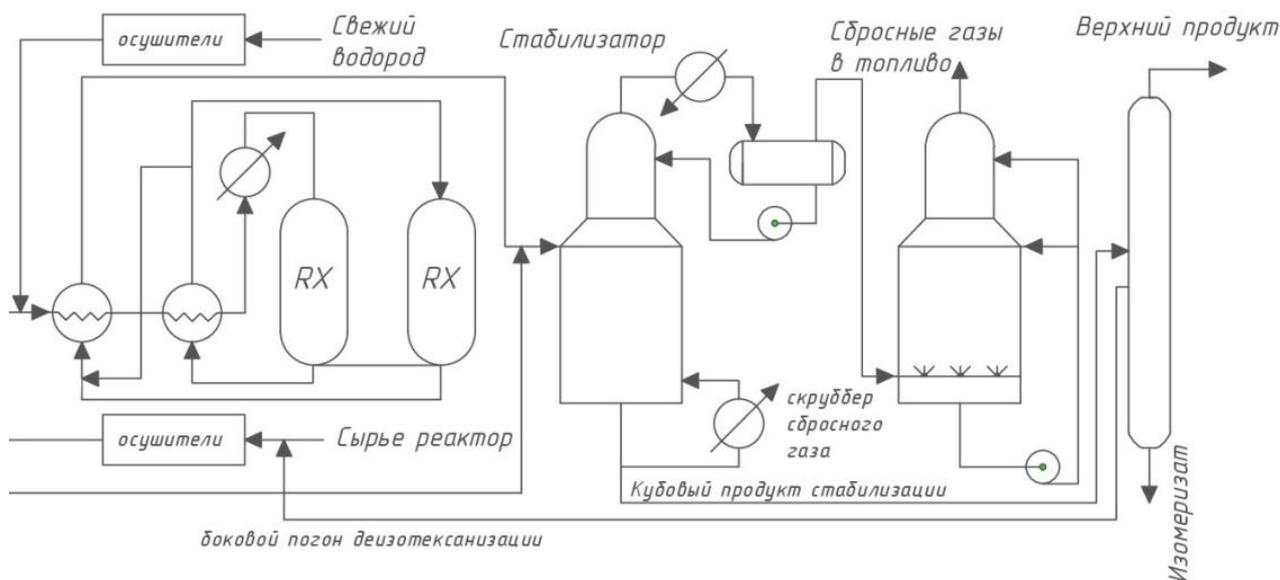


Рис. 2. Операционная блок-схема изомеризации с рециклом по гексанам

Метод исследования

В данной работе для описания процесса изомеризации по трем схемам использовался метод математического моделирования, для построения которого требуется нескольких шагов:

- термодинамический анализ процесса;
- оценка кинетических параметров возможных реакции;
- построение модели реактора;
- построение технологической схемы.

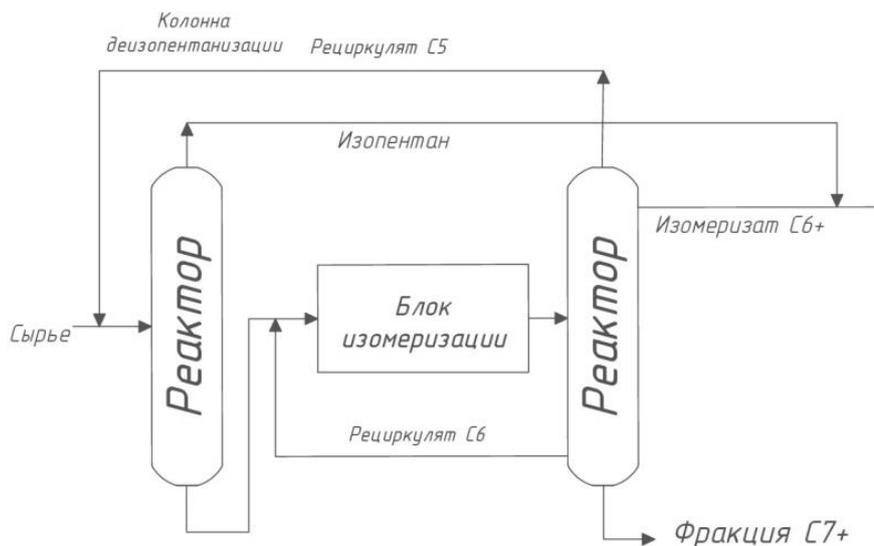


Рис. 3. Операционная блок-схема изомеризации с двумя рециклами (по C₅ и C₆)

Реакции изомеризации являются обратимыми процессами, при которых система стремится к термодинамическому равновесию между n-парафинами и изопарафинами. Основные реакции, происходящие в реакторе, отображены на рис. 4 с указанием октановых чисел по исследовательскому методу.

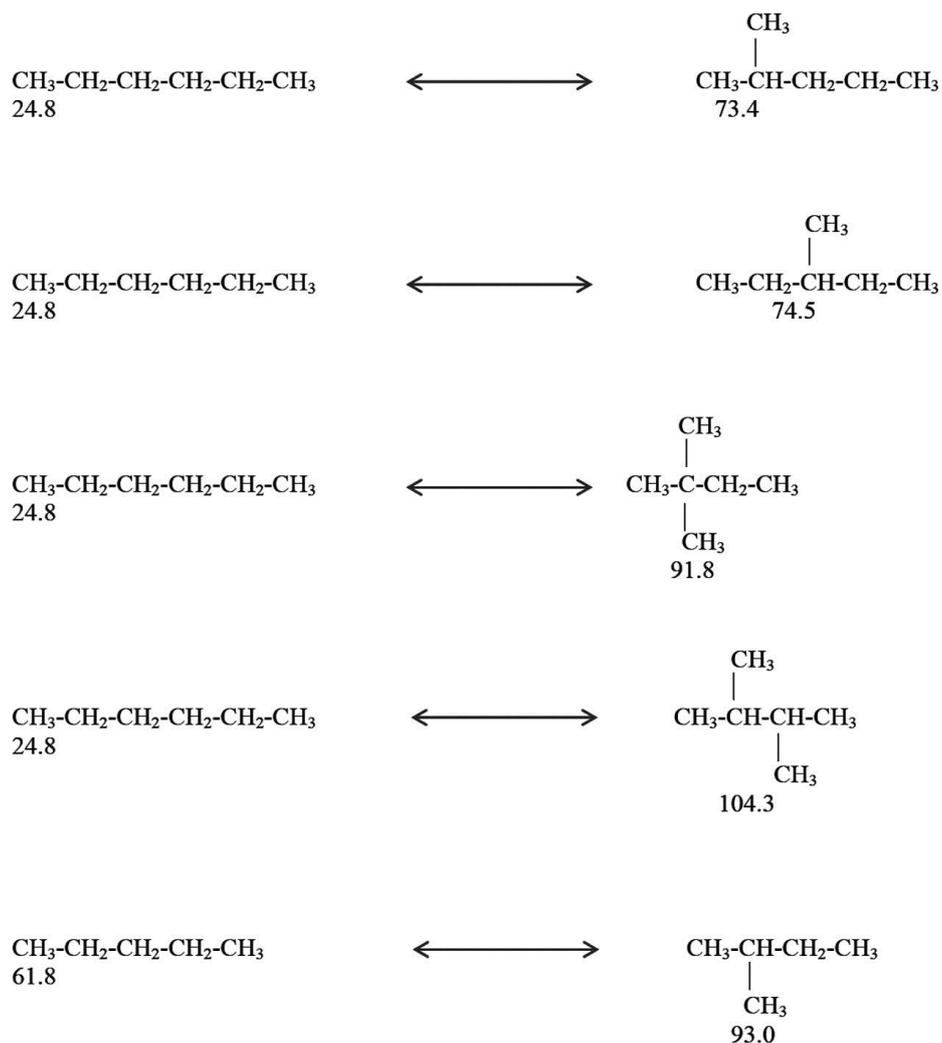


Рис. 4. Основные реакции процесса изомеризации

При построении математической модели использовались экспериментальные данные промышленного пробега установки изомеризации. Изменение состава сырья используемого для расчета представлено на диаграмме 1.

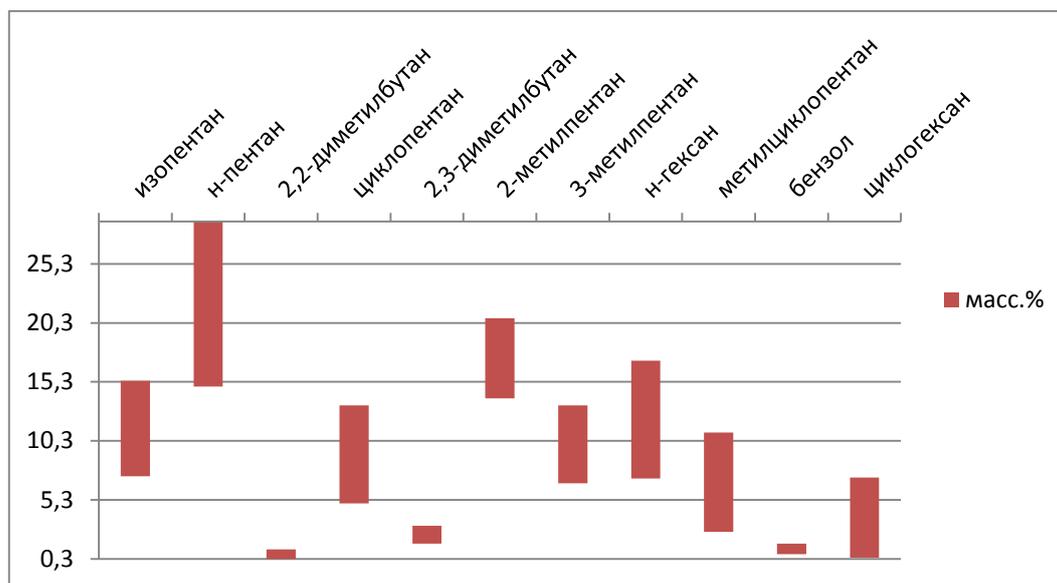


Диаграмма 1 – Изменение состава сырья

В таблице 2 приведена энтальпия реакции изомеризации

Таблица 2. Энтальпия реакций, протекающих в ходе процесса изомеризации

Реакция	ΔH , кДж/моль
$n-C_4 \rightarrow i-C_4$	-8,37
$n-C_5 \rightarrow i-C_5$	-8,12
$n-C_6 \rightarrow 2MC_5$	-6,95
$n-C_6 \rightarrow 3MC_5$	-4,44
$CC_6 \rightarrow n-C_6$	-311,75
$CC_6 \rightarrow 2MC_5$	-318,70
$2MC_5 \rightarrow 3MC_5$	2,51
$CC_6 + H_2 \rightarrow 3MC_5$	-316,18
$2MC_5 \rightarrow 23MC_4$	-3,81
$2,2MC_4 \rightarrow 23MC_4$	7,66
$n-C_7 \rightarrow 2MC_6$	-11,05
$CC_6 \rightarrow MCC_5$	-251,54
$C_6H_6 + H_2 \rightarrow CC_6$	56,48
$CC_5 \rightarrow n-C_5$	-68,53
$CC_5 \rightarrow i-C_5$	-76,65
$MCC_5 \rightarrow 2MC_6$	-67,15
$MCC_5 \rightarrow 3MC_6$	-64,64
$Toluene \rightarrow MCC_6$	-209,70
$MCC_6 \rightarrow n-C_7$	-67,40

Программная реализация модели выполнена в интегрированной среде Delphi 7. Исходными данными для расчета служат:

- состав перерабатываемого сырья;
- технологические параметры процесса.

При расчете технологических схем процесса изомеризации моделирование реакторного блока проводилось с использованием компьютерной моделирующей системы Izomer, разработанной в Томском политехническом университете на кафедре ХТТиХК.

3. Результаты и обсуждение

С использованием компьютерной моделирующей системы исследована динамика октанового числа по технологии «за проход» и с рециклом по непревращенным пентанам и гексанам, а также по схеме с рециклом по малоразветвленным гексанам за период с 13 января 2010 года по 22 июня 2011 года.

В табл. 3 приведены основные технологические параметры работы установки (расход по сырью, температура в реакторах), а также результаты расчетов в программе.

Таблица 3. Расчет по технологии «за проход»:

Дата отбора	Расход, кг/ч	Темп.вх.1, °С	Темп. вх.2, °С	Темп. вх.3, °С	Расч. ОЧИ	Расч. выход изомеризата, % мас.
13.01.10	7800	140,	133	140	80,06	86,51
12.05.10	12500	140	133	140	81,34	90,47
28.07.10	10500	140	133	140	80,56	90,99
15.09.10	6500	140	133	140	80,22	90,93
22.06.11	13500	140	133	140	78,95	88,54

На рис. 5 представлено динамика изменения октанового числа, по результатам расчетов произведенных на модели. Из результатов расчета видно, что октановое число изомеризата изменяется в пределах и составляет в среднем 78,95-81,34 пункта, выход продукта изменяется в интервале 85,51-90,99 % масс.

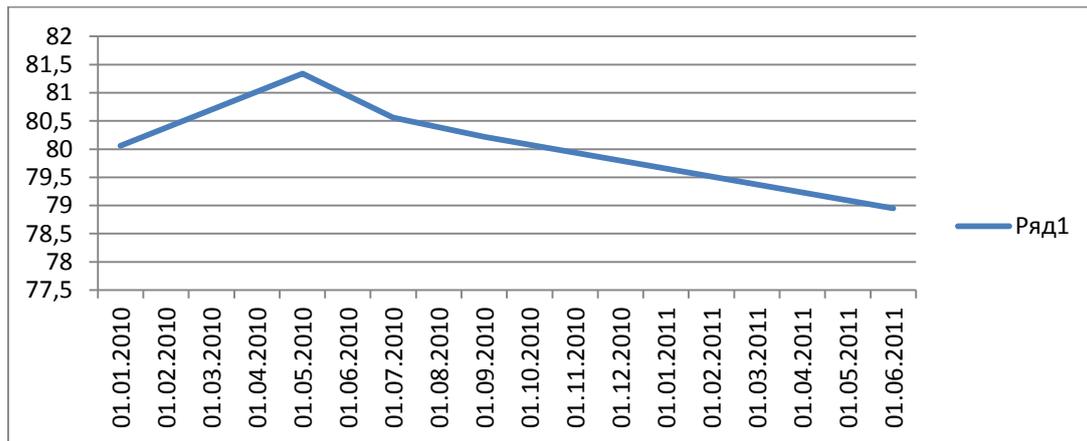


Рис. 5. Динамика изменения октанового числа

В табл. 4 приведены ОЧ рассчитанные на математической модели с рециклом по гексанам.

Таблица 4. Расчет по технологии с рециклом по гексанам

Дата отбора	Расход, кг/ч	Расч. ОЧ после 1 цикла	Экспер. ОЧ после 1 цикла	Расч. ОЧ после 2 цикла	Экспер. ОЧ после 2 цикла
13.01.10	7800	79,49	72,96	80,29	88,66
12.05.10	12500	79,31	70,94	78,84	87,37
28.07.10	10500	79,29	73,3	79,29	86,8
15.09.10	6500	80	72,74	80	88,66
22.06.11	13500	78,7	70,61	78,7	85,92

Как видно из таблицы 3, октановое число изомеризата возрастает примерно на 10 пунктов по сравнению с одним циклом, при тех же технологических условиях, что и по технологии за проход.

В табл. 5 приведены результаты расчетов октанового числа на модели по технологии с двумя рециклами.

Таблица 5. Технология с 2-я рециклами

Дата отбора	Изопентановая фр.	Изомеризат расч.	Гексановый изомеризат
13.01.10	91,58	75,35	89,93
12.05.10	91,59	77,12	90,58
28.07.10	91,62	76,78	89,49
15.09.10	91,64	77,52	91,05
22.06.11	91,61	74,87	86,69

По технологии с 2-я рециклами октановые числа изопентановой фракции и гексанового изомеризата намного превышают ОЧ изомеризата, в пределах 10-15 пунктов.

Результаты расчетов по трем схемам процесса позволяют оценить эффективность каждой технологической схемы по значениям ОЧ, что является основным показателем качества продукта.

4. Заключение

Оценка эффективности различных технологических схем процесса изомеризации легкой бензиновой фракции произведена с использованием компьютерной моделирующей системы.

По результатам работы были сделаны выводы, что по технологии изомеризации «за проход» октановое число изменяется в пределах 79-81 пункта, выход продукта изменяется от 85,51 до 90,99 % масс. Октановое число по технологии с рециклом по гексанам возрастает на 10 пунктов по сравнению с одним циклом при тех же технологических условиях, что и по технологии «за проход».

Технология изомеризации с рециклами по C_5 и C_6 позволяет значительно увеличить октановое число по сравнению с двумя первыми технологиями (см. табл. 5). Однако данная технология экономически целесообразна в случае отсутствия на производстве высокооктановых неароматических компонентов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Frantsina, E.V., Ivashkina, E.N., Ivanchina, E.D., Romanovskii, R.V. Developing of the mathematical model for controlling the operation of alkane dehydrogenation catalyst in production of linear alkyl benzene, Chem. Eng. J., 2014, 238, pp. 129-139.
- [2] Kravtsov A.V., Ivanchina E.D., Ivashkina E.N., Frantsina E.V., Kiselyova S.V., Romanovsky R.V. Thermodynamic Stability of Coke-Generating Compounds Formed on the Surface of Platinum Dehydrogenation Catalysts in Their Oxidation with Water, Pet. Chem., 2013, 53, pp. 267-275.
- [3] Belinskaya N.S., Ivanchina E.D., Ivashkina E.N., Frantsina E.V., Silko G.Y. Optimal technological parameters of diesel fuel hydroisomerization unit work investigation by means of mathematical modelling method, Procedia Chem., 2014, 10, pp. 258-266.
- [4] Dolganova I.O., Dolganov I.M., Ivanchina E.D., Ivashkina E.N., Belinskaya N.S., Platonov V.V. Reactor-regenerator system joint work optimization in benzene alkylation with higher olefins unit, Procedia Chem., 2014, 10, pp. 547-554.
- [5] Chuzlov V.A., Chekantsev N.V., Ivanchina E.D. Development of Complex Mathematical Model of Light Naphtha Isomerization and Rectification Processes, Procedia Chem., 2014, 10, pp. 236-243.
- [6] В.А.Чузлов, Э.Д.Иванчина, Ю.А. Смольянова, К.В. Молотов. Анализ эффективности эксплуатации катализаторов процесса изомеризации легких бензиновых фракций методом математического моделирования. – Химия в интересах устойчивого развития 2017. – № 25 – С.449-456.
- [7] Vjacheslav A. Chuzlov, Emilia D. Ivanchina, Igor' M. Dolganov, Konstantin V. Molotov Simulation of Light Naphtha Isomerization Process // Procedia Chemistry. – Vol. 15 – 2015 – pp.282-287;
- [8] Chuzlov V.A., Ivanchina E.D., Chekantsev N.V., Molotov K.V. Efficiency Improvement of the Light Gasoline Fractions Isomerization by Mathematical Modeling // Procedia Engineering. – 2015 – Vol. 13. – p. 131-137;
- [9] Иванчина Э. Д., Чузлов В. А., Чеканцев Н. В., Молотов К. В. Математическое моделирование каталитических процессов изомеризации прямогонных бензинов // Нефтепереработка и нефтехимия. - 2014 - № 10. - С. 20-25.
- [10] M.V. Kirgina, M.V. Maylin, E.D. Ivanchina, E.V. Sviridova / Optimization of High-Octane Gasoline Production // Advanced Materials Research. – 2014 – №. 880. – p. 121-127.

[11] Б.В. Сахневич, М.В. Киргина / Компьютерная моделирующая система как инструмент повышения ресурсоэффективности производства бензинов // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XV Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулёва: в 2 т., Томск, 26-29 Мая 2014. – Томск: ТПУ, 2014 – Т. 2 – С. 87-89.

[12] J. M. Hidalgo, D. Kaucký, O. Bortnovsky, R. Černýa and Z. Sobalík. From laboratory catalysts to a new prototype: A novel real candidate for the isomerization of C5-C6 paraffins. The Royal Society of Chemistry 20xx, 2013, 00, 1-3.

[13] Saxena, S.K. Porosity and acidity patterns of steam treated BEA zeolite material for enhanced catalytic isomerization of naphtha / S.K. Saxena, N. Viswanadham, M.O. Garg // Journal of Industrial and Engineering Chemistry. – 2014. – V. 20. – P. 3875–3883.

[14] Li, W. Skeletal isomerization of n-pentane: A comparative study on catalytic properties of Pt/WO_x-ZrO₂ and Pt/ZSM-22 / W. Li, K. Chi, H. Liu, H. Ma, et. al. // Appl Catal A Gen. – 2017. – V.537. – P. 59-65.

[15] Charchi Aghdam, N. Enhanced i-C5 production by isomerization of C5 isomers in BZSM-5 membrane reactor packed with Pt/ZSM-5 nanocatalyst / N. Charchi Aghdam, M. Ejtemaei, A.A. Babaluo, et. al. // Chem. Eng. J. – 2016. – V. 305. – P. 2-11.

[16] Parsafard, N. Catalytic study and kinetic modeling of the n-heptane isomerization over Pt/Al-HMS/HZSM-5 hybrid catalysts / N. Parsafard, M.H. Peyrovi, M. Jarayedi // Energy Fuels. – 2017. – V. 31(6). – P. 6389-6396.

Дюсова Р.М., Бурумбаева Г.Р., Сейтенова Г.Ж., Иванчина Э.Д.

Түімділігін анықтау әр түрлі технологиялар изомерлеу процесінің математикалық модельдеу әдісімен

Түйіндеме. Бұл мақалада үш технологиялық процестің изомерлеу жеңіл бензин фракциясының арқылы математикалық модельдеу. Негізгі критерийлері үшін салыстыру ретінде октандық саны изомеризата, технологиялық режим, экономикалық орындылығы.

Негізінде таңдалған критерий анықталса технологиясы 2 рециклами болып табылады технологиялық және экономикалық негізделген, яғни октандық саны изомеризат.

УДК 678.072; 678.01

A.S. Mostovoi, A.S.^{1,2}. Nurtazina, Yu.A. Kadykova

¹Engels Technological Institute of Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Liberty Square, 17, Engels, Saratov region, Russia, phone: 89053685372,

²Aktobe Regional State University named after K.Zhubanov, A. Moldagulova 34, Aktobe, Kazakhstan
E-mail: Nurtazina_83@mail.ru)

FIRE-PROOF EPOXY COMPOSITES WITH HIGHER COMPLEX OF OPERATIONAL PROPERTIES

Abstract. As a result of the conducted researches the optimal content of the plasticizer-fire retardant Fyrolflex in the composition of the epoxy composition was established, which ensures an increase in the physical and mechanical properties, heat and termoresistance. The rational content of diorite and chromite ore as filler (100 parts by mass of chromite ore and 50 parts by mass of diorite) was chosen, which ensures an increase in physical and mechanical characteristics, as well as a reduction in the combustibility and cost of production. The developed materials do not support burning in air and belong to the class of hardly flammable.

Key words: Epoxy resin, modification, reduction of flammability, ammonium polyphosphate, properties.

А.С. Мостовой,^{1,2} А.С. Нуртазина, Ю.А. Кадыкова

¹Энгельский технологический институт (филиал) «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Россия, г. Энгельс, : Mostovoy19@rambler.ru,

²Актюбинский региональный государственный университет имени К. Жубанова, Казахстан, г.Актобе, Nurtazina_83@mail.ru)

ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫЕ ЭПОКСИДНЫЕ КОМПОЗИТЫ С ПОВЫШЕННЫМ КОМПЛЕКСОМ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ

Аннотация. В результате исследований установлено оптимальное содержание пластификатора-антипирена Fyrolflex в составе эпоксидного композиция, обеспечивающее повышение физико-механических свойств, тепло- и термостойкости. Выбрано рациональное содержание диорита и хромитовой руды как наполнителя (100 масс.ч. хромитовой руды и 50 масс.ч. диорита), обеспечивающее повышение физико-

механических характеристик, а также снижение горючести и себестоимости продукции. Разработанные материалы не поддерживают горение на воздухе и относятся к классу трудновоспламеняемых.

Ключевые слова: Эпоксидная смола, модификация, замедлители горения, снижение горючести, свойства.

Введение

Полимерные композиционные материалы на основе эпоксидных смол обладают рядом ценных свойств: высокие диэлектрические показатели, повышенная механическая прочность, водостойкость, обладает малой усадкой при переходе в шитое состояние, хорошая адгезия к металлам, фарфору, стеклу. Это позволяет использовать их в качестве связующих при производстве полимерных композитов, лаков, клеев, пропиточных и заливочных компаундов [1-2,7-9,12, 19-20].

Вместе с этим они имеют ряд отрицательных качеств: повышенная хрупкость, пожароопасность, низкая стойкость к действию климатических факторов [1-10].

Легкая воспламеняемость эпоксидных смол обусловлена тем, что продуктами деструкции отвержденной эпоксидной смолы являются летучие продукты, которые содержат значительное количество горючих соединений (ацетон, оксид углерода, ацетальдегид, формальдегид). Вместе с тем, при воздействии повышенных температур при пиролизе эпоксидных смол формируется карбонизованный остаток. Его образование является результатом того, что эпоксидные олигомеры, отвержденные аминами, при воздействии температур склонны к дегидратации, вследствие отрыва атома водорода от ароматического и алифатического звеньев цепи, с последующей конденсацией углеродных остатков и образованием квазиграфитовой структуры [3, 7-10].

Поэтому весьма эффективным методом снижения горючести является использование замедлителей горения (ЗГ), оказывающих влияние на процессы структурирования полимера при воздействии на него повышенных температур [16-17]. Применение соединений, которые катализируют пиролитические процессы, способствующие коксообразованию, также обеспечивает снижение загрязнения окружающей среды. К таким соединениям для эпоксидных смол относятся фосфорсодержащие ЗГ [3, 7-10], в том числе Fyrolflex, который одновременно с влиянием на процессы при пиролизе и горении, влияет на технологические и эксплуатационные свойства композитов, оказывая пластифицирующее действие.

Большие потенциальные возможности улучшения характеристик композиционных материалов заложены в использовании, как пластификаторов, так и недорогих и эффективных наполнителей [5-8, 13-18], в число которых входят дисперсные минеральные наполнители, в частности измельченные диорит и хромитовая руда.

Поэтому, основной целью данной работы является повышение физико-химических, деформационно-прочностных свойств и снижение горючести композитов на основе эпоксидной смолы путём введения модификатора полифункционального действия Fyrolflex и дисперсных минеральных наполнителей – диорита и хромитовой руды.

Материалы и методы исследования

Разрабатывались составы на основе эпоксидной диановой смолы марки ЭД-20 (ГОСТ 10587-93). В качестве отвердителя эпоксидного олигомера применялся отвердитель аминного типа – полиэтиленполиамин (ПЭПА) (ТУ 6-02-594-85), способный формировать трехмерную сетчатую структуру в отсутствии нагрева.

Для пластификации эпоксидных композитов в работе использовали Fyrolflex (FF), химическая формула которого представлена на рисунке 1.

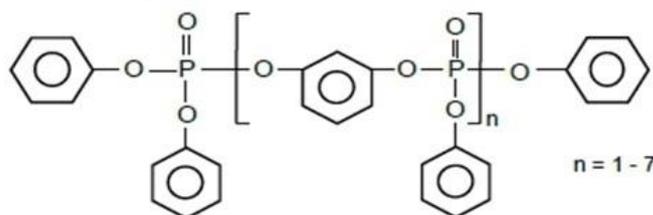


Рис.1. Химическая формула FF

FF – олигомерный безгалогенный пластификатор с антипиреновыми свойствами, разработанный специально для использования в качестве антипирена для конструкционных полимеров. По сравнению с другими безгалогенными (фосфатными) антипиренами, относительно

стабилен при низкой летучести, удовлетворяя технологическим требованиям производства большинства технических пластиков (начало термической деструкции при +300 °С). Преимущество FF над другими бис-фосфатами заключается в более низкой вязкости, что облегчает обращение с продуктом и улучшает его технологические свойства (более низкая температура смешивания).

Выбор FF обусловлен наличием в его составе ингибитора горения – фосфора (10,7%), который структурирует эпоксидный полимер при воздействии на него повышенных температур и обеспечивают увеличение выхода карбонизованных структур, что снижает горючесть эпоксидного композита [7-10].

В работе применялись следующие методы исследования свойств:

- определение разрушающего напряжения при изгибе [ГОСТ 4648-71],
- определение разрушающего напряжения при растяжении [ГОСТ 11262-80];
- определение модуля упругости при растяжении и изгибе [ГОСТ 9550-81];
- определение разрушающего напряжения при сжатии [ГОСТ 4648-71];
- определение ударной вязкости [ГОСТ 4647-80];
- определение твердости по Бринеллю [ГОСТ 4670-91];
- определение теплостойкости по Вика [ГОСТ 15088-83];
- определение кислородного индекса [ГОСТ 21793-76];

– изменение массы, скорости изменения массы и величин тепловых эффектов при нагреве образцов изучалось с применением метода термогравиметрического анализа с использованием дериватографа системы «Паулик–Паулик–Эрдей» фирмы MOM марки Q-1500D, [ГОСТ 29127-91].

Результаты экспериментов и их обсуждение

В эпоксидный олигомер Fyrolflex (FF) вводился в количестве 20-50 масс.ч. Проведенные исследования показали, что рациональным содержанием FF в составе эпоксидной композиции является 40 масс. ч., так как при этом достигаются более высокие показатели исследуемых физико-механических свойств: в 2 раза возрастает изгибающее напряжение, на 28% повышается прочность при сжатии, в 2 раза возрастает ударная вязкость, при этом незначительно снижается модуль упругости и твердость композитов, табл.3.

Дальнейшее увеличение содержания FF приводит к снижению физико-механических характеристик эпоксидных композитов.

Таблица 1. Свойства эпоксидных композитов

Состав композиции, масс. ч., отвержденной 15 масс. ч. ПЭПА	G _{из} , МПа	E _{из} , МПа	G _{сж} , МПа	a _{уд} , кДж/м ²	H _в , МПа
100ЭД-20	40	2654	78	3	225
100ЭД-20+20FF	65	1591	89	4	220
100ЭД-20+30FF	71	2027	95	4	190
100ЭД-20+40FF	80	2210	100	6	175
100ЭД-20+50FF	75	2059	110	5	155

Примечание: G_{из} – изгибающее напряжение; E_{из} – модуль упругости при изгибе; G_{сж} – прочность при сжатии; a_{уд} – ударная вязкость; H_в – твердость по Бринеллю; коэффициент вариации по свойствам 3-5 %.

Следует отметить, что даже при содержании 40 масс.ч. Fyrolflex в составе эпоксидной композиции достигается высокая степень отверждения – 90%, что является косвенным доказательством химического взаимодействия функциональных групп FF с функциональными группами эпоксидного олигомера.

Введение FF в эпоксидный полимер обеспечивает повышение теплостойкости с 86 до 132-156 °С, а так же увеличение термостойкости композита, что проявляется в смещении начальной температуры основной стадии деструкции в область более высоких температур (с 200 до 230 °С). При этом, также отмечено повышение выхода карбонизованных структур с 40 до 54 %, обеспечивающее уменьшение выделения летучих продуктов пиролиза в газовую фазу, что приводит к снижению горючести эпоксидного композита и проявляется в снижении его потерь массы при поджигании на воздухе с 78 до 4,7 % и возрастании кислородного индекса с 19 до 28 % объемных, что переводит материал в класс трудновоспламеняемых, табл.2.

Таблица 2. **Физико-химические свойства эпоксидных композитов**

Состав композиции, масс. ч., отвержденной 15 масс. ч. ПЭПА	100ЭД-20	100ЭД-20+ 40FF
Начальная температура основной стадии термоллиза, T_n , °С	200	230
Температурный интервал основной стадии термоллиза, °С	200-390	230-370
Выход карбонизованных структур при T_k , % масс.	40 (390 °С)	54 (370 °С)
Потери массы при поджигании на воздухе, %	78	4,7
Кислородный индекс, % объем.	19	28

Примечание: к трудновоспламеняемым материалам относятся (ГОСТ 12.1.244-89) материалы с $KI > 27\%$ об.и потерями массы $< 20\%$.

В дальнейших исследованиях с целью повышения эксплуатационных свойств эпоксидных композитов и снижения их себестоимости применяли недорогие, но эффективные наполнители, в число которых входят дисперсные минеральные наполнители, в частности тонкоизмельченные диорит и хромитовая руда.

Изучение химического состава наполнителей проводили методом рентгенофлуоресцентного анализа, табл.3. В результате проведенных исследований установлено, что хромитовая руда преимущественно состоит из оксидов хрома (II), железа (III), кремния, алюминия, титана, карбонат кальция, а диорит – из оксидов железа (III), кремния, кальция, алюминия и титана, такой состав свидетельствует об их экологической безопасности и, соответственно, возможности использования в качестве наполнителей эпоксидного композита.

Частицы тонкоизмельченных диорита и хромитовой руды имеют неправильную форму со средним размером частиц 3-15 мкм.

В качестве полимерной матрицы использован ранее разработанный нами состав, состоящий из 100 масс.ч. эпоксидной смолы марки ЭД-20, 40 масс.ч. - Fyrolflex (FF) и 15 масс.ч. отвердителя – полиэтиленполиамина (ПЭПА).

Таблица 3. **Химический состав хромитовой руды и диорита**

Компонент	Концентрация, %
Хромитовая руда	
CrO	43,23
CaCO ₃	21,42
Fe ₂ O ₃	17,73
SiO ₂	13,06
Al ₂ O ₃	3,03
Ni	0,82
Cu	0,34
TiO ₂	0,15
Zn	0,11
S	0,08
P	0,03
Диорит	
Fe ₂ O ₃	41,23
SiO ₂	22,86
CaO	20,30
Al ₂ O ₃	10,78
TiO ₂	2,39
Cu	1,25
Mn	0,72
K	0,31
P	0,09
S	0,06

В эпоксидную композицию хромитовая руда и диорит вводились от 50 до 150 масс.ч. Для повышения равномерности распределения наполнителей, а также активации их поверхности и связующего применялась ультразвуковая обработка состава. Параметры ультразвукового воздействия: частота УЗ - 22±2 кГц, продолжительность 60 мин [11].

Проведенные исследования показали, что наиболее рациональным является введение 100 масс.ч. хромитовой руды и 50 масс.ч. диорита, так как при этом обеспечивается повышение физико-механических характеристик и снижается себестоимость продукции: на 15-30 % возрастает разрушающее напряжение и в 3,5-4,5 раза повышается модуль упругости при изгибе, на 35 % возрастает разрушающее напряжение и на 50-240% модуль упругости при растяжении, на 68-95 % возрастает твердость, при этом удается сохранить ударную вязкость на уровне ненаполненного пластифицированного композита, табл.2.

Таблица 2. **Свойства эпоксидных композитов**

Состав композиции, масс.ч., отвержденной 15 масс.ч. ПЭПА	G _{из} , МПа	E _{из} , МПа	G _р , МПа	E _р , МПа	H _в , МПа	a _{уд} , кДж/м ²
100ЭД-20+40FF	80	2210	30	1896	175	6
100ЭД-20+40FF+ 100Хромитовая руда	92	10376	41	2737	345	5,5
100ЭД-20+40FF+50Диорит	105	8058	42	4600	295	5

Примечание: G_{из} – изгибающее напряжение; E_{из} – модуль упругости при изгибе; G_р – прочность при растяжении; E_р – модуль упругости при растяжении; H_в – твердость по Бринеллю; a_{уд} – ударная вязкость; коэффициент вариации по свойствам 5-7 %.

Вследствие того, что сами диорит и хромитовая руда являются термостойкими материалами, то их введение в эпоксидный композит приводит к повышению теплостойкости по Вика со 132 до 160-222 °С, табл.4.

Введение (диорита / хромитовой руды) в эпоксидный композит обеспечивает повышение термостойкости композита, что проявляется в смещении начальной температуры основной стадии деструкции в область более высоких температур (с 230 до 240-245 °С), при этом также отмечено повышение выхода карбонизованных структур с 54 до 68-81 %, обеспечивающего уменьшение выделения летучих продуктов пиролиза в газовую фазу, что приводит к снижению горючести эпоксидного композита и проявляется в снижении его потерь массы при поджигании на воздухе до 1,2-2,2 % и возрастании кислородного индекса с 28 до 30-35 % объемных, таким образом, материал относится к классу трудновоспламеняемых.

Таблица 4. **Физико-химические свойства эпоксидных композитов**

Состав композиции, масс. ч., отвержденной 15 масс. ч. ПЭПА	T _н , °С	T _н - T _к , °С	Выход карбонизованных структур при T _к , % масс.	Δm, %	ККИ, % об.	T _в , °С
100ЭД-20	200	200-390	40 (390 °С)	78	19	86
100ЭД-20+40FF	230	230-370	54 (370 °С)	4,7	28	132
100ЭД-20+40FF+ 50Диорит	245	245-380	70 (380 °С)	2,2	30	180
100ЭД-20+40FF+ 100Диорит	245	245-370	77 (370 °С)	1,8	32	188
100ЭД-20+40FF+ 50Хромитовая руда	240	240-360	68 (360 °С)	2,0	30	160
100ЭД-20+40FF+ 100Хромитовая руда	242	242-350	77 (350 °С)	1,7	33	192
100ЭД-20+40FF+ 150Хромитовая руда	245	245-350	81 (360 °С)	1,2	35	222

Примечание: T_н, T_к – начальная и конечная температура основной стадии термолита; Δm – потери массы при поджигании на воздухе; КИ – кислородный индекс; T_в – теплостойкость по Вика.

Заключение

В результате проведенных исследований установлено оптимальное содержание FF в составе эпоксидного композиция – 40 масс.ч., обеспечивающее повышение эксплуатационных свойств композитов. Доказано, что введение FF в эпоксидный полимер обеспечивает повышение теплостойкости с 86 до 132-156 °С. Выбрано рациональное содержание диорита и хромитовой руды как наполнителя (100 масс.ч. хромитовой руды и 50 масс.ч. диорита), обеспечивающее повышение физико-механических характеристик и снижение себестоимости продукции: на 15-30 % возрастает разрушающее напряжение и в 3,5-4,5 раза повышается модуль упругости при изгибе, на 35 % возрастает разрушающее напряжение и на 50-240% модуль упругости при растяжении, на 68-95 % возрастает твердость, при этом удается сохранить ударную вязкость на уровне ненаполненного пластифицированного композита.

Кроме того, доказано, что введение как диорита, так и хромитовой руды обеспечивает повышение термо- и теплостойкости эпоксидных композитов, а также приводит к снижению горючести эпоксидного композита: снижаются потери массы при поджигании на воздухе до 1,2-2,2 % и возрастает кислородный индекс с 28 до 30-35 % объемных, таким образом, материал не поддерживает горение на воздухе и относится к классу трудновоспламеняемых.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Tijana S. Radoman, Jasna V. Dzunuzovic, Katarina B. Jeremic, Branimir N. Grgur, Dejan S. Milicevic, Ivanka G. Popovic, Enis S. Dzunuzovic. Improvement of epoxy resin properties by incorporation of TiO₂ nanoparticles surface modified with gallic acid esters // *Materials and Design*. – 2014. – no. 62. – pp. 158-167.
- [2] Rahul Kumara, Kausik Kumarb, Prasanta Sahooc, Sumit Bhowmika. Study of mechanical properties of wood dust reinforced epoxy composite. *Procedia Materials Science*, 2014, no. 6, pp. 551-556.
- [3] Lijun Qian, Yong Qiu, Nan Sun, Menglan Xu, Guozhi Xu, Fei Xin, Yajun Chen. Pyrolysis route of a novel flame retardant constructed by phosphaphenanthrene and triazine-trione groups and its flame-retardant effect on epoxy resin // *Polymer Degradation and Stability*. – 2014. – no. 107. – pp. 98-105.
- [4] Осипов П.В., Осипчик В.С., Смотрова С.А., Савельев Д.Н. Регулирование свойств наполненных эпоксидных олигомеров // *Пластические массы*. – 2011. - № 4 – С. 3-5.
- [5] Стухляк П.Д. Влияние ферромагнитных наполнителей на ударную вязкость и седиментационную стойкость эпоксикомпозитов, сформированных под воздействием переменного магнитного поля / П.Д. Стухляк, В.В. Карташов, И.Т. Соривка, А.З. Скороход // *Перспективные материалы*. – 2013. - № 6. – С. 63-68/
- [6] Старокадомский Д.Л. Изменение свойств композита полиэпоксид-нанокремнезём после модифицирования поверхности наполнителя исходной эпоксидной смолой / Д.Л. Старокадомский, А.А. Ткаченко, И.И. Гарашенко // *Пластические массы*. – 2015. - № 5-6. – С. 50-55/
- [7] Еремеева Н.М., Никифоров А.В., Свешникова Е.С., Панова Л.Г. Исследование свойств эпоксидных композиций на основе модифицированных целлюлозосодержащих материалов // *Молодой ученый*. – 2015. – № 24.1 (104.1). – С. 20-23.
- [8] Плакунова Е.В., Панова Л.Г. Исследование возможности использования технологических отходов химических производств в качестве наполнителей полимерных матриц // *Химическая промышленность*. – 2013. – Т. 90, № 6. – С. 295-301.
- [9] Мостовой А.С., Плакунова Е.В., Панова Л.Г. Разработка огнестойких эпоксидных композиций и исследование их структуры и свойств // *Перспективные материалы*. – 2014. – № 1. – С. 37-43.
- [10] Ширшова Е.С. Изучение влияния модификаторов на свойства эпоксидных композиций / Е.С. Ширшова, Е.А. Татаринцева, Е.В. Плакунова, Л.Г. Панова // *Пластические массы*. - 2006. - № 12. - С.34-36.
- [11] Mostovoi A.S., Yakovlev E.A., Burmistrov I.N., Panova L.G. Use of Modified Nanoparticles of Potassium Polytitanate and Physical Methods of Modification of Epoxy Compositions for Improving Their Operational Properties. *Russian Journal of Applied Chemistry*, 2015, Vol. 88, № 1, pp. 129-137.
- [12] Майсурадзе Н.В. Наполнение эпоксидных композиций дисперсными органо-неорганическими отходами / Н. В. Майсурадзе, Л. А. Абдрахманова // *Вестник технологического университета*. – 2015. – Т. 18, №18. – С. 179-181.
- [13] Садыгов Ш.Ф., Ищенко Н.Я., Агаева С.А. Модификация ЭД-20 глицидными эфирами некоторых бензойных кислот // *Пластические массы*. – 2008. - № 3. – С. – 24-26.
- [14] Михальченков, А.М. Абразивостойкий композит на основе эпоксидной смолы и кварцевого дисперсного наполнителя /А.М. Михальченков, В.Ф. Комогорцев, А.С. Кононенко // *Клеи. Герметики. Технологии*. – 2017. – № 11. - с. 33-38.
- [15] Сапегина, А.Г. Лигнины в качестве ингредиентов эпоксидных композиционных материалов / А.Г. Сапегина, Т.Г. Иванова, Е.А. Марьева // *Современные наукоемкие технологии*. – 2017. – № 5. – с. 63-67.
- [16] Каблов, В.Ф. Наполненные эпоксидные композиты с повышенной огнестойкостью / В.Ф. Каблов, Н.А. Кейбал, Г.Е. Заиков, А.А. Живаев, Т.В. Крекалева, В.Д. Сандо // *Вестник технологического университета*. – 2015.- Т. 18 - №13 – С.48-50.

[17] Каблов, В.Ф. Исследование влияния гидрофильного наполнителя на огнестойкость эпоксидных композитов / В.Ф. Каблов, Н.А. Кейбал, Т.В. Крекалева, А.Г. Степанова, Г.Е. Заиков // Вестник Казанского технологического университета. - 2013. - Т. 16, № 13. -С. 123-124.

[18] Золотарева, В.В. Оценка физико-механических характеристик эпоксидных полимеров, наполненных дисперсными наполнителями / В.В. Золотарева, О.С. Попова // Научно-теоретический журнал. – 2015. - №3. – С.135-142.

[19] Кадыкова Ю.А., Улегин С.В., Фархутдинова Э.Г., Сотник В.А. Полимерматричные композиционные материалы на основе эпоксидной матрицы, наполненной дисперсным базальтом. Вестник Саратовского государственного технического университета, 2012, № 4 (68), с. 97 – 99.

[20] Улегин С.В., Кадыкова Ю.А., Артеменко С.Е., Демидова С.А. Наполненные базальтом эпоксидные композиционные материалы. Пластические массы. 2013. № 2. С. 31–33.

Мостовой А.С., Нуртазина А.С^{1,2}, Кадыкова Ю.А.

Жоғарғы комплексті эксплуатациялық қасиеттеріне не өртке қауіпсіздік эпоксидті композиттер

Түйіндеме. Зерттеулер нәтижесінде эпоксидті композиция құрамына пластификатор-антипирен Fyrolflex қосқанда оның жылу және жылу тұрақтылықтылығының және физика-механикалық қасиеттерінің жоғарылауын қамтамасыз етеді. Толтырғыш ретінде диорит пен хромит кентінің құрамы анықталды (хромит кентінің 100 масс.б. және диориттің 50 масс.б.), оның физика-механикалық қасиеттерінің жоғарылауына, сонымен қатар жанғыштың және өнімнің өзіндік құнының азаюна әкелді.

Кілт сөздер: эпоксидті смола, модификация, жанудың баяулығы, жаңғыштың азаюы, қасиеттері.

УДК 004.62

A.B. Kassekeyeva

(L.N.Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan)

(E-mail: aibike_7474@mail.ru)

PROBLEMS IN CONSTRUCTING THE INFORMATION AND SEARCHING THESAURUS

Summary. The article describes the concept and methodology for compiling a thesaurus on the subject area. To compile a thesaurus, you need to compile a dictionary, keywords, etc. The difficulty of building a thesaurus that corresponds to the entire thematic variety of indexed information is the main reason for its unpopularity in modern information systems. However, the effectiveness of information retrieval systems to support scientific and educational activities directly depends on the use of specialized thesauri.

Key words: Thesaurus, semantic relation, search system, information retrieval resources.

А.Б. Касекеева

(Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,

Астана, Қазақстан Республикасы)

(E-mail: aibike_7474@mail.ru)

АҚПАРАТТЫҚ-ІЗДЕСТІРУ ТЕЗАУРУСЫН ҚҰРУ КЕЗІНДЕГІ ТУЫНДАЙТЫН МӘСЕЛЕЛЕР

Түйіндеме. Белгілі бір пәндік аймақта тезаурус жасау және оны қолдану бүгінгі таңда актуалды мәселелердің бірі болып табылады. Тезаурустың мағынасына қарай, оны жасау жолдары да күрделене түседі: сөздікті құрастыру, кілттік сөздер жиынын жасау және т.б. Мақала пәндік кеңістікте тезаурус құрастырудың тұжырымдамасы мен әдіснамасын сипаттайды. Тезаурус құрастыру үшін сөздікті, кілт сөздерді және т.б. Индекстелген информативтік ақпараттардың барлық тақырыптық әртүрлілігіне сәйкес келетін тезаурус құру қиындықтары қазіргі заманғы ақпараттық жүйеде оның немқұрайлылығы үшін басты себеп болып табылады. Дегенмен, ғылыми-білім беру қызметін қолдау үшін ақпараттық іздеу жүйелерінің тиімділігі тікелей мамандандырылған теориясы пайдаланылуына байланысты.

Тірек сөздер: Тезаурус, семантикалық қатынас, іздеу жүйесі, ақпараттық іздеу ресурстары.

Тезаурус жасау ақпараттық технологиялар саласындағы қиын мәселелердің бірі, себебі оны жасау үшін лингвистер, ақпараттық технология маманы, белгілі бір бағыт маманы және т.б. қатысуы қажет.

«Тезаурус» термині сөздіктер мен лингвистикалық ресурстарда әртүрлі қолданылады:

1) Біріншіден, тезаурус - идеографиялық сөздіктердің ерекше түрі, тематикалық қағида негізінде ұйымдастырылған лексика. XIX ғасырда құрылған, бірінші осындай сөздік әйгілі Тезаурус Роджер болды. Мұндай сөздіктердің негізгі мақсаты синонимдерді және мәтінді жазу кезінде мағынасы жағынан жақын сөздерді таңдауда көмектесу болып табылады.

2) Тезаурустың екінші түрі - тақырыптық аймақтың талаптары арасындағы өзара қарым-қатынасты сипаттайтын ақпараттық-іздеу тезаурусы. Ол ақпараттарды іздеуге көмектесу үшін арналған, белгілі бір тақырыптық саладағы мамандар жұмыс істейді.

3) Тезаурустар сондай-ақ WordNet және EuroWordNet (Интернет желісінде 1995жылы пайда болды) секілді салыстырмалы лингвистикалық ресурстар пайда болды. Ол синонимдердің синсетті топтарының иерархиялық жүйесі ретінде табиғи тілдің лексикалық мағыналары арасындағы қарым-қатынасты сипаттайды.

4) «Ассоциативті тезаурус» екі түрлі принципті ресурстардың материалдарын пайдалана алатын ассоциативтік тезаурустар.

Бір жағынан, ассоциациялық тезаурус - бұл адамдарда кездесетін сөздер арасындағы психологиялық қауымдастықты сипаттайтын сөздік. Орыс ассоциативті сөздігі, мұндай сөздікке мысал болып табылады (Караулов, 2002).

Сонымен қатар, «ассоциациялық тезаурус» термині корпустарды өңдеу негізінде автоматты түрде жасалатын және құжаттағы сөздер жұбының өмір сүруін көрсететін ресурстарға сілтеме жасау үшін пайдаланылады [1].

Осы барлық терминдердің арасында «тезаурус» терминінің айтарлықтай ұқсастығы бар. Adam Kilgarriff және Colin Yallor еңбектерінде тезаурустың ресурс ретінде біріктіретін анықтамасын береді, онда ұқсас мағынасы бар сөздер бірге топтастырылған.

Ал Никитин С.Е. еңбегінде тезаурусты тұжырымдамалық енгізу және оның бірліктерінің арасындағы семантикалық байланыстары бар сөздік ретінде анықтайды. Ол тезистерді анықтау үшін осы тәуелсіз ерекшеліктердің екеуін де маңызды деп санайды. Мысалы, тұжырымдамалық жазбаны қамтамасыз ететін сөздіктер бар, ол, синонимдер жиынтығымен, ал сөздер арасындағы қарым-қатынас дәстүрлі түсіндірулермен сипатталады.

Оның жалпы анықтамасында жіктеу - бұл жиынтықты бөлу және жүйелеу. Оны осы құбылыстарға немесе объектілерге тән жалпы сипаттамалар негізінде объектілерді сыныптарға бөлуді және олар басқа сыныптарды құрайтын нысандар мен құбылыстардан ажыратуға негіздеу. Қажет болған жағдайда, әрбір сынып сыныпшаларға бөлінуі мүмкін. Рубрикатор - бұл жіктеудің ерекше түрі [2].

Сондықтан олар жалпы ережелер негізінде құрылды.:

– жіктеудің ғылыми негіздері;

– ғылымның қазіргі даму деңгейін көрсету;

– сілтеу-жіберу жүйесінің болуы, сонымен қатар сілтеме-анықтамалық аппарат (САА).

Автоматты түрде құжатты іздеген кезде іздеуді формализациялау және сұранысты дұрыс ұйымдастыру негізгі мәселе болып табылады. Іздеу барлық құжат бойынша немесе кейбір жеке сөздері немесе олардың логикалық комбинациясы бойынша іздестіріледі. Ақпараттық-іздігіру тезаурусы (АПТ) осы технологияға негізделген.

Ақпараттық-іздігіру тезаурусының екі анықтамасын көрсетуге болады:

1. Ақпараттық-іздігіру тезаурусы (АПТ) лексикалық бірліктер арасындағы семантикалық қатынастарды көрсете отырып, мағыналық сөздерді іздігіруге арналған сөздік.

2. Ақпараттық-іздігіру тезаурусы (АПТ) - пәндік аймақтың ақпараттық іздігіруін жақсарту мақсатында құрылған сол пәндік аймақтың мәлім терминдерінің сөздігі.

Екі жағдайды қарастыратын болсақ та, ақпараттық іздігіруді жеңілдетуге арналған.

Сөздікте орналасудың екі негізгі түрі бар: әріптік орналасу жақындығы және мағыналық жақындығы.

Әріптік орналасу бойынша алфавиттік сөздік құрылады (ол сөздің мағынасын ашады), ал мағыналық жақындығы бойынша тезаурус құрылады (ол берілген сөздің мағынасын ашады) [3].

Ақпараттық-іздігіру тезаурусын құру. Тезаурус әрбір сала бойынша жеке жасалынады, мысалы «Құжат айналым тезаурусы», «Информатиканың дискрипторлық сөздігі», «Ақпараттық-іздігіру есептерінің тезаурусы» және т.б.

Тезаурусты құру бірнеше өзара байланысты этаптардан тұрады:

Бірінші этап – сөздікті құрастыру. Алдымен кілттік сөздер жиыны жасалынады. Ол үшін осы пәндік аймаққа қатысты негізгі құжаттар қарастырылады, мысалы: сөздіктер, оқулықтар,

анықтамалықтар, нормативтік құжаттар және т.б. Осы құжаттардың барлығында қолданылатын сөздер теріліп алынады және оның қолдану формасы қарастырылады.

Екінші этап – кілттік сөздердің жиынын құрастыру. Сөздіктен кілттік сөздердің жиыны құрастырылады, ол сөздерді теріп алу кезінде сөздің ақпараттылығы, сөздің сол пәндік аймақтағы рөлі қарастырылады. Ал бұл процесс - өте қиын. Себебі, егер бір сөз құжаттың ішінде бірнеше рет кездесетін болса, ол әртүрлі мағынада қолданылуы мүмкін. Онда сөздің абсолютті ақпараттылығы жойылады. Ал егер қандай да бір сөз өте сирек кездесетін болса, онда ол жаңа түсінікті қалыптастыруы мүмкін және ақпараттылығы жоғары болып табылады.

Үшінші этап – эквиваленттілікті қалыптастыру, яғни дискрипторларды анықтау.

Автоматтандырылған ақпараттық-іздістіру тезаурусы құжаттар мен сұраныстардың автоматты түрде индекстелуі болып табылады. Автоматтандырылған тезауруста шартты эквиваленттілік қатынас (рефлексивті, симметриялы, транзитивті), бағыныштылық қатынасы және ассоциативтік қатынастар қарастырылады.

Іздістіру жүйесінің сапасын таңдау және бағалау. Іздістіру жүйесінің сапасын іріктеуді және бағалауды олардың нақты ақпараттық қажеттілігі мен сұраныстың өзгешелігіне сәйкес келетін тұрғыдан жүргізу керек. Әрбір қолданушы іздістіру жүйесін таңдауға, оның мазмұны мен мүмкіндіктеріне көмектесетін нұсқасын талап ету ерекшелігіне ие.

Іздістіру жүйесін таңдау кезінде мына параметрлерге көңіл аударуы керек:

- іздістіру жүйесінің көрсеткіш көлеміне;
- онда сақталған ақпараттар сапасын қадағалауға;
- сұрату тілдерінің мүмкіндіктеріне.

Іздістірудің жалпы бағдарламасын жасау. Іздістірудің жалпы бағдарламасы - талдау объектілерін, іздістіру шектеулері (тақырыптық, хронологиялық, тілдік, географиялық) мүмкін бағыттары (маршруттары) мен әдістерін, сондай-ақ, іздістіру көлемінің дәрежесін анықтау негізінде қорытындыланады.

Іздістіру тәсілдері мен құралдары тақырып арқылы ғана емес, сұраныстың басқа да параметрлеріне байланысты ажыратылады. Бұл жерде бірқатар жалпы әдістемелік нұсқауларды басшылыққа алу қажет. Мәселен, іздістіру сипаты бүтіндей алғанда қолданушының алдына қойған іздістіру мәселелерінің мазмұнымен анықталады. Бұл тұста мына мәселені ажыратып алған дұрыс: іздістіру - ақпарат дереккөздерін кеңінен қамтуы қажет болғандықтан да бастапқыда тақырыпқа және оның егжей-тегжейлі, жан-жақты талданған мақсатына байланған десе де болады.

Ақпараттарды іздістірудің оңтайлы жолдарын таңдау мәселелері көптеген жұмыстарда келтірілген. Әйтседе, авторлар қажетті фактілерді барынша ауқымды көлемде ұстайтын мүмкіндігі бар қажетті фактілерді іздістіру құралдарына көңіл бөлуді ұсынады, яғни олар іздістірудің нақты мәселелеріне шешудің өздері ұсынған үлгілерін беруге ұмтылады.

Іздістіру тақырыбы бойынша ақпараттық ресурстар жиынтығын іріктеу сатысында - іздістіру жүйесінің жиынтығын жоспарлау іріктеліп алынған іздістірулерді жүргізеді. Ақпарат іздістіруді жекеден жалпыға қарай, сондай-ақ жалпыдан жекеге қарай жүргізуге болады. Нәтижесінде іздістіріліп жатқан мәселе жөніндегі ақпараттарды мазмұндайтын ақпараттық ресурстар тізімі қалыптасады. Ресурстардың (метадерек) жетіспейтін буындарын жазуды іздістіруші және метаіздістіруші машиналардың көмегімен жүргізу ұсынылады. Бірақ, бізге ресурстарды іздістіру жайында ештеңе белгілі болмаса, онда топтастырғыш іздістіру жүйесіне немесе мамандандырылған сөздік іздістіру жүйесіне жүгіну керек. Егер де қолданушы бұл салада маманданған болмаса, ол жағдайда оған ғылыми бақылау сапасы бар топтастырылған іздістіру жүйесіне жүгіну керек (ақпараттық шлюзге) болады. Іздістіру жүргізу кезінде мына әдістерді қолдану ұсынылады: болжау әдісі, жалпыдан жекеге іздістіру әдісі, жекеден жалпыға іздістіру әдісі.

Ақпараттық ресурстарды іздістіру. Құжаттарға іздістіру жүргізгенде сұранысты кеңейту және сол сияқты қысу мүмкіндігін де игеру керек. Іздістірудің дәстүрлі түрдегі екі базалық стратегиясын ажыратуға болады: салалық іздістіру және пәндік іздістіру. Олар ғылым мен білім салалары арасындағы өзара екі қарама-қарсы тенденцияларын бейнелейді: ғылым дифференциациясын және олардың интеграциясын. Ақпараттық құжаттарды іздістіру кезінде де әртүрлі деректер қорын басқару жүйелері ұсынған сұраныс тілдерінің мүмкіндіктерін ескеру қажет.

Ақпараттар көлемін бағалау. Ақпараттық ресурстардың бастапқы шеңберінде іздістіру жүргізу жолымен құжаттардың бір бөлігін айқындап, алынған ақпараттардың ауқымын қарауды және бағалауды мақсатқа лайық жүргізу керек. Қолданушыға сұраныс берілген тақырып жөніндегі ақпараттардың барлығы бірдей керек болмауы да мүмкін. Көбіне оған бірнеше беделді дереккөздер

гана жеткілікті болады. Бұл сатыда құжаттар тізімі қалыптасады және көшірмесіне тексеру жүргізіледі. Алайда, егер алынған ақпараттар ауқымы жеткіліксіз болған жағдайда, ақпараттық ресурстарға қосымша іздестіру жүргізу керек [4].

Ақпараттық ресурстар көлемінің шеңберін кеңейту. Ғаламторда ақпарат іздестіруді жүргізу кезінде оның ауқымдылығы маңызды рөл атқарады. Бұл жерде Ғаламтордағы іздестіру жүйелерінің бірде-бірі барлық ресурстарды бірдей индекстемейтінін есте сақтау керек. Ақпарат ресурстарының тізімін мынадай жолдармен кеңейтуге болады: нақты іздестіру тақырыбына арналған мәліметтер базасын айқындау мақсатымен шетелдік метаіздестіру жүйелерінде іздестіру жүргізу; табылған құжаттармен қозғала отырып, гипермәтіндік сілтемелер бойынша іздестіру жүргізу; табылған коллекциялардың URL құрылымына сүйене отырып, мәліметтер базасына іздестіру жүргізу.

Қорытынды. Сондықтан, қандай да бір пәндік аймақта тезаурус құру үшін жоғарыда айтылған мәселелерді ескеру және оны қолдана білу технологиясын құру және мүмкін болса оны үш тілде дамыту (ағылшын, орыс, қазақ тілдерінде) бүгінгі таңның өзекті мәселелерінің бірі деп есетеуге болады және оны шешу мәселелерін қарастыру әдісі дұрыс жолға қойылған.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Федотов А.М., Идрисова И.А., Самбетбаева М.А., Федотова О.А. Использование тезауруса в научно-образовательной системе // Вестник новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии 2015. Т. 13, вып. 2. С. 86-102.
- [2] Архангельская В.А., Базарнова С.В. Информационно-поисковый тезаурус по экономике и демографии // В.А.Архангельская, С.В.Базарнова – 20016 с.24-32.
- [3] Ивасенко А.Г. Информационные технологии и управления. –М.:КНОРУС, 2007. -106с.
- [4] Рахматуллаев М.А. Виртуальные электронные библиотеки для проф. образования // “Society, integration, education” Roceeding of the International Scientific Conference. — Volume II. May 23-24, 2015. – Rezekne, Latvia. — С.500-508.
- [5] Барахнин В.Б. Разработка тезауруса предметной области «Математика» // Матер.конф. «Вычислительные и информационные технологии в науке, технике и образовании». Ч.1.Новосибирск; Алматы; Усть-Каменогорск, 2003, с.111-115.
- [6] Шокин Ю.И., Федотов А.М., Барахнин В.Б. Проблемы поиска информации. Новосибирск: Наука. 2010. 196 с.
- [7] Федотов А. М., Барахнин В. Б. Проблемы поиска информации: история и технологии // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. 2009. Т. 7, вып. 2. С. 3-17.
- [8] Федотов А.М., Барахнин В.Б., Жижимов О.Л., Федотова О.А. Модель информационной системы для поддержки научно-педагогической деятельности // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. 2014. Т. 12, вып. 1. С. 89-101.
- [9] Федотов А.М., Абделиева М.Н., Байдавлетов А.Т., Бапанов А.А., Самбетбаева М.А., Федотова О.А. Концептуальная модель научно-образовательной информационной системы // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. 2015. Т.13, вып. 3. С. 52-67.
- [10] Михайлов А. И., Черный А. И., Гиляревский Р. С. Основы информатики. М.: Наука, 1968.
- [11] Шрейдер Ю.А. Равенство, сходство, порядок. М.: Наука, 1971.
- [12] Шрейдер Ю. А. О количественных характеристиках семантической информации // НТИ: Сер. 2. 1963, № 10. С. 35–39.
- [13] Шрейдер Ю.А. Об одной модели семантической информации // В сб.: Проблемы кибернетики. Вып. 13. М.: Наука, 1965. С. 233-240.
- [14] Аристотель. Аналитика: Первая и вторая: Пер. с греч. // Аристотель. – [б. м.] Госполитиздат, 1952. 438 с.: 7.75.
- [15] Морковкин В. В. Идеографические словари. М.: Из-во МГУ, 1970. 72 с.
- [16] Брунетто Латини // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона: в 86 т. (82 т. и 4 доп.). СПб., 1890-1907.

Касекеева А.Б.

Проблемы при построении информационно-поискового тезауруса

Резюме. В статье изложены понятие и методика для составления тезауруса по предметной области. Для составления тезауруса нужен словарь, ключевые слова и т.д. Трудность построения тезауруса, соответствующего всему тематическому многообразию индексируемой информации, является основной причиной его непопулярности в современных информационных системах. Тем не менее, эффективность информационно-поисковых систем для поддержки научно-образовательной деятельности напрямую зависит от использования специализированных тезаурусов.

Ключевые слова: Тезаурус, семантическое отношение, система поиска, ресурсы информационного поиска.

Kassekeyeva A.B.

Difficulties to construct IR thesaurus

Summary. The article describes the concept and methodology for compiling a thesaurus on the subject area. To compile a thesaurus, you need to compile a dictionary, keywords, etc. The difficulty of building a thesaurus that corresponds to the entire thematic variety of indexed information is the main reason for its unpopularity in modern information systems. However, the effectiveness of information retrieval systems to support scientific and educational activities directly depends on the use of specialized thesauri.

Key words: Thesaurus, semantic relation, search system, information retrieval resources.

UDC 621.121: 620.179.148: 620.192.46

V. V. Savinkin¹, T. Yu. Ratushnaya¹, V. N. Kyznetsova²

(¹North Kazakhstan State University named after M.Kozybaev, Petropavlovsk, Kazakhstan

² Siberian State Automobile and Highway University, Omsk, Russia)

E-mail: cavinkin7@mail.ru

RESEARCH OF MECHANICAL PARAMETERS OF TURBINE BLADES OF CHP RESTORED BY PLASMA ENERGY SOURCE

Abstract. The article provides a rationale for the applicability of the developed technique, which allows timely determination of the turbine blades that work with fatigue stress zones at the pre-failure stage. The results of the research allowed to establish the dependence of the fatigue stress changes of the restored turbine blades on the cyclic loading and to describe their limits of change by regression equations. The efficiency of restoration of worn blades by concentrated sources of plasma energy is proved.

Key words. Turbine blade, fatigue stresses, plasma recovery, accurate prediction, durability.

В.В. Савинкин¹, Т.Ю. Ратушная¹, В.Н. Кузнецова²

(¹Северо-Казахстанский государственный университет им. М.Козыбаева; ²Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет)

E-mail: cavinkin7@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛОПАТОК ТУРБИН ТЭЦ, ВОССТАНОВЛЕННЫХ ПЛАЗМЕННЫМ ИСТОЧНИКОМ ЭНЕРГИИ

Аннотация. В статье приводится обоснование применимости разработанной методики, позволяющей своевременно определять лопатки, которые работают с зонами усталостных напряжений на стадии предразрушения. Результаты исследований позволили установить зависимость изменения усталостных напряжений восстановленных лопаток от циклового нагружения и описать их пределы изменения уравнениями регрессии. Обоснована эффективность восстановления изношенных лопаток концентрированными источниками плазменной энергией.

Ключевые слова. Лопатка турбины, усталостные напряжения, плазменное восстановление, точное прогнозирование, долговечность.

Введение

Для производства тепловой и электрической энергии в энергетике используют турбины с вращательным движением рабочего органа ротора с лопатками, приводимые в действие потоком давления пара, образованным в результате сгорания измельченного угля, или потоком воды. Таким образом, происходит преобразование одного вида энергии (давление пара, воды) в другой (тепло и электричество).

В процессе работы лопатки турбин подвергаются интенсивному эрозионному изнашиванию. Исследованиями установлено [1-3], что за время эксплуатации турбин ТЭЦ в рабочих лопатках создаются зоны концентрации напряжений, которые уменьшают усталостную прочность восстанавливаемых участков лопаток, работающих в условиях знакопеременных циклических нагрузок. Разрушения, циклически изменяющиеся по времени (циклические напряжения), под действием нагрузок, относят к категории усталостных. Если знак изменяется, напряжения относятся к знакопеременным, а при одном знаке их относят к пульсирующим. Закономерности изменения

циклических напряжений от времени на практике бывают самыми различными – от вполне определенных, до беспорядочных, мало поддающихся какой-либо регламентации. В случае если фактический закон изменения циклической нагрузки от времени установить трудно, его необходимо условно принять за синусоидальный (рисунок 1) [4, 5].

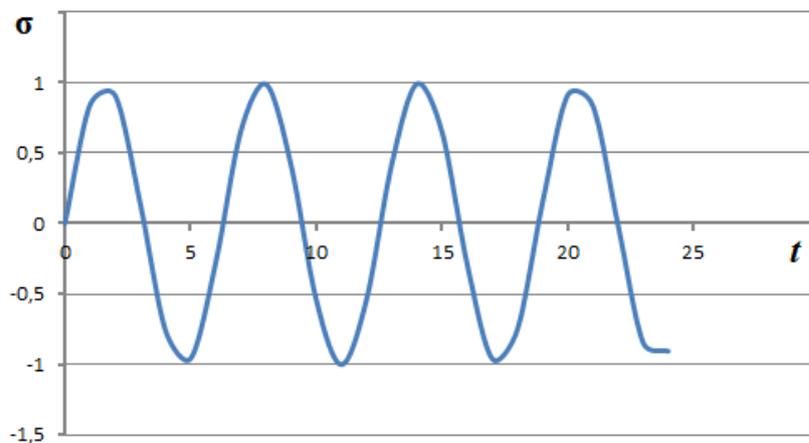


Рис. 1. График нагрузок, синусоидально изменяющихся по циклу

В качестве характеристик цикличности нагрузок выбраны: объединение последовательных значений переменных напряжений за один период процесса их изменения; минимальное напряжение цикла σ_{min} , Н/м², наименьшее по алгебраическому значению напряжение цикла, равное алгебраической разности среднего напряжения цикла и амплитуды; максимальное напряжение цикла σ_{max} , Н/м²; наибольшее по алгебраическому значению напряжение цикла, равное алгебраической сумме среднего напряжения цикла и амплитуды; период цикла t – время одного цикла напряжения. Среднее напряжение цикла определяется по выражению [6]:

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2}.$$

амплитуда цикла:

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2}.$$

размах цикла:

$$\sigma_a = \sigma_{max} - \sigma_{min}.$$

Коэффициент асимметрии цикла определяем и как

$$R = \sigma_{min}/\sigma_{max}.$$

и как

$$R = \tau_{min}/\tau_{max}.$$

Свойство металла противостоять усталости (выносливость) определяется пределом выносливости (предел усталости) σ_{R1} , Н/м², которое определяется значением максимального напряжения цикла с асимметрией R , соответствующей заданной долговечности. Предел выносливости при симметричном цикле σ_{-1} , это предел выносливости при условии, что σ_{max} равны σ_{min} , но противоположны по знаку, то есть $R = -1$. В случае, если имеет место симметричный цикл, уравнение будет подчиняться синусоидальному закону:

$$\sigma = \sigma_i - \sigma_a \sin(\omega t + \varphi),$$

где ω – частота циклов;

φ – угол, определяющий начальную фазу.

Количество циклов, которое необходимо для разрушения различных деталей, зависит от эксплуатационных условий и представлено в таблице 1.

Таблица 1. Количество циклов изменения напряжений, которое соответствует разрушению отдельно взятых деталей

№	Наименование деталей	Количество циклов
1.	Рельсы железных дорог	$0,15 \cdot 10^8$
2.	Оси вагонов	$0,5 \cdot 10^8$
3.	Коленчатые валы автомобильных двигателей	$1,2 \cdot 10^8$
4.	Оси локомотивов	$4 \cdot 10^8$
5.	Шатуны, поршневые штоки	$10 \cdot 10^8$
6.	Валы паровых турбин	$150 \cdot 10^8$
7.	Лопатки турбины	$170 \cdot 10^8$

Испытания на усталость проводят с помощью различных испытательных машин. Схема нагружения выбирается таким образом, чтобы создать в образцах напряженное состояние, которое будет характерно для работы деталей в условиях эксплуатации.

Целью исследований является метрологическая оценка надежности восстановленных лопаток турбины Т-100/120, путем получения количественных характеристик внутренней напряженности испытываемых лопаток и их сравнения.

1. Методы исследования

Существующие методы неразрушающего контроля (вихретоковый метод, цветная дефектоскопия, магнитопорошковая дефектоскопия, ультразвуковая дефектоскопия), которые широко применяются, направлены на обнаружение уже сформированных типов дефектов, что недостаточно для обеспечения долговечности работы лопаток турбин. Перечисленные методы не дают возможности осуществить раннее диагностирование повреждений. В условиях достаточно большого межремонтного периода деталей элементов гидроагрегата при отсутствии раннего диагностирования состояния металла, внезапные концентрации напряжений неизбежны [7-9].

Определять концентрации внутренних напряжений в процессе эксплуатации возможно с помощью метода магнитной памяти металла (МПМ). Этот способ очень эффективен для оценки ресурса лопаток гидроагрегата. С его помощью можно выполнить комплексную оценку состояния узла с учетом качества металла, фактических условий эксплуатации и конструктивных особенностей узла. По характеру распределения поля остаточной намагниченности представляется возможным определить наиболее напряженные узлы энергетического оборудования и зоны концентрации напряжений (ЗКН), предрасположенные к повреждениям.

Кроме того, предлагаемый способ диагностирования с помощью метода МПМ, даёт возможность по характеристике распределения поля остаточной намагниченности H_p вдоль поверхности детали, определить тон колебаний, т.е. оценить вибрационную надежность детали. В этом случае используют известный эффект поглощения энергии механических колебаний (демпфирование колебаний) [10, 11].

Преимуществами предлагаемого метода исследования являются то, что нет необходимости подготавливать контролируемую поверхность; для выполнения диагностирования используют приборы, которые имеют автономное питание, малые габариты и регистрирующие устройства (рисунок 2).

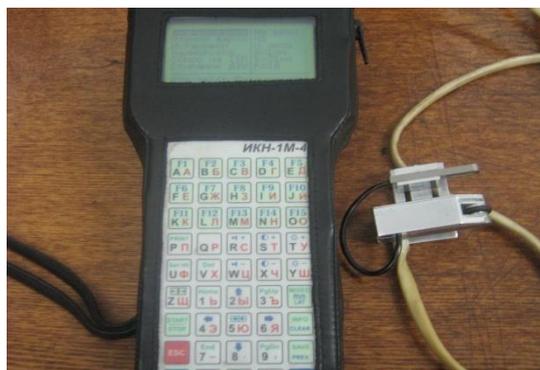


Рис. 2. Средство измерения, реализующее метод магнитной памяти металла, ИКН – 1М

2. Результаты исследования

Исследования восстановленных лопаток турбин ТЭЦ проводились в условиях ТОО «РЕМПЛАЗМА». Предметом исследования являлись лопатки с категорией прочности КП-60 турбины Т-100/120 после плазменного восстановления. Испытаниям подвергались три серии лопаток: эталонная - новые лопатки производства ЗАО «Уральский турбинный завод»; восстановленные виброконтактной наплавкой; восстановленные плазменным способом по технологии, разрабатываемой в СКГУ им. М. Козыбаева совместно с ТОО «РЕМПЛАЗМА».

Параметры, которые подвергались контролю: концентрация внутренних напряжений, которая для новых лопаток составляет $H_p=10$ А/мм; усталостная прочность, которая для новых лопаток составляет 17×10^6 циклов; область критического сечения; наличие отклонения от проектной геометрии, мм, (не выше новых).

Наряду с расчетными значениями величины концентрации напряжений при моменте изгиба, предусматривается их непосредственное измерение. Концентрация напряжений измеряется с помощью прибора ИКН-1М.

Контроль проводится на длине рабочей поверхности лопатки, т.е. в местах, наиболее подверженных коррозионному и усталостному износу. Сканирование датчиком прибора ИКН-1М проводится от коренного сечения основания лопатки к периферийному или наоборот. В процессе осуществления контроля, на экране прибора ИКН-1М отображаются графики распределения поля рассеяния H_p по длине лопатки. Результаты контроля сохраняются в памяти прибора для дальнейшей обработки на персональном компьютере.

Результаты измерений представлены на рисунке 3.

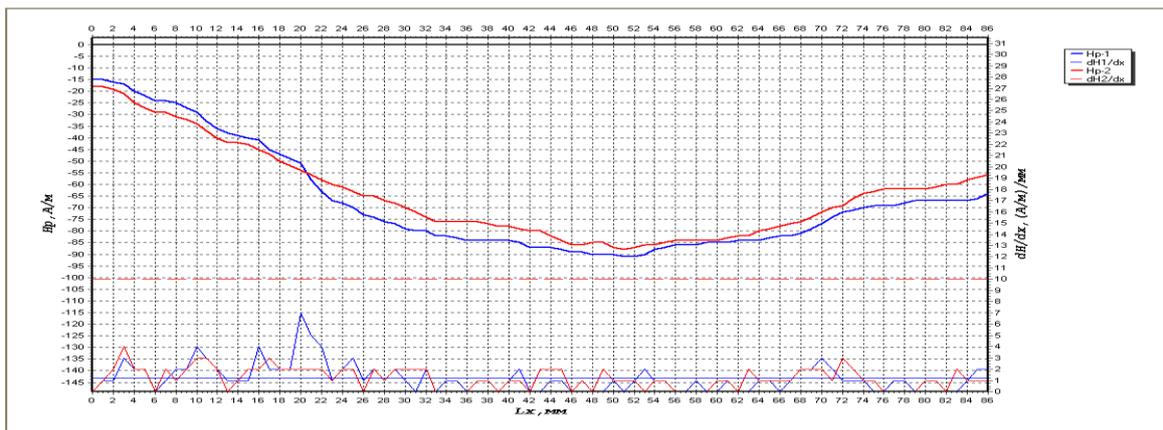


Рис. 3. График без критических зон концентрации напряжений

Непрерывная линия красного цвета на графике (рисунок 3) представляет изменение магнитного поля на метр длины образца А/м, в связи с этим, четких всплесков не видно. Прерывистая красная линия показывает допустимое значение напряжений для данного вида изделия. Непрерывная линия синего цвета графика (градиента) показывает места всплеска КН на каждом миллиметре образца А/мм. Если знак изменяется, то это говорит о направлении изогнутости.

На рисунке 4 представлена зона с концентрацией напряжений (ЗКН), которая была выявлена вблизи опасного сечения образца. ЗКН совмещается с сечением изогнутости образца на 70-82 мм по контрольной длине и на 7-9 мм от критической точки (рисунок 4), изменение знака показывает на направление изогнутого образца.

По результатам анализа данных, полученных в результате серии испытаний восстановленных лопаток турбин, были выявлены некоторые типы дефектов.

Первый тип дефекта. Зона зарождения и развития потери поверхностного слоя совпадает с плоскостью расчетного сечения. Одновременно наблюдается рост концентраций внутренних напряжений (КВН) в точке опасного сечения. При дальнейшем нагружении лопатки, происходит *max*-КВН металла, которая превышает критическое напряжение при моменте изгиба, что ведет к изменению проектной геометрии. Первый тип дефекта КВН при моменте изгиба фиксируется прибором ИКН-1М и представлен в виде графика (рисунок 4).

Второй тип дефекта - аналогичен первому виду изгиба и отличается от него лишь местом расположения. Если в опасном сечении при выбранной схеме заземления изгибающий момент $M_{и}$ и действующие напряжения имеют максимальное значение, то при изгибе других типов эти параметры уменьшаются примерно на 23%.

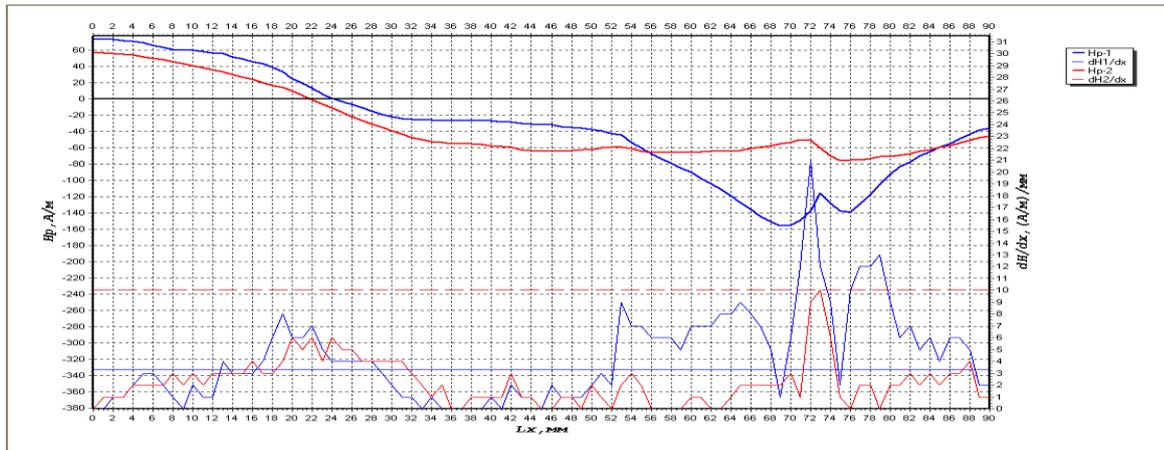


Рис. 4. График с превышающими значениями ЗКН в лопатке

Образцы изгибались в критической точке при $l_1 = \max$, при действующих напряжениях, меньше разрушающих. Из этого можно предположить, что сечение в средней части пера лопатки является опасным и определяющим местом концентрации внутренних напряжений. Действительно, рассмотрение и анализ изогнутых сечений образцов лопаток при эксплуатации подтверждает, что погнутость лопаток происходит ближе к верхней части входных кромок. Рассчитывая номинальные напряжения для образцов, за опасное сечение принималось поперечное сечение от центра тела лопатки до верхней части (рисунок 5).

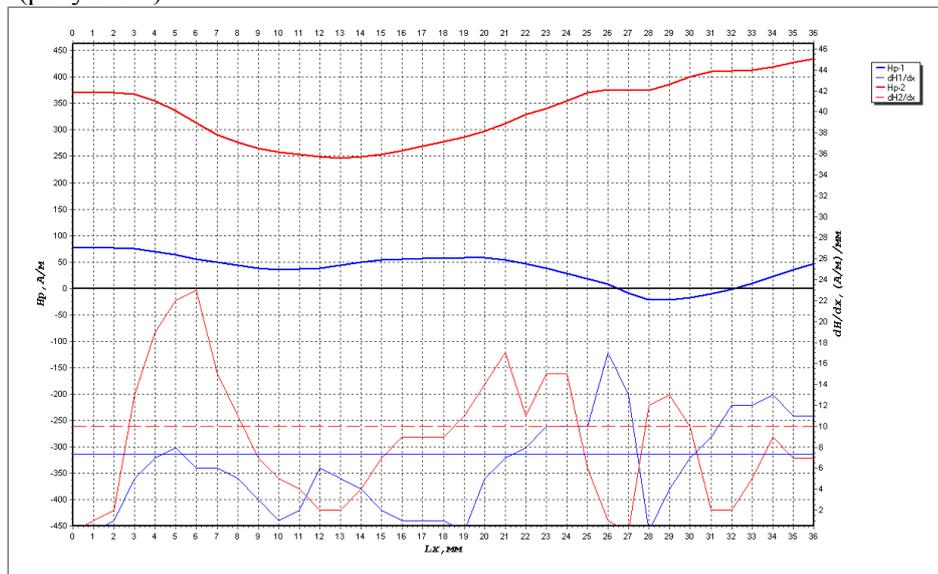


Рис. 5. Сечение № 1. Расстояние 20 мм от корневого сечения. Движение от выходной кромки входной, K1 к корневному сечению

При анализе графика, видно, что коэффициент интенсивности изменения поля остаточной намагниченности по сечению №3 (рисунок 6) показывает две зоны напряженно-деформированного состояния. В указанных зонах выполнена зачистка поверхностного слоя металла с визуальным контролем, были выявлены глубокие микротрещины более 10%. Данная лопатка забракована из-за наличия внутреннего дефекта металла.

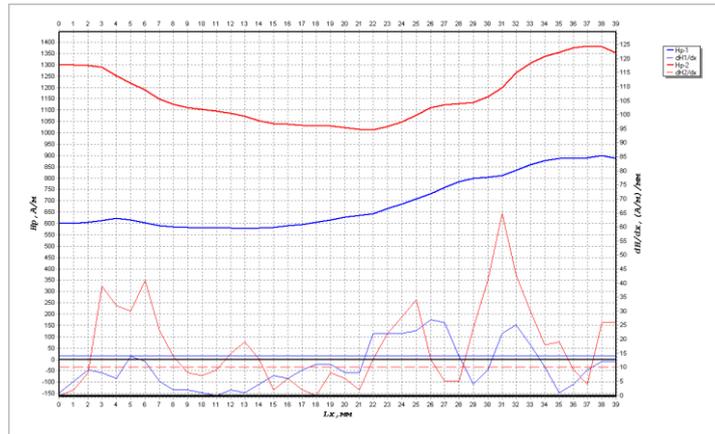


Рис. 6. Сечение №3. Расстояние 50 мм от сечения №2 (100 мм от корневого сечения). Движение от выходной кромки к входной, К1 к корневому сечению

Сравнительный анализ прочности лопаток турбины ТЭЦ, восстановленных плазменным способом, показывает, что по отношению к новым, у них снижается прочность от 40% до 25,3%. Анализируя кривые повреждаемости можно сделать вывод о том, что лопатки, которые восстанавливаются с помощью стандартных технологий по ГОСТ 21448-75, имеют склонность к значительной потере энергетической прочности. Для того, чтобы, подобрать уравнения кривых повреждаемости, построить график испытаний и оценить параметры, был проведен линейный регрессионный анализ полученных опытных данных для каждой серии испытанных образцов с помощью метода наименьших квадратов. В работе была использована методика и рекомендации работ [12, 13]. Эмпирические уравнения линии регрессии для лопаток турбины каждой серии имеют вид:

- эталонная: $Y = 6,058 - 0,0479x$.
- восстановленная вибродуговым способом, ГОСТ 21448-75: $Y = 6,1089 - 0,0703x$
- восстановленная плазменным способом: $Y = 6,179 - 0,0596x$

Все реальные дефекты лопаток каждой серии, которые наносятся на графике испытаний (рисунок 7) в полулогарифмических координатах, группируются вокруг этих линий с возможными наименьшими отклонениями [14, 15].

Можно сделать предположение, что в отличие от новых, все восстановленные лопатки изгибаются при меньших напряжениях. Так, для эталонной серии два образца выдержали испытания в 10 тыс. мото-часов наработки или 10 млн. циклов.

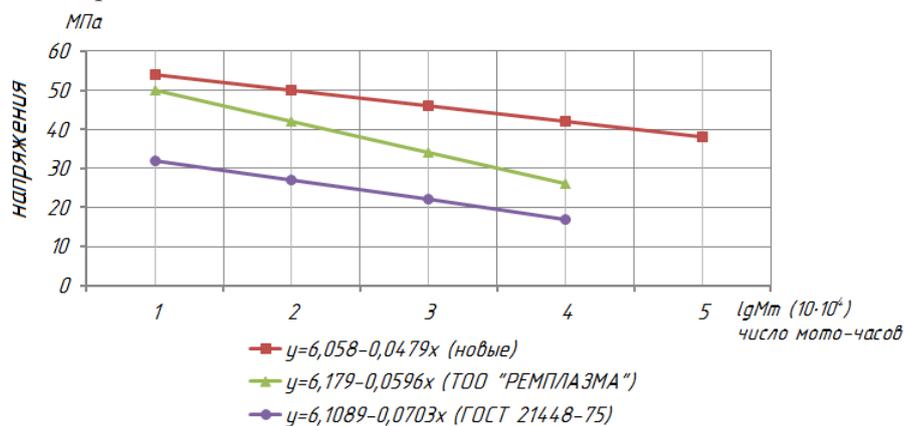


Рис. 7. Кривые повреждаемости лопаток турбины Т-100/120

Можно ожидать предел выносливости для новых лопаток турбины в пределах от 49,6 до 50,2 Н/м². Для следующей серии лопаток, которые восстанавливались по технологии ГОСТ 21448-75, все образцы имели усталостные напряжения менее 30 Н/м², в связи с этим их предел выносливости должен ожидаться ниже этого уровня. Для лопаток третьей серии, которые были восстановлены с

помощью плазменного способа, ожидаемый предел усталости будет находиться в пределах $42,8 \text{ Н/м}^2$, потому что число наработки, выдержанное образцами при этом от 5,4 до 7 тыс. мото-часов.

Представленные расчеты отражают то, что новые лопатки турбины ТЭЦ обладают расчетным значением предела выносливости в пределах от $49,6$ до $50,2 \text{ Н/м}^2$. Сделаем оценку прочности испытанных лопаток при наработке в мото-часах с действующим напряжением в пределах $50,2 \text{ Н/м}^2$. Выбранное значение рабочего напряжения основано на более высоком уровне нагружения в условиях работы и пределе выносливости новых лопаток турбины. Новые детали, при выбранном напряжении, позволяют выдерживать базу испытаний в 10^7 циклов или 10^4 мото-часов.

Лопатки, восстановленные по технологии ГОСТ21448-75, имеют ресурс – 4000 мото-часов; по способу СКГУ им. М. Козыбаева и ТОО «РЕМПЛАЗМА» - 7000 мото-часов (рисунок 7).

Внутренние напряжения снижаются для технологии по ГОСТ21448-75 на 40%, а с использованием технологии ТОО «РЕМПЛАЗМА» - СКГУ им. М. Козыбаева снижение достигает 25,3%. Сравнивая долговечность лопаток, восстановленных по технологии ТОО «РЕМПЛАЗМА» - СКГУ им. М. Козыбаева, можно сделать вывод о том, что она выше на 28% тех лопаток, которые были восстановлены по технологии ГОСТ21448-75.

В качестве источника высоких действующих напряжений выбираются отклонения геометрических параметров лопаток от требований технических условий изготовителя ЗАО «УТЗ».

Заключение

Проводя оценку результатов энергетических испытаний лопаток исследованных серий можно сделать следующие выводы:

1. Данная методика позволяет своевременно определять лопатки, которые работают с ЗКН на стадии предразрушения.

2. Максимальные ЗКН как и предполагалось, имеют расположение в критическом сечении лопатки, теоретические расчеты критического сечения лопатки совпадают с результатами, полученными в ходе экспериментов.

3. Из трех исследованных серий лопаток турбины эталонные детали обладают наибольшей долговечностью. Предел выносливости составляет $50,2 \text{ Н/м}^2$ для новых лопаток.

4. Полученные значения величины предела выносливости для лопаток, которые выпускает в настоящее время ЗАО «УТЗ», совпадают с результатами других исследований. По данным исследовательской лаборатории АО «ПЗТМ», у таких лопаток значение предела выносливости находится в границах $49,6$ - $50,2 \text{ Н/м}^2$.

5. Предел выносливости лопаток, которые были восстановлены по технологии, предусмотренной ГОСТ 21448-75, составляет $29,94 \text{ Н/м}^2$, что в сравнении с прочностью новых лопаток составляет 60%.

6. Усталостная долговечность лопаток, которые восстанавливаются с помощью плазменного способа СКГУ им. М. Козыбаева - ТОО «РЕМПЛАЗМА», составляет $42,8 \text{ Н/м}^2$, что в сравнении с прочностью новых лопаток составляет 86,3% .

7. Методика испытаний на концентрацию внутренних напряжений, которая предлагается, отработана и усовершенствована. Модернизация обусловлена введением корреляционных коэффициентов учитывающих многие факторы, которые влияют на отклонение значений и разработанными уравнениями регрессии описывают закономерность изменения усталостных напряжений от циклового нагружения. Применение рекомендуемой методики оправдывается практикой испытаний. Предлагается рекомендовать ее в качестве типовой при проведении испытаний на усталость различных деталей, не снимая их с узла или агрегата. Кроме того, с помощью данной методики возможно прогнозирование наступления еще не случившегося дефекта, а также его участок на детали с зонами концентрации напряжений.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Филиппов А.М., Голикова Е.О., Сидоров А.Н, Азин А.С. Проблемы при эксплуатации лопаток последних ступеней паровых турбин после восстановительного ремонта // Актуальные проблемы в машиностроении. - 2016. - №3. - С. 17-22.

[2] Грачев О.Е., Неуймин В.М., Настека Д.В. Повышение эффективности ремонтов, изготовления и эксплуатации оборудования ТЭС путем применения технологий газотермического нанесения покрытий и лазерной наплавки // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. Энергетика. - 2015. - №6. -С. 55-61.

- [3] Савинкин В.В., Ратушная Т.Ю., Абилямажинова А.А. Исследования концентрации внутренних напряжений в лопатках турбины ТЭЦ методом магнитной памяти металла // Научно-технический журнал «Метрология». 2017. - №1. - С. 33-42.
- [4] Glazkov Yu.A. Use of Methods of Nondestructive Testing in Investigating Failures of Complex Technical Apparatus // Russian Journal of Nondestructive Testing. - 2000. - V. 36. - I. 12 - P. 916-922.
- [5] Дубов А.А. Диагностика турбинного оборудования с использованием магнитной памяти металла // М.: - 2009. - С. 148.
- [6] Gorkunov E.S. Different remanence states and their resistance to external effects. Discussing the so-called magnetic memory method // Insight. - 2015. - №12. - V. 57. - P. 709-717.
- [7] Klikushin Yu.N., Koshekov K.T., Kobenko V.Yu., Trunin E.S. An algorithm for evaluating the state of a generating unit based on the identification measurements of vibrosignals // Russian Journal of Nondestructive Testing. - 2014. - V. 50. - I. 7. - P. 413-418.
- [8] Jablonski F., Kienzler R. Calculation of fatigue limits of case-hardened specimens with consideration of mean stresses and residual stresses // Computational Mechanics. - 2002. - V. 28. - I. 5. - P. 401-405.
- [9] Artamonov V.V., Artamonov V.P. Diagnostics of the causes of the operational destruction of rotor blades of gas turbines // Russian Journal of Nondestructive Testing - 2013. - V. 49. - I.9. - P. 538-542.
- [10] Савинкин В.В., Ратушная Т.Ю. Математическое описание основных факторов, повышения газодинамической нагрузки турбины ТЭЦ // Вестник, Серия техническая, СКГУ им. М.Козыбаева. - 2016. - № 4(33). - С. 114-118.
- [11] Неразрушающий контроль: Справочник. В 7 т./Под общ.ред. В.В. Клюева. Т.7. В 2 кн. Кн.1: Иванов В.И., Власов И.Э. Метод акустической эмиссии; Кн.2: Балицкий Ф.Я. и др. // Вибродиагностика. М.: Машиностроение. - 2005.
- [12] Загидулин Р. В., Загидулин Т. Р. Исследование зависимости поля остаточной намагниченности от напряженно-деформированного состояния металла стального изделия. Ч. 2. Зависимость поля остаточной намагниченности металла от механического напряжения // Контроль. Диагностика. -2011. - № 8(158). - С.14 - 20.
- [13] Новиков В.Ф., Семенов В.В., Бахарев М.С. Возможности определения предела пропорциональности (предела микротекучести) стали по кривым магнитоупругого размагничивания // Контроль. Диагностика. - 2006. - № 4. - С. 16-17.
- [14] Blachnio J. Bogman M. A Non-destructive method to assess condition of gas turbine blades, based on the analysis of blade-surface images// Russian Journal of Nondestructive Testing. - 2010. - №11. - P. 89-98.
- [15] Artamonov V.V., Artamonov V.P. Diagnostics of the causes of the operational destruction of rotor blades of gas turbines // Russian Journal of Nondestructive Testing. - 2013. - T. 49. - № 9. - P. 538-542.

Савинкин В.В., Ратушная Т.Ю., Кузнецова В.Н.

Плазмалық энергия көзі қалпына келтірілген ЖЭО турбиналары қалақтарының механикалық параметрлерін зерттеу

Түйіндеме. Мақалада бұзылу сатысында шаршау кернеулерінің аймақтарымен жұмыс істейтін қалақтарды уақтылы анықтауға мүмкіндік беретін әзірленген. Әдістemenің қолданылуына негіздеме беріледі. Зерттеу нәтижелері қалпына келтірілген қалақтардың шаршау кернеулерінің өзгеруінің циклдік жүктемеден тәуелділігін анықтауға және олардың регрессия тендеулерімен өзгеру шектерін сипаттауға мүмкіндік берді. Тозған қалақтарды концентрацияланған плазмалық энергия көздерімен қалпына келтіру тиімділігі негізделген.

Түйін сөздер. Турбинаның күрегі, шаршау кернеулері, плазмалық қалпына келтіру, дәл болжау, ұзақ мерзімділік.

Savinkin V. V., Ratushnaya T. Yu., Kuznetsova V. N.

Research of mechanical parameters of turbine blades of CHP restored by plasma energy source

Summary. The article provides a rationale for the applicability of the developed technique, which allows timely determination of the turbine blades that work with fatigue stress zones at the pre-failure stage. The results of the research allowed to establish the dependence of the fatigue stress changes of the restored turbine blades on the cyclic loading and to describe their limits of change by regression equations. The efficiency of restoration of worn blades by concentrated sources of plasma energy is proved.

Key words. Turbine blade, fatigue stresses, plasma recovery, accurate prediction, durability.

УДК 004.056.5

В.К. Abduraimova, A.B. Zakirova, A.S. Omarbekova
 (L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan.
 E-mail: abduraimova_bk@enu.kz)

DEVELOPING A MODEL OF SECURE DATA MIGRATION TO THE CLOUD ON THE BASE OF A COMBINATION OF CRYPTOGRAPHIC ALGORITHMS

Absrtact. This paper is dedicated to the development of a model of safe displacement and storage of data in the cloud. Effective ways to protect data in the cloud have been investigated. Some approaches have been evaluated to identify elements that affect on system performance. A model that will increase the security of data migration to the cloud using basic cryptographic algorithms has been proposed.

Keywords: security of data in cloud, safe movement of data in the cloud, cryptographic encryption methods.

Б.К. Абдураимова, А.Б. Закирова, А.С. Омарбекова
 (Евразийский национальный университет им.Л.Н.Гумилева)
 Астана, Республика Казахстан,
 abduraimova_bk@enu.kz)

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ БЕЗОПАСНОЙ МИГРАЦИИ ДАННЫХ В ОБЛАКО НА ОСНОВЕ КОМБИНИРОВАНИЯ КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ

Аннотация. Данная работа посвящена разработке модели безопасного перемещения и хранения данных в облако. Исследованы эффективные способы защиты данных в облаке. Выполнена оценка некоторых подходов для выявления элементов, влияющих на производительность системы. Предложена модель, которая повысит безопасность миграции данных в облако при использовании основных криптографических алгоритмов.

Ключевые слова: защита данных в облако, безопасная миграция в облако, криптографические методы шифрования.

1. Введение

В последнее время ИТ - общество больше стал интересоваться модным словом «Cloud». Больше всего это слово относится к бизнесу, движущемуся к облачным вычислениям. Облачное вычисление обычно используются для представления любой работы, выполняемой на компьютере, мобильном или любом устройстве, где данные и приложения находятся в Интернете. Большинство компаний сталкиваются с необходимостью пересмотра стратегии развития своих информационных систем. В первую очередь, это продиктовано современными требованиями бизнеса.

Основной предпосылкой облачных вычислений является то, что многие компании хотят обеспечить непрерывность работы, при этом пытаются сэкономить на инфраструктуре, иметь безграничные возможности масштабирования вычислительных ресурсов. Таким образом, они переносят свои данные и сервисы в облако, которое становится инструментом для хранения данных большего объема.

Услуги, предлагаемые в облачных вычислениях, обычно основаны на трех стандартных моделях: инфраструктура, платформа и Saas (программное обеспечение как сервис). По сравнению с традиционным хранилищем данных, как показано на рисунке-1 облачное хранилище данных имеет ряд преимуществ:

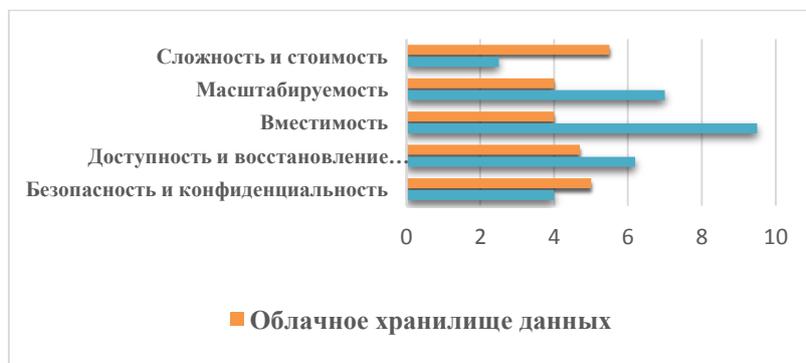


Рис. 1. Сравнительный анализ традиционного и облачного хранилищ

Однако, есть и другие преимущества при внедрении сервисов облачного хранения: пропускная способность, безопасность данных, конфиденциальность и т.д. Для внедрения в облако наиболее значительными препятствиями являются безопасность и конфиденциальность [1]. Необходимо решить несколько проблем в отношении безопасности и конфиденциальности в облаке хранения:

- обеспечить механизмы аутентификации, авторизации и контроля доступа;
- предотвратить потерю данных при утечке;
- ведение безопасного облачного учета;
- обеспечение контроля и управления ключом криптографии;
- защита данных в пути [2].

2. Предлагаемая модель

Для обеспечения безопасности данных в облаке предпочтительными в основном являются криптографические методы [3]. Поэтому для преодоления проблем безопасности и конфиденциальности в облачном хранилище предлагаем модель, обеспечивающий конфиденциальность данных, целостность, доступность и защиту от утечки данных. Предлагаемый подход состоит из основных компонентов процесса: данных кодирования или декодирования с использованием AES-256, IDA с C-RS и SHA-512 алгоритма хеширования.

Процесс кодирования состоит из трех уровней безопасности: шифрование с длиной в 256 бит, IDA и алгоритм хеширования. Во время процесса кодирования на рисунке-2 исходные данные пользователя или файл F сначала шифруются с использованием алгоритм AES-256 [4].

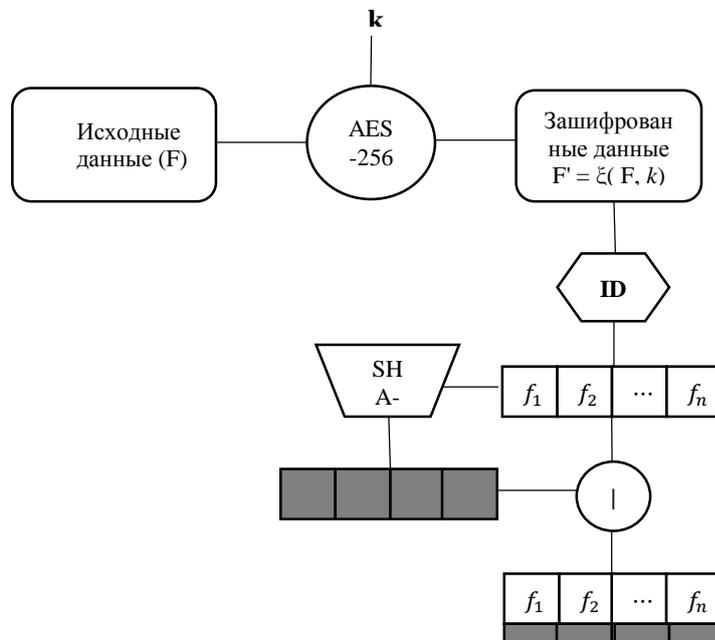


Рис. 2. Алгоритм кодирования

Ключ шифрования k генерируется случайным образом, но управляется и защищается потребителем или ИТ-менеджером. Во-вторых, предшествующий зашифрованный файл данных $F' = \xi(F, k)$ разбивается на n файлов срезов таким образом, что зная хотя бы любого m из этих n срезов можно восстановить зашифрованный файл данных F' .

Предположим, что $F' = (Y_1, \dots, Y_S)$ - файл размера S (измеренный в некотором масштабе, т.е. строки символов или байтов). Символы Y_i интерпретируется как элемент некоторого конечного поля F [25]. Файл F' можно разбить на блоки из m символов или байтов. Таким образом, $F' = (Y_1, \dots, Y_m), (Y_{m+1}, \dots, Y_{2m}), \dots, (Y_{S-m+1}, \dots, Y_S)$.

Рассмотрим файл F' в качестве матрицы $m \times \omega$, где ω - размер каждого среза данных:

$$\Omega_{m \times \omega} = \begin{pmatrix} Y_1 & Y_{m+1} & \dots & Y_{(\omega-1)m+1} \\ Y_2 & Y_{m+2} & \dots & Y_{(\omega-1)m+2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Y_m & Y_{2m} & \dots & Y_{\omega m} \end{pmatrix}; \quad \omega = \left(\frac{S}{m} \right).$$

Следовательно, $Y_i = Y_{(i-1)m+1}, Y_{(i-1)m+2}, \dots, Y_{im}$ – i -ый блок из m символов. Рассмотрим G как $n \times m$ Матрица Коши, используемая для преобразования исходной матрицы Ω для n срезов:

$$G_{n \times m} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nm} \end{pmatrix}.$$

Каждое подмножество из m строк является линейно независимым вектором [5]. Чтобы разобраться, умножим G и Ω , которая дает матрицу δ из $n \times \omega$:

$$G \cdot \Omega = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nm} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Y_1 & Y_{m+1} & \dots & Y_{(\omega-1)m+1} \\ Y_2 & Y_{m+2} & \dots & Y_{(\omega-1)m+2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Y_m & Y_{2m} & \dots & Y_{\omega m} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} f_{11} & f_{12} & \dots & f_{1\omega} \\ f_{21} & f_{22} & \dots & f_{2\omega} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{n1} & f_{n2} & \dots & f_{n\omega} \end{pmatrix} = \delta_{n \times \omega}$$

где $f_{ij} = \sum_{k=1}^m a_{ik} \cdot Y_{(j-1)m+k}; 1 \leq i \leq n; 1 \leq j \leq \omega;$

В этом случае Ω алгоритм разгона может создавать матрицу δ , состоящую из n строк и столбцов ω . Каждая строка из δ соответствует определенному файловому срезу: $f_i = (f_{i1}, f_{i2}, \dots, f_{i\omega})$. Поэтому, применяя IDA, F' будет производить F'' , состоящий из n срезов. Любой m из n можно использовать для реконструкции:

$$F'' = (f_{11}, \dots, f_{1\omega}), \dots, (f_{i1}, \dots, f_{i\omega}), \dots, (f_{n1}, \dots, f_{n\omega}). \tag{1}$$

Наконец, вычисляем хэш-значение каждого фрагмента f_i с использованием SHA-512 и объединяем их. Соответствующее хеширование f_i' производит $(f_i // f_i')$. Это приводит к

$$F''' = f_1 // f_1', f_2 // f_2', \dots, f_n // f_n'. \tag{2}$$

Файл данных срезов в F''' теперь можно загрузить в облако через безопасное соединение. Применение нашего алгоритма протокола для потребительских данных позволит преодолеть проблему утечки данных и искажения.

Кроме того, пользователь может теперь хранить данные диспергированных срезов, полученные в результате уравнения (2), по меньшей мере, в трех разных CSP [6] так, что, даже если один CSP взломан или один сервер выходит из строя, пользователь может восстанавливать файлы из других CSP. В таблице-1 ниже показан алгоритм кодирования.

Таблица 1. Алгоритм кодирования псевдокода

Procedure

Input: original data F ; key k , Threshold(m, n)

Output: F'''

(Note that AES₂₅₆ is the encryption algorithm, SHA₅₁₂ is the hashing algorithm) compute the encrypted version of the original data file F using AES₂₅₆ under k

$F' := \text{AES}_{256}$ with F and k

Let IDA_{CRS} be the slicing algorithm that return a vector F'' under the threshold(m, n)

$F'' := \text{IDA}_{CRS} F', m$ and n

Set indexCount **to** 1

Set $F''' :=$ new initial list

For each f_i in F'' **do**

set $f_i' :=$ call SHA₅₁₂ with f_i

concatenate the data f_i with the corresponding hash value f_i'

set $\text{concat}_{(f_i, f_i')} = f_i + f_i'$

Append to F''' the concatenated data $\text{concat}_{(f_i, f_i')}$

$F'''[\text{indexCount}] := \text{concat}_{(f_i, f_i')}$

Increment indexCount

return: F'''

end procedure.

Во время процесса декодирования первый этап проверки показан на рисунке-3А. Этот шаг состоит из проверки целостности файла и деконкатизации m правильных разрезов данных, необходимых для восстановления F' . В случае повреждения среза будет отображаться сообщение аутентификации, а соответствующие данные среза будут заменены другим.

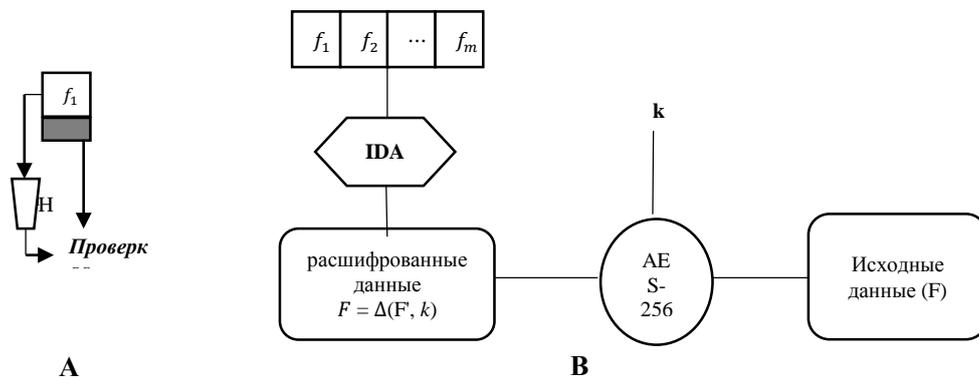


Рис. 3. Алгоритм декодирования: А- пошаговая проверка; В- этап реконструкции

После завершения проверки применяем IDA к m результирующим срезам, как показано на рисунке-3В, для восстановления зашифрованных данных F' и, наконец, восстановить исходный файл данных F , имеющий шифрование ключ k с AES256, как показано на рисунке-3.

Наконец, используя AES-256, мы можем пересчитать F с тем же секретным ключом k , который использовался во время шифрования. Алгоритм на рисунке-2,

$$F = \Delta(F', k) \quad (3)$$

Поскольку секретное значение хранится пользователем или ИТ-менеджером, злоумышленник не может изменять перехваченный фрагмент данных и не может сгенерировать ложное сообщение [7].

Таблица 2. Алгоритм декодирования

Input: vector H; key k, value m
Output: original data F
(Note that AES₂₅₆ is the encryption algorithm, SHA₅₁₂ is the hashing algorithm)
let integrityCheck function checks the integrity of a particular data concat(f_i, f_i')
set indexCount **to** 1
set F':=new initial list
for each concat(f_i, f_i') in H **do**
if integrityCheck with concat(f_i, f_i') **then**
deconcatenate f_i from concat(f_i, f_i')
compute $f_i := \text{concat}(f_i, f_i') - f_i'$
else
compute H [indexCount]
Append to F''[indexCount] деконкатенированные данные f_i
set F'':= f_i
let IDA_{CRS} be the slicing algorithm that return a vector F' under m
reconstruct F' using IDA_{CRS}
F'[indexCount] := IDA_{CRS} with F', m
Compute the decrypted version of F using k
F := AES₂₅₆ with k
return: F
end procedure.

3. Экспериментальные оценки результатов

Чтобы оценить фактическую производительность, был проведен анализ эффективности данного алгоритма путем измерения времени вычисления процесса кодирования и декодирования для файла данных, в зависимости от размера (51 КБ до 347,778 КБ) и изменчивость порога (m, n); $1 \leq m \leq n$ и $n \leq 256$.

На рисунке-4 показано время вычисления операции кодирования. Время кодирования для нашего алгоритма в основном зависит от размера данных и значения порога (m, n). Мы получили время вычисления, суммируя время шифрования данных x KB и время выполнения IDA с C-RS, а также время для хэша и объединения каждого файла срезов. Максимальное кодирование время составляет 13,95 с для большого файла данных, равного 387,683 КБ с порогом (200, 254). Мы наблюдали за разные (m, n) конфигурации и данные менее 347 778 КБ, и сделали вывод, что наш алгоритм кодирования дает лучшую производительность, так как среднее время кодирования составляет 1,986 с.

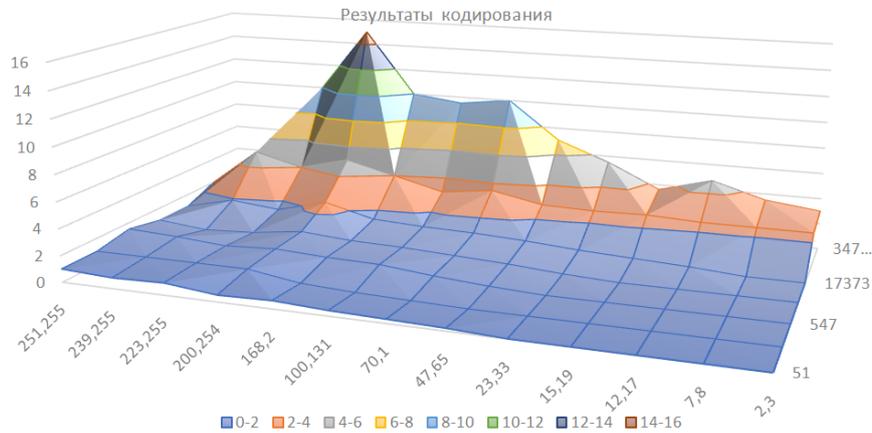


Рис.4. Результаты кодирования

Время кодирования для нашего алгоритма в основном зависит от размера данных и значения порога (m, n). Мы получили время вычисления, суммируя время шифрования данных x KB и время выполнения IDA с C-RS, а также время для хэша и объединения каждого файла срезов. Максимальное кодирование время составляет 13,95 с для большого файла данных, равного 387,683 КБ с порогом (200, 254). Мы наблюдали за разные (m, n) конфигурации и данные менее 347 778 КБ, и сделали вывод, что наш алгоритм кодирования дает лучшую производительность, так как среднее время кодирования составляет 1,986 с.

На рисунке-5 показано время работы операции декодирования. Время декодирования для файла данных x KB равно сумме шагов. Максимальное время вычисления составляет 24,30с для файла 347,778 КБ (2,3), а среднее время декодирования в этом эксперименте составляет 2,907 с.



Рис. 5. Результаты декодирования

Процесс декодирования обеспечивает наивысшую производительность для малого и среднего размера данных. В таблице-3 показано среднее время выполнения для каждого внутреннего шага в процессах кодирования и декодирования. Совершенно очевидно, что время кодирования в основном оценивается временем выполнения нарезки, так как оно требует больше параметров и вычислений, чем другие внутренние процессы. Поэтому мы рекомендуем, для наилучшей производительности, использовать средний порог. Это значительно сократит время вычисления декодирования.

Таблица 3. Среднее время кодирования и декодирования

Процесс	продолжительность
Шифрование	0.367
Срезы-IDA	1.125
Хеширование и конкатенация	0.474
Проверка	1.453
Реконструкция -IDA	1.157
Расшифровка	0.297

4. Выводы

Решение о переносе конфиденциальных данных или его сохранение в облако является одним из наиболее важных решений, с которыми сталкиваются не только персональные пользователи, но и крупные компаний. В этой статье описан ряд ключевых рисков, связанных с перемещением и хранением облачных данных. Рассмотрены способы защиты данных в пути. Предлагаемая модель разработана на основе комбинации AES-256, IDA и SHA-512, где конфиденциальность достигается путем объединения AES-256 и IDA, целостность путем объединения каждого конкретного файла среза с его соответствующим хэш-кодом SHA-512, доступность данных осуществляется посредством диспергирования (IDA) результирующих срезов данных.

По сравнению с другими подходами к обеспечению конфиденциальности данных предлагаемый алгоритм обеспечит гораздо большую степень безопасности, а также более высокую производительность для небольших и больших файлов данных при рекомендуемом среднем пороге. Реализация позволит распределять срезы данных в несколько CSP.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Merkow, Mark S., Breithaupt J. Information Security: Principles and Practices. eBook. - 2nd ed. - Indianapolis, Ind.: Pearson IT Certification, 2014.
- [2] [Casola V.](#), [De Benedictis A.](#), [Rak M.](#), [Villano U.](#) Security-by-design in multi-cloud applications: An optimization approach. 2018, с344-362.
- [3] Balamurugan S., Sathyanarayana S., Manikandasaran S.S. ESSAO: Enhanced security service algorithm using data obfuscation technique to protect data in public cloud storage. – Indian.: J. Sci. Technol. 2016.
- [4] Isaac Kofi Nti, Eric Gymfi, Owusu Nyarko. Implementation of Advanced Encryption Standard Algorithm with Key Length of 256 Bits for Preventing Data Loss in an Organization// International Journal of Advancements in Technology. - 2017. ISSN: 0976-4860
- [5] Minowa T., Takahashi T. Secure Distributed Storage for Bulk Data//Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2012. с.566–575.
- [6] Mar K.K., Law C.Y., Chin V. Secure Personal Cloud Storage// In Proceeding Soft The 10th International Conference for Internet Technology and Secured Transactions (ICITST-2015), - London, UK, 2015.
- [7] Stallings W. Cryptography and Network Security Principles and Practices. - 6th ed.; Prentice Hall: Upper Saddle River. - NJ, USA, 2005.

Абдураимова Б.К., Закирова А.Б., Омарбекова А.С.

Криптографиялық алгоритмдердің комбинациясына негізделген бұлтқа деректерді қауіпсіз тасымалдау моделін әзірлеу

Түйіндеме. Бұл жұмыс деректердің бұлтқа қауіпсіз көшіруі мен сақтау моделін әзірлеуге арналған. Бұлтта деректерді қорғаудың тиімді тәсілдері зерттелінді. Жүйенің өнімділігіне әсер ететін элементтерді анықтау үшін кейбір тәсілдер бағаланды. Негізгі криптографиялық алгоритмдерді колданып, бұлтқа деректерді көшірудің қауіпсіздігін арттыратын моделі ұсынылды.

Түйін сөздер: бұлттағы деректерді қорғау, бұлтқа қауіпсіз көшіру, криптографиялық шифрлеу әдістері.

Abduraimova B.K., Zakirova A.B., Omarbekova A.S.

Developing a model of secure data migration to the cloud on the base of a combination of cryptographic algorithms

Absrtact. This paper is dedicated to the development of a model of safe displacement and storage of data in the cloud. Effective ways to protect data in the cloud have been investigated. Some approaches have been evaluated to identify elements that affect on system performance. A model that will increase the security of data migration to the cloud using basic cryptographic algorithms has been proposed.

Keywords: security of data in cloud, safe movement of data in the cloud, cryptographic encryption methods.

УДК 621.039.514.45

¹M.K. Skakov, ¹R.A. Irkimbekov, ¹A.D.Vurim, ²G.A. Vityuk, ¹A.A. Murzagalieva
(¹Institute of Atomic Energy of the National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan,
Kurchatov, Kazakhstan,
²D. Serikbayev East Kazakhstan state technical university, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan.
E-mail: shmeleova@nnc.kz)

APPLICATION OF SPATIAL KINETICS MODEL AT IGR REACTOR EXPERIMENTS

Abstract. The paper is devoted to updating of IGR reactor experiments preparation methods. Description of design models, including neutron transfer and thermal energy features in heating capacity graphite reactor is given. The description of the experiment with the melting of steel block with fuel pellets with sodium channel set in it is given. It is shown the matching of design results with experimental data.

Key words: impulse graphite reactor (IGR), experiments, modes of operation of the reactor, model of the reactor, synthesis of neutron and thermal problems, dynamics of the temperature and neutron fields

¹М.К. Скаков, ¹Р.А. Иркимбеков, ¹А.Д. Вурим, ²Г.А. Витюк, ¹А.А. Мурзагалиева
(¹Филиал «Институт атомной энергии» Республиканского государственного предприятия
«Национальный ядерный центр Республики Казахстан», Курчатов, Казахстан,
²Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
Усть-Каменогорск, Казахстан.
E-mail: shmeleova@nnc.kz)

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ КИНЕТИКИ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ НА ИГР

Аннотация. Работа посвящена совершенствованию методов подготовки реакторных экспериментов на ИГР. Приведено описание модели расчетов, включающей особенности переноса нейтронов и тепловой энергии в тепло емкостном графитовом реакторе. Приведено описание эксперимента с плавлением стального блока с топливными таблетками с установленным в нем канала с натрием. Показано согласие результатов расчетов с экспериментальными данными.

Ключевые слова: импульсно графитный реактор (ИГР), эксперименты, режимы работы реактора, модель реактора, синтез нейтронных и тепловых задач, динамика температурного и нейтронного полей.

Введение

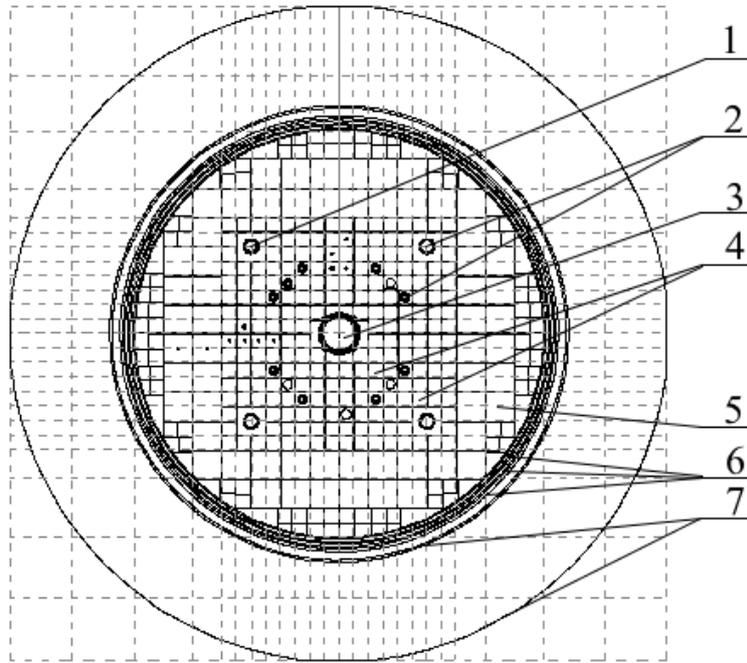
Импульсный графитовый реактор ИГР [i] эксплуатируется Национальным ядерным центром Республики Казахстан и применяется, главным образом, для проведения экспериментов, направленных на исследования процессов, протекающих в топливе и конструкционных материалах ядерных реакторов различного назначения в переходных и аварийных режимах эксплуатации. При подготовке экспериментов одной из задач является выбор и обоснование режимов работы реактора для реализации требуемых значений энерговыделения и температуры в исследуемом топливе и материалах. В расчетах нейтронно-физических параметров ИГР используется модель [ii], описывающая характеристики ИГР в стационарном состоянии на основе программы MCNP [iii] с использованием констант ENDF/B-VII [iv]. Реактор в модели описан строго в соответствии с проектной документацией. Задачи переноса тепла решаются с помощью программного пакета ANSYS [v]. Синтез последовательного решения нейтронных и тепловых задач применен в ходе определения динамики температурного и нейтронного полей [vi, vii, viii]. Основными недостатками этой работы являются значительный временной шаг, в котором распределение мощности считается неизменным и последовательное решение единой задачи. Вследствие этого недостаточно точно определяется влияние движения стержней и изменения температуры активной зоны на изменение отношения мощности экспериментальной сборки к мощности реактора.

Описание модели пространственной кинетики ИГР

В модели используется система уравнений пространственной кинетики [ix]. Расчетный код базируется на представлении реактора в виде набора конечных элементов, в каждом из которых происходят реакции поглощения, рассеяния и деления, сопровождающиеся эмиссией нейтронов и их

обменом между элементами. Данные элементы представляют собой прямоугольные параллелепипеды различных размеров (Рисунок 1), зависящих от их положения в реакторе:

- элементы, находящиеся в активной зоне, имеют минимальные размеры;
 - размеры элементов отражателя увеличиваются с удалением от активной зоны.
- 2940 элементов описывают активную зону реактора и 13824 элемента описывают весь реактор.



1 – боковой экспериментальный канал; 2 – канал стержней регулирования (16 шт.);
3 – центральный экспериментальный канал; 4 – активная зона; 5 – отражатель;
6 – обечайки корпуса ИГР; 7 – стенки водяного бака

Рис. 1. Модель ИГР.

Спектр нейтронов равномерно разбит на 207 энергетических групп по логарифмической шкале. Для каждого энергетического диапазона и каждого элемента, решается система уравнений, описывающих перенос нейтронов и энергии (1). Ведется учет запаздывающих нейтронов, образования альфа-, бета- и гамма- излучения.

При расчете изменения температуры элемента учитывается энергия деления, альфа- и бета-распадов, происшедших в этом элементе. Распределение гамма- излучения по элементам рассчитывается в начале расчета. Вклад его в изменение температуры элементов считается постоянным в ходе работы реактора.

$$\begin{aligned} \frac{dn_{Ei,j}(t)}{dt} &= \sum_{j^*} S_{i,j^*}(j) \cdot \varphi_{Ei,j^*}(t) - \varphi_{Ei,j}(t) \sum_{j^*} S_{i,j}(j^*) - \sigma_{a,Ei,j} N_j V_j \cdot \varphi_{Ei,j}(t) + \\ &+ \sum_{i^*} \omega_{i^*}(T_j) \cdot \sigma_{s,Ei^*,j} N_j V_j \cdot \varphi_{Ei^*,j}(t) + FSd_{Ei} \cdot \sum_{n=1}^6 \lambda_n \cdot C_{n,j}(t) + v_j \cdot FS\rho_{Ei}, \\ \frac{dC_{n,j}}{dt} &= \sum_i v_{Ei} \cdot \beta \cdot \sigma_{f,Ei,j} N_j V_j \cdot \varphi_{Ei,j} - \lambda_n \cdot C_{n,j}(t), \\ v_j &= \sum_i v_{Ei} (1 - \beta) \cdot \sigma_{f,Ei,j} N_j V_j \cdot \varphi_{Ei,j}(t). \end{aligned} \quad (6)$$

где индекс i – идентификатор уровня энергии нейтронов;
индекс j – идентификатор пространственной ячейки;

индекс n – номер группы предшественников запаздывающих нейтронов;
 $n(t)$ – количество нейтронов в фазовой ячейке (элементарная ячейка, взаимодействующая с другими элементарными ячейками в пространстве и с ячейками на других уровнях энергии нейтрона);
 $\varphi(t)$ – поток нейтронов в фазовой ячейке, $1/(\text{см}^2 \cdot \text{с})$;
 N – количество ядер в ячейке;
 $S_j(j^*), S_{j^*}(j)$ – коэффициенты, связывающие поток нейтронов и значения токов нейтронов через геометрические стенки в соответствующих ячейках, см^2 ;
 σ_f – сечение реакции деления изотопа, барн;
 σ_a – сечение реакции захвата нейтрона без деления, барн;
 σ_s – сечение реакции рассеяния нейтрона, барн;
 $\omega_{i^*}(T_j)$ – вероятность попадания нейтрона в энергетическую ячейку i после рассеяния с энергией i^* на элементе j с температурой T_j ;
 ν – число вторичных нейтронов;
 ν_{E_i} – число вторичных нейтронов при делении нейтроном с энергией i ;
 $FS_{p_{E_i}}$ – вероятность попадания мгновенного нейтрона деления в диапазон E_i ;
 $FS_{d_{E_i}}$ – вероятность попадания запаздывающего нейтрона деления в диапазон E_i ;
 C_n – количество предшественников запаздывающих нейтронов;
 β_n – доля запаздывающих нейтронов группы n ;
 λ_n – константа распада предшественников запаздывающих нейтронов группы n , $1/\text{с}$.

В процессе работы ИГР происходит снижение запаса реактивности из-за разогрева активной зоны, которое компенсируется вводом положительной реактивности органами регулирования (поглощающими стержнями), расположенных в активной зоне. Эти процессы определяют изменения нейтронно-физических характеристик, в том числе распределения потоков нейтронов и поля температуры в активной зоне и отражателе. В этой связи, в рамках реализации задач эксперимента необходимо принимать во внимание следующие факторы:

- изменяется отношение мощности экспериментального устройства к мощности реактора в ходе разогрева кладки;
- изменяется отношение мощности реактора и показаний детекторов СУЗ в ходе разогрева кладки;
- возможно изменение соотношения уровней сигналов датчиков СУЗ при различных закономерностях движения регулирующих стержней.
- Как показано в [vi] отклонения в этих отношениях могут составлять несколько процентов.

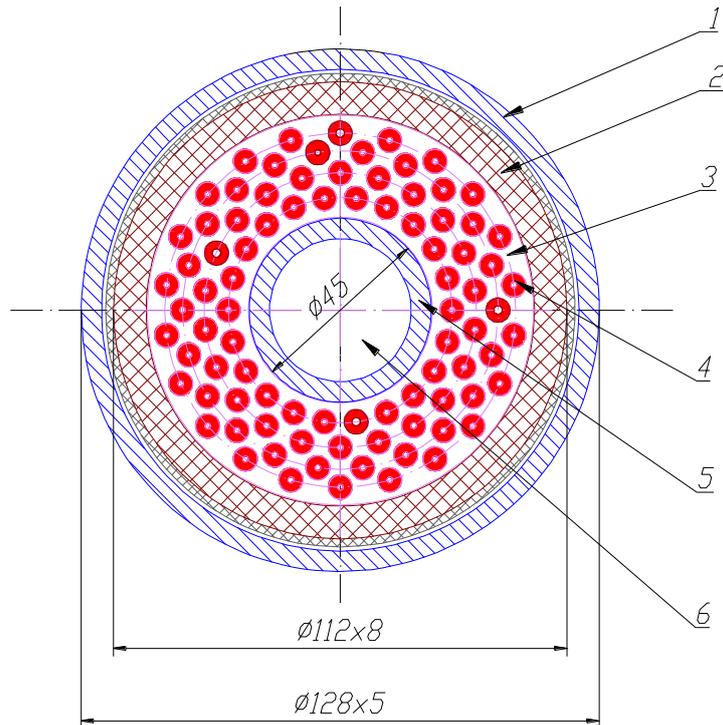
Применение модели пространственной кинетики при подготовке и анализе экспериментов на ИГР

Большой объем работ на ИГР направлен на изучение процессов в ходе развития тяжелых аварий реакторов вплоть до плавления топлива и конструкционных материалов активной зоны [*]. В одном из таких экспериментов ставилась задача исследований процессов взаимодействия расплава стали со стенками стальной трубы, заполненной натрием. Схема соответствующего экспериментального устройства представлена на рисунке 2. Плавление стали в ходе эксперимента происходит за счет делений в топливных таблетках из двуокиси урана, равномерно распределенных в массе стального блока. По условиям эксперимента стальной блок должен расплавиться, а топливные таблетки остаться нерасплавленными.

Целями расчетов при подготовке и проведении этого эксперимента являлись:

- оптимизация конструкции экспериментального устройства, включая размеры стального блока, количество и размеры топливных таблеток;
- определение мощности и длительности работы реактора, необходимых для получения требуемых характеристик расплава;
- обоснование безопасности эксперимента.

На первой стадии расчетов, после выбора геометрии экспериментального устройства, было определено распределение энерговыделения в топливных таблетках для случая холодной активной зоны ИГР (294 К). Было принято допущение, что это распределение будет неизменным и при разогреве реактора. Дополнительно к расчетному было проведено экспериментальное определение распределения энерговыделения путем гамма-спектрометрических измерений содержания продуктов деления в топливных таблетках, облученных на физическом уровне мощности с энерговыделением в ИГР ~ 28 МДж.



1 – стальной корпус; 2 – графитовая стенка; 3 – стальной блок;
4 – топливные таблетки; 5 – стальная труба; 6 – натрий

Рис. 2. Горизонтальное сечение экспериментального устройства

Сравнение экспериментальных и расчётных результатов определения распределения энерговыделения по высоте различных рядов твэлов экспериментального устройства (Рисунок 3) показывает, что расхождение между ними не превышает 10 %, при этом отношения энерговыделения на участках твэлов к мощности реактора (экспериментальные и расчётные) практически совпадают.

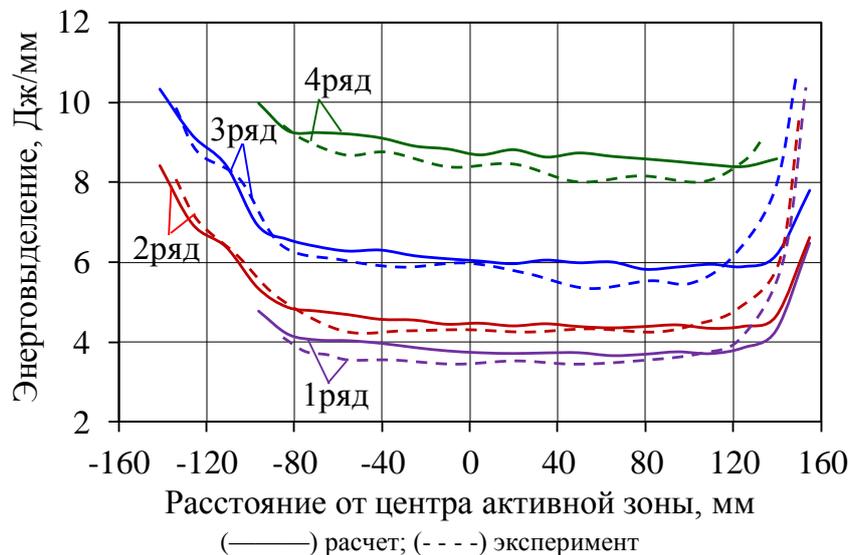


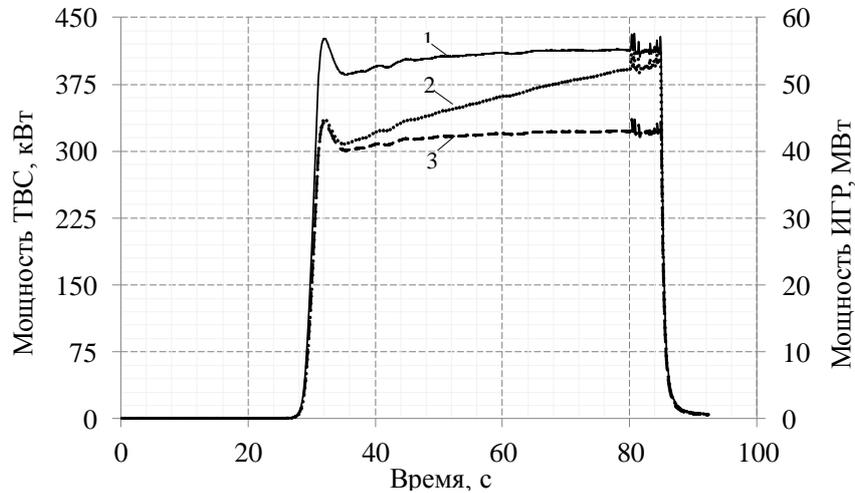
Рис. 3. Расчётные и измеренные значения энерговыделения по высоте твэлов устройства

В части тепловых расчетов были приняты следующие допущения:

- в зазорах между топливными таблетками и стальным блоком учтен теплообмен излучением;
- зазоры между элементами заполняются по мере расплавления стали;
- при образовании бассейна расплавленной стали положение топливных таблеток не изменяется;
- на внешней поверхности корпуса экспериментального устройства происходит конвективный теплообмен с коэффициентом теплоотдачи 5 Вт/(м²·К);

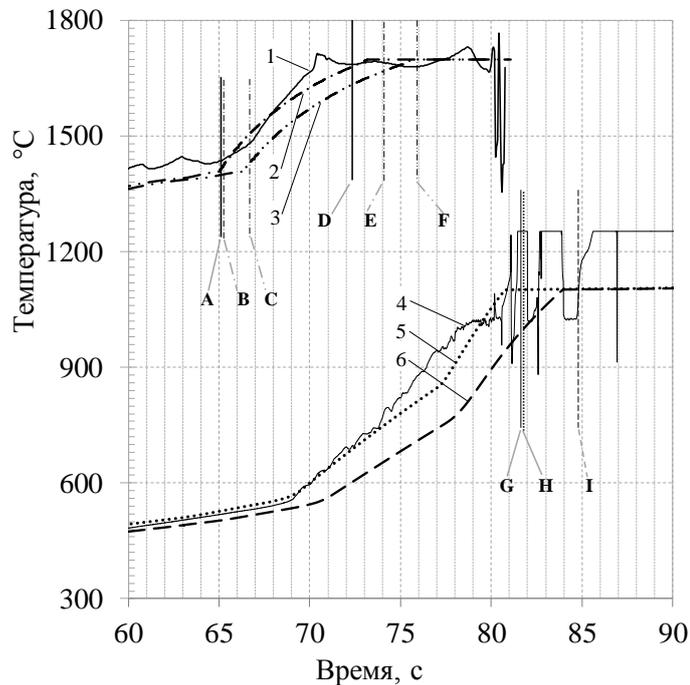
- характеристики материалов приняты согласно данным [xi, xii, xiii].

На рисунке 4 представлены значения мощности реактора в ходе пуска и мощности экспериментального устройства. Мощность реактора на установившемся участке изменялась от 52 до 56 МВт (относительное изменение 7.5 %). Изменение мощности топливных таблеток экспериментального устройства на этом же участке составляет 28.5 %. Это результат близок к результатам, полученным в [xiv, xv].



1 – мощность ИГР; 2 – расчетная мощность ТВС по модели пространственной кинетики; 3 – расчетная мощность ТВС без учета разогрева активной зоны

Рис. 4. Изменения мощности ИГР и ТВС в ходе пуска.



Температура стального блока:

- 1 – измеренная, 2 – расчетная по модели пространственной кинетики,
- 3 – расчетная без учета разогрева кладки

Температура натрия:

- 4 – измеренная, 5 – расчетная по модели пространственной кинетики,
- 6 – расчетная без учета разогрева кладки

Рис. 5. Сравнение расчетных и экспериментальных данных.

При анализе результатов эксперимента и восстановлении последовательности происходивших событий были определены моменты времени, в которые началось плавление стального блока; произошло проплавление стальной трубы, разделяющей стальной блок и натрий, и кипение натрия. На рисунке 5 приведены расчетные и измеренные значения температуры стального блока и натрия в ходе эксперимента. На рисунке выделены следующие временные метки:

- А – начало плавления стали по данным эксперимента;
- В – начало плавления стали по методике пространственной кинетики;
- С – начало плавления стального блока без учета разогрева кладки ИГР;
- D – момент разрушения стальной трубы с натрием в эксперименте;
- E – момент разрушения стальной трубы по методике пространственной кинетики;
- F – момент разрушения стальной трубы без учета разогрева кладки ИГР;
- G – начало кипения натрия в эксперименте;
- H – начало кипения натрия по методике пространственной кинетики;
- I – начало кипения натрия без учета разогрева кладки ИГР.

Видно, что во всех случаях наблюдается удовлетворительное совпадение результатов расчета по методике пространственной кинетики с результатами эксперимента. Наибольшее расхождение временных меток составляет ~1.5 секунды (моменты разрушения стальной трубы D и E). В остальных случаях расхождение не превышает долей секунды.

При выполнении расчетов без учета разогрева кладки ИГР расхождение расчетных и экспериментальных значений моментов реализации обсуждаемых событий составляет от 3 до 4 секунд.

Заключение

Таким образом, результаты апробирования разработанной модели пространственной кинетики показывают, что ее использование обеспечивает достижение целей как по возможности расчетного обоснования экспериментов на ИГР, так и по возможности анализа результатов экспериментов, восстановления последовательности событий, происходивших в ходе его реализации при удовлетворительном совпадении расчетных параметров с экспериментальными результатами.

Работа выполнена при финансовой поддержке МОН РК по теме «Исследование динамики нейтронного и температурного поля в импульсном реакторе теплоемкостного типа» № ГР 0115РК01460.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Kurchatov I.V. Impulse graphite reactor (IGR) // Atomic Energy. – 1964. – Vol. 17. – № 6. – PP. 463-474
- [2] Вурим А.Д., Котов В.М., Иркимбеков Р.А., Жагипарова Л.К., Байгожина А.А. Компьютерная модель реактора ИГР для стационарных нейтронно-физических расчетов. – А.с. №2738 РК, 27.12.2016
- [3] MCNP-5.1.40 Monte-Carlo N-Particle Transport Code: Los Alamos National Laboratory; Los Alamos, New Mexico. – April 24, 2003
- [4] Conlin, J.L. et al. Listing of available ACE data tables / Los Alamos National Laboratory report LA-UR-13-21822. – June 3, 2013. – 502 p.
- [5] ANSYS release 14.5 Documentation for ANSYS WORKBENCH: ANSYS Inc. – Электрон. дан. и прогр. – [Б. м.], 2014
- [6] Kotov V.M., et al. Calculation of parameters of the IGR // Atomic Energy. – 2011. Vol.111. – Rel. 2. – PP 116-120
- [7] Vityuk G.A. Irkimbekov R.A., Vuryum A.D. Research of the temperature field dynamics of heat capacity-type impulse reactor in condition of cooling of central experimental channel. Science and Technology. – 2016. – Вып. 3
- [8] Витюк Г.А., Иркимбеков Р.А., Мурзагалиева А.А., Жагипарова Л.К. Расчетные исследования теплового состояния активной зоны ИГР. Вестник КазНАЕН, №1-2/2017
- [9] Иркимбеков Р.А., Котов В.М., Байгожина А.А. – Характеристики переноса нейтронов в реакторе ИГР.- Вычислительные технологии, Новосибирск, 2015, Т. 20, № 3(86), С. 242-252
- [10] Zhagiparova L.K., Irkimbekov R.A. Definition of distribution of power density in the channel of experimental device ID3 on the IGR reactor // ICNRP' 12: report VIII International Conference, Almaty, 6 - 8th of June, 2012
- [11] Чиркин В.С. Теплофизические свойства материалов ядерной техники: М., Атомиздат, 1968. – 484 с
- [12] Popov S.G., Ivanov V.K., Carbajo J.J., Yoder G.L. Thermophysical properties of MOX and UO₂ fuels including the effects of irradiation/Fissile Materials Disposition Program, 2000
- [13] Thermophysical properties of materials for nuclear engineering: a tutorial and collection of data. IAEA, Vienna, 2008

[14] Вурим А.Д., Иркимбеков Р.А. Исследование зависимости значений температурного коэффициента реактивности от физического состояния активной зоны реактора ИГР – Вестник НЯЦ РК, Курчатов, 2012, Вып. 3, С. 31–37.

[15] Vurim A.D., Vityuk V.A., Irkimbekov R.A., et al. About the fuel tests features at the IGR research reactor – International Conference on Research Reactors: Safe Management and Effective Utilization: book of abstracts. Vienna, Austria, November 16 – 20, 2015

Скаков М.К., Иркимбеков Р.А., Вурим А.Д., Витюк Г.А., Мурзагалиева А.А.

Игр эксперименттерінде кеңістік кинетика моделін қолдану

Түйіндеме. Жұмыс ИГР реакторлық эксперименттерді дайындау әдістерін жетілдіруге білдірілді. Қызулы графиттік реакторда нейтрондарды және жылу энергиясын тасымалдаудың ерекшелігін енгізетін есептер моделінің сипаттамасы келтірілді. Оның ішіне натрий бар канал бекітілген, отындық таблеткалары бар болат блогын балкытумен эксперименттің сипаттамасы келтірілді. Есептердің нәтижелерін эксперименттік деректермен келісімдеуі көрсетілді.

Негізгі сөздері: импульстік графиттік реактор (ИГР), эксперименттер, реактордың жұмыс режимдері, реактордың моделі, нейтронды және жылулық есептерің синтездеу, температура мен нейтронды өрістердің динамикасы.

УДК 621.039.55

¹**М.К. Skakov, ²G.A. Vityuk, ³V.A. Vityuk, ¹V.M. Kotov, ¹O.B. Zhanbolatov**

(¹Institute of Atomic Energy of the National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan, Kurchatov, Kazakhstan,

²D. Serikbayev East Kazakhstan state technical university, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan,

³National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan, Kurchatov, Kazakhstan.

E-mail: shmeleova@nnc.kz)

IMPLEMENTATION OF SET ENERGY RELEASE PROFILE IN THE HETEROGENEOUS FUEL ELEMENT UNDER THE TESTS IN THE IMPULSE GRAPHITE REACTOR

Abstract. The article is devoted to research on providing a set energy release profile under the tests of fast reactor fuel element with a liquid-metal coolant in a research impulse graphite reactor. The construction of a physical mock-up of in-pile experimental device with a model fuel element and results of physical studies confirming the possibility of providing set energy release profile in a full-scale experiment to study the initial stage of an emergency development in a fast reactor are presented in the paper.

Key words: impulse graphite reactor (IGR), in-pile tests, experimental data, fast reactor, heterogeneous fuel element, heavy accident, physical research, power profile.

¹**М.К. Скаков, ²Г.А. Витюк, ³В.А. Витюк, ¹В.М. Котов, ¹О.М. Жанболатов**

(¹Филиал «Институт атомной энергии» Республиканского государственного предприятия «Национальный ядерный центр Республики Казахстан», Курчатов, Казахстан,

²Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, Усть-Каменогорск, Казахстан,

³Национальный ядерный центр Республики Казахстан», Курчатов, Казахстан.

E-mail: shmeleova@nnc.kz)

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОФИЛЯ ЭНЕРГОВЫДЕЛЕНИЯ В ГЕТЕРОГЕННОМ ТВЭЛЕ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ В ИМПУЛЬСНОМ ГРАФИТОВОМ РЕАКТОРЕ

Аннотация. Статья посвящена исследованиям по обеспечению заданного профиля энерговыделения при испытаниях твэла быстрого реактора с жидкометаллическим теплоносителем в исследовательском импульсном графитовом реакторе. В работе представлены конструкция физического макета внутриреакторного экспериментального устройства с модельным твэлом и результаты физических исследований, подтверждающих возможность обеспечения заданного профиля энерговыделения в полномасштабном эксперименте по изучению начальной стадии развития аварийной ситуации в реакторе на быстрых нейтронах.

Ключевые слова: импульсно графитный реактор (ИГР), внутриреакторные испытания, экспериментальные данные, реактор на быстрых нейтронах, гетерогенный твэл, тяжелая авария, физические исследования, профиль мощности

Введение. Испытания твэлов и ТВС в исследовательских реакторах являются одним из наиболее представительных способов получения экспериментальных данных о параметрах исследуемого топлива в различных режимах эксплуатации. В исследовательских реакторах проводятся как ресурсные испытания образцов нового, усовершенствованного топлива, так и исследования его поведения в переходных и аварийных режимах работы, результаты которых необходимы для принятия решения о промышленном использовании новых твэлов и ТВС.

В современных проектах ядерных энергетических реакторов рассматриваются различные варианты усовершенствования конструкции активной зоны, направленные на повышение безопасности реактора и эффективности использования топлива. Одним из примеров таких усовершенствований является концепция активной зоны нового реактора на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем, в которой применен принцип разделения топлива высокого обогащения на две зоны (верхнюю и нижнюю) слоем топлива с низким содержанием урана-235, предназначенным для воспроизводства делящихся веществ, и внешней зоны с гомогенными ТВС [xv]. Использование в конструкции активной зоны гетерогенных по высоте ТВС, по замыслу и результатам расчетного анализа разработчиков, вкуче с оптимизацией геометрии ТВС (уменьшение объемной доли натрия, малая высота ТВС и т.д.) позволит обеспечить отрицательный натриевый пустотный эффект реактивности реактор [xv]. Вместе с тем, при реализации такой концепции активной зоны возникает необходимость экспериментальной исследований, необходимых для получения данных о влиянии новых конструкторских решений на поведение ТВС в ходе развития тяжелой аварии с плавлением активной зоны.

Принципиальная реализуемость таких исследований на импульсном графитовом реакторе (ИГР) [xv], технические характеристики которого обеспечивают возможность достижения флюенса тепловых нейтронов до 10^{16} н/см² и максимальной плотности потока тепловых нейтронов до 10^{17} н/(см²·с), была показана в ходе предварительных работ [xv, xv, xv, xv]. В конечном итоге на реакторе ИГР планируется провести представительные испытания с модельной гетерогенной ТВС, результаты которых позволят получить ответы на поставленные вопросы. В рамках подготовки испытаний с гетерогенной ТВС было предложено провести реакторные эксперименты с одиночными гетерогенными твэлами, в ходе которых предполагается получить данные, необходимые для отработки новых технических решений, экспериментальной проверки реализации заданных параметров испытаний и т.д. Так, одной из ключевых являлась задача экспериментальной проверки возможности обеспечения заданного профиля мощности в испытываемых твэлах, соответствующего профилю мощности при их работе в составе активной зоны реактора на быстрых нейтронах, что и было выполнено в ходе расчетно-экспериментальных исследований, результаты которых представлены в данной статье.

Проблема реализации заданного профиля энерговыделения в ТВС реактора на быстрых нейтронах в ходе испытаний в ИГР. Реализация в условиях ИГР заданного профиля энерговыделения в испытываемой ТВС, соответствующего параметрам ее работы в энергетическом реакторе на быстрых нейтронах, является достаточно сложной задачей, и в идеальном случае требует учета следующих факторов:

- 1) преимущественно тепловой спектр нейтронов ИГР;
- 2) существенная зависимость спектра нейтронов ИГР от температуры активной зоны реактора [xv];
- 3) влияние на конфигурацию нейтронного поля положения регулирующих стержней [xv] и объекта испытаний, помещенного в центральный экспериментальный канал (ЦЭК).

В работе [xv] показано, что радиальное энерговыделение в испытываемом твэле в ходе облучения нейтронным полем ИГР будет отличаться от характерного для реакторов на быстрых нейтронах. При использовании в твэле стандартных таблеток типа БН-350 из диоксида урана радиальная неравномерность составит до 10%, а при использовании МОКС-топлива, которое рассматривается как наиболее перспективное для быстрых реакторов, неравномерность достигает 70%. Задача формирования спектра быстрых нейтронов в месте установки ТВС, в принципе, может быть решена за счет установки в центральный экспериментальный канал ИГР конвертора нейтронов. Проработка схемы такого конвертора осуществляется в рамках подготовки будущих испытаний [xv]. Применительно к планируемым исследованиям поведения гетерогенного твэла в условиях развития тяжелой аварии с плавлением топлива фактор радиальной неравномерности не играет определяющую роль, т.к. акцент будет сделан на изучении процессов, происходящих после разрушения твэла.

В пусках с высоким энерговыделением в ИГР, характерным для испытаний ТВС отношение флюенса нейтронов в испытываемой ТВС к энерговыделению в реакторе возрастает на 10-20%. Необходимо отметить, что данный фактор рассматривается больше с точки зрения влияния на общее энерговыделение в ТВС, а не на его объемное распределение, хотя поле нейтронов в ИГР по факту будет изменяться несимметрично и зависеть от распределения температуры в активной зоне. В общем случае, в ходе испытаний гетерогенной ТВС, где планируется реализация стационарной диаграммы мощности, постепенное снижение потока нейтронов может компенсироваться ростом мощности ИГР. Необходимые поправки могут быть сделаны на основании предварительных нейтронно-физических расчетов с использованием имеющихся моделей [xv]. По причине стационарного характера диаграммы мощности ИГР в планируемых экспериментах перемещение регулирующих стержней будет относительно незначительно и обусловлено необходимостью компенсации снижения общего потока нейтронов в процессе пуска.

Основным фактором, влияющим на реализацию заданного энерговыделения в планируемых испытаниях, является конфигурация объекта испытаний (экспериментального устройства) с модельной гетерогенной ТВС или твэлом и его воздействие на поле нейтронов в ЦЭК ИГР, которое в случае пустого ЦЭК имеет форму, представленную на рисунке 1.

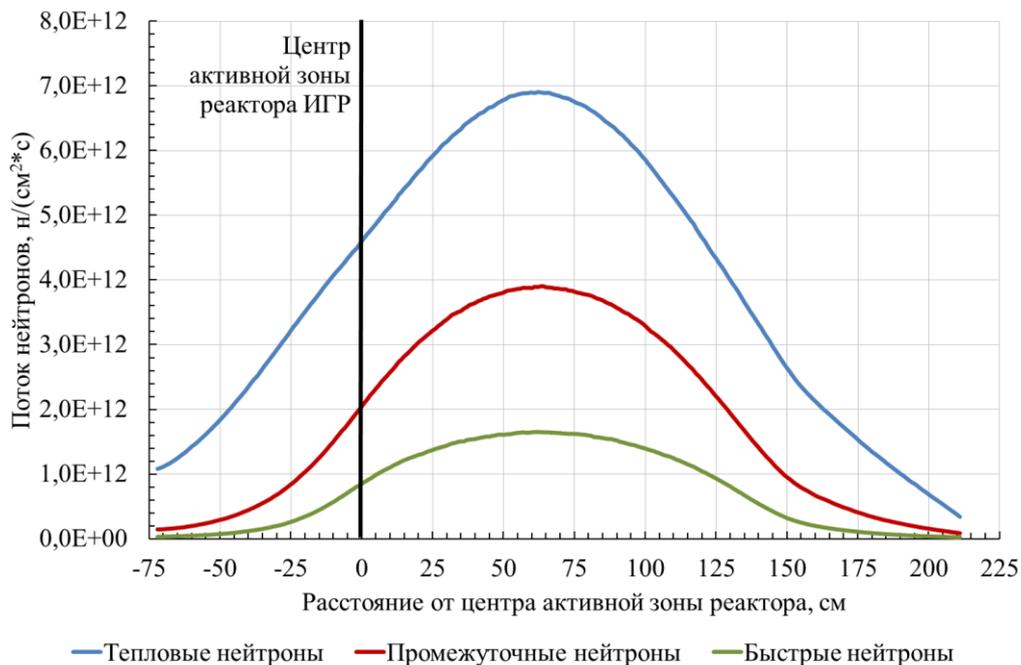


Рис. 1. Поток нейтронов при мощности «холодного» реактора 1 МВт

В случае одиночного твэла задача сводится к обеспечению заданного аксиального профиля энерговыделения, которая может быть решена за счет:

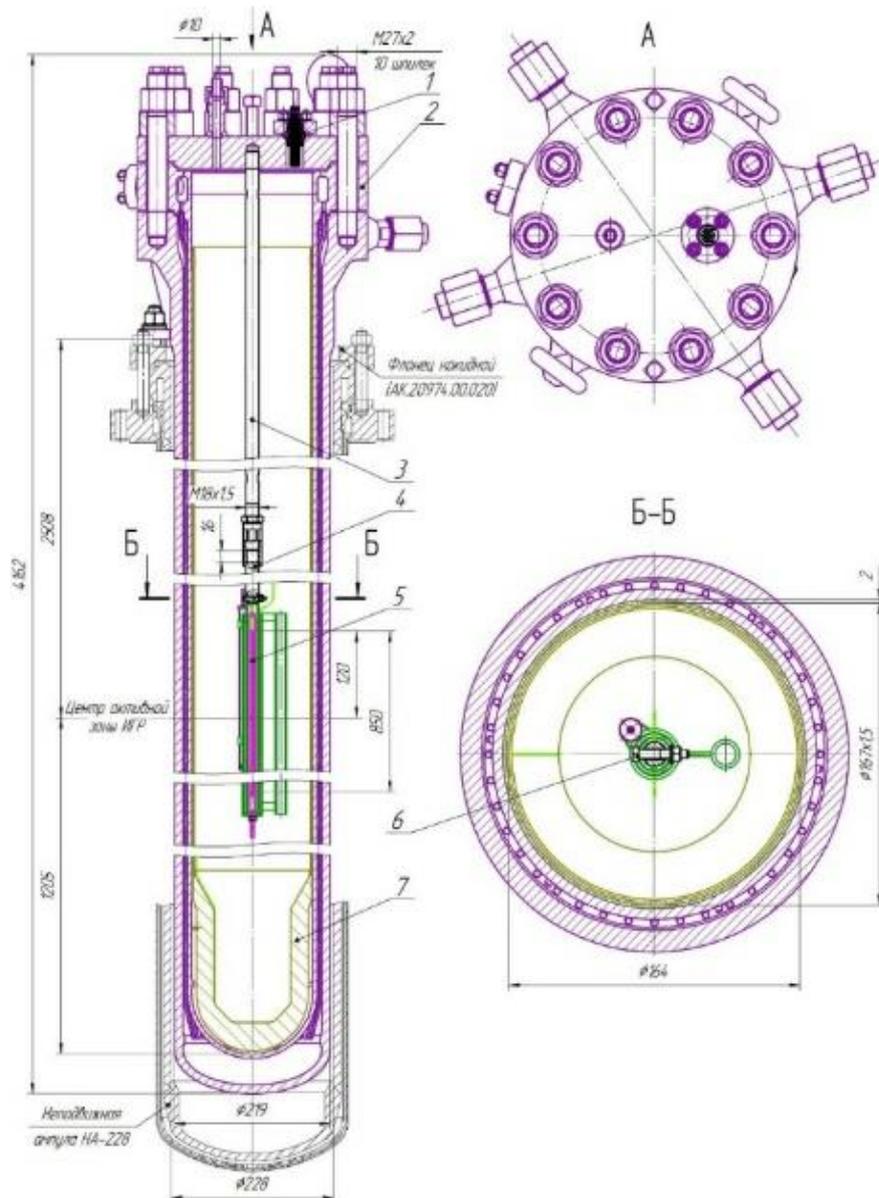
- а) использования по высоте твэла разных по содержанию ^{235}U топливных таблеток;
- б) оптимального высотного размещения твэла в ЦЭК;
- в) расположения дополнительных поглотителей вокруг твэла на разных высотных отметках.

В случае использования в экспериментах многорядной компоновки ТВС, помимо обеспечения заданного аксиального профиля энерговыделения, необходимо принять меры для снижения радиальной неравномерности энерговыделения в ТВС, обусловленной влиянием эффекта «затенения» твэлов внутренних рядов твэлами, размещенными в наружных рядах. Как правило, в испытаниях используются симметричные по расположению твэлов ТВС. Поэтому, наиболее рациональным вариантом решения этой проблемы является профилирование содержания ^{235}U в твэлах, расположенных на разных концентрических окружностях или рядах ТВС. При этом содержание ^{235}U в твэлах будет возрастать по мере их приближения к центральной вертикальной оси ТВС [xv].

Таким образом, решение задачи обеспечения требуемого профиля энерговыделения в планируемых испытаниях с одиночным твэлом сводится к поиску оптимального высотного

размещения твэла в ЦЭК, а также, при необходимости, профилирования таблеток в твэле по содержанию ^{235}U и установки дополнительных поглотителей.

Экспериментальное оборудование и методы исследований. Разработанная схема устройства для исследования гетерогенных твэлов (рисунок 2) [xv] обеспечивала условия безопасного проведения эксперимента при сохранении диапазона регулирования высотного положения твэла в полости устройства и установки дополнительных поглотителей [xv].

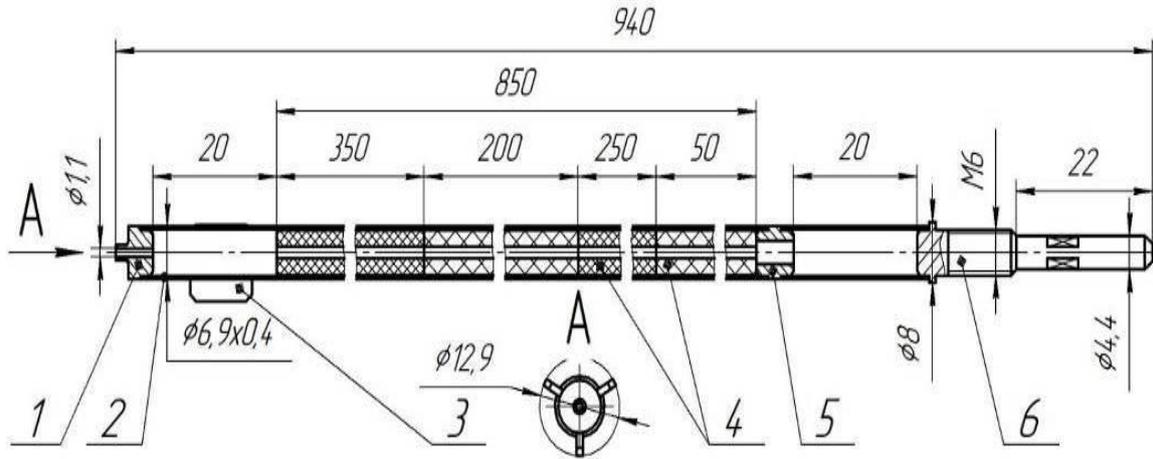


1 – гермопрободник на 19 контактов; 2 - ампула физмакета; 3,4 - штанга;
5 - испытательная секция; 6 – болтовое соединение М5; 7 – ловушка

Рис. 2. Схема устройства

На данном этапе была поставлена задача обеспечения на относительно низком уровне облучения ИГР отношения среднего энерговыделения в топливе верхней зоны, к топливу нижней зоны деления на уровне 1,22, что соответствует условиям его работы в реакторе на быстрых нейтронах.

Схема испытываемого твэла представлена на рисунке 3, его основные характеристики в таблице 1. Как видно из таблицы 1 в твэле применены таблетки из диоксида урана. В зонах деления использовались таблетки с содержанием ^{235}U на уровне 17%, в зонах воспроизводства – на уровне 0,27%.



1 – заглушка концевая; 2 – оболочка; 3 – дистанционер;
4 – топливная таблетка; 5 – кольцо опорное; 6 – заглушка концевая
Рис. Ошибка! Только основной документ.. Схема твэла

Таблица 1. Технические характеристики гетерогенного твэла

Наименование параметра	Значение
Топливо	UO ₂
Содержание ²³⁵ U в топливе, %	
- в зонах деления	~17
- в зонах воспроизводства	~0,27
Плотность, г/см ³	10,3...10,8
Наружный диаметр топливной таблетки, мм	5,9±0,02
Внутренний диаметр топливной таблетки, мм	1,5±0,1
Высота топливного столба, мм	850
Высота нижней зоны воспроизводства, мм	50
Высота нижней зоны деления, мм	250
Высота верхней зоны воспроизводства, мм	200
Высота верхней зоны деления, мм	350
Масса топлива, кг	~0,25

В результате нейтронно-физических расчетов, которые проводились в программе MCNP/5 с библиотекой ENDF/B-VI [xv] с использованием объединенной модели реактора ИГР и устройства с гетерогенным твэлом, было определено оптимальное местоположение твэла, обеспечивающее требуемое отношение среднего энерговыделения в верхней и нижней зонах деления. Было установлено, что верхний торец топливного столба твэлов должен находиться на уровне, расположенном на 120 мм выше центра активной зоны реактора ИГР.

Устройство было изготовлено и размещено в ЦЭК реактора ИГР. Облучение устройства было проведено в соответствии с диаграммой мощности ИГР, представленной на рисунке 4.

После завершения облучения в реакторе было устройство было извлечено из центрального экспериментального канала (ЦЭК) реактора ИГР, проведены спектрометрические измерения, экспериментально определено удельное энерговыделение в топливных таблетках зон деления [Ошибка! Закладка не определена.].

Результаты исследований. На рисунке 5 представлено распределение удельного энерговыделения в топливных таблетках по высоте твэла для нижней и верхней зоны деления, полученное по результатам спектрометрических измерений и расчетным путем.

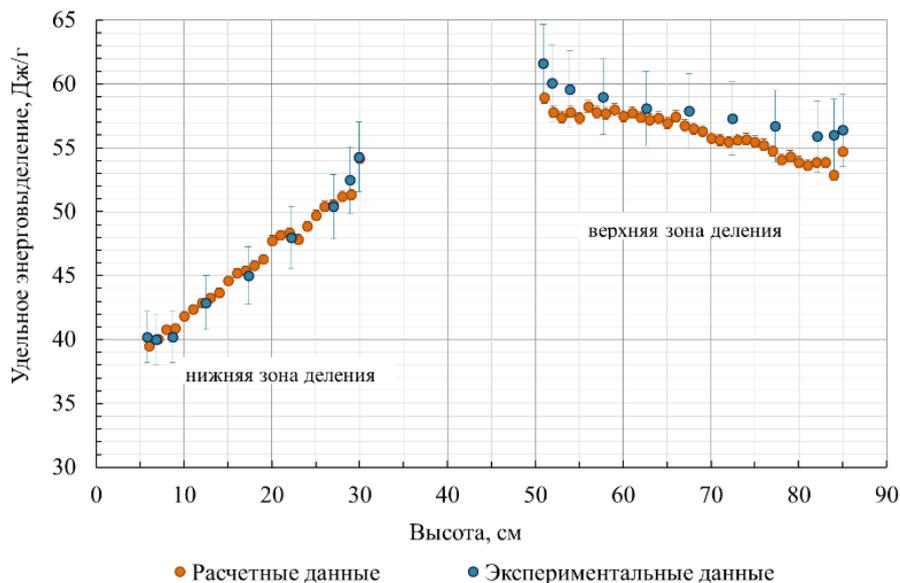


Рис. 5. Распределение удельного энерговыделения по высоте твэла для нижней и верхней зоны деления

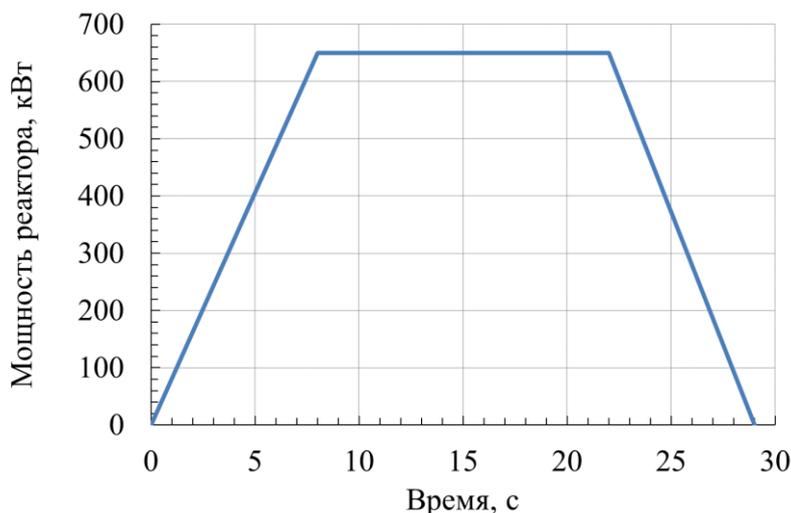


Рис. 4. Диаграмма изменения мощности реактора ИГР в облучательном пуске

При этом энерговыделение в активной зоне ИГР составило 16,9 МДж, а энерговыделение в твэле – около 9,2 кДж [хv]. Такой уровень энерговыделения позволяет достаточно оперативно провести извлечение и спектрометрические измерения твэлов по методике [хv] с целью экспериментального определения энерговыделения в топливных таблетках.

Средние значения удельного энерговыделения в твэле по зонам деления и в мониторе, полученные экспериментальным и расчетным путем, приведены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты исследований

Зона твэла	Среднее удельное энерговыделение в UO ₂ , Дж/г	
	расчет	эксперимент
Верхняя зона деления	56,2	58,0
Нижняя зона деления	46,1	45,9
Отношение среднего удельного энерговыделения в верхней и нижней зонах деления	1,22	1,26

По результатам проведенных исследований можно констатировать, что было достигнуто удовлетворительное совпадение расчетных и экспериментальных данных по распределению энерговыделения по высоте твэла. Требуемое отношение среднего удельного энерговыделения в верхней и нижней зонах деления было получено с достаточно высокой точностью. Подтверждена правильность выбранной конструкции устройства с гетерогенным твэлом и его местоположение в ЦЭК ИГР.

Вместе с тем, необходимо отметить, что, хотя достигается требуемое отношение среднего энерговыделения в зонах деления, но, в то же время, наблюдается существенная неравномерность энерговыделения по таблеткам внутри зон, особенно сильно она проявляется в нижней зоне деления. В этой связи, при подготовке испытаний с разрушением гетерогенного твэла необходимо принять во внимание данный факт и, при необходимости (если это будет обусловлено задачами испытаний), предпринять дополнительные меры по выравниванию профиля энерговыделения по высоте зон деления за счет применения таблеток с разным содержанием ^{235}U или введения дополнительных поглотителей нейтронов.

Заключение. В процессе проведенных расчетно-экспериментальных исследований подтверждена возможность обеспечения заданного профиля энерговыделения в гетерогенном твэле, а именно достижение требуемого отношения среднего энерговыделения в верхней и нижней зонах деления. Разработанная конструкция устройства для испытаний твэла, в целом, обеспечивает требуемые условия испытаний при соблюдении необходимых требований к безопасному проведению реакторного эксперимента. Даны рекомендации по дополнительным техническим решениям, которые могут быть применены для выравнивания профиля энерговыделения в зонах деления. Результаты исследований будут использованы при подготовке реакторных испытаний гетерогенного твэла по исследованию его поведения в условиях развития тяжелой аварии.

ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] The ASTRID technological demonstrator / 4th-Generation sodium-cooled fast reactors. – December, 2012. – Tome 3.
- [2] P. SCIORA, et al. “Low void effect core design applied on 2400 MWth SFR reactor” // Proceedings of ICAPP 2011 / Nice, France. – May 2-5, 2011.
- [3] Kurchatov I.V. Impulse graphite reactor (IGR) // Atomic Energy. – 1964. – Vol. 17. – № 6. – PP. 463-474.
- [4] Вурим А.Д. и др. Расчетно-экспериментальные исследования в поддержку программы внутриреакторных испытаний модельной ТВС перспективного реактора // Вестник НЯЦ РК. – 2015. – вып. 1. – С. 55-60.
- [5] F. Serre и др. R&D and experimental programs for mitigating severe accidents consequences in GENIV SFRs and the ASTRID technology demonstrator. – Вестник НЯЦ РК. – 2016. – вып. 1. С. 25-30.
- [6] F. Serre, et al. R&D and Experimental Programs to support the ASTRID Core Assessment in Severe Accidents Conditions // Proceedings of International Congress on Advances in Nuclear Power Plants (ICAPP) 2016, San Francisco (CA, USA). – San Francisco (CA, USA). – April 17-20, 2016. – Vol. 3. – PP. 2173-2182.
- [7] F. Payot, et al. The SAIGA experimental program to support the ASTRID Core Assessment in Severe Accident Conditions // Proceedings of International Conference on Fast Reactors and Related Fuel Cycles: Next Generation Nuclear Systems for Sustainable Development (FR17). – Yekaterinburg, June 26-29, 2017. (Paper ID IAEA-CN245-067).
- [8] Горин Н.В. и др. Эффект «просветления» уран-графитового топлива ИГР // Атомная энергия. – 2001. – т.85. – вып. 5. – С. 419-422.
- [9] Kotov V.M., et al. Calculation of parameters of the IGR // Atomic Energy. – 2011. Vol.111. – Rel. 2. – PP 116-118.
- [10] Витюк Г.А. и др. Расчетные исследования в поддержку внутриреакторных испытаний твэлов реакторов на быстрых нейтронах // Вестник НЯЦ РК. – 2017. – №3, С. 24-30.
- [11] «Конвертор нейтронов для испытаний твэлов быстрых реакторов», заявка на изобретение № 2017/0494.1 от 09 июня 2017 года.
- [12] Вурим А.Д., Котов В.М., Иркимбеков Р.А., Жагипарова Л.К., Байгожина А.А. Компьютерная модель реактора ИГР для стационарных нейтронно-физических расчетов. – А.с. №2738 РК, 27.12.2016.
- [13] Витюк В.А. и др. Разработка модельной ТВС для исследования аварийной ситуации с мгновенной блокировкой потока в реакторе на быстрых нейтронах // Тезисы VII Междунар. конф. «Семипалатинский испытательный полигон. Радиационное наследие и перспективы развития. Курчатов, 21-23 сент. 2016 г.». – Павлодар, Дом Печати. – 2016. – С. 128-129.
- [14] Макет физический экспериментального устройства ПК: сборочный чертеж : АК.21297.00.000СБ / Филиал ИАЭ РГП НЯЦ РК.– Курчатов, 08.04.2016.

[15] Анализ условий безопасного проведения физических исследований. Физический макет экспериментального устройства ПК: отчет №11-220-01/1644 вн. от 20.10.2016 г / Филиал ИАЭ РГП НЯЦ РК. – Курчатов.

[16] MCNP/5: A General Monte Carlo N – Particle Transport Code, Version 5, 2003.

[17] Физические исследования с физмакетом экспериментального устройства ПК на пуске реактора ИГР: протокол от 27.10.2016 инв.№13-240-02/1689вн / Филиал ИАЭ РГП НЯЦ РК; утв. В.А. Зуев. – 2016. – Курчатов.

[18] Токтаганов М.О., Попов Ю.А., Алейников Ю.В. и др. Определение энерговыделения в топливных детекторах гамма-спектрометрическим методом при проведении испытаний на реакторе ИГР. Методические указания АК.65000.00.728 МУ. – 2001. – Курчатов: НЯЦ Республики Казахстан.

Скаков М.К., Витюк Г.А., Витюк В.А., Котов В.М., Жанболатов О.М.

Импульстік графиттік реактордағы сынақтар кезінде гетерогенді твэлде энергия бөлу саласын жүзеге асыру

Түйіндемe. Мақала зерттеу импульстік реакторда сұйық металды жылу тасымалдағышы бар шапшаң реактордың твэлін сынау кезінде энергия бөлінудің берілген саласын қамтамасыз ету зерттеулеріне арналған. Жұмыста моделді твэлі бар арнайы эксперименттік қондырғының физикалық макетінің құрылымы және шапшаң нейтрондардағы реакторда апаттық жағдайдың пайда болуының бастапқы дәрежесін зерттеу бойынша толық масштабты экспериментті растайтын, энергия бөлінудің берілген саласын қамтамасыз ету мүмкіндігін растайтын физикалық зерттеулер нәтижесі берілген.

Негізгі сөздері: импульстік графиттік реактор (ИГР), реакторішілік сынақтар, эксперименттік мәліметтер, шапшаң нейтрондардағы реактор, гетерогенді твэл, ауыр апат, физикалық зерттеу, қуат саласы.

УДК 004.01/004.046

R. Uskenbayeva, R. Satybaldiyeva, G. Bektemysova, A. Moldagulova, A. Aitim

(International Information Technology University, Almaty, Kazakhstan)

E-mail: ruskenbayeva@iitu.kz, sryskhan@gmail.com, g.bektemisova@iitu.kz)

PECULIARITIES OF MODELING BUSINESS PROCESSES IN THE UNIVERSITY USING THE EXAMPLE OF IITU

Abstract. Development of the university as university of "new type" demands development and realization of strategy of his research development and, therefore, organizational changes, participation in transformation of the university to the flexible and adaptive organization. Now at the university the control system of scientific activity of the faculty and students, improvement of management in respect of collection of information, storage and search of documents in this direction is reconsidered. The concept of the description of business processes of scientific activity of the university on the example of International Information Technology University is provided in article.

Keywords: process management, business process, concept, providing and management processes, documenting, modeling technique.

1. Introduction

Modern management of the university means the activity directed to realization of business processes with the greatest possible efficiency at certain restrictions (human, material, non-material, financial resources).

To pass to management of process, it is necessary to formalize all business processes, to understand what processes are necessary as they are organized and how to control their efficiency.

The problem of formalization is always defined in life of system of standards of the organization. We understand difficult processes, methods and elements of organizational structure which provide timely development, commissioning, performance control, timely and timely abolition of standard and methodical documents of the organizations as standardization of processes.

The system of standardization of business processes includes the description of approaches to creation of models of processes. There are the specifics to the description of processes at the university as academic institutions. This article is devoted to creation of model of business process of activity in International Information Technology University (IITU).

IITU rather young university, has been founded in 2009. Despite it have already proved in labor market, annually releasing modern IT of experts.

2. The concept of building a business model for the university

Control systems of business processes allow to automate structured and formalized (or, at least, repeating) the lists of works which are carried out at the enterprise (for example, processing of orders of clients, registration of business trips, procurement processes of the equipment and materials, etc.) [14-15].

However the research has shown that rather most part of the works performed by employees in common in interaction among themselves is poorly structured, demands discussions, delivery of instructions on the basis of the analysis of the current situation and control of dates of performance of tasks and instructions.

Thus, management of business processes is allowed to automate as the structured settled business processes at the university, and daily collective work of teachers and employees.

Review of literature [3] and the studies carried out within the framework of the implementation of the university's technological management and the results of practical research have made it possible to determine the following sequence of work for building models of business processes in the implementation of the management process at the university:

1. Determining the registration of business processes;
2. Construction of the first and second level of detail for the process mapping;
3. Construction of a landscape model;
4. Identification of process inputs and outputs;
5. Description of the business processes of the lower level;
6. Documentary description of the business model.

Let us consider in more detail each of the proposed stages.

The first stage. The process project requires a systematization scheme that is able to present individual process models in their overall context, and also provide visual navigation from one process to another. Thus, the systematization scheme divides the subject of modeling into its constituent elements in accordance with the chosen structuring method and provides an overview of the interrelationships between the elements at a given level of abstraction [4].

The result of this stage will be the creation of a general process register of the university, in which the managerial and organizational processes are the same for the entire educational institution. In each separate cluster, on the contrary, the business process registers will radically differ in the area of the main processes, and have some differences in the field of auxiliary processes.

The second stage. For structural-functional analysis at the conceptual stage (the first level), it is best to use the simplest models with well-designed concepts.

They are convenient, widely used and available to most users. The IDEF0 methodology meets these requirements as well as possible. Despite the fact that it appeared in the 70s of the last century, it is quite popular, both among professional analysts and among specialists who are just starting to study system analysis.

The detailed functional IDEF0-model is the basis for studying and analyzing both existing in the organization of business processes, and for the design of new business processes, which in future will become the basis for the development of algorithms and structures in the management system.

The third stage. Every business process has its owner. The owner of the business process is an official who is responsible for the outcome of the process and has the authority to manage the resources necessary to perform the process [5].

To determine the owners of the process, it is advisable to use the landscape model (Figure 1), which reflects the connections of structural units and officials involved in this process in accordance with the organizational structure of the organization [3]. The landscape model is constructed for the second level of decomposition of top-level processes.

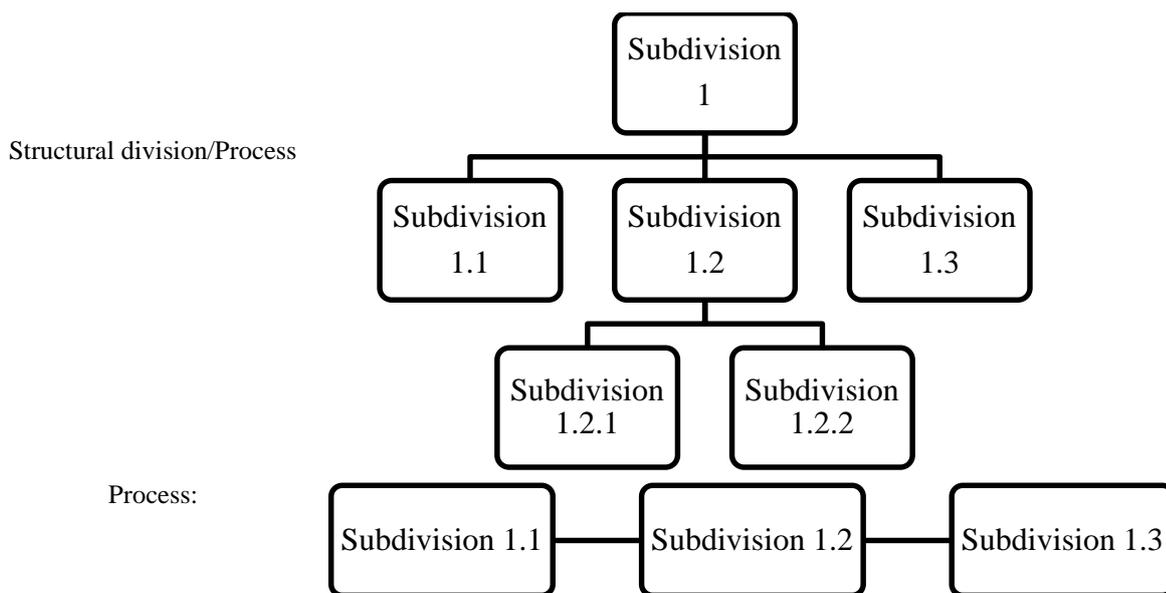


Figure 1. Template of the landscape model of the business process [3]

In the landscape model, the structural subdivisions of the organization are located vertically, and the decomposition of the business process-sub processes-is shown horizontally. And each sub process is located under that structural unit, which directly participates in its implementation.

Above the horizontal line of structural units are officials (the level of the heads of management and the pro-rector) to whom they are subordinate.

The fourth stage. Business process inputs are information or material resources that are consumed or converted during the execution of the process and are necessary to perform and obtain the result of the process.

For a more detailed consideration of the inputs and outputs of the process and the definition of requirements for them, we propose to refer to the methodology "Six Sigma Methodology". This concept of production management developed and put into practice by Motorola in the mid-80 [6].

XX century, serves to measure and improve the company's performance by identifying and identifying defects in production processes or the provision of services [7].

The SIPOC tool is used by process improvement teams to identify the relevant elements (suppliers, entrances, processes, outputs, customers) of the project to improve the quality of the process before starting work.

The task of the stage is the formation of a table (Table 1) of requirements to the inputs and outputs of the business process Requirements may include the timing of the provision of information, its compliance with established standards, the form of submission, etc. When adding the "requirements" columns, SIPOC turns into SIRPORC.

Table 1. Example of requirements

Suppliers	Entrances	Processes	Outputs	Customers
Head of Department	Form of Individual Plan	Filling Individual Plan	Individual Plan	Lecturer

The recommended sequence for filling the table of SIPOC (SIRPORC):

– Fill the table with the "Process" column. To crush the process into too small operations is not recommended.

– The process inputs (documents or information) are defined. The completeness of the description of inputs depends on the objectives of the project and the degree of detail of the process.

– For each entry, the requirements (terms, form of presentation, etc.), presented by the process (operation) are prescribed.

– The suppliers of all received inputs are indicated. Suppliers can be units or employees of the university (organization), information systems, external organizations.

– The outputs of the process are determined. The output can be information in the form of generated reports, documents, etc.

– Specify the output consumers. They are departments and employees of the university, information systems, external organizations.

– For each exit, the requirements set by the customer are prescribed.

SIPOC technology provides a simplified view of the process as a whole, helps to see the boundaries of the process, identify internal and external customers, inputs/ outputs and the requirements imposed on them [8].

Thus, the result of this stage is:

– identification of input and output information of the process;

– development of requirements for input and output information;

– the definition of the supplier of input information and for output information.

Fifth stage. To build a reliable model, it is necessary to present in more detail subprocesses and individual works, which is achieved by carrying out the decomposition. The depth of the decomposition is determined by the objectives of the description. In this case, the terms "embedded process" or "subprocess" are used.

Various diagrams can be used to describe the lower-level business processes. Due to the lack of expressiveness of the IDEF0 diagrams, the problem is solved by applying the BP Flowchart diagrams (decomposition of the subprocess 2.1 in Figure 3) and

Cross Functional FlowChart (Swim Lane) (decomposition of the subprocess 2.3 in Figure 3). The type of the chart is chosen depending on the level and the globality of the work.

As a result, the business process model is a hierarchically ordered set of diagrams, in which top-level diagrams refer to lower-level diagrams.

The BP Flowchart diagram is used when performing work in one department and/or one employee and is performed in the form of a flowchart [7].

The Swim Lane diagram visualizes the actions that are performed by specific resource types, roles or organizational elements or that are associated with a particular place.

As a result of the construction of all diagrams, a model that is completely adequate to the system is obtained, which allows visualizing existing shortcomings, redirecting and improving business processes, analyzing the cost of the process, and formulating fully and qualitatively the requirements for the future information system.

Sixth stage. Direct documentation of the business model (information recording) is formed during the work:

- when analyzing the available documentation relating to the passage of this process;

- when interviewing (personal conversations) with specialists of structural units, for which, in accordance with the existing organizational structure, these functions are assigned;

- with direct observation (picture of the working day).

In parallel with the simulation of the actual situation, it is necessary to document the obvious shortcomings. Creating an understandable and consistent list of weaknesses and determining the potential for optimization should be documented.

The forms of the tables are arbitrary, with the reasoning of the appropriateness of the changes or a preliminary assessment of the reason for the presence of weaknesses. Selected shortcomings will serve as a basis for subsequent suggestions for improving processes [4]. When describing suggestions for improving the process, you need to indicate the problem (weak spot), the executive unit, where this problem is found, and submit proposals for improvement.

Graphical image – scheme of the process with decomposition - it is recommended to accompany the development of a matrix, in which, in addition to the decomposition level, and the notation used. The presence of such a table will allow presenting the received business model as a whole, to estimate its volume and used notations [11].

Developed models are not self-sufficient and need text comments.

3. Methods for collecting information in the modeling of business processes

To improve the effectiveness of work on the description of business processes, you need to choose the right methods and sources of information about existing activities. The main methods of collection and sources of information are:

- working seminars;
- documents existing in the organization.

Workshops. The most effective method of gathering information about the business process is a workshop. The seminar gathers the main participants of the business process and jointly develop the process schemes. The quality and speed of the results obtained with this method of describing the process are the highest. The main disadvantage of the method is the large labor costs of experts of subject areas and the complexity of their collection at one time in one place.

Documents existing in the organization. The last source of information about business processes are the documents available at the enterprise. In IITU there are documents regulating their activity: provisions on subdivisions and job descriptions. Even if the regulations are outdated or fragmented, they should still be collected. Many elements of business processes can be understood by examining the forms used in the company documents and reports. All the listed documents before the start of work on the description of business processes are recommended to collect, structure and further use as one of the sources of information.

For each process it is necessary to compile a terminological (information) model with one type of object – a term. The purpose of the model development is to reduce communication problems. The table of terms is constructed as a tree for keeping order in the case of directed links. A table of terms can include both standard definitions and terms inherent in the organization in its work.

The template for the terminology model for the process is shown in Table. 4.

Documentation support of the described concept of building a business model includes the following set of documents:

- the register of processes;
- the general systematizing scheme of processes;
- detailed diagrams for each process, according to the registry;
- terminological dictionary;
- table of weak points (areas for improvement).

Table 2. **Example for the formation of a terminological dictionary for the process**

Term	Definition
Research work	scientific developments of the teacher related to the search, conducting studies, experiments in order to obtain new knowledge, testing hypotheses, establishing regularities, scientific substantiation of projects

Correctness of application of the described technique can be checked by observing the fulfillment of six principles, which are considered the main quality criteria in the framework of information modeling [3].

1. The principle of reliability. A reliable display of the research object is necessary to create a high-quality model. This applies both to the described structure (organizational hierarchy) and to its behavior. To achieve the reliability of the model being created, an introduction to the modeling process of analyzing the product portfolio, as well as inputs and outputs for individual sub processes (SIPOC table), with specification of requirements to them.

2. The principle of significance. The information model should document only those research objects that are relevant to the relevant perspective, and purposefully exclude redundant information that is of no interest from the point of view of the task posed for the simulation.

3. The principle of intelligibility. The model can be useful only if it is understandable to the user. The selected notations are simple to learn, intuitively understandable even not having special methodological knowledge to the user. The time spent on understanding the model will be minimal.

4. Principle of comparability. This principle implies the use of uniform modeling rules for models created independently of each other, and this is what the general proposed concept for the aims of university.

5. The principle of a systematic structure. Information models always focus on only one aspect (for example, processes, data or organizational structure) of the subject of research, therefore, to create a model system, it is necessary to provide interfaces that ensure its interconnection and structuring. Availability in the

developed business model of the matrix scheme of processes and the table SIPOC provides the necessary interfaces.

6. The principle of economic efficiency. The purpose of this principle is to ensure a balanced balance between the costs of modeling and the results achieved. The notations chosen for the proposed concept are fairly widely known and easy to use, and are also supported by most software products (Business Studio, BPWIN, Design/IDEF, etc.).

This reliable business model, including descriptions of business processes of the university, provides the solution of the following tasks:

- documentation of business processes;
- the formation of all the employees of the university process-oriented approach to the services provided (client-oriented approach);
- overcoming communication barriers between different organizational units of the university;
- a clear division of responsibility for the result and increasing the motivation of the university staff;
- a list of proposals for improving the business processes of the university in order to improve their efficiency, eliminate redundancy, reduce the time and costs of their implementation;
- increase the flexibility of the university.

CONCLUSION

The work carried out at the university to form a business model, including descriptions of business processes of the university, provides the solution of the following tasks: - documenting business processes; - formation of a process-oriented approach to the services provided by all university staff (client-oriented approach); - overcoming communication barriers between different organizational units of the university; - a clear division of responsibility for the result and increasing the motivation of the university staff; - a list of proposals for improving the business processes of the university in order to improve their efficiency, eliminate redundancy, reduce the time and costs of their implementation; - increase the flexibility of the university.

REFERENCES

- [1] B.K. Kurmangaliyeva, R.K. Uskenbayeva, A.A. Kuandykov, Methods for Functionality Improvement of Business Process Support System in Government Bodies// Proceedings of the International Scientific-Practical Conference «Smart Government: Science and Technology». – Astana, Kazakhstan, October 7-8, 2014. – P.170-178.
- [2] I. Ansoff, Strategic Management. – St. Petersburg: Peter, 1999. – 358 p.
- [3] S.L. Bedrina, O.B. Bogdanova, E.V. Kiykova, G.L. Ovsyannikov, Modeling of business processes of higher education institution at introduction of process management, Open Education. – 2014. – 1.
- [4] A. Fleischmann, W. Schmidt, and C. Stary, S-BPM in the wild, Springer. – 2015.
- [5] M. Augl, C. Stary, “In S-BPM in the wild”, Communication – and Value-Based Organizational Development at the University Clinic for Radiotherapy-Radiation Oncology. – Springer. – 2015. – pp. 35-53.
- [6] R. Singer, S. Rab, “Structured Communication – Approaching S-BPM with Microsoft Technologies”. In S-BPM in the wild, Springer. – 2015. – pp. 235-255.
- [7] W. M. P. van der Aalst, J. Nakatumba, A. Rozinat, and N. Russell. Business process simulation: How to get it right? In Handbook on Business Process Management, International Handbooks on Information Systems. – Springer-Verlag, 2010. – pp. 317-342.
- [8] D. Petriu S. Bernardi, J. Merseguer. ”An uml profile for dependability analysis and modeling of software systems”. Technical report. – Universidad de Zaragoza, Spain. – 2008.
- [9] Y. Saleh and M. Alshawi. An alternative model for measuring the success of IS projects: the GPIS model //Journal of Enterprise Information Management. – 2005. – 18(1) – pp. 47-63.
- [10] R. Schierholz, L. Kolbe, and W. Brenner. Strategy alignment of mobile solutions in customer-oriented processes. Wirtschaftsinformatik, 47(1):17-24, 2005.
- [11] R. Diestel, Graph Theory. – 2nd ed., Graduate Texts in Mathematics, Springer (New York). – 2000. – #173. – pp. 16-18.
- [12] B. W. Kernighan, S. Lin, "An efficient heuristic procedure for partitioning graphs", Bell System Tech. J. – 1970. – vol. 49. – pp. 291-297.
- [13] S.Borgert, J.Steinmetz, M.Mühlhäuser, ”Enabling Inter-enterprise Business Process Modeling by S-BPM and the Internet of Service Concept”. In S-BPM ONE: Learning by Doing - Doing by Learning (CCIS), Werner Schmidt (Ed.), Vol. 213. – Springer. – 2011. – pp. 190-211.
- [14] E.Borger. “Approaches to modeling business processes: a critical analysis of BPMN, workflow patterns and YAWL”. – Software & Systems Modeling. – 2011.
- [15] J.Sinur, J.s Odell, P.Fingar. “Business Process Management: The Next Wave”. – Meghan-Kiffer Press. – 2013.
- [16] S.Rass, A. Fleischmann, R. Singer, S-BPM Illustrated. Springer. – 2013.

Өскенбаева Р.Қ., Сатыбалдиева Р.Ж., Бектемысова Г.У., Молдағұлова А.Н., Әйтiм А.

Хату мысалын пайдалана отырып университеттегі бизнес-процестерді модельдеу ерекшеліктері

Түйіндеме. Бұл мақалада үкіметтегі бизнес-процестерді сипаттау тұжырымдамасы келтірілген. Бизнес-үдерістің сипаттамасының мысалы ретінде Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті қарастырылады, атап айтқанда университеттің ғылыми қызметін басқару үдерісі. Университеттің «жаңа тип» ретінде дамуы оның ғылыми зерттеулерінің және ұйымдастырушылық өзгерістерін дамыту стратегиясын әзірлеуді және жүзеге асыруды, университетті икемді және бейімделген ұйымға айналдыруға қатысуды талап етеді. Қазіргі уақытта университетте оқытушылар мен студенттердің ғылыми жұмыстарын басқару жүйесін жетілдіру, ақпарат жинау, құжаттарды сақтау және іздеу бойынша менеджментті жетілдіру болып табылады.

Түйін сөздер: процестерді басқару, бизнес-процестер, тұжырымдамалар, бағдарламалық қамтамасыз ету және басқару процестері, құжаттама, үлгілеу әдіснамасы

Ускенбаева Р.Қ., Сатыбалдиева Р.Ж., Бектемысова Г.У., Молдағұлова А.Н., Айтим А.

Особенности моделирования бизнес-процессов в университете с использованием примера муит

Резюме. В данной статье представлена концепция описания бизнес-процессов в государственных органах. Для примера описания бизнес – процесса рассмотрен Международный университет информационных технологий, а именно процесс управления научной деятельности университета. Развитие университета как, университета «нового типа» требует разработки и реализации стратегии развития его научного исследования и организационных изменений, участия в преобразовании университета в гибкую и адаптивную организацию. Сейчас в университете пересматривается система управления научной деятельностью преподавателей и студентов, совершенствование управления в отношении сбора информации, хранения и поиска документов.

Ключевые слова: управление процессами, бизнес-процесс, концепция, обеспечение и процессы управления, документирование, методика моделирования

УДК 620.183.256.2А

G. E. Akhmetova, T. Sh. Akhmedova, A. K. Vyatkina, D. U. Smagulov, A.V. Kudrya

(¹Kazakh National Technical University after K.I. Satpayev, Kazakhstan

agulzhajnat@bk.ru, smagulov061@mail.ru;

²NUST «MISIS», Moscow, Russian Federation

tanya060592@gmail.com, annakvyatkina@yandex.ru, AVKudrya@misis.ru)

MEASURING THE GEOMETRIC DIFFERENCES IN STRUCTURES FOR CONTROLLING THE QUALITY OF PIPE STEELS

Abstract. The possibilities of computer technologies in solving modern metallographic problems are considered. With the help of computer technologies heterogeneity of the structures of tube steels was investigated. Examples of quantitative estimation of geometrical parameters of steel structures of grades 30, 32Г2С, 38ХМ with clear histograms of distribution of values of areas of structural components (grains of perlite) and anisotropy are given. The geometric parameters of the reinforcing structural component of tubular steels (perlite) are measured.

A new approach to quality management is proposed, not by the traditional method of selecting the chemical composition, but by the possibility of constructing the optimal geometry of steel structures. The connection between the quantitative indicators of the structure and the level of mechanical properties is indicated.

To analyze the structural heterogeneity of pipe steels, it was shown that it is advisable to expand the practice of using computer technologies for statistical processing of production data, and to develop and introduce quality control methods for tubular steel based on the analysis of geometry of structures.

Keywords: structural dimensions, structure, tubular (pipe) steel, computer technology, quality.

Г.Е. Ахметова¹, Т.Ш. Ахмедова², А.К. Вяткина²,
Д.У. Смагулов¹, А.В. Кудря²

¹КазНИТУ им. К.И. Сатпаева, Алматы, Республика Казахстан agulzhajnat@bk.ru,
smagulov061@mail.ru;

²НИТУ «МИСиС», Москва, Российская Федерация
tanya060592@gmail.com, annakvyatkina@yandex.ru, AVKudrya@misis.ru)

ИЗМЕРЕНИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ СТРУКТУР ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ТРУБНЫХ СТАЛЕЙ

Аннотация. Рассмотрены возможности компьютерных технологий в решении современных металлографических задач. С помощью компьютерных технологий исследована неоднородность структур трубных сталей. Приводятся примеры количественной оценки геометрических параметров структур сталей марок 30, 32Г2С, 38ХНМ с наглядными гистограммами распределения значений площадей структурных составляющих (зерен перлита) и анизотропии. Измерены геометрические параметры упрочняющей структурной составляющей трубных сталей (перлита).

Предлагается новый подход к управлению качеством стали не традиционным методом подбора химического состава, а возможностью конструирования оптимальной геометрии структур стали. Указывается на связь количественных показателей структуры с уровнем механических свойств.

Для анализа структурной неоднородности трубных сталей выявлена целесообразность расширения практики применения компьютерных технологий для статистической обработки производственных данных, развития и внедрения методов контроля качества трубной стали, основанных на анализе геометрии структур.

Ключевые слова: геометрическая неоднородность, структура, трубная сталь, компьютерные технологии, качество.

В современное время трубные компании систематически проводят работу, направленную на повышение качества производства бурильных, обсадных и насосно-компрессорных труб. Доля производства высокопрочных труб в общем объеме их выпуска составляет: бурильные – 96%, обсадные – 57%, насосно-компрессорные – 42%.

ОАО «АК «Транснефть» при реализации проектов строительства нефтепроводов закладывает технические требования к качеству металла и отводов на более высоком уровне, чем требования всех известных международных стандартов. Введен контроль металла по полосчатости структуры, размеру зерна, загрязнению металла неметаллическими включениями, ударной вязкости на образцах с острым надрезом при температуре -40°C . Выполняя подобные требования, металлургические комбинаты и трубные компании повышают качество металла и труб [1, 2].

В свете выше указанного, возникает острая необходимость разработки методики или программ, автоматизировано выполняющих необходимые операции контроля (замера) полосчатости структуры, размера зерна, определяющих загрязненность стали неметаллическими включениями. Конечно, отдельные методики на определение требуемых показателей описываются в стандартах ГОСТ 5639-82 Сталь и сплавы. Методы выявления и определения величины зерна; ГОСТ 1778-70 Сталь. Металлографические методы определения неметаллических включений, также имеются дорогие стоящие зарубежные программные комплексы, автоматизировано определяющие эти показатели и исключающие ошибку замера экспериментатора. Однако, в настоящее время очень востребована современная отечественная программа или методика, выполняющая все выше перечисленные измерения [3, 4].

Целью работы явилась разработка и апробация компьютерной методики измерения геометрической неоднородности структур трубных сталей, определяющей качество стали.

В данной работе авторским коллективом представлены измерения структурных составляющих (элементов структуры) трубных сталей, проведенные с использованием компьютерных программ и комплексов, получивших широкое распространение. Определение качества стали по структуре производили при помощи таких современных программ как MATLAB, Excel, Image Expert (или Image J) и специально разработанных программ для бинаризации и инвертирования изображений.

Образцы и методика эксперимента

В качестве объекта исследования были выбраны стандартные марки стали, применяемые для производства обсадных и насосно-компрессорных труб: стали марок 30, 32Г2С, 38ХНМ. Химический состав образцов определяли с помощью спектрометра искрового Spectrolab (Таблица 1).

Таблица 1. Химический состав стали, %

№ обр.	Марка стали	Массовая доля элементов, %									
		Al	C	Mn	S	P	Si	Cr	Ni	Cu	Mo
1	Сталь 30	0,005	0,27	0,58	0,010	0,024	0,18	0,05	0,02	0,01	0,010
2	32Г2С	0,023	0,23	1,54	0,013	0,008	0,82	0,14	0,11	0,24	0,013
3	38ХНМ	0,039	0,37	0,57	0,010	0,017	0,30	1,34	1,31	0,08	0,26

Пробоподготовка состояла из операций запрессовки образца, а также его шлифования, полирования и травления. Запрессовку образца производили на прессовальном аппарате SimpliMet 1000 (Buehler). Готовый к шлифованию образец шлифовали и полировали на аппарате Struers TegraPol-11. Далее, для выявления феррито-перлитной структуры проводили травление в 3% растворе HNO₃ и этилового спирта. Исследование проводили на оптическом микроскопе LEICA DM ILM HC при увеличении 200 крат.

Для выявления факторов, определяющих неоднородность качества трубных сталей, использовали метод контроля качества, основанный на результатах исследования геометрии структур, определения их количественного и качественного соотношения [5]. Для оценки структурного качества труб из указанных марок стали были использованы компьютерные технологии [6].

Схема методики количественного анализа структур компьютеризированными процедурами следующая: 1. Получение изображений с помощью микроскопа → 2. Бинаризация изображений с помощью специального программного продукта «Basic binarisation» → 3. Удаление шумов в программе Image Expert (или Image J) → 4. Дилатация и умная эрозия → 5. Измерение объектов в MATLAB → обработка и перевод (в микрометры) полученного (в пикселях) массива данных замеров с помощью программы Excel [7-12].

Микроструктура всех трех сталей представляет собой феррито-перлитную смесь (рисунки 1, а; 3, а; 5, а). Судя по структурам, стали 30, 32Г2С и 38ХНМ поставлялись без термического упрочнения. Каждая сталь с определенной геометрической феррито-перлитной структурой имела свой характерный комплекс механических свойств. То есть, несомненно, структура сталей должна каким-то образом определять уровень свойств в готовом изделии – трубе.

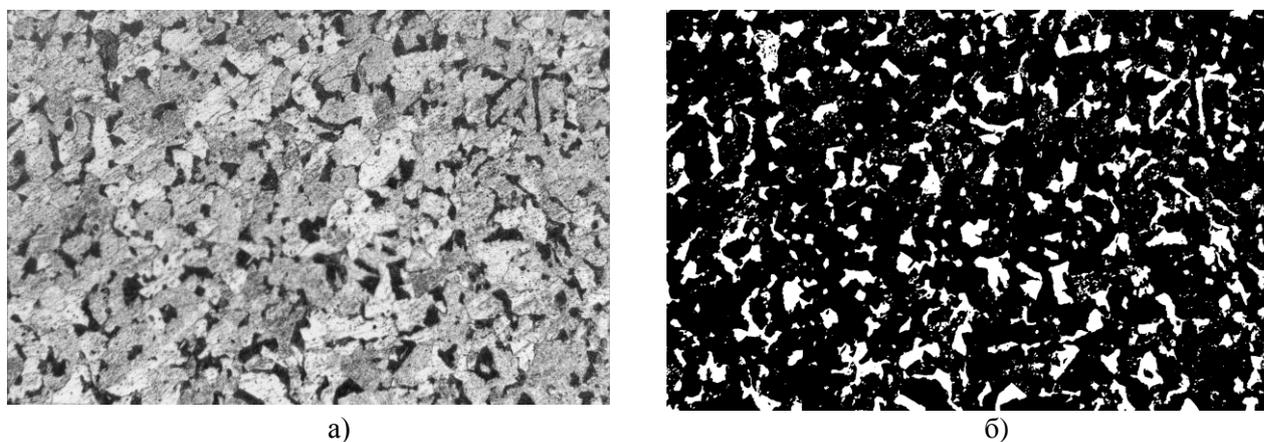
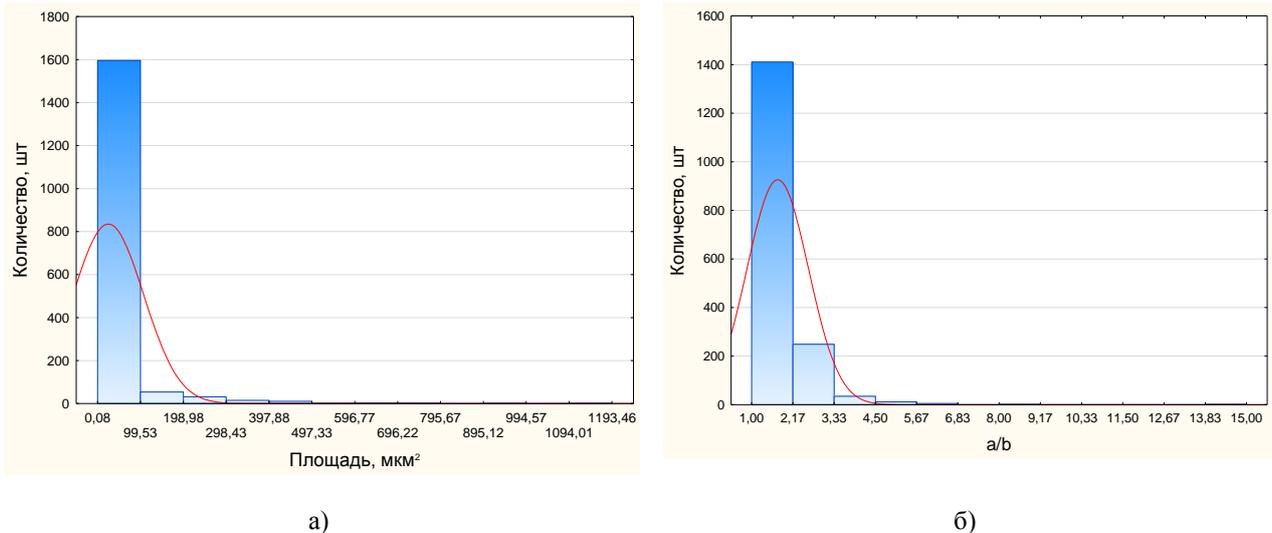


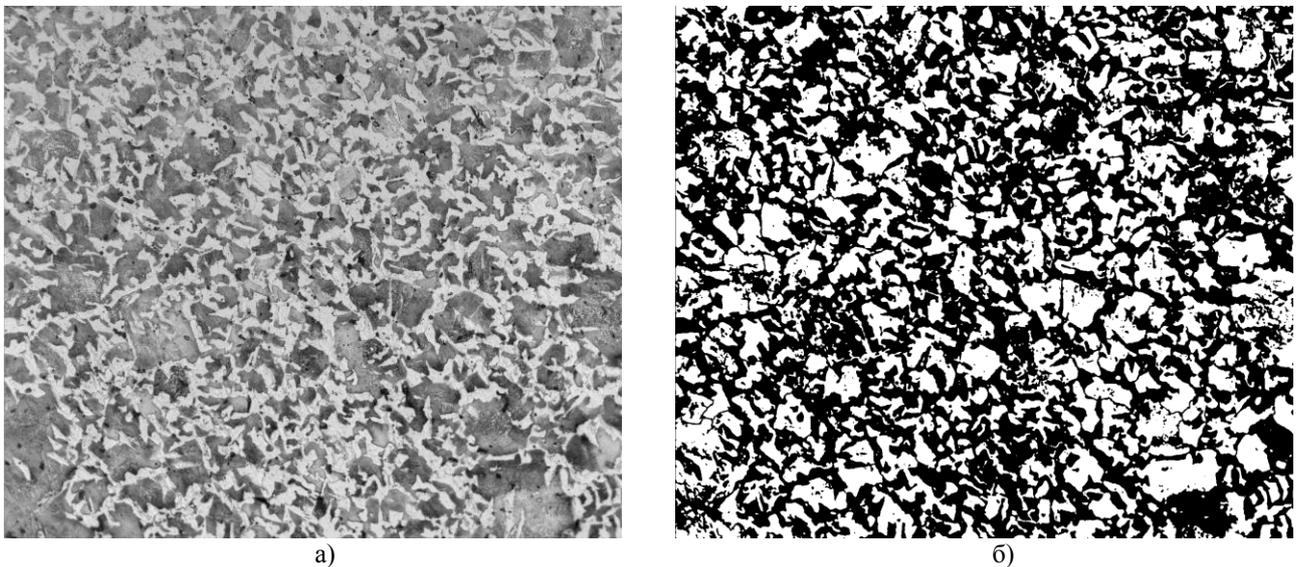
Рис. 1. Микроструктура образца стали 30: а) изображение с микроскопа, X200; б) бинаризованное и инвертированное изображение структуры

Перед авторами стояла задача современной широко доступной количественной оценки структуры. При оценке структуры представленных трубных сталей перлит, как упрочняющая составляющая, вызывал особый интерес. По этой причине для определения количества и геометрических параметров перлита нам необходимо было бинаризовать и инвертировать изображение в обратный порядок, так как MATLAB обчисляет геометрические параметры белых объектов вводимых исходных данных в пиксельном эквиваленте. Вводимые данные – бинаризованные изображения (фото) микроструктур (рисунки 1, б; 3, б; 5, б), где белые объекты - интересующие нас структурные элементы (перлит) [13].



а) б)
Рис. 2. Гистограммы распределения значений (структуры стали 30):
 а) площадей перлитных зерен; б) степени вытянутости перлитных зерен

Результат обработки бинаризованного изображения в программе MATLAB – это массив данных по замерам параметров белых объектов (структурных составляющих): площадь, длина, ширина, плотность, периметр (в пикселях) и угол наклона. Далее задача оператора - обработать данные, перевести массив из пиксельного эквивалента в данные в микронах и определить, графически изобразить выявленные расчетным путем (с применением математических формул) количественные параметры структуры: объемную долю структурной составляющей, среднюю площадь зерен (перлита), анизотропию, средний периметр, плотность и преимущественную ориентировку объектов (зерен перлита) (Таблица 2). Графически параметры площадей зерен перлита представлены на гистограммах (рисунки 2, а; 4, а; 6, а); показатель анизотропии (степени вытянутости) зерен перлита на рисунках 2, б; 4, б; 6, б.



а) б)
Рис. 3. Микроструктура образца стали 32Г2С: а) изображение с микроскопа, X200; б) бинаризованное и инвертированное изображение структуры

Накопление подобных статистических данных предприятиями, выпускающими трубную продукцию, в тесной связи и соотношении с показателями механических свойств, соответствующих той или иной структуре с определенными количественными характерными показателями структуры могло бы дать четкое представление об оптимальных количественных и качественных показателях структуры, отвечающих определенным требованиям производителя и/или заказчика [14].

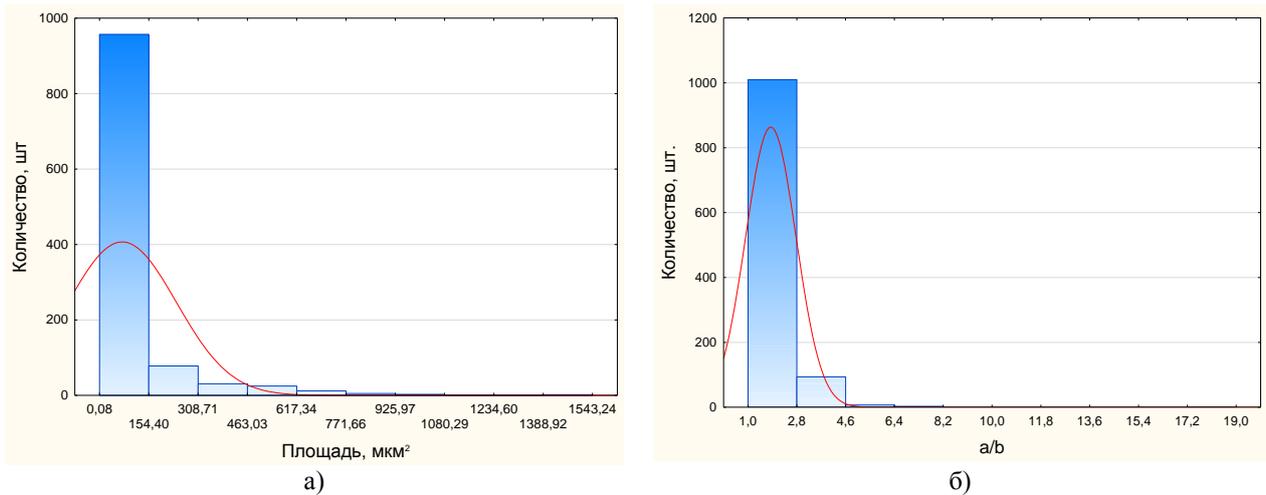


Рис. 4. Гистограммы распределения значений (структуры стали 32Г2С): а) площадей перлитных зерен; б) степени вытянутости перлитных зерен

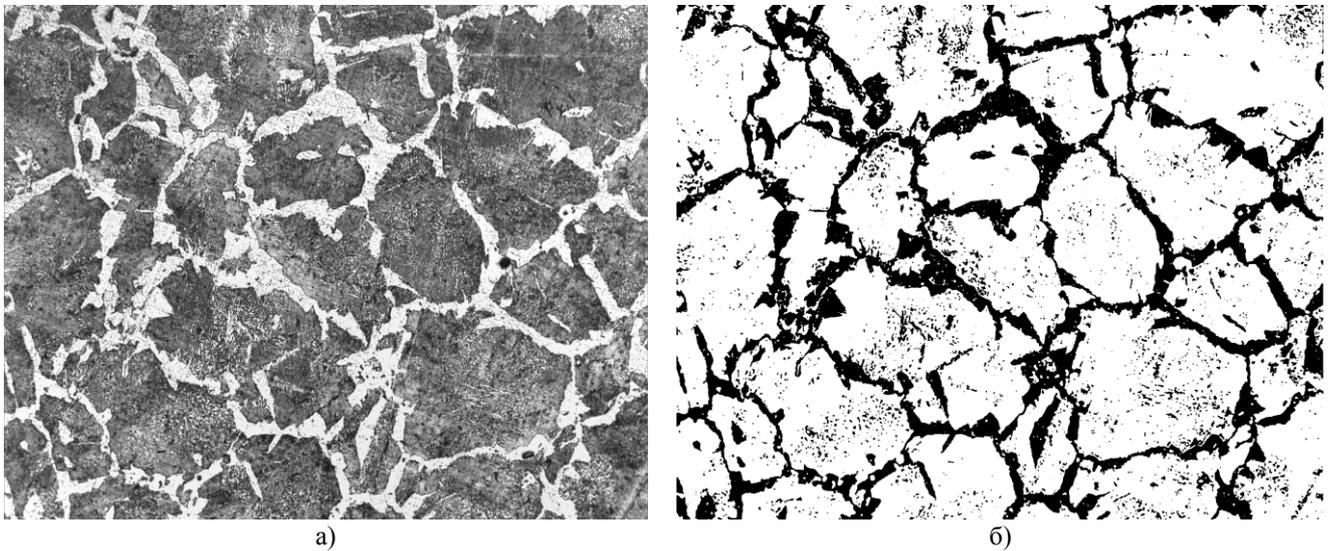


Рис. 5. Микроструктура образца стали 38ХНМ: а) изображение с микроскопа, X200; б) бинаризованное и инвертированное изображение структуры

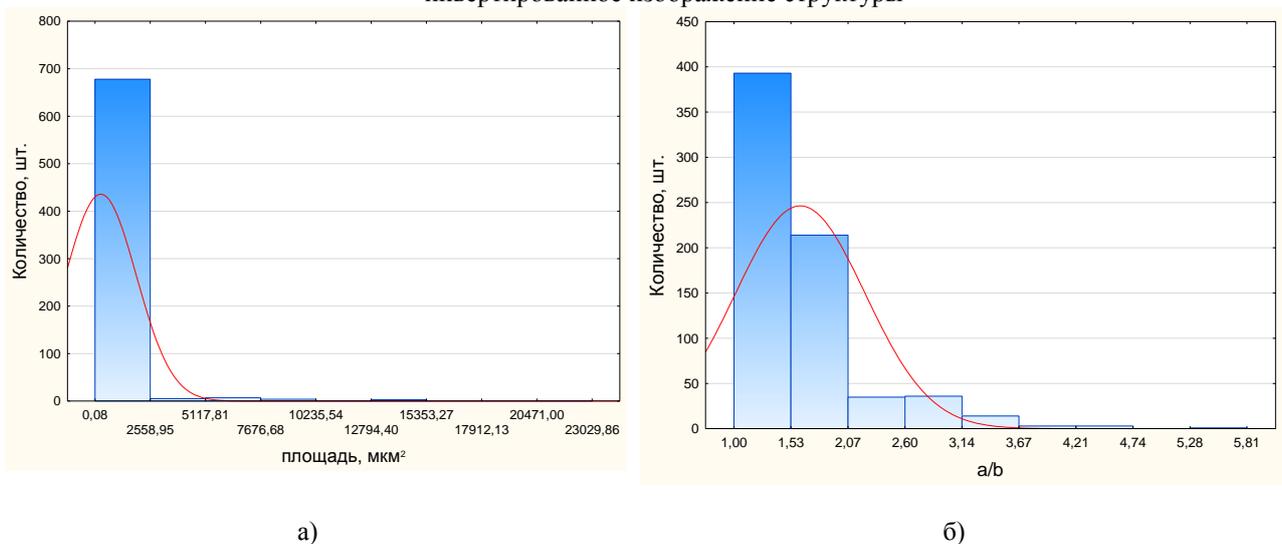


Рис. 6. Гистограммы распределения значений (структуры стали 38ХНМ): а) площадей перлитных зерен; б) степени вытянутости перлитных зерен

Таблица 2. Геометрические параметры структурной составляющей (перлита) трубных марок стали

№	Геометрические характеристики (изображений) перлита	Бинаризованное изображение		
		стали 30	стали 32Г2С	стали 38ХНМ
1	Объемная доля, %	19,65	45,08	76,28
2	Средняя площадь, мкм ²	24,58±1,97	70,67±5,05	261,63±61,92
3	Степень вытянутости (a/b)	1,73	1,83±0,001	1,62±0,001
4	Средний периметр, мкм	14,88±0,84	34,64±3,78	27,8±27,52
5	Плотность, шт/мкм ²	0,01	0,01	0,003
6	Преимущественная ориентировка, град.	45-90	45-90	45-90

Таким образом, использование компьютеризированных средств получения и обработки изображений структур трубных сталей с последующей оценкой достоверности результатов позволяет получить количественные характеристики структур, которые можно сравнивать между собой, объективно ранжировать структуры сталей по геометрии их строения и связывать ее с качественными показателями – механическими свойствами [15]. Отсюда вытекает возможность нового подхода к разработке трубных сталей – переход от традиционного эмпирического подбора составов стали и технологий к конструированию оптимальной геометрии структур трубных сталей, обеспечивающих заданные механические свойства. [2, с. 80]

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ушаков А.С., Кондратов Л.А. Опроистве стальных труб // Сталь. - 2017. - №7. – С. 37.
- [2] Никитин А.В., Ханжин В.Г. Возможности компьютерных измерительных систем анализа изображений при изучении композиционных сверхпроводников // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2015. - №4 (718). – С. 58-62.
- [3] Ахметова Г.Е., Смагулов Д.У., Ахмедова Т.Ш., Кудря А.В. Оценка качества труб нефтегазового сортамента компьютеризированными методами анализа структуры стали // Вестник государственного университета имени Шакарима города Семей. - 2017. - Научный журнал №3 (79). - С. 7.
- [4] Ахметова Г.Е., Смагулов Д.У., Кудря А.В. Использование методов информационной технологии для анализа структурного состояния стали нефтегазового сортамента и оценки надежности трубопроводов // Труды международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №9) / КарГТУ. – Караганда, 2017г. – С. 24-26.
- [5] Ахметова Г.Е., Смагулов Д.У., Ахмедова Т.Ш., Кудря А.В. Оптимизация структуры трубной стали методом электролитно-плазменной обработки и компьютеризированных процедур // Сборник трудов конференции IX-й Евразийской научно-практической конференции «Прочность неоднородных структур» ПРОСТ 2018 / НИТУ «МИСиС». - Москва, 2018г. – С.
- [6] Кудря А.В., Соколовская Э.А., Пережогин В.Ю. и др. Использование компьютеризированных процедур для оценки неоднородности структур твердых сплавов // Металлург. – 2016. - №12. – С. 77.
- [7] Кудря А.В., Соколовская Э.А., Ахмедова Т.Ш. и др. Неоднородность структур и разрушение твердых сплавов на основе железа и их измерение // Электрометаллургия. – 2017. - №6. – С. 32.
- [8] Соколовская Э.А. О воспроизводимости результатов измерений структур и изломов с использованием компьютеризированных процедур // Вопросы материаловедения. – 2013. - №4 (76). – С. 143.
- [9] Гонсалес Р., Вудс Р., Эддисон С. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
- [10] Зельдович Я.Б., Соколов Д.Д. Фракталы, подобие, промежуточная асимптотика // Успехи физических наук. – 1985. – Т.146, №7. – С. 493.
- [11] Никитин Я.Ю. Асимптотическая эффективность напараметрических критериев. - М.: Физматлит, 1995. - 240 с.
- [12] Ashby M.F. Materials Selection in Mechanical Design. - Pergamon Press, 1992.
- [13] Николаев Д.П., Сараев А.А. Критерии оценки качества в задаче автоматизированной настройки алгоритмов бинаризации // Тр. ИСА РАН. – 2013. – Т. 63, №3. – С. 85.
- [14] Кудря А.В., Соколовская Э.А., Сухова В.Г. и др. Ограничения классической статистики при аттестации и управлении качеством конструкционной стали // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2010. - №11. – С. 43-47.
- [15] Кудря А.В., Штремель М.А. О достоверности анализа данных в управлении качеством // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2010. - №7 (661). – С. 50-55.

Ахметова Г.Е., Ахмедова Т.Ш., Вяткина А.К., Смағулов Д.Ұ., Кудря А.В.

Құбырлы болаттардың сапасын бақылау үшін құрылымдардағы геометриялық айырмашылықтарды өлшеу

Түйіндеме: Компьютерлік әдістері арқылы металографиялық есептерді шешуге арналған методикасы енгізілді және сыналды. Құбырлы болаттар мен материалдардың құрылымын сандық бағалаудың қазіргі заманғы әдістері ұсынды. Құбырлы болаттардың сапасын бақылау мақсатында құбырлы болаттардың құрылымын өлшеу мүмкіндіктері бағаланды. Өндірістік процесте механикалық қасиеттердің параметрлеріне қатысты құрылым бойынша статистикалық деректерді өңдеудің әдістемесін енгізу ұсынлады.

Түйінді сөздер: геометриялық айырмашылықтар, құрылым, құбырлы болат, компьютерлік технологиялар, сапа.

Akhmetova G. E., Akhmedova T. Sh., Vyatkina A. K., Smagulov D. U., Kudrya A. V.

Measuring the geometric differences in structures for controlling the quality of pipe steels

Summary: The introduction of computer technologies in the solution of metallographic problems was tested. Modern methods of quantitative evaluation of the structures of tubular steels and materials in general were presented. The possibilities of measuring the structures of tubular steels for the purpose of controlling the quality of tubular steels were evaluated. It is recommended to introduce in the production process the proposed methodology for processing statistical data on the structure in close connection with to the indicators of mechanical properties.

Keywords: structural dimensions, structure, tubular (pipe) steel, computer technology, quality.

УДК 539.2/

M.K. Yerbay, A.D. Muradov

EFFECT OF ELECTRON IRRADIATION AND FILLER POLYETHYLENE TEREPHTHALATE ON THE PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF POLYIMIDE

Abstract. The effect of the percentage content of polyethylene terephthalate (PET) filler on the physico-mechanical properties of polyimide (PI) was studied. Samples were obtained with a working length of 50 mm and a width of 5 mm. They deformed in the uniaxial tension mode before the rupture on an automated experimental computer installation based on the Instron 5982. The introduction of PET into polyimide results in an increase in the relative elongation by a factor of 6 and a tensile stress by a factor of 1.3 compared to pure polyimide films. The addition of a filler leads to a change in the morphology of the polymer films, which leads to an improvement in the mechanical properties. Optical microscopy was used to study the film surfaces. The general picture of the morphology of mixtures is a transparent homogeneous polyimide matrix with uniformly distributed particles in it with a dispersed phase of PET with dimensions in the range of 1-50 μm . In this case, the morphology of the film materials is more or less mesoporous. With an increase in the filler content, the structure of the final film becomes more porous. The X-ray diffraction analysis of the composite material showed that there is no crystallographic lattice in the polymers.

Key words: polyimide, filler, lavsan (PET), morphology, electron irradiation.

М.К. Ербай, А.Д. Мурадов

(Әл – Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы
moldir_erbai@mail.ru)

**ПОЛИИМИДТІҢ ҚАБЫРШАҒЫНЫҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТІНЕ
ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТ ТОЛЫҚТЫРҒЫШЫ МЕН ЭЛЕКТРОНДЫ
СӘУЛЕЛЕНДІРУДІҢ ӘСЕРІ**

Аңдатпа. Полиэтилентерефталат (ПЭТФ) толықтырғышының пайыздық құрамының полиимид қабыршағының (ПИ) физика-механикалық қасиеттеріне әсері зерттелді. Сынамалар ұзындығы 50 мм және ені 5 мм болатын үлгілермен алынды. Олар Instron 5982 үздік машинасында жарылыс алдында біркелкі шиеленіс режимінде деформацияланған. ПЭТФ-ті полиимидке енгізу, таза полиимидтік қабыршақпен салыстырғанда салыстырмалы ұзарудың 6 есе, ал үзіліссіз кернеудің 1,3 есе өсуіне әкеледі. Толықтырғышты қосу полимерлі қабыршақтың морфологиясын өзгертеді, бұл механикалық қасиеттердің жақсаруына әкеледі. Қабыршақты беттерді зерттеу үшін оптикалық микроскопия қолданылды. Қоспа морфологиясының жалпы көрінісі - 1-50 мкм диапазонындағы өлшемдері бар, ПЭТФ дисперсті фазасы бар біркелкі бөлінген бөлшектерден тұратын мөлдір біртекті полиимидті матрица. Бұл жағдайда қабыршақты материалдардың морфологиясы мезокеуекті болып табылады. Толықтырғыштың мазмұнын жоғарылату арқылы соңғы қабыршақтың құрылымы кеуекті болады. Композициялық материалдың рентгендік фазалық талдауы полимерлерде кристаллографиялық тордың жоқтығын көрсетті.

Түйін сөздер: полиимид, толықтырғыш, лавсан (ПЭТФ), үздік машина, морфология, электронды сәулелендіру.

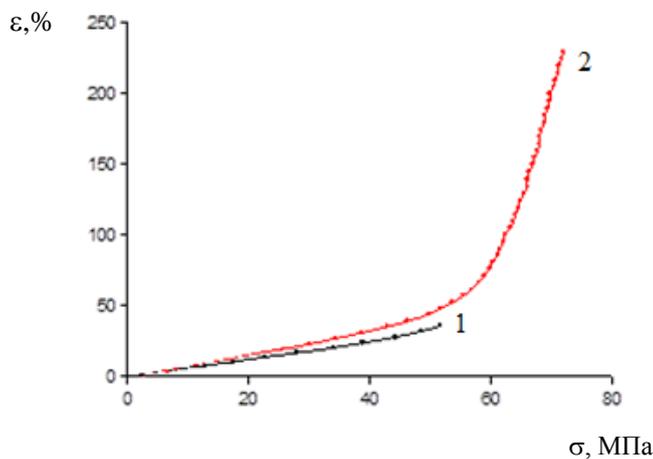
Кіріспе. Қазіргі заманғы конденсирленген заттар физикасының басым бағыттарының бірі композитивті материалдардың құрылымын қалыптастыру кезінде физикалық қасиеттердің өзгеру заңдылықтарын зерттеу болып табылады. Осы бағытта әртүрлі реттелетін физикалық қасиеттері бар функционалды композициялық жоғары молекулалық материалдарды алу перспективті болып табылады. Олардың ішінде химиялық модификация кеңінен қолданылады, бұл материалдың құрылымын қалыптастыруды мақсатты түрде реттеуге мүмкіндік береді [1-3]. Жаңа полимерлі жүйелерді жасаудың перспективалық тәсілі - бір немесе әртүрлі санатқа жататын, бірақ макромолекулалар құрылымыны

бойынша бір-бірінен ерекшеленетін қоспаларды дайындау болып табылады. Мұндай қоспаларда қатаң тізбекті полимерлер неғұрлым икемді тізбекті макромолекулалардың бағдарлануын ынталандырады және, керісінше, аморфты икемді тізбекті полимерлер - кристалдық полимерлердің бұзылуына әкеліп, олардың қасиеттерін реттеу үшін жаңа мүмкіндіктер жасайды [4,5].

6 жұмысында полимерлі композициялардың синтезін қабыршақтар түрінде және олардың физикалық-химиялық қасиеттеріне электронды сәулелендіру әсерін зерттелген. Үлгілердің сәулеленуі сәуле тогының орташа тығыздығы $0,5 \text{ мкА / см}^2$ және импульстік ұзақтығы 5 мкс, 200 Гц қайталану жылдамдығы кезінде 2 МэВ энергиясымен $25 \text{ }^\circ\text{C}$ температурасында желілі ЭЛУ-6 электронды үдеткіші арқылы ауада жүргізілді.

Сынамалардың механикалық сынақтары үзілістен бұрын бір жақты шиеленіс режимінде Instron 5982 үздік машинасында жүзеге асырылды, онда кернеу мен деформация өлшемдері өлшенген мәннің $\pm 0,5\%$ - ын құрады. Үлгілердің жұмыс бөлігінің ұзындығы 50 мм, ені 5 мм.

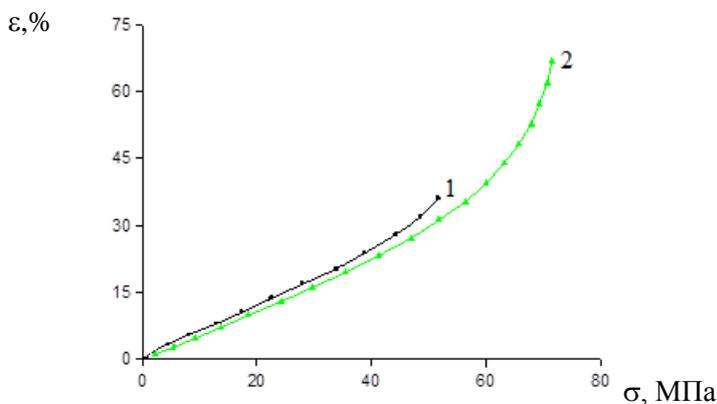
1-суретте лавсан 5 мас.% концентрацияларынан алынған электронды сәулеленбеген полимерлі композициялар үшін қолданылатын жүктемеге (σ) салыстырмалы ұзартудың (ϵ) тәуелділігі көрсетілген. Бұл суреттен полиимидке 5 мас.% ПЭТФ-ті енгізу таза полиимидтен алынған қабықшамен салыстырғанда салыстырмалы ұзаруды 6 есе, ал үзілісті кернеуді 1,3 есе арттыратыны көрінеді. Екінші полимердің қосылуы полимерлі қабыршақтардың морфологиясын өзгертеді, бұл механикалық қасиеттердің жақсаруына әкеледі.



1 – ПИ, 2 – ПИ +5 мас.% ПЭТФ

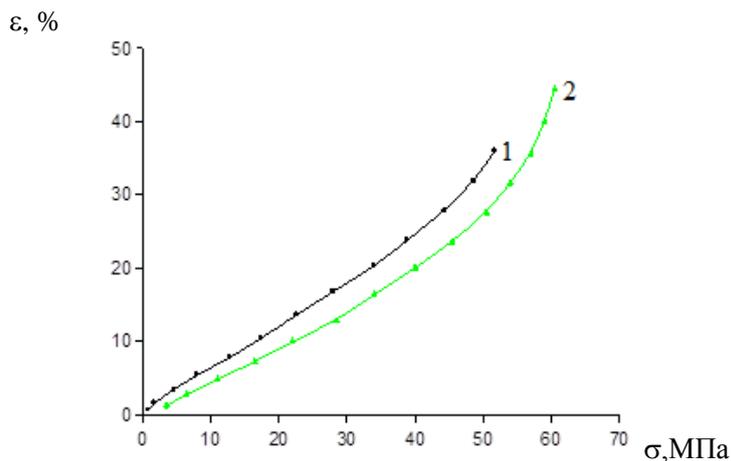
Сурет 1. Толықтырғыштың сәулеленбеген полиимидті композициялардың салыстырмалы ұзаруы мен механикалық кернеулеріне әсері

50 кГр және 250 кГр мөлшердегі электрондық сәулеленудің осы заттарға әсерлері 2 және 3-суретте ұсынылған.



1– ПИ, 2– ПИ+0,5 мас. % ПЭТФ

Сурет 2. 50 кГр мөлшердегі электрондық сәулеленудің полиимид негіздегі полимерлік композицияларға қатысты кернеулерден салыстырмалы ұзаруға әсері

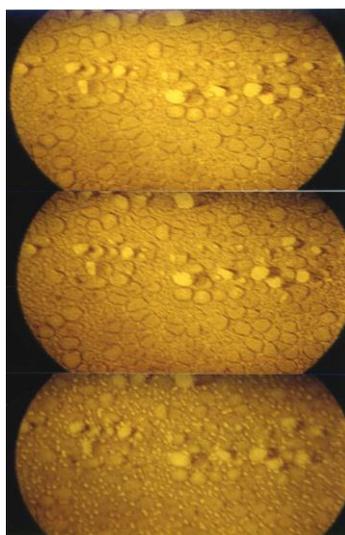


1 – ПИ, 2 – ПИ+0,5 мас. % ПЭТФ

Сурет 3. 250 кГр мөлшердегі электрондық сәулеленудің полиимид негіздегі полимерлік композицияларға қатысты кернеулерден салыстырмалы ұзаруға әсері

50 кГр мөлшердегі электрондық сәулелену таза полиимидті қабыршақпен салыстырғанда, полиимидті композицаның икемділігін 25% және беріктігін 20 МПа арттыратыны көрсетілген (Сур. 2). 250 кГр -ға дейін сәулелену мөлшерінің жоғарылауы осы композицияның механикалық қасиеттерінің 50 кГр сәулелендірілген мөлшерімен салыстырғанда нашарлауына әкеледі. Осылайша икемділік 70% -дан 45% -ға дейін, ал беріктігі 70 МПа-дан 62 МПа-ға дейін төмендейді (2 және 3-сурет). Бұл мөлшерлермен сәулелену таза қабыршақпен салыстырғанда, икемділігі өзгермей, бұрынғы қалпында ~35% қалатынын, ал беріктігі 50 МПа-дан ~55 МПа дейін өзгеретінін көрсетеді (2 және 3-сурет).

Оптикалық микроскопия көмегімен домендердің өлшемдері мен құрылымы туралы ақпарат алу үшін қабыршақтардың беті зерттелді. Қоспалардың морфологиясының жалпы көрінісі - 1-50 мкм интервалында өлшемді ПЭТФ-тың дисперсті фазасы бар біркелкі бөлінген бөлшектерден тұратын мөлдір біртекті полиимидті матрица. 4-суретте 90% ПИ + 10% ПЭТФ құрамды қоспа ерітінділерінің қабыршағының микросуреті көрсетілген. Микросуретте домендер, яғни гексональді пішін құрылымы көрінеді.



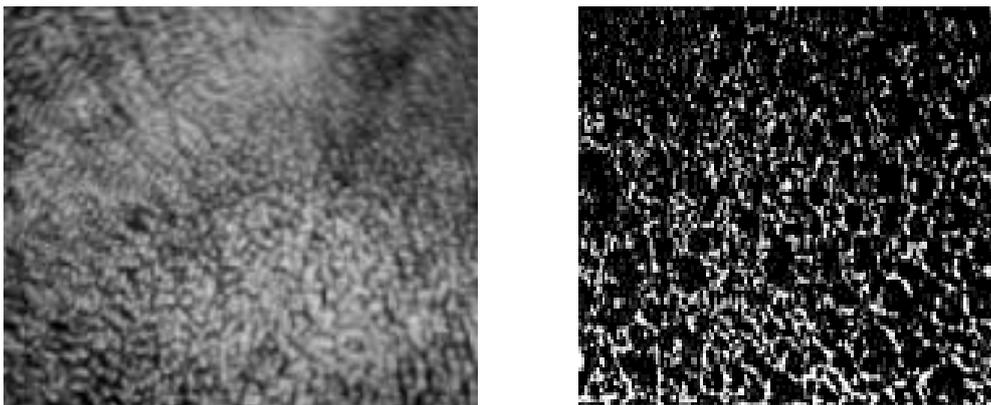
Сурет 4. ПИ/ПЭТФ – 90%:10% қоспа қабыршағының микросуреті

4-суретте ПЭТФ толықтырғышты енгізу полиимидті қабыршақтардың морфологиясының өзгеруіне алып келетінін көруге болады. Осылай бола тұра, қабыршақты материалдардың морфологиясы үлкен немесе кіші дәрежелі мезокеуекті болып келеді.

ПЭТФ құрамын арттырғанда соңғы қабыршақ құрылымы кеуектірек болды, кеуек өлшемі 10 масс.% ПЭТФ жағдайында 40 нм дейін (4-сурет). ПЭТФ құрамының 10-12,5 масс.% -дан жоғарылауы қабыршақтардың мөлдір емес үлгілерінің қалыптасуы түрінде, полимерлердің термодинамикалық үйлесімсіздігінің пайда болуына әкеледі.

Жеке полимерлер мен алынған композитивті материалдардың рентгенді-фазалық анализі бастапқы полимерлер мен олардың қоспаларының рентгенограммалары $\theta = 11^\circ$ кезінде аморфты гало болып келетінін көрсетті. Барлық полимерлік жүйелер үшін кристаллографиялық тордың болуына жауап беретін рентгенограммада рефлекстер байқалмағаны анықталды.

Кристалдық фазаның болмауы полиимидтердің араласуының негізгі мүмкіндігін көрсетеді. Өртүрлі қатынастағы компонентті түрлі қоспалардың рентгенограммасын зерттеу полиимидтің 70% дейін құрайтын, үйлесімді гомогенді композиттар пайда болатынын көрсетті.



Сурет 5. ПЭТФ 1 масс. % (сол жақ) және 10 масс.% (оң жақ) құрамды полиимидті композиционды қабыршақтардың микроскопиялық құрылымы

Қорытынды:

1. ПЭТФ толықтырғышты енгізу полиимидті қабыршақтардың морфологиясын өзгертуге әкеледі. Осылай бола тұра, қабыршақты материалдардың морфологиясы үлкен немесе кіші дәрежелі мезокеуекті болып келеді. ПЭТФ құрамын арттырғанда соңғы қабыршақ құрылымы кеуектірек болды, кеуек өлшемі 10 масс.% ПЭТФ жағдайында 40 нм дейін. ПЭТФ құрамының 10-12,5 масс.% -дан жоғарылауы қабыршақтардың мөлдір емес үлгілерінің қалыптасуы түрінде, полимерлердің термодинамикалық үйлесімсіздігінің пайда болуына әкеледі.

2. Таза қабыршақпен салыстырғанда 50 кГр -ға дейінгі электронды сәулелену 0,5 мас.% лавсаннан тұратын полимер композициясының механикалық қасиеттерін жақсартады.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Ермаков С.Н., Кербер М.Л., Кравченко Т.П. Химическая модификация и смешение полимеров при реакционной экструзии // Пластические массы. – 2007. – № 10. – С. 32-40.
- [2] Краузе С.В. В сб. Полимерные смеси. Под ред. Пола Д. и Ньюмена С.М.: М. Мир. – 2002. – С. 126-145.
- [3] Нестеров А.Е., Липатов Ю.С. Фазовое состояние растворов и смесей полимеров / Киев: Наукова Думка. – 2001. – 168 с.
- [4] Кочнев А.М., Заикин А.Е., Галибеев С.С. Архиреев В.П. Физикохимия полимеров / К.: Фэн.– 2003. – 512 с.
- [5] Русанов А.Л., Стадник Т.А., Мюллен К. Новые конденсационные полимеры с низкой диэлектрической проницаемостью // Успехи химии. -1999.-Т. 68, Вып. 8.-С. 760-772.
- [6] Купчишин А.И., Мурадов А.Д., Таипова Б.Г. Влияние приложенной механической нагрузки на физико-механические свойства композитных материалов на основе полиимида, облученного электронами // Материалы 6-ой международной конференции «Ядерная и радиационная физика». - ИЯФ НЯЦ РК. - Алматы, 2007. – С. 231-232.

Ербай М.К., Мурадов А.Д.

Влияние электронного облучения и наполнителя полиэтилентерефталата на физико-химические свойства полиимида

Резюме. Изучено влияние процентного содержания наполнителя полиэтилентерефталата (ПЭТФ) на физико-механические свойства полиимиде (ПИ). Были получены образцы с длиной рабочей части 50 мм и

шириной 5 мм. Они деформировались в режиме одноосного растяжения до разрыва на автоматизированной экспериментальной компьютерной установке на базе разрывной машины Instron 5982. Введение ПЭТФ в полиимид приводит к увеличению относительного удлинения в 6 раз, а разрывного напряжения в 1,3 раза по сравнению с пленками из чистого полиимида. Добавление наполнителя приводит к изменению морфологии полимерных пленок, что и ведет к улучшению механических свойств. Оптической микроскопией были исследованы поверхности пленок. Общая картина морфологии смесей представляет собой прозрачную однородную полиимидную матрицу с равномерно распределенными в ней частицами дисперсной фазой ПЭТФ с размерами в интервале 1-50 мкм. При этом морфология пленочных материалов является в большей или меньшей степени мезопористой. С увеличением содержания наполнителя структура конечной пленки становится более пористой. Проведенный рентгенофазовый анализ композитного материала показал, что не существуют кристаллографической решетки в полимерах.

Ключевые слова: полиимид, наполнитель, лавсан (ПЭТФ), морфология, электронное облучение.

Yerbay M.K., Muradov A.D.

Effect of electron irradiation and filler polyethylene terephthalate on the physical and chemical properties of polyimide

Summary. The effect of the percentage content of polyethylene terephthalate (PET) filler on the physico-mechanical properties of polyimide (PI) was studied. Samples were obtained with a working length of 50 mm and a width of 5 mm. They deformed in the uniaxial tension mode before the rupture on an automated experimental computer installation based on the Instron 5982. The introduction of PET into polyimide results in an increase in the relative elongation by a factor of 6 and a tensile stress by a factor of 1.3 compared to pure polyimide films. The addition of a filler leads to a change in the morphology of the polymer films, which leads to an improvement in the mechanical properties. Optical microscopy was used to study the film surfaces. The general picture of the morphology of mixtures is a transparent homogeneous polyimide matrix with uniformly distributed particles in it with a dispersed phase of PET with dimensions in the range of 1-50 μm . In this case, the morphology of the film materials is more or less mesoporous. With an increase in the filler content, the structure of the final film becomes more porous. The X-ray diffraction analysis of the composite material showed that there is no crystallographic lattice in the polymers.

Key words: polyimide, filler, lavesan (PET), morphology, electron irradiation.

УДК 539.2/

A. Muradov, Zh.M. Berzhanova

THE EFFECT OF GAMMA IRRADIATION FILLER CONCENTRATION AND DOSE ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF THE «POLYIMIDE – GLASSY» SYSTEM

Abstract. Polymer materials are widely used in mechanics. The structure of polyimide glass is characterized by a low adhesion character of the interacting materials. This structure is accompanied by a polymer solvent and a mechanical separation of the polyimide film and glass. A concentration of 0.1 wt%, 0.5 wt%, 1.0 wt% glass filler was used.

After the integrated assembly of components, the accumulated matrix structure of the elements was separated from the process coil. Separation of the film from the technological coating was carried out by changing the properties of the polyimide film on the glass by penetrating the shell.

The effect of the glass glove on polyimide (PI) was investigated. The dose of obstruction was 150, 250, 600 kGr. The polyimide has been added to the glass glove with a significant increase in exposure, exposure, and aggravation.

Key words: polyimide composite material, filler, glassy, gamma irradiation, dose.

А.Д. Мұрадов, Ж. М. Бержанова

(әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Алматы, Қазақстан Республикасы, jakalaaa95@mail.ru)

ГАММА СӘУЛЕЛЕНДІРУ ДОЗАСЫНЫҢ «ПОЛИИМИД – ШЫНЫ» ЖҮЙЕСІНІҢ МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІ

Түйіндеме. Механикада полимерлі материалдар кеңінен қолданылады. Полиимидті-шыны құрылымы берілген материалдардың өзара әрекеттесуінің төмен адгезиялық сипатымен ерекшеленеді. Бұл құрылымға полярлы еріткіш әсер еткенде полиимидті қабықша мен шынының механикалық бөлінуі жүреді.

Концентрациялары: 0,1 сал.%, 0,5 сал.%, 1,0 сал.% шыны толтырғыш қолданылды. Концентрациясы ұлғайған сайын, полимерлі композитті материалдардың салыстырмалы ұзаруы кеміп жатырғанын байқаймыз.

Құраушы элементтерді интегралды жинақтағаннан кейін элементтердің жинақталған матрицалық құрылымын технологиялық төсемнен бөлу жүргізілді. Қабықшаны технологиялық төсемнен бөлу қабықша мен төсем арасына енуі есебінен полиимидті қабықшаның қасиеттерін шыныға өзгерту тәсілімен жүргізілді.

Полиимидке (ПИ) шыны толтырғышының пайыздық құраушысының әсері қарастырылды. Сәулелену дозалары 150, 250, 600 кГр құрады. Полиимидке шыны толтырғышты қосуының және сәулелендіру нәтижесінде салыстырмалы ұзаруының әлдеқайда артуына және беріктің шегінің өсуіне әкеліп соқты.

Кілт сөздер: полиимид, композиттік материал, толтырғыш, шыны, гамма сәулелендіру, доза.

Кіріспе

Полимерлі материалдар оптикалық жүйеде кеңінен қолданылады.

Қазіргі таңда жақсартылған функционалды полимерлі композитті материалдарды (ПКМ) жасау өзекті және маңызды зерттеу болып табылады [1].

Полимерлі композитті материалдарды белгілі бір толтырғыштарды қосып сәулелендіру олардың ақаулық құрылымдарының өзгеруіне алып келеді. Сонымен қатар олардың физика-химиялық қасиеттеріне және оптикалық қасиеттеріне де әсер етпей қоймайды [1].

Зерттеу кезінде әр түрлі материалдардың механикалық қасиеттерін анықтауға арналған Instron 5982 әмбебап сынау машинасы және ИК–спектроскопия әдістері қолданылды.

Полиимид шыны үлгінің әсерінен полимерлі композитті материалдың механикалық қасиетінің өзгеруі және гамма дозалы сәулеленудің әсері зерттелінген [2].

Эксперимент әдісі

Компоненттерді араластыру ұсақ дисперсті және гомогенді құрылымның түзілуіне әкелетін, басқа да байланыстардың түзілуін тежейтін терең өзара әсерлесуін туғызады.

Полимерлі материалдардың техникалық прогрессінің басты бағыты белгілі жоғарымолекулалардың модификациясы болып табылады. Композиттік материалдарды құрастыру қойылған тапсырмалардың шешімі болып табылады.

Қазіргі күнге дейін композиттік материалдардың қасиеттерін жорамалдауға мүмкіндік беретін систематикалық зерттелу жүргізілмейді [3].

Механикалық зерттеу INSTRON 5982 сынау үзілу машинасында жүргізілді. Зерттелінетін қабықшаларымыз үзілу машинасының қозғалыс механизміне арнайы қысқыштар арқылы бекітілді. Материалдарды зерттеу бірнегізді созылу түріндегі тұрақты жүктемеде және температурада $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ жүргізілді. Механикалық жүктеменің әсері үлгінің толық үзілуіне дейін іске асырылды.

Зерттеу машинасымен басқару Instron Bluehill 3 программалық жабдықтандыру әсерінен жүзеге асты.

Композитті материалдардың механикалық қасиеттерінің зерттелу әдісі MEM P 50583-93 сәйкес және америкалық стандарт D 3039/D 3039M – 00 бойынша зерттелінді.

Оптикалық шыныдан тұратын толтырғыштар 46,4% PbO, 47,0% SiO және басқа да оксидтерді; жоғары дәрежелі біртекті крондар -- 72% SiO құрайды. Шынының маркасы ТК102, сыну көрсеткіші $n_D = 1,5749$, орташа дисперсиясы $(n_F - n_C) = 1,5724$ [4].

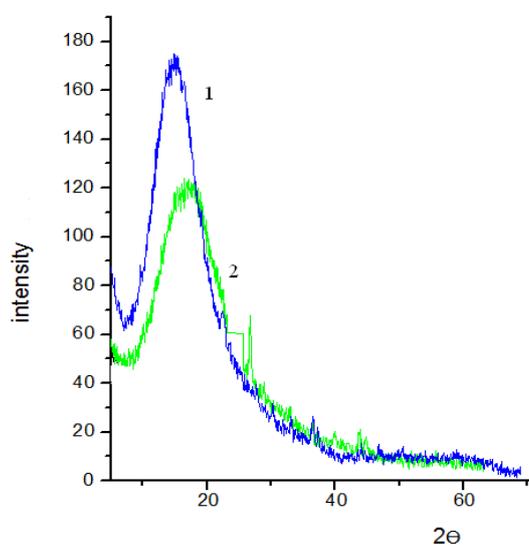
Алынған нәтижелерді талдау

Полиимидтің құрылымының өзгеруінің нәтижесінде γ -сәулелену және 1–суретте көрсетілгендей рентгенограмма анализі бойынша бірнегізді механикалық жүктеме әсер етуі байқалды. Нәтижесінде созылуы және сәулеленбеген қабықтың үзілуі бірінші максимумның интенсивтілігі бірлікке шаққанда (16°C кезінде шамамен) ~178 көрсетеді, ал сәулеленген қабықтың 250 кГр дозада аналогиялық әсері интенсивтілігінің төмендеуіне әкеліп соғады.

Интенсивтілігінің төмендеуі және пиктердің бұрыштарының өсуі бір бағытына қарай араласуы құрылымдардың қатарын бұзады және полиимидтердің макромолекулалардың үзілуі орын алады. Пиктердің өзгеруі комптондық шашыраумен байланысқан, нәтижесінде рентгендік спектр шашырауы үлкен бұрыштардың жағына қарай араласады ($\theta > 65$).

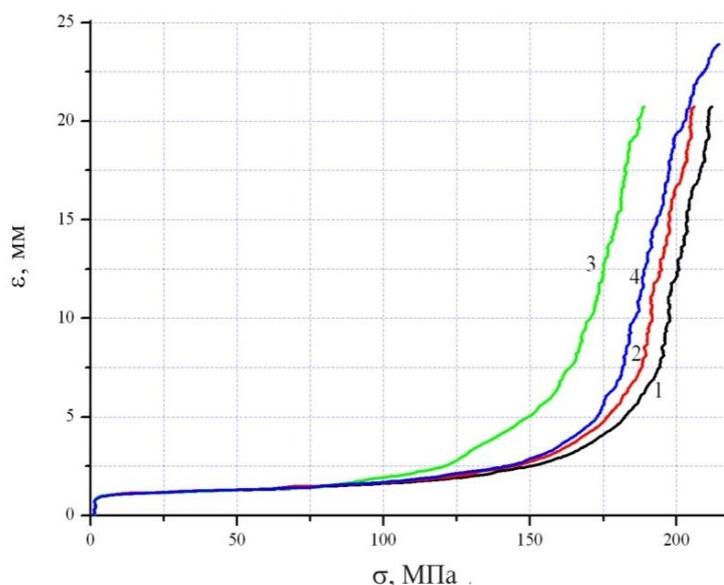
Полимерлі композиттердің сәулеленуі ол құрылымды және деструкциялы процесстермен, материалдың өзінде ағумен, қайтымды және қайтымсыз болып анықталатын олардың құрылымдық айналуына алып келеді. Назар аударатын процесстер ондағы тұрақтандырылмаған өнімдердің қатысуымен байланысқан, сонда осы өнімдердің арасында және құрылымды материалдардан, қоршаған ортадан тұратын реакция нәтижесінде жүзеге асатын химиялық айналулар салдарынан қайтымсыз болып табылады. Материал құрамының зерттеуге және гамма сәулеленуінің полимерлі композиттік материалдың (ПКМ) механикалық қасиеттеріне әсерін көрсетеді [5].

Полиимидтер көрсетілген проблеманы шешу үшін маңызды полимер болып табылады. Осы саладағы зерттеулер екі бағыт жолында полимерлер электр өткізгіш қасиеттері бойынша құрылуда. Өзірленген полиимидтердің басқа да бағалы қасиеттері бар, мысалы, фото сезгіштік, ол полиимидтердің модификациялауы «акрилатты» полимерімен қол жеткізіледі. Жекелеген физикалық-механикалық қасиеттерін жақсарту полиакрилаттарды қолдануға әкеледі. Жоғары молекулалық қосылыстарды қолдану, белгілі полимерлердің қасиеттерінің өзгерісіне ұшырауы мүмкін.



1 – үзілмеген сәулеленбеген бастапқы қабық; 2 – сәулеленуі 250 кГр және үзілген қабық

Сурет 1. Полиимидті қабықтың рентгенограммалары



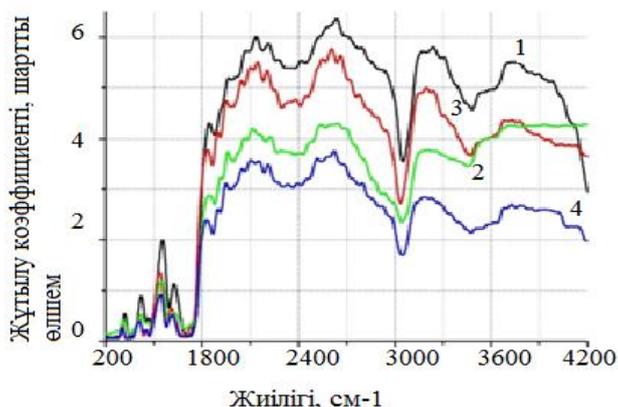
1 – D=0 кГр; 2 – D=150 кГр; 3 – D=250 кГр; 4 – D=600 кГр

Сурет 2. Салыстармалы ұзарудың (ϵ) әртүрлі дозадағы сәулеленуден кейінгі полиимидті қабықтың түсірілген күштен (σ) тәуелділігі

Полиимидті қабықтың механикалық зерттеуінің нәтижесі сәулеленуден кейінгі гамма сәулелену 2–суретте көрсетілген. Аз мөлшердегі дозада (250 кГр дейін) сәулелену полиимид қабықтың пластикалық қасиеттерін өзгертпейді, бірақ сонымен қатар сәйкес келетін дозаға беріктілігінің төмендеуі сол уақытта бақыланады. Дегенменде 600 кГр дозалы гамма сәулелену полиимид қабығындағы кері процесстерге, оның пластикалық қасиетінің үлкендеуіне және бастапқы беріктікке қайтіп келуіне алып келеді.

Механикалық зерттеу жүргізгенге дейін сәулеленген полиимидті қабықтың ИК спектрометрлік зерттеулері (3–сурет) жүргізілген болатын. Бұл 3–суреттен полиимидті қабықтың гамма сәулеленуі жиіліктеріне сәйкес келетін пиктерге әсер етпейтіні көрініп тұр ($см^{-1}$): 402, 485, 535, 580, 615, 650, 685, 740, 760, 780, 860, 895, 990, 1025, 118, 1145, 1320, 1420, 1550, 1620, 1840, 1960, 2135, 2635, 3235, 3304. Сол уақытта сәулелену дозасының көбеюі үлгінің сәулеленбеген сигналымен салыстырғанад пиктердің интенсивтілігінің төмендеуіне алып келеді. Сондай-ақ 1800–4200 $см^{-1}$ жиілік диапазонында сигналдың интенсивтілігінің төмендеуі D=150 кГр кезінде 10–12%, D=250 кГр кезінде 25–30%, D=600 кГр кезінде 35–36%, ал 1400–400 $см^{-1}$ диапазонында 5–тен 15%–ге дейін құрады.

Полиимидті ИК–спектрлі қабықтың мұндай өзгеруі гамма сәулелену әсер етуі нәтижесінде сутектік байланыстың пайда болуымен және оның құрылымындағы бос радикалдардың топтарының төмендеуінен туындайды. Сәулелену әсерінен полиимидте ИК–спектрлердің жұтылу жолақтарының интенсивтілігінің өзгеруі ондағы екі бәсекелес процесстердің ағуымен байланысты: азот атомдарымен және азот қышқылының түзілуінің қатысуымен циклдардың жасалуы.



1–D=0 кГр; 2–D=150 кГр; 3–D=250 кГр; 4–D=600 кГр

Сурет 3. Гамма сәулеленудің дозасынан тәуелді полиимидті қабықтың ИК–спектрлері

Гамма сәулеленуден кейін полиимидті қабықтың салыстырмалы беріктігінің кемуі оларды құрайтын оттегінің ұлғаюымен байланысты.

Берілген қасиеттері бойынша материалдарды алудың бірден бір перспективті бағыттарының бірі көміртекті наноқұрылымды модификацияланған (фуллеренмен, нанотүтікшемен) полимерлі материалдарды өңдеу болып табылады. Соның есебінен беріктілігін, термотұрақтылығын, ауаөткізгіштігін, электрөткізгіштігін және полимерлердің басқа да маңызды эксплуатационды қасиеттерін өзгереді.

Композиттік материалдардың құраушылары геометриялық белгілері бойынша әртүрлі болады. Оның ішінде материалдың механикалық қасиеттеріне жауап беретін армируші элемент (толықтырғыш) және біртұтас көлемде таралатын негізгі компонент матрицасы болады. Бір материалда бірнеше матрицаларды (полиматрицалық композитті материалдар) немесе әртүрлі ортадағы толтырғыштарды (гибридті композитті материалдар) қолдану композитті материалдардың қасиетін мүмкіндігінше реттеп едәуір кеңейтеді.

Қорытынды

Полимерлі комозитті материал қабықшаларының және «Гамма сәулелендіру дозасының «полиимид – шыны»» жүйесін талдау арқылы мынадай қорытынды жасалынды:

1) Полиимидтің құрылымының өзгеруінің нәтижесінде γ -сәулелену рентгенограмма талдауы бойынша біртегізді механикалық жүктеме әсер етуі байқалды. Нәтижесінде созылуы және сәулеленбеген қабықтың үзілуі бірінші максимумның интенсивтілігі бірлікке шаққанда (16° кезінде шамамен) ~ 178 көрсетеді, ал сәулеленген қабықтың 250 кГр дозада аналогиялық әсері интенсивтілігінің (18° кезінде шамамен) ~ 120 төмендеуіне әкеліп соғады. Сол себептен полимерлі матрицада макромолекулалардың саны кеміді.

2) Полиимидті қабықтың механикалық зерттеуінің нәтижесі сәулеленуден кейінгі гамма сәулеленуі көрсетілді. Аз мөлшердегі дозада (250 кГр дейін) сәулелену ПИ қабықтың пластикалық қасиеттерін өзгертпейді, бірақ сонымен қатар сәйкес келетін дозаға беріктілігінің төмендеуі $1-D=0$ кГр; $2-D=150$ кГр; $3-D=250$ кГр; $4-D=600$ кГр сол уақытта бақыланды. Дегенменде 600 кГр дозалы гамма сәулелену ПИ қабықшадағы кері процесстерге, оның пластикалық қасиетінің үлкендеуіне және бастапқы беріктікке қайтіп келуіне алып келеді.

3) Полиимидті қабықтың гамма сәулеленуі жиіліктеріне сәйкес келетін пиктерге әсер етпейтінін байқаймыз. Сондай-ақ $1800-4200$ $см^{-1}$ жиілік диапазонында сигналдың интенсивтілігінің төмендеуі $D=150$ кГр кезінде $10-12\%$, $D=250$ кГр кезінде $25-30\%$, $D=600$ кГр кезінде $35-36\%$, ал $1400-400$ $см^{-1}$ диапазонында 5 -тен 15% -ге дейін құрады. Гамма сәулеленуден кейін полиимидті қабықтың салыстырмалы беріктігінің кемуі оларды құрайтын оттегінің ұлғаюымен байланысты.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Nishira T., Nishijima S., Okada T. Creep behavior of an epoxy resin and an epoxy-Based FRP in condition of simultaneous supply of radiation and stress at cryogenic temperatures //JAERI- Conf. – 1995. – V. 95-020. – I.15., p.7. – P. 55-61.

[2] Купчишин А.И., Воронова Н.А., Ковтунец В.А., Омарбекова Ж., Бахтыбеков К.С., Таипова Б.Г., Герасименко Н.Н. Механотермические свойства полимерных пленок, облученных релятивистскими электронами //Оборонный комплекс-научно-техническому прогрессу России. – М.: Мир, 2005. – 34 с.

[3] Купчишин А.И., Мурадов А.Д., Таипова Б.Г., Искаков Р.М., Абилова М. Физико-механические и оптические свойства полиимидных материалов и их композиций // Труды 5-ой международной конференции «Радиационно-термические эффекты и процессы в неорганических материалах» (28 июля-4 августа, 2006, Томск). - С. 342-346.

[4] Рябых С.М., Купчишин А.И., Нуркеева З.С., Таипова Б.Г., Тронин Б.А., Омарбекова Ж. Экспериментальные исследования физико-механических свойств полиимидных пленок // Труды Международной конференции «Физико-химические процессы в неорганических материалах (ФХП-9)». – Кемерово, 2004. – Т. 1. – С.580-583

[5] Helmbold A., Meissner D. Optical absorption of amorphous hydrogenated carbon thin films // Thin solid films. – 1996.-V.283.- P. 196-203.

Мурадов А.Д., Бержанова Ж.М.

Влияние дозы гамма облучения на механические свойства системы «полиимид – стекло»

Резюме: Полимерные материалы широко используются в механике. Структура полиимидного стекла характеризуется низким адгезионным характером взаимодействующих материалов. Эта структура сопровождается полимерным растворителем и механическим разделением полиимидной пленки и стекла. Концентрации: $0,1\%$, $0,5\%$, $1,0$ мас.% стеклянного наполнителя. По мере увеличения концентрации мы обнаруживаем, что относительное удлинение полимерных композиционных материалов уменьшается.

После интегрированной сборки компонентов накопленная матричная структура элементов была отделена от технологической катушки. Отделение пленки от технологического покрытия проводили путем изменения свойств пленки полиимида на стекло путем проникновения оболочки.

Рассмотрен эффект процентного содержания стеклянного наполнителя на полиимиде (ПИ). Дозы облучения составили 150 , 250 , 600 кГр. Полиимид был вызван добавлением стеклянного наполнителя и значительным увеличением относительного удлинения, вызванного облучением и увеличением прочности.

Ключевые слова: полиимид, композитный материал, наполнитель, стекло, гамма облучение, доза.

Muradov A., Berzhanova Zh.M.

The effect of gamma irradiation filler concentration and dose on the mechanical properties of the «polyimide – glassy» system

Summary. Polymer materials are widely used in mechanics. The structure of polyimide glass is characterized by a low adhesion character of the interacting materials. This structure is accompanied by a polymer solvent and a mechanical separation of the polyimide film and glass. A concentration of 0.1 wt%, 0.5 wt%, 1.0 wt% glass filler was used.

After the integrated assembly of components, the accumulated matrix structure of the elements was separated from the process coil. Separation of the film from the technological coating was carried out by changing the properties of the polyimide film on the glass by penetrating the shell.

The effect of the glass glove on polyimide (PI) was investigated. The dose of obstruction was 150, 250, 600 kGr. The polyimide has been added to the glass glove with a significant increase in exposure, exposure, and aggravation.

Key words: polyimide composite material, filler, glassy, gamma irradiation, dose.

UDC 517.957, 532.5

G.N. Shaikhova, G.G. Tulegaliyeva, A.M. Syzdykova
(L.N.Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan
e-mail: g.shaikhova@gmail.com)

CONSERVATION LAWS FOR NONLINEAR INTEGRABLE EQUATIONS OF HIROTA TYPE

Abstract: Conservation laws play an important role in the study of integrability for nonlinear equations. In the present paper, we construct conservation laws with symbolic computation from the Riccati form of the Lax pair for the nonlinear integrable equations of Hirota type namely for one-component Hirota equation, two-component Hirota equations, three-component Hirota equations.

Key words: conservation laws, one-component Hirota equation, two-component Hirota equations, three-component Hirota equations, Lax pair, Riccati equation.

Introduction. Nonlinear evolution equations have been the subject of studies in various branches of nonlinear sciences [1-7]. For a nonlinear equation existence of the infinitely many conservation laws has been claimed to be a definition of the complete integrability [8-9]. Conservation laws appear in various areas of the applied sciences. One of the interesting integrable equation is the so-called Hirota equation. It describes the nonlinear dynamics of femtosecond pulse propagation through doped fiber [10]-[14]. There are various methods [15-18] to compute conservation laws of nonlinear partial differential equations.

In this work, we construct infinitely many conservation laws for the for one-component Hirota equation, two-component Hirota equations, three-component Hirota equations with symbolic computation from the Riccati form of the Lax pair. The method that used in this paper was applied to several nonlinear evolution equations in mathematical physics [17].

The paper is organized as follows. In Section 2, we construct infinitely many conservation laws for Hirota type equations. The conclusion is given in Section 3.

Conservation laws

Conservation laws for one-component Hirota equation

The one-component Hirota equation takes the form

$$iq_t + \alpha(2|q|^2 q + q_{xx}) + i\beta(q_{xxx} + 6|q|^2 q_x) = 0. \quad (1)$$

The Lax pair for equation (1) can be expressed as follows:

$$\Phi_x = M\Phi, \quad (2)$$

$$\Phi_t = N\Phi, \quad (3)$$

where $\Phi = (\psi_1, \psi_2)^T$, and

$$M = \begin{pmatrix} -i\lambda & q \\ -q^* & i\lambda \end{pmatrix}, \quad N = \lambda^3 \begin{pmatrix} -4\beta i & 0 \\ 0 & 4\beta i \end{pmatrix} + \lambda^2 \begin{pmatrix} -2\alpha i & 4\beta q \\ -4\beta q^* & 2\alpha i \end{pmatrix} + \lambda \begin{pmatrix} 2\beta i |q|^2 & 2\beta i q_x + 2\alpha q \\ 2\beta i q_x^* - 2\alpha q^* & -2\beta i |q|^2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} i\alpha |q|^2 + \beta(qq_x^* - q^* q_x) & i\alpha q_x^* - \beta(q_{xx}^* - 2|q|^2 q^*) \\ i\alpha q_x + \beta(q_{xx}^* - 2|q|^2 q^*) & -i\alpha |q|^2 - \beta(qq_x^* - q^* q_x) \end{pmatrix}.$$

Here λ is a complex spectral parameter, and "*" denotes the complex conjugate. One can verify that the compatibility condition $M_t - N_x + MN - NM = 0$, gives rise to equation (1).

By introducing $\Gamma = \frac{\psi_2}{\psi_1}$, equations (2)-(3) generate a Γ -Riccati-type equation, corresponding to equation (1), as:

$$\Gamma_x = -q^* + 2i\lambda\Gamma - q\Gamma^2. \quad (4)$$

Substitution of the expansion $\Gamma = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\lambda^{-n} \Gamma_n}{q}$ into equation (4) yields the recursion formulas for Γ_n , by equating the like powers of λ to zero, as

$$\Gamma_1 = -\frac{i}{2}|q|^2, \quad (5)$$

$$\Gamma_2 = -\frac{i}{2} \left(\Gamma_{1,x} - \frac{q_x}{q} \Gamma_1 \right), \quad (6)$$

$$\Gamma_3 = -\frac{i}{2} \left(\Gamma_{2,x} - \frac{q_x}{q} \Gamma_2 + \Gamma_1^2 \right), \quad (7)$$

$$\Gamma_{j+1} = -\frac{i}{2} \left(\Gamma_{j,x} - \frac{q_x}{q} \Gamma_j + \sum_{k=1}^{j-1} \Gamma_k \Gamma_{j-k} \right), (j=2,3,4,\dots) \quad (8)$$

Consequently, utilizing $(\ln \psi_1)_{tx} = (\ln \psi_1)_{xt}$ and symbolic computation, we obtain infinite conservation laws for equation (1)

$$\frac{\partial}{\partial t} \rho_i = \frac{\partial}{\partial x} J_i, (i=1,2,3,\dots) \quad (9)$$

where ρ_i and $J_i, (i=1,2,3,\dots)$ are the conserved densities and associated fluxes. Among them, the first three conservation laws are listed as

$$\begin{aligned} \rho_1 &= -\frac{i}{2}|q|^2, \\ J_1 &= i\alpha|q|^2 + \beta(qq_x^* - q^*q_x) - \alpha i|q|^2, \\ \rho_2 &= -\frac{1}{4}q_x^*q, \\ J_2 &= \frac{i}{2}\beta q_{xx}^*q - \frac{i}{2}|q|^4 - \frac{i}{2}\beta q_x q_x^* - \frac{1}{2}\alpha q q_x^* + \frac{1}{2}\alpha q^* q_x + \frac{i}{2}\beta q_{xx} q^*, \\ \rho_3 &= \frac{i}{8}q_{xx}^*q + \frac{i}{8}|q|^4, \\ J_3 &= \frac{1}{4}\beta q_{xxx}^*q - \frac{1}{4}q^2(q_x^*)^2 - \frac{1}{4}\beta q_x q_{xx}^* + \frac{1}{4}\alpha q q_{xx}^* + \frac{i}{4}\alpha|q|^4 - \frac{i}{4}\alpha q_x q_x^* - \frac{1}{4}\beta q_{xx} q_x^*. \end{aligned}$$

The existent of infinite conservation laws helpfully indicates the completely integrable property of equation (1).

Conservation laws for two-component Hirota equation.

The two-component Hirota equations are as following :

$$q_{1x} = \frac{1}{2}i\beta q_{1tt} + i(|q_1|^2 + |q_2|^2)\beta q_1 + \varepsilon(q_{1ttt} + 3(|q_1|^2 + |q_2|^2)q_{1t} + 3(q_{1t}q_1^* + q_{2t}q_2^*)q_1), \quad (10)$$

$$q_{2x} = \frac{1}{2}i\beta q_{2tt} + i(|q_1|^2 + |q_2|^2)\beta q_2 + \varepsilon(q_{2ttt} + 3(|q_1|^2 + |q_2|^2)q_{2t} + 3(q_{1t}q_1^* + q_{2t}q_2^*)q_2). \quad (11)$$

The Lax pair corresponding to equation (10)-(11) can be given by A and B in equations (12) - (13) expressed as

$$\Phi_t = A\Phi, \tag{12}$$

$$\Phi_x = B\Phi, \tag{13}$$

where

$$A = \begin{pmatrix} -i\lambda & q_1 & q_2 \\ -q_1^* & i\lambda & 0 \\ -q_2^* & 0 & i\lambda \end{pmatrix} = -i\lambda\sigma_3 + A_0, \tag{14}$$

$$B = \lambda^3 B_3 + \lambda^2 B_2 + \lambda B_1 + B_0,$$

$$(15) B_3 := -8i\varepsilon \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, B_2 := \begin{pmatrix} 0 & q_1 & q_2 \\ -q_1^* & 0 & 0 \\ -q_2^* & 0 & 0 \end{pmatrix}, B_1 := \begin{pmatrix} |q_1|^2 + |q_2|^2 & q_{1t} & q_{2t} \\ q_{1t}^* & -|q_1|^2 & -q_2 q_1^* \\ q_{2t}^* & -q_1 q_2^* & -|q_2|^2 \end{pmatrix};$$

$$B_0 := \begin{pmatrix} q_{1t} q_1^* - q_{1t}^* q_1 + q_{2t} q_2^* - q_{2t}^* q_2 & q_{1tt} + 2q_1(|q_1|^2 + |q_2|^2) & q_{2tt} + 2q_2(|q_1|^2 + |q_2|^2) \\ -q_{1tt}^* - 2q_1^*(|q_1|^2 + |q_2|^2) & -(q_{1t} q_1^* - q_{1t}^* q_1) & -(q_{2t} q_1^* - q_{1t}^* q_2) \\ -q_{2tt}^* - 2q_2^*(|q_1|^2 + |q_2|^2) & -(q_{1t} q_2^* - q_{2t}^* q_1) & -(q_{2t} q_2^* - q_{2t}^* q_2) \end{pmatrix};$$

$$\sigma_3 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{pmatrix} A_0 = \begin{pmatrix} 0 & q_1 & q_2 \\ -q_1^* & 0 & 0 \\ -q_2^* & 0 & 0 \end{pmatrix}. \tag{16}$$

Here q_1 and q_2 are the slowly varying amplitudes of the signal, β and ε are constants.

Using $\Gamma_1 = \psi_2/\psi_1, \Gamma_2 = \psi_3/\psi_1$, we can derive a Γ -Riccati-type equation from the Lax pair of equations (12) – (13) as

$$\Gamma_{1t} = -q_1^* + 2i\lambda\Gamma_1 - q_1\Gamma_1^2 - q_2\Gamma_1\Gamma_2, \tag{17}$$

$$\Gamma_{2t} = -q_2^* + 2i\lambda\Gamma_2 - q_2\Gamma_2^2 - q_1\Gamma_1\Gamma_2. \tag{18}$$

Substituting the expansions $\Gamma_1 = \frac{1}{q_1} \sum_{j=1}^{\infty} \Gamma_{1j}(x,t)\lambda^{-j}, \Gamma_2 = \frac{1}{q_2} \sum_{j=1}^{\infty} \Gamma_{2j}(x,t)\lambda^{-j}$ into equations (17) - (18)

and equating the like powers of λ to zero, we can obtain the recursion formulas for Γ_n

$$\Gamma_{11} = -\frac{i}{2}|q_1|^2, \tag{19}$$

$$\Gamma_{12} = -\frac{i}{2} \left(\Gamma_{11t} - \frac{q_{1t}}{q_1} \Gamma_{11} \right), \tag{20}$$

$$\Gamma_{13} = -\frac{i}{2} \left(\Gamma_{12t} - \frac{q_{1t}}{q_1} \Gamma_{12} + \Gamma_{11}^2 + \Gamma_{11} \Gamma_{21} \right), \tag{21}$$

$$\Gamma_{21} = -\frac{i}{2}|q_2|^2, \tag{22}$$

$$\Gamma_{22} = -\frac{i}{2} \left(\Gamma_{21t} - \frac{q_{2t}}{q_2} \Gamma_{21} \right), \tag{23}$$

$$\Gamma_{23} = -\frac{i}{2} \left(\Gamma_{22t} - \frac{q_{2t}}{q_2} \Gamma_{22} + \Gamma_{21}^2 + \Gamma_{11} \Gamma_{21} \right). \tag{24}$$

Correspondingly, via similar calculations as these in the previous case, the infinitely many conservation laws for equations (10) - (11) can be systematically computed as

$$i \frac{\partial}{\partial t} \rho_i = \frac{\partial}{\partial x} J_i, (i = 1, 2, 3, \dots)$$

and then we can find the first three conservation laws

$$\begin{aligned} \rho_1 &= -\frac{i}{2} (|q_1|^2 + |q_2|^2), \\ J_1 &= q_{1t} q_1^* + q_{2t} q_2^* - \frac{5}{4} (q_{1t}^* q_1 + q_{2t}^* q_2) - \frac{i}{2} (q_{1t} q_1^* + q_{2t} q_2^*), \\ \rho_2 &= -\frac{1}{4} (q_{1t}^* q_1 + q_{2t}^* q_2), \\ J_2 &= \frac{i}{8} (|q_1|^4 + q_{1tt}^* q_1 + |q_2|^4 + q_{2tt}^* q_2) - \frac{1}{4} (q_{1t}^* q_1 + q_{2t}^* q_2) \cdot \left(\frac{q_{1t}}{q_1} + \frac{q_{2t}}{q_2} \right) - \\ &\frac{i}{2} (|q_1|^2 + |q_2|^2) \cdot \left(\frac{q_{1tt}}{q_1} + \frac{q_{2tt}}{q_2} \right) - i (|q_1|^2 + |q_2|^2)^2, \\ \rho_3 &= \frac{i}{8} (|q_1|^4 + q_{1tt}^* q_1 + |q_2|^4 + q_{2tt}^* q_2), \\ J_3 &= \frac{i}{8} (|q_1|^4 + q_{1tt}^* q_1 + |q_2|^4 + q_{2tt}^* q_2) \cdot \left(\frac{q_{1t}}{q_1} + \frac{q_{2t}}{q_2} \right) - \frac{1}{4} (q_{1t}^* q_1 + q_{2t}^* q_2) \cdot \left(\frac{q_{1tt}}{q_1} + \frac{q_{2tt}}{q_2} \right) + \\ &\frac{i}{4} (|q_1|^4 + q_{1tt}^* q_1 + |q_2|^4 + q_{2tt}^* q_2) \cdot (|q_1|^2 + |q_2|^2) \end{aligned}$$

The existent of infinite conservation laws helpfully indicates the completely integrable property of equation (10)-(11).

Conservation laws for three-component Hirota equations

The three-component Hirota equations have next view

$$iq_{1t} + \frac{1}{2} q_{1xx} + (|q_1|^2 + |q_2|^2 + |q_3|^2) q_1 + i\varepsilon [q_{1xxx} + 3(2|q_1|^2 + |q_2|^2 + |q_3|^2) q_{1x} + 3q_1 (q_2^* q_{2x} + q_3^* q_{3x})] = 0, \quad (25)$$

$$iq_{2t} + \frac{1}{2} q_{2xx} + (|q_1|^2 + |q_2|^2 + |q_3|^2) q_2 + i\varepsilon [q_{2xxx} + 3(2|q_1|^2 + |q_2|^2 + |q_3|^2) q_{2x} + 3q_2 (q_1^* q_{1x} + q_3^* q_{3x})] = 0, \quad (26)$$

$$iq_{3t} + \frac{1}{2} q_{3xx} + (|q_1|^2 + |q_2|^2 + |q_3|^2) q_3 + i\varepsilon [q_{3xxx} + 3(2|q_1|^2 + |q_2|^2 + |q_3|^2) q_{3x} + 3q_3 (q_1^* q_{1x} + q_2^* q_{2x})] = 0, \quad (27)$$

where $q_1(x, t)$, $q_2(x, t)$ and $q_3(x, t)$ are the complex envelopes of three fields. The Lax pair has next view

$$\Phi_x = U\Phi = (\lambda U_0 + U_1)\Phi, \quad (28)$$

$$\Phi_t = V\Phi = (\lambda^3 V_0 + \lambda^2 V_1 + \lambda V_2 + V_3)\Phi, \quad (29)$$

where U and V can be expressed in following polynomials about complex constant eigenvalue parameter λ

$$U = \frac{1}{12\varepsilon} \begin{bmatrix} -2i & 0 & 0 & 0 \\ 0 & i & 0 & 0 \\ 0 & 0 & i & 0 \\ 0 & 0 & 0 & i \end{bmatrix}, \quad U_1 = \begin{bmatrix} 0 & -q_1 & -q_2 & -q_3 \\ q_1^* & 0 & 0 & 0 \\ q_2^* & 0 & 0 & 0 \\ q_3^* & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad V_0 = \frac{1}{16\varepsilon} U_0,$$

$$V_1 = \frac{1}{8\varepsilon}U_0 + \frac{1}{16\varepsilon}U_1, \quad V_2 = \frac{1}{4} \begin{bmatrix} ie & -\frac{q_1}{2\varepsilon} - iq_{1x} & -\frac{q_2}{2\varepsilon} - iq_{2x} & -\frac{q_3}{2\varepsilon} - iq_{3x} \\ \frac{q_1^*}{2\varepsilon} - iq_{1x}^* & -i|q_1|^2 & -iq_1^*q_2 & -iq_1^*q_3 \\ \frac{q_2^*}{2\varepsilon} - iq_{2x}^* & -iq_2^*q_1 & -i|q_2|^2 & -iq_2^*q_3 \\ \frac{q_3^*}{2\varepsilon} - iq_{3x}^* & -iq_3^*q_1 & -iq_3^*q_2 & -i|q_3|^2 \end{bmatrix},$$

$$V_3 = \begin{bmatrix} \varepsilon(e_1 + e_2 + e_3) + \frac{i}{2}e & \varepsilon e_4 - \frac{i}{2}q_{1x} & \varepsilon e_5 - \frac{i}{2}q_{2x} & \varepsilon e_6 - \frac{i}{2}q_{3x} \\ -\varepsilon e_4^* - \frac{i}{2}q_{1x}^* & -\varepsilon e_1 - \frac{i}{2}|q_1|^2 & -\varepsilon e_7 - \frac{i}{2}iq_1^*q_2 & -\varepsilon e_8 - \frac{i}{2}q_1^*q_3 \\ -\varepsilon e_5^* - \frac{i}{2}q_{2x}^* & -\varepsilon e_7^* - \frac{i}{2}q_2^*q_1 & -\varepsilon e_2 - \frac{i}{2}|q_2|^2 & -\varepsilon e_9 - \frac{i}{2}q_2^*q_3 \\ -\varepsilon e_6^* - \frac{i}{2}q_{3x}^* & -\varepsilon e_8^* - \frac{i}{2}q_3^*q_1 & -\varepsilon e_9^* - \frac{i}{2}q_3^*q_2 & -\varepsilon e_3 - \frac{i}{2}|q_3|^2 \end{bmatrix},$$

with

$$e = |q_1|^2 + |q_2|^2 + |q_3|^2, \quad e_1 = q_1q_{1x}^* - q_{1x}q_1^*, \quad e_2 = q_2q_{2x}^* - q_{2x}q_2^*,$$

$$e_3 = q_3q_{3x}^* - q_{3x}q_3^*, \quad e_4 = q_{1xx} + 2eq_1, \quad e_5 = q_{2xx} + 2eq_2,$$

$$e_6 = q_{3xx} + 2eq_3, \quad e_7 = q_1q_{2x}^* - q_{1x}q_2^*, \quad e_8 = q_1q_{3x}^* - q_{1x}q_3^*, \quad e_9 = q_2q_{3x}^* - q_{2x}q_3^*,$$

Here, the column vector is $\Phi = (\phi, \varphi, \chi, \psi)^T$ eigenfunction and λ is a spectral parameter. Actually, equation (25)-(27) can be directly figured out by the following compatibility condition $U_t - V_x + [U, V] = 0$.

Defining $\Gamma_1 = \varphi/\phi, \Gamma_2 = \chi/\phi, \Gamma_3 = \psi/\phi$, we can derive a Γ -Riccati-type equation from the Lax pair of equation (28)-(29) as

$$\Gamma_{1x} = q_1^* + \frac{i\lambda}{4\varepsilon} \Gamma_1 + q_1\Gamma_1^2 + q_2\Gamma_1\Gamma_2 + q_3\Gamma_1\Gamma_3, \quad (30)$$

$$\Gamma_{2x} = q_2^* + \frac{i\lambda}{4\varepsilon} \Gamma_2 + q_2\Gamma_2^2 + q_1\Gamma_1\Gamma_2 + q_3\Gamma_2\Gamma_3, \quad (31)$$

$$\Gamma_{3x} = q_3^* + \frac{i\lambda}{4\varepsilon} \Gamma_3 + q_3\Gamma_3^2 + q_1\Gamma_1\Gamma_3 + q_2\Gamma_2\Gamma_3. \quad (32)$$

Substituting the expansions $\Gamma_1 = \frac{1}{q_1} \sum_{j=1}^{\infty} \Gamma_{1j}(x,t)\lambda^j, \Gamma_2 = \frac{1}{q_2} \sum_{j=1}^{\infty} \Gamma_{2j}(x,t)\lambda^j$, and

$\Gamma_3 = \frac{1}{q_3} \sum_{j=1}^{\infty} \Gamma_{3j}(x,t)\lambda^j$ into equations (30) – (32) and equating the like powers of λ to zero, we can obtain the recursion formulas for Γ_n

$$\Gamma_{11} = 4i\varepsilon|q_1|^2, \quad (33)$$

$$\Gamma_{12} = 4i\varepsilon \left(\frac{q_{1x}}{q_1} \Gamma_{11} - \Gamma_{11x} \right), \quad (34)$$

$$\Gamma_{13} = 4i\varepsilon \left(\frac{q_{1x}}{q_1} \Gamma_{12} - \Gamma_{12x} + \Gamma_{11}^2 + \Gamma_{11} \Gamma_{21} + \Gamma_{11} \Gamma_{31} \right), \quad (35)$$

$$\Gamma_{21} = 4i\varepsilon |q_2|^2, \quad (36)$$

$$\Gamma_{22} = 4i\varepsilon \left(\frac{q_{2x}}{q_2} \Gamma_{21} - \Gamma_{21x} \right), \quad (37)$$

$$\Gamma_{23} = 4i\varepsilon \left(\frac{q_{21x}}{q_2} \Gamma_{22} - \Gamma_{22x} + \Gamma_{21}^2 + \Gamma_{11} \Gamma_{21} + \Gamma_{21} \Gamma_{31} \right), \quad (38)$$

$$\Gamma_{31} = 4i\varepsilon |q_3|^2, \quad (39)$$

$$\Gamma_{32} = 4i\varepsilon \left(\frac{q_{3x}}{q_3} \Gamma_{31} - \Gamma_{31x} \right), \quad (40)$$

$$\Gamma_{13} = 4i\varepsilon \left(\frac{q_{3x}}{q_3} \Gamma_{32} - \Gamma_{32x} + \Gamma_{31}^2 + \Gamma_{11} \Gamma_{31} + \Gamma_{21} \Gamma_{31} \right). \quad (41)$$

Similarly, by using $(\ln \psi_1)_{ix} = (\ln \psi_1)_{xt}$ and symbolic computation the infinitely many conservation laws for the system of equations (25)-(27) can be constructed

$$\frac{\partial}{\partial t} \rho_i = \frac{\partial}{\partial x} J_i, (i = 1, 2, 3, \dots)$$

where ρ_i and $J_i, (i = 1, 2, 3, \dots)$ are the conserved densities and associated fluxes respectively, while the first three conservation laws are shown as

$$\begin{aligned} \rho_1 &= -4i\varepsilon (|q_1|^2 + |q_2|^2 + |q_3|^2), \\ J_1 &= 4i\varepsilon^2 (q_1 q_{1xx}^* + q_2 q_{2xx}^* + q_3 q_{3xx}^* + |q_1|^4 + |q_2|^4 + |q_3|^4 + 2|q_1|^2 |q_2|^2 + 2|q_1|^2 |q_3|^2 + 2|q_2|^2 |q_3|^2) + \\ &\left(2\varepsilon + 4i\varepsilon^2 \frac{q_{1x}}{q_1} \right) \cdot q_1 q_{1x}^* + \left(2\varepsilon + 4i\varepsilon^2 \frac{q_{2x}}{q_2} \right) \cdot q_2 q_{2x}^* + \left(2\varepsilon + 4i\varepsilon^2 \frac{q_{3x}}{q_3} \right) \cdot q_3 q_{3x}^* - 4i\varepsilon^2 e_4 q_1^* - 2\varepsilon q_{1x} q_1^* - \\ &4i\varepsilon^2 e_5 q_2^* - 2\varepsilon q_{2x} q_2^* - 4i\varepsilon^2 e_6 q_3^* - 2\varepsilon q_{3x} q_3^*, \\ \rho_2 &= -16\varepsilon^2 (q_1 q_{1x}^* + q_2 q_{2x}^* + q_3 q_{3x}^*), \\ J_2 &= \left(8i\varepsilon^2 - 16\varepsilon^3 \frac{q_{1x}}{q_1} \right) \cdot (q_1 q_{1xx}^* + |q_1|^4 + |q_1|^2 |q_2|^2 + |q_1|^2 |q_3|^2) + \left(8i\varepsilon^2 - 16\varepsilon^3 \frac{q_{2x}}{q_2} \right) \times \\ &(q_2 q_{2xx}^* + |q_2|^4 + |q_1|^2 |q_2|^2 + |q_2|^2 |q_3|^2) + \left(8i\varepsilon^2 - 16\varepsilon^3 \frac{q_{3x}}{q_3} \right) \cdot (q_3 q_{3xx}^* + |q_3|^4 + |q_1|^2 |q_3|^2 + |q_2|^2 |q_3|^2) - \\ &\left(\varepsilon \frac{e_4}{q_1} - \frac{i q_{1x}}{2 q_1} \right) \cdot 16\varepsilon^2 q_1 q_{1x}^* - \left(\varepsilon \frac{e_5}{q_2} - \frac{i q_{2x}}{2 q_2} \right) \cdot 16\varepsilon^2 q_2 q_{2x}^* - \left(\varepsilon \frac{e_6}{q_3} - \frac{i q_{3x}}{2 q_3} \right) \cdot 16\varepsilon^2 q_3 q_{3x}^*, \\ \rho_3 &= -64i\varepsilon^3 (q_1 q_{1xx}^* + q_2 q_{2xx}^* + q_3 q_{3xx}^* + |q_1|^4 + |q_2|^4 + |q_3|^4 + 2|q_1|^2 |q_2|^2 + 2|q_1|^2 |q_3|^2 + 2|q_2|^2 |q_3|^2), \\ J_3 &= \left(\varepsilon \frac{e_4}{q_1} - \frac{i q_{1x}}{2 q_1} \right) (-64i\varepsilon^3 (q_1 q_{1xx}^* + |q_1|^4 + |q_1|^2 |q_2|^2 + |q_1|^2 |q_3|^2)) + \left(\varepsilon \frac{e_5}{q_2} - \frac{i q_{2x}}{2 q_2} \right) \times \\ &(-64i\varepsilon^3 (q_2 q_{2xx}^* + |q_2|^4 + |q_1|^2 |q_2|^2 + |q_2|^2 |q_3|^2)) + \left(\varepsilon \frac{e_6}{q_3} - \frac{i q_{3x}}{2 q_3} \right) \cdot (-64i\varepsilon^3 (q_3 q_{3xx}^* + |q_3|^4 + |q_1|^2 |q_3|^2 + |q_2|^2 |q_3|^2)) \end{aligned}$$

The existent of infinite conservation laws helpfully indicates the completely integrable property of equation (25)-(27).

Conclusion

In the present paper, infinitely many conservation laws for certain nonlinear evolution equations are systemically constructed in a simple way from the Riccati form of the Lax pair. The equations investigated here include one-component Hirota equation, two-component Hirota equations, three-component Hirota equations which are of interest and significance in mathematical physics. The existence of infinitely many conservation laws indicates the completely integrable property of these models.

REFERENCES

- [1] Ablowitz M. J., Clarkson P. A. Solitons, Nonlinear Evolution Equations and Inverse Scattering- Cambridge University Press: Cambridge, 1991.
- [2] Ablowitz, M. J., Segur, H. Solitons and the Inverse Scattering Transform- SIAM: Philadelphia, 1981.
- [3] Wazwaz A. Partial differential equations and solitary waves theory- Springer, 2009.-P.74
- [4] Matveev V.B., Salle M.A. Darboux transformations and solitons -Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 1991.
- [5] Yesmakanova K R, Shaikhova G N, Bekova G T, Myrzakulova Zh R Determinant Representation of Darboux transformation for the (2+1)-dimensional Schrodinger-Maxwell-Bloch Equation // Advances in Intelligent Systems and Computing,-2016,- 441,-P.183-198
- [6] Chen A., Li X., Soliton solutions of the coupled dispersionless equation //Physics Letters A -2007, - 370, -P. 281-286
- [7] Zhaq L., Zhao Y. and Li Zh. N-soliton solution of a coupled integrable dispersionless equation// Chinese Physics B-2009, Vol 18 (05), P.1780-1786.
- [8] Qi F., Ju H., Li X. Conservation laws and Darboux transformation for the coupled cubic-quintic nonlinear Schrödinger equations with variable coefficients in nonlinear optics // Nonlinear Dynamic
- [9] Zhang Zh. Conservation laws of partial differential equations: Symmetry, adjoint symmetry and nonlinear self-adjointness // Computers and Mathematics with Applications 74 -2017-P. 3129-3140
- [10] Yesmakanova K R, Shaikhova G N, Bekova G T Soliton solutions of the Hirota system // AIP Conference Proceedings,-2016, -1759, -P.020147
- [11] Yang J., Li Ch., Li T., Cheng Z., Darboux transformations and solitons of the two-component Hirota-Maxwell-Bloch system //China physics letters - 2013. P. 106.
- [12] Xi-Yang X., Bo T., Wen-Rong S., Ya Suna, and De-Yin Liua Soliton collisions for a generalized variable-coefficient coupled Hirota-Maxwell-Bloch system for an erbium-doped optical fiber//Journal of Modern Optics, -2015. P.1-8.
- [13] Porsezian K., Mahalingam A., Shanmugha P. Sundaram Solitons in the system of coupled Hirota-Maxwell-Bloch equations// Chaos, Solitons and Fractals 11 -2000-P.1261-1264
- [14] S.G. Bindu, A. Mahalingam, K. Porsezian Dark soliton solutions of the coupled Hirota equation in nonlinear fiber// Physics Letters A 286-2001-P. 321-331
- [15] Hereman, W., Colagrosso, M., Sayers, R., Ringler, A., Deconinck, B., Nivala, M., Hickman, M. S. In Differential Equations with Symbolic Computation// Birkh"auser Verlag: Basel,-2005.
- [16] Hereman, W., Sanders, J. A., Sayers, J., Wang, J. P. In Group Theory and Numerical Methods, CRM Proc. Lect. Ser. 39, Winternitz, P. Gomez-Ullate, D., //AMS:Providence, Rhode Island, -2005, P. 267-282.
- [17] Lu X., Peng M. Systematic construction of infinitely many conservation laws for certain nonlinear evolution equations in mathematical physics//Commun Nonlinear Sci Numer Simulat-2013.018.-P.2304-2312
- [18] Bruzón M. S., Garrido T. M., de la Rosa R. Conservation laws and exact solutions of a Generalized Benjamin-Bona-Mahony-Burgers equation // Chaos, Solitons and Fractals -2016.-89.-P. 578-583

Шайхова Г.Н., Тулегалиева Г.Г., Сыздыкова А.М.

Хирота типті сызықты емес интегралды теңдеулерін сақталу заңдары

Түйіндемe: Интегралданатын сызықты емес теңдеулерді зерттеуде сақталу заңдары маңызды рольды атқарады. Осы жұмыста Риккати формасынан және Лакс жұптарымен символдық есептеулер арқылы сызықсыз интегралданатын Хирота типтес теңдеулер үшін, атап айтқанда, Хиротаның бір компонентті теңдеуі, Хиротаның екі компонентті теңдеулері, Хиротаның үш компонентті теңдеулері үшін сақталу заңдары құрылған.

Түйін сөздер: сақталу заңдары, Хиротаның бір компонентті теңдеуі, Хиротаның екі компонентті теңдеулері, Хиротаның үш компонентті теңдеулері, Лакс жұбы, Риккати теңдеуі.

Шайхова Г.Н., Тулегалиева Г.Г., Сыздыкова А.М.

Законы сохранения нелинейных интегрируемых уравнений типа Хироты

Аннотация: Законы сохранения играют важную роль в изучении интегрируемости нелинейных уравнений. В настоящей работе из формы Риккати пары Лакса с помощью символических вычислений построены законы сохранения для нелинейных интегрируемых уравнений типа Хироты, а именно для однокомпонентного уравнения Хирота, двухкомпонентных уравнений Хирота, трехкомпонентных уравнений Хирота.

Ключевые слова: законы сохранения, однокомпонентное, двухкомпонентные, трехкомпонентные уравнения Хироты, пара Лакса, уравнение Риккати.

УДК 621.311.243

**M.E. Zhumabekov, M.N. Mukhtarova, K.E. Nurgaliyeva, N.U. Maulyenova,
A.K. Danlybayeva**

(al-Farabi Kazakh National University, Physics and Technology Faculty, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: www_madi.kz@mail.ru)

THE EFFECTIVE USE OF INDIVIDUAL SOLAR POWER STATIONS

Abstract. This article discusses the efficiency of using a solar power plant with a capacity of 5 kW and 10 kW. The object of the study is a solar power plant with a capacity of 5 kW and 10 kW. As a method of investigation, a comparative analysis of electricity consumers for 3 types was carried out. Of course, this topic is relevant. It is clear that the role of renewable energy in the future will have a big impact on the development of the world economy. Our country has a very high potential for the development of solar energy. The main goal of this work is to ensure the effective use of solar power plants. This, in turn, will reduce the cost of renewable energy sources.

Keywords: individual solar power plant, solar panel, photovoltaic.

**M.E. Жұмабеков, M.N. Мухтарова, K.E. Нұрғалиева, N.U. Мауленова,
A.K. Данлыбаева**

(Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Физико-техникалық факультеті, Алматы,
Қазақстан Республикасы. www_madi.kz@mail.ru)

ЖЕКЕ КҮН ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРЫН ТИІМДІ ҚОЛДАНУ

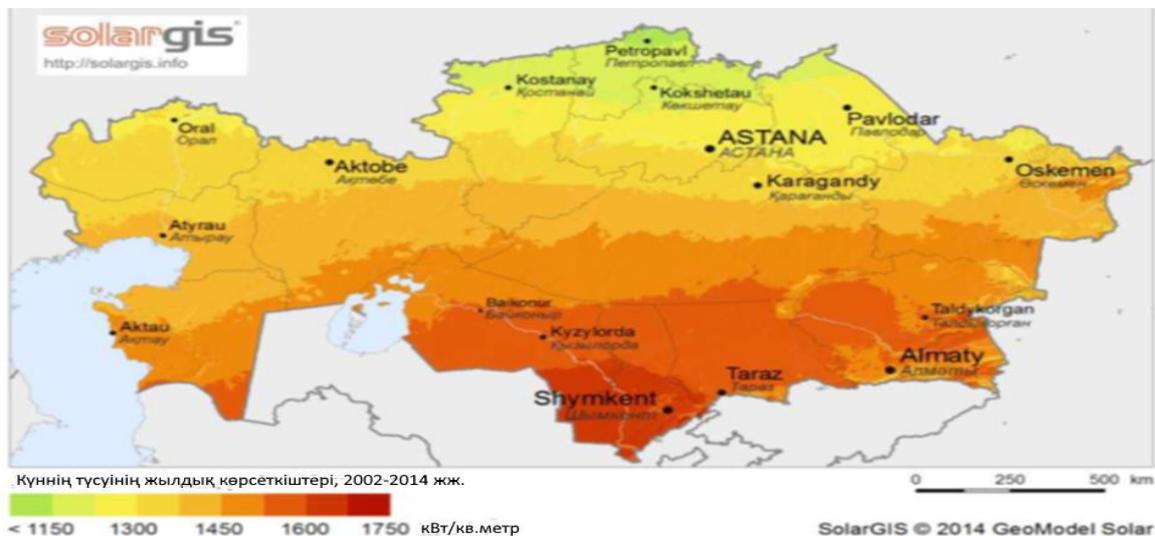
Аңдатпа. Бұл мақалада қуаттылығы 5 кВт және 10 кВт болатын жеке күн электр станциясын қолданудың эффективтілігін анықтау туралы айтылады. Зерттеу объектісі ретінде қуаттылығы 5 кВт және 10 кВт жеке күн электр станциясы алынды. Зерттеу әдісі ретінде электр энергиясын тұтынушыларды 3 типке жіктеп, салыстырмалы анализ жасалды. Бұл тақырыптің өзекті екендігі сөзсіз. Себебі, болашақта жаңартылмалы энергетиканың рөлі әлемдік экономиканың дамуына зор ықпал ететіні анық. Еліміздің күн энергетикасын дамыту потенциалы өте жоғары. Бұл жұмыстың басты мақсаты жеке күн электр станцияларын тиімді пайдалану жолын ұсыну болып табылады. Ол өз кезегінде жаңартылмалы энергияны тиімді пайдаланып, шығындарды азайтуға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: жеке күн электр станциясы, күн панелі, фотовольтаика.

Қазақстан Республикасының халқының саны 17,5 млн. Жерінің ауданы бойынша әлемде 9 орны алады. Климаты бойынша, континенталды, қысы суық, жазы ыстық. Жерінің жартысы шөлді аймақ екендігі 1-суретте көрсетілген.

Қазақстанның оңтүстігінде 10000 кВтxсағат/ай электр энергиясының жеткіліксіз екендігі байқалған. Ал, өндірілген энергияны тасымалдау кезіндегі шығындар мөлшері көп 20-50%. 2009 жылы альтернативті энергия көздерін дамытуды жақсарту үшін Заң жобасы жасалған. 2016 жылы жасыл экономикаға байланысты Заң қабылдады. Болашақта еліміздің энергетика саласында біраз өзгерістер болуы мүмкін. Күтілген нәтижелер бойынша, 2020 жылы альтернативті энергияның көлемі 3 пайызға, 2030 жылы 10 пайызға, 2050 жылы 50 пайызға артуы тиіс. Елімізде 2015 жылы қуаты 120 МВт болатын жобалар жүзеге асты. 2016 жылы қаңтар айында жаңартылмайтын энергия көздерінен алынатын энергия мөлшері 251,55 ГВт-қа жетті. 2013-2020 жылдардағы бағдарлама бойынша жалпы

куаты 714 МВт болатын 28 күн электр станциясын салу керек екен. Қазақстандағы тарифтерге тоқтала кеткен жөн болар: 1 кВт×сағат үшін күннен алынған энергия бағасы 34,6 тг.



1-сурет. Қазақстанның күн энергетикалық потенциалы

Жүргізілген зерттеулерге жүгінсек, еліміздің 70 пайыз аймағында күн энергиясын толық пайдаланып, энергия өндіруге болатыны айтылады. Ал мүмкін болатын энергия қуаты жылына 2,5 млрд кВт×сағат. Қазақстан Республикасының солтүстік өңірінде квадрат метрге 1150 кВт, ал оңтүстік өңірде 1750 кВт күн энергиясы түседі екен. Бұл дегеніміз елімізде бұл саланың даму потенциалының жоғары екендігін көрсетеді, және де осы жәйт зерттеліп отырылған жұмыстың өзектілігін айқындайды. Жыл сайын әлемде өндірілетін күн энергиясының қуаты 18 атом электр станциясы өндіретін қуатпен тең екен. Сонымен қатар, Күн электр станциялары жылына 53 млн.тонна көмірқышқыл газы бөлінуінен атмосфераны сақтайды. Жоғарыда айтылған мәліметтерге сай еліміздегі мүмкін болатын потенциалды жүзеге ерте ме, кеш пе асырамыз. Сондықтан, бұл дипломдық жұмыста зерттелетін мәселелер еліміздің күн энергетикасын және оның даму бағытын қарастырумен ұштасады. *Ғылыми жаңалығы*, шетелдің тәжірибесін зерттеп, Қазақстан аумағында қолдану мүмкіндіктерін қарастырып, тиімді ұсыныс әзірлеу болып табылады. Зерттеу барысында Украина мемлекетіндегі ішкі электр энергиясына қойылған тарифтің оң әсерін байқадық. Осы байқалған оң ықпал бұл жұмыстың *практикалық құндылығын* көрсетеді. Сонымен қатар, Ресей Федерациясындағы қуаты 5 кВт болатын күн электр станциясына жүргізілген тәжірибе қорытындыларын сараптаудан өткізіп, Қазақстан Республикасында қолдану мүмкіндігіне баға бердік. Сараптау нәтижелерін ескере келе, елімізде күн электр станциясын қолданудың тиімді бағытын ұсынуды басты мақсат еттік. Күн энергиясын өндірудің *қазіргі таңдағы жағдайы* елімізде ауыз толтырып айтарлықтай деңгейде деп айту қиын. Барлық өндірілетін электр энергиясының 0,1 пайызы күн электр станцияларынан алынады.

Жеке күн электр станцияларының өзін-өзі ақтау мерзімін есептеу

Қазақстанда Күн электр станциясынан өндірілген 1 кВт×сағат энергия бағасы - 34,61 тг
Дәстүрлі жолмен алынатын электр энергия бағасы Алматы облысында:

- 1 деңгей 16,65 тг; 2 деңгей 21,99 тг; 3 деңгей 27,48 тг;
- 7:00-23:00-ге дейін 23,12 тг, 23:00-7:00-ге дейін 5,08 тг /кВт×сағат, бұл - 2 тарифті жүйе

Жалпы, бұл жұмыста қуаттылығы 5 және 10 кВт болатын жеке күн электр станциялары зерттеу нысаны ретінде қарастырылды. Күн электр станциясының құрылымдық тізбегі 2 – суретте көрсетілген. Жасалынғын жұмыстың ерекшелігі – жеке күн электр станцияларын ортақ желіге жалғап, аккумулятор батареяларынан тәуелсіз жүйе құра отырып, тиімді тұсын анықтау. Яғни, күндіз өндірілген электр энергиясын пайдаланып, артық өндірілген энергияны ортақ желіге сатқан тиімдірек екендігін анықтау. Осы тұста аккумулятор батареяларын күн электр станциясы жүйесінде пайдаланған тиімсіз екендігін айта кеткен жөн. Себебі, аккумулятор батареясының бағасының жоғарылығы және пайдалану мерзімінің қысқалығы бар. Біз ұсынып отырған күн электр

станцияларын қолдану әдісі әзірге елімізде қолданылмаған. Дегенмен, шетелде мұндай эффективті пайдалану әдісі арқылы баламалы энергетиканың үлкен жетістікке жетіп жүргенін айта кеткен жөн.



2-сурет. Жеке күн электр станциясының құрылымдық тізбегі және ортақ желіге жалғануы

Жеке күн электр станциясының өзін-өзі ақтау мерзімін есептеу үшін электр энергия тұтынушыларын үш түрлі типтерге бөліп қарастырдық. Мұндай түрлерге жіктеу электр энергиясының тәуліктік тұтыну мөлшеріне байланысты жүзеге асты (1-кесте).

1-кесте. **1,2,3 түрлі тұтынушылар үшін тұрғын үйлердегі есептелген электрлік қуаттар, кВт**

тәуліктегі сағаттар	электр тұтынушылардың түрлері		
	1-ші	2-ші	3-ші
0-1	0	0,6	0,6
1-2	0	0,6	0,6
2-3	0	0,6	0,6
3-4	0	0,6	0,6
4-5	0	0,6	0,6
5-6	0,1	0,7	0,9
6-7	0,2	2,04	2,6
7-8	0,5	1,92	2,28
8-9	0,7	0,84	1,1
9-10	0,1	0,7	0,8
10-11	0,1	0,6	0,6
11-12	0	0,6	0,6
12-13	0	1,62	2,64
13-14	0,4	0,6	0,6
14-15	0	0,6	0,6
15-16	0	0,6	0,64
16-17	0,1	0,7	0,94
17-18	1,1	2,02	3,4
18-19	1,2	2,5	4,44
19-20	0,3	3,24	5,94
20-21	0,9	2,32	4,74
21-22	0,3	2,1	4,24
22-23	0	0,7	1,14
23-24	0	0,6	0,6
барлығы	6	28	40

• Физико-математические науки

• *Қуаты 5 кВт электр станцияның* тәулігіне өндіру максимумы 24,7 кВт×сағат, минимумы 7,4 кВт×сағат.

1-ші деңгейлі тұтынушы үшін 23:00-7:00 арасында бір күнде 0,3 кВт×сағат электр энергиясын тұтынады екен. Бір айда 9 кВт×сағат. Қуаты 5 кВт болатын күн электр станциясы күніне орташа есеппен 20 кВт×сағат өндіреді десек, кем дегенде 13 кВт×сағат энергияны желіге сатуға болады. Сонда:

• $20 \text{ кВт} \times \text{сағат} - 6 \text{ кВт} \times \text{сағат} = 14 \text{ кВт} \times \text{сағат}$;

• $14 \times 34,61 \text{ тг} = 480 \text{ тг}$;

• 1 тәулікте: $480 \text{ тг} - 0,3 \times 34,61 \text{ тг} = 470 \text{ тг}$;

• 1 айда: $470 \text{ тг} \times 30,5 = 15000 \text{ тг}$;

• 1 жылда: $15000 \text{ тг} \times 12 = 180000 \text{ тг}$;

• Күн электр станциясының бағасы 1600000 тг;

• Тұтынушы қуаты 5 кВт болатын күн электр станциясы болмағанда 1 жылда электр энергиясы үшін 80000 тг төлеуге тиіс болады.

Күн электр станциясының құнын ақтау мерзімі: 5-6 жыл.

2,3 деңгейлі модель 5 кВт станция үшін эффективті емес, себебі тұтыну өндіруінен көп. Алайда, Электр энергия тұтынуын есептеу кезінде тек бір деңгей қарастырылмайды. Бұған дәлел ретінде мысал қарастырсақ:

Бастапқы мәліметтер:

• Тұрғын үйде тұрып жатқан адам саны – 2;

• Есептік көрсеткішті алу уақыты – 30 күн;

• Бір айда барлығы – 400 кВт×сағ. электр энергиясы тұтынылды;

• Тұтынушы электр плитасын қолданады.

Есептелу:

• 80 (1 деңгейлі тариф бойынша тұтынылған мөлшер) $\times 2$ (тұрғын саны) $\times 13,06$ (1 деңгей тарифі) = 2 089, 60 теңге;

• 70 ($150 - 80 = 70$, 2 деңгейлі тариф бойынша тұтынылған мөлшер) $\times 2$ (тұрғын саны) $\times 17,21$ (2 деңгей тарифі) = 2 409,40 теңге;

• 100 ($400 - (80 \times 2) - (70 \times 2)$) $\times 21,51$ (3 деңгей тарифі) = 2 151, 00 теңге;

• Барлық төленетін сумма – ($2089,60 + 2409,40 + 2151,00$) = 6650,00 теңге;

• Бір жылда 80000 тг төленеді.

Ал егер монополистерге жыл сайын 80 мың тг төлемей, жеке күн электр станциясын қолданған жағдайда, қуаты 5 кВт болатын күн электр станциясы өзін-өзі шамамен 10 жылда ақтай алар еді.

2 және 3 деңгейлі модельдерді сараптау үшін қуаты 10 кВт болатын жеке күн электр станциясын қарастырайық. Қуаты 10 кВт болатын күн электр станциясының жалпы бағасы 3500000 тг. Күн электр станциясы күніне 40 кВт×сағат электр энергиясын өндіреді десек, 2 деңгейлі тұтынушы үшін 23:00-7:00-ге дейін 6,34 кВт×сағат энергия қажет екен. Ал, тәулігіне 28 кВт×сағат энергия тұтынатынын айта кеткен жөн. Сонда, түнгі уақытты санамағанда 21,66 кВт×сағат электр энергиясын 2 деңгейлі модель тұтынады. Күніне 18 кВт×сағат электр энергиясын желіге сатуға болады. Сонда:

• $40 \text{ кВт} \times \text{сағат} - 21,66 \text{ кВт} \times \text{сағат} = 18 \text{ кВт} \times \text{сағат}$;

• $18 \times 34,61 \text{ тг} = 615 \text{ тг}$;

• 1 тәулікте: $615 \text{ тг} - 6,34 \times 34,61 \text{ тг} = 400 \text{ тг}$;

• 1 айда: $400 \text{ тг} \times 30,5 = 12200 \text{ тг}$;

• 1 жылда: $12200 \text{ тг} \times 12 = 150000 \text{ тг}$;

• Күн электр станциясының бағасы 3500000 тг;

• Тұтынушы қуаты 10 кВт болатын күн электр станциясы болмағанда 1 жылда электр энергиясы үшін 120000 тг төлеуге тиіс болады.

Сонымен, күн электр станциясының құнын ақтау мерзімі: 10-12 жыл.

3 деңгейлі модельді сараптаудан өткізейік. Мұнда да қуаты 10 кВт болатын күн электр станциясына байланысты сипаттаймыз. Электр станция орташа тәулігіне 40 кВт×сағат электр энергиясын өндіреді. Ал, 3 деңгейлі модель тәулігіне 40 кВт×сағат электр энергиясын тұтынады деп санайық. 23:00-7:00 аралығында тұтынушы 7 кВт×сағат электр энергиясын тұтынады. Бұл модельде желіге энергия сатудан пайда жоғарыда айтылған екі модельмен салыстырғанда әлдеқайда аз. Дегенмен, күніне 40 кВт×сағат электр энергиясын тұтынатын болса, бір айда 1200 кВт×сағат

энергия тұтынады. Бұл өте үлкен шама. Сәйкесінше, дәстүрлі жолмен алынатын электр энергиясы үшін айына шамамен 20000 тг төлеуге тиіс болады. Ал, бір жылда 240000 тг . Қуаты 10 кВт болатын күн электр станциясының бағасы аккумулятор батареяларын есептемеген күннің өзінде 3500000 тг . Сонымен, бұл деңгейлі модель үшін күн электр станциясын өз құнын ақтау мерзімі 13-15 жыл болады.

Қорытындылай кетсек, Тұтынушыларды 3 түрлі жіктеу олардың электр энергиясын тұтыну деңгейлеріне байланысты қарастырылды. Нәтижесінде, тұтынушылардың 1-ші типі бойынша, күн электр станциясының өз құнын қайтару мерзімі 5-6 жылды құрайтыны айқындалды. Ал, қалған 2 және 3 түрлі тұтынушылардың тұтыну қуаты жоғары күн электр станциясына сай келетіні белгілі болды. 1 деңгейлі тұтынушылардың мүмкіндігін жоғары бағаласақ болады. Себебі, бұндай тұтынушылардың тұтыну деңгейі төмен, сәйкесінше, желіге күннен өндірілген энергияның көп мөлшерін жіберуге (сатуға) мүмкіндігі бар. Соған байланысты ұсынып отырған күн электр станциясын эффективті пайдалану жолы осы модель үшін өзекті екені сөзсіз. Жалпы, елімізде көптеген тұрғын үйдің электр энергиясын тұтынуы 1-ші деңгейге сай келеді. Сондықтан, қарапайым тұрғындарды да бұл жұмыс қорытындысы қызықтыратыны анық. Елімізде жаңартылмалы энергетикаға қойылған тарифтарға байланысты күн энергиясын эффективті қолданудың жаңа жолдарын іздеу қалыпты жағдай. Дегенмен, бұл жұмыста ұсынылған күн электр станциясын қолдану бағыты болашақта мемлекетте бұл саланың дамуына оң ықпалын береді.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Бочковский С.Н. Руководство по установке фотоэлектрических панелей KV-175/220. – Анапа: Флагман, 2013. – 23 С.
- [2] Кешуов С.А., Барков В.И. Энергосбережение в АПК на основе использования возобновляемых источников энергии. Монография. – Алматы: ТОО «Т.Е.К. COMPANY», 2009. – 248 с.
- [3] Masson G., Latour M., Reking M., Theologitis A.T., Papoutsis P. Global Market Outlook: For Photovoltaics 2013-2017. – Brussels: European Photovoltaic Industry Association. Renewable Energy House, 2013. – 60 P.
- [4] Жұмабеков М.Е. Жеке күн электр станцияларын қолданудың эффективтілігі//«Фараби әлемі» атты студенттер мен жас ғалымдардың ғылыми конференциясы тезистер жинағы.- Алматы, Қазақстан, 2017 ж., 10-13 сәуір. - 438 б.
- [5] Оршанский, И. С. Фотоэнергетика: достоинства, недостатки, направления развития / И. С. Оршанский // Энергия: экономика, техника, экология. – 2013. – № 8. – С. 13-19.
- [6] Бочковский С.Н. Руководство по установке фотоэлектрических панелей KV-175/220. – Анапа: Флагман, 2013. – 23 С.
- [7] Наумов, А. В. Развитие солнечной энергетики на основе тонкопленочных элементов / А. В. Наумов, С. И. Плеханов // Энергия: экономика, техника, экология. – 2013. – № 7. – С. 14-21.
- [8] Каргиев В.М., Мартиросов С.Н., Муругов В.П., Пинов А.Б. Метод проектирования ветрофотоэлектрических энергоустановок для автономного сельского дома // Техника в сельском хозяйстве.- 2004.-№3.-С.20-22.
- [9] Практические рекомендации по определению удельных показателей энергозатрат и потребностей в топливо энергетических ресурсах в социально-инженерной сфере села (жилой сектор, социально-культурная сфера обслуживания, ЛПХ, крестьянские (фермерские) хозяйства).- Москва, 2008.
- [10] Куликов Ю.А. Переходные процессы в электроэнергетических системах. Уч. пособие. – М.: Издательство «ОМЕГА-Л», 2013. – 384 с.
- [11] Муругов В.П., Каргиев В.М. Эффективное использование фотоэлектрических станций для электроснабжения автономных потребителей сельского хозяйства: Науч.-техн. бюлл. по электрификации сельского хозяйства.- Вып.2(65).-М.:ВИЭСХ.-1989.
- [12] Никулин И.В., Пармухина Е.А., Степанова А.В., Липатов А.С. Маркетинговое исследование российского рынка солнечной энергетики. – М.: R&T, 2011. – 125 С.
- [13] Каплун, А. А. Наши солнечные батареи «следят» за солнцем: [о проекте развития альтернативной энергетики с использованием возобновляемых источников энергии] / А. А. Каплун // Огонек. – 2013. – № 24. – С. 36-37.
- [14] Нестеренков А.Г., Нестеренков В.А., Шишкин А.А. Эффективность солнечного модуля с концентратором.//Энергетика и топливные ресурсы Казахстана, 2010.
- [15] Кац, Е. А. Солнечная энергетика: Успехи, ожидания, вызовы / Е. А. Кац // Энергия: экономика, техника, экология. – 2013. – № 5. – С. 2-9.

Жумабеков М.Е., Мухтарова М.Н., Нурғалиева К.Е., Мауленова Н.У., Данлыбаева А.К.

Эффективное использование индивидуальных солнечных электростанций

Резюме. В данной статье рассматривается эффективность использования солнечной электростанции мощностью 5 кВт и 10 кВт. Объектом исследования является солнечная электростанция мощностью 5 кВт и 10 кВт. В качестве метода исследования был проведен сравнительный анализ потребителей электроэнергии на 3 типа. Конечно, эта тема актуальна. Понятно, что роль возобновляемых источников энергии в будущем окажет большое влияние на развитие мировой экономики. Наша страна обладает очень высоким потенциалом для развития солнечной энергии. Основная цель этой работы - обеспечить эффективное использование солнечных электростанций. Это, в свою очередь, позволит снизить затраты на возобновляемые источники энергии.

Ключевые слова: индивидуальная солнечная электростанция, солнечная панель, фотовольтаика.

УДК 669.14.018.8

¹L.A. Korunbayeva, ¹G.T. Shokobayeva, ²U.A. Myrzakhmetova

KINETICS OF OXIDATION OF PIPE STEEL 17G1S AT VARIOUS TEMPERATURES

Abstract. In work the kinetics of oxidation of the low-carbon low-alloy steel 17G1S on air at temperatures in the range of 200 – 400 ° C is investigated. According to gravimetric measurements constant coefficients of the empirical formula expressing the law of growth of an oxide film on samples at the set temperature are defined. Comparison of the experimental and calculated on formula results of change of corrosion rate gives coincidence within an experiment error.

Key words: chemical corrosion, oxide film, gravimetric method, deep indicator of corrosion.

¹Л.А. Корынбаева, ¹ Г.Т. Шокобаева, ²У.А. Мурзахметова

(¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы)

²Л.Б. Гончаров атындағы Қазақ Автомобиль-Жол Академиясы

E-mail: lyazka_91_12@mail.ru)

17Г1С ҚҰБЫРЛЫҚ БОЛАТЫНЫҢ ӘР ТҮРЛІ ТЕМПЕРАТУРАДАҒЫ ҚЫШҚЫЛДАНУ ДӘРЕЖЕСІНІҢ КИНЕТИКАСЫН ЗЕРТТЕУ.

Аннотация. Ұсынылып отырған ғылыми жұмыста 200-400°C температура аралығында төмен көміртекті төмен легіріленген 17Г1С болатының ауадағы тотығу кинетикасын зерттеуді қарастырды. Үлгілердің беткі қабатында берілген температурада оксид пленкасының өсу заңдылығын білдіретін гравиметрикалық өлшеулерге сәйкес эмпирикалық формуланың тұрақты коэффициенттері анықталды. Эксперименталды және формула бойынша есептеулер тотығу жылдамдығының өзгеруіне әкелді және ол өз кезегінде эксперименттік қателіктерге әкеп соқтырды.

Түйін сөздер: химиялық тотығу, оксидті пленка, гравиметрикалық әдіс, терең тотығу көрсеткіші.

Жоғары температураларда металдар мен қорытпалардың газдармен әрекеттесу сұрақтары конструкциялық металдық материалдарды эксплуатациялауда негізгі болып табылады. Газ коррозиясы көптеген металды бөлшектер мен аппараттардың (газ турбиналар, қозғалтқыш бөлшектері, электркедергісінің қыздыру элементтері, іштен жану қозғалтқыштарының клапандары, қыздыру пештерінің металды арматурасы және т.б.) жұмысы кезінде және жоғары температураларда металдар мен қорытпаларды өндеудің көптеген үдерістерін (қысыммен ыстық өндеу және термиялық өндеу) жүргізу кезінде орын алады.

Газ коррозиясына ұшыраумен күресудің тиімділігі, жаңа төзімді металды материалдарының тек тәжірибелік іріктелуінің және коррозиялық құбылыстардың кешенді ғылыми зерттеулерімен оларды қорғау тәсілдерінің үйлесімімен қамтамасыз етіледі. Тотықтырғыш газды орталарда жоғары температурада ойдағыдай жұмыс істейтін бөлшектер мен конструкцияларды дайындау барысында қайсыбір материалдың қолданылу мүмкіндігі, ең бастысы, ыстыққа төзімділігі мен ыстыққа беріктілігі сипаттамаларымен бағаланады.

Газбен коррозияға ұшырау металдың ыдырау үдерісі - оның қосылыстарға (қабыршақ) түрленуі болып келеді. Металдың химиялық коррозияға ұшырау жылдамдығы, не қабыршақ түзілуінің кристаллохимиялық үдерісінің жылдамдығымен не әрекеттегі реагент пен металл қабыршағы арқылы

қарама-қарсы екі жақты диффузия жылдамдығымен анықталады [1-3]. Металдардың ыстыққа төзімділігі, сонымен қатар τ уақытта металдарда қабыршақ қалыңдығының h өсу заңы, яғни $h = f(\tau)$, ауқымды дәрежеде түзілетін қабыршақтардың қорғану қасиеттеріне тәуелді болады. Қабыршақтардың қорғану қасиеттерін, тотығу жылдамдығы мен осы жылдамдықтың уақыт өткен сайын өзгеру сипаты бойынша бағалайды.

Қабыршақ қалыңдығының уақытқа тәуелділігі жалпы түрде Эванс теңдеуімен анықталады [4]:

$$\frac{y^2}{k_D} + \frac{2y}{k_C} = 2c_0\tau + B, \quad (1)$$

мұндағы: y – қабыршақ қалыңдығы;

k_D – коэффициент диффузии;

k_C – қабыршақ түзілудің химиялық реакциясының жылдамдық тұрақтысы (металдың әрекеттегі реагентпен қосылысы);

c_0 – қабыршақтың сыртқы бетінде әрекеттегі реагент концентрациясы;

τ – уақыт;

B – интеграл тұрақтысы.

Өте жұқа қабыршақтар мен қорғану қабілеттілігі аса төмен қабыршақтар, мысалы тұтассыз үшін ($V_{ок}/V_{ме} < 1$ кезде), қабыршақтың өсу жылдамдығы кристаллохимиялық түрленумен бақыланады және сызықтық теңдеумен өрнектеледі [5]:

$$y = k_1 \tau + B_1 \quad (2)$$

Қабыршақтың өте үлкен қалыңдығында оның өсу жылдамдығы диффузиямен бақыланады және парабола теңдеуімен өрнектеледі:

$$y^2 = k_2\tau + B_2 \quad (3)$$

Бірқатар химиялық коррозия жағдайларында қабыршақ өсуінің тәжірибелік деректері n –реттік парабола теңдеуімен алынады:

$$y^n = k_2\tau + B_2, \quad (4)$$

мұндағы n көрсеткіші 2-ден артық болуы мүмкін.

Тотығу қабыршағы логарифмдік түрде де өсуі мүмкін:

$$y = k_3 \lg \tau + k_4 \quad (5)$$

Осылайша, металдарда қабыршақ өсуі сызықтық, параболалық немесе логарифмдік заң бойынша жүруі мүмкін.

Тәжірибе әдістемесі:

Мақалада 17Г1С маркалы болаттың ауада 200, 300, 400 және 450 °С температураларда коррозияға ұшырау тәртібін зерттеу нәтижелері келтірілген. Болаттың тотығу кинетикасын зерттеу негізіне үлгі массасын ұлғаюы бойынша ыстыққа төзімділігін анықтау әдісі салынды, ол сынаққа дейін үлгі орналасқан суық тигельді өлшеу және сынақ барысында тікелей өлшеу нәтижелерінің айырмашылығы бойынша реакцияға түскен оттегі көлемін өлшеуге негізделген [6-8].

Болаттың тотығу кинетикасы бойынша зерттеулерді аналитикалық демпферлік таразылар көмегімен жүргізеді. Өлшеу нақтылығы 10^{-4} г. Таразы ыдысының біріне ілгіш бекітілген, ол таразы астында орналасқан, тигель электрпешіне таразының төменгі тақтасында орналасқан саңылау арқылы өткізілген, нихром сымының бірнеше буындарынан тұрады. Жоғарғы бөлігінде $d \sim 1$ мм саңылау тесілген, өлшемі $30 \times 15 \times 3$ мм болатын пластина түріндегі зерттелінді үлгіні тигельге орналастырады. Әрбір температурада жүргізілетін сынақтардың жалпы ұзақтығы 70 сағ құрайды. Тәжірибе барысында пеш атмосферасында тотығатын үлгі массасының өзгеру мәндерін әрбір 5 сағ сайын алады.

Әрбір өлшеу үшін масса өзгерісінің оң көрсеткіші K_m^+ , г/(м²·ч) анықталады, одан кейін масса өзгерісінің теріс көрсеткіші K_m^- мен коррозияның тереңдік көрсеткіші Π есептеледі [9]:

$$K_m^- = K_m^+ \frac{A}{8n}, \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}) \quad (6)$$

мұндағы K_m —масса өзгерісінің теріс көрсеткіші, $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$;
 A – металдың атомдық массасы, г;
 n –металл валенттілігі;
 ρ_{Me} – металл тығыздығы, $\text{кг}/\text{м}^3$.

$$\Pi = 8,76 K_m^- / \rho \quad (7)$$

мұндағы ρ – металл тығыздығы, $\text{кг}/\text{м}^3$,
 $8,76$ – өтпелі коэффициент.

Тәжірибелік деректер негізінде үлгілердің $\Delta m = f(\tau)$ және $\lg \Delta m = f(\lg \tau)$ сызбалары тұрғызылады.

Металдар тотығуының шынайы процестерінде, процесті қиындататын бірқатар факторлардың (нарушение сплошности пленки внутренними напряжениями, возникающими при росте защитной пленки или изменении температуры, и др.) салдарынан жоғарыда келтірілген тәуелділіктердің $\Delta m = f(\tau)$ бұзылуы, сонымен қатар уақытқа тәуелді тотығу қабыршағының өсуі процесін сипаттайтын аса күрделі тәуелділіктер байқалады.

Көптеген тәжірибелік жағдайларда металдар мен қорытпалар коррозиясы дәрежелер заңы бойынша жүреді. Нақты үлгінің тотығу қабыршағының өсу жылдамдығын өрнектейтін формуланы шығару үшін, сынақ деректерін өңдеудің графикалық әдісін пайдаланады [10, 11]. Бұл кезде тәжірибелік деректер негізінде тұрғызылған $\Delta m = f(\tau)$ сызбасын функционалды тор көмегімен түзетеді және эмпирикалық формуланың тұрақты коэффициенттерін табады.

Сынақты үлгілердің тотығу қисықтарын логарифмдік тормен $\lg \Delta m = f(\lg \tau)$ түзетеді.

$$y^n = k \cdot x, \quad (8)$$

тендеуін логарифмдей отырып, алатынымыз:

$$\lg y = \frac{\lg k}{n} + \frac{\lg x}{n} \quad (9)$$

Берілген тендеу логарифмдік торда $\lg y = f(\lg x)$ тік сызықпен бейнеленеді. Функционалдык тор арқылы тік сызық тұрғыза отырып,

$$Y = a + bX, \quad (10)$$

мұндағы $Y = \lg y$, ал $X = \lg x$, осы тік сызық тендеуінің тұрақты a және b коэффициенттерін анықтауға болады.

a шамасы тік сызықтың Y осімен қиылысу нүктесінің ординатасымен анықталады, ал b шамасы бұрыш тангенсіне жауап береді, оны X осіне оң бағытталған тік сызық түзеді. a және b коэффициенттерінің шамасын анықтай отырып, X және Y шамаларының арасындағы тәуелділікті орнататын, эмпирикалық формуланы аламыз. Кейін, $b = \frac{1}{n}$ және $a = \frac{\lg k}{n}$ ескере отырып, n және k шамаларының мәнін табамыз, және оларды (6) өрнекке қоя отырып, тікелей Δm және τ шамалары арасындағы тәуелділікті орнататын, эмпирикалық формуланы шығарамыз.

Алынған эмпирикалық формула бойынша уақыттың τ барлық мәніне сәйкес, үлгі массасының Δm^+ меншікті ұлғаюы есептеледі [11].

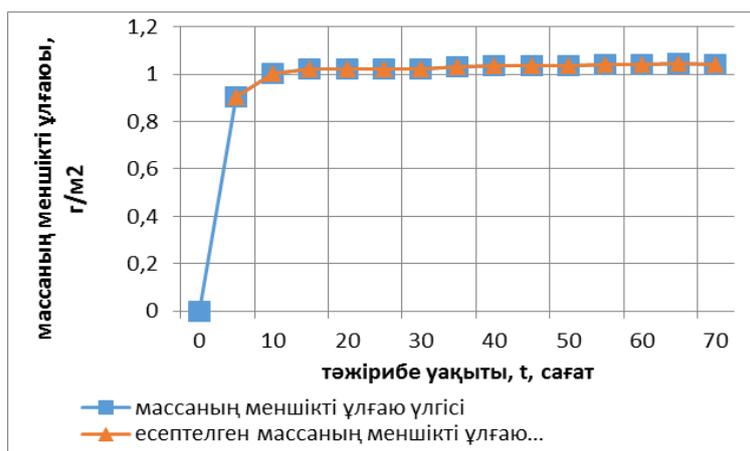
Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау:

Зерттеу жүргізу барысында K52 беріктілік тобының 17Г1С маркалы өнеркәсіпте дайындалатын конструкциялық кремний-марганецті болат үлгілері пайдаланылды, ол коррозиялық емес-белсенді газ тасымалдайтын магистральдық құбыржолы үшін арналған. Сынақтарды электр пеш атмосферасында 200, 300, 400 және 450 °С температурада ұстап тұру арқылы жүргізеді. Берілген температуралық аралық, болат қолданысының болжамды саласына сәйкес таңдалды.

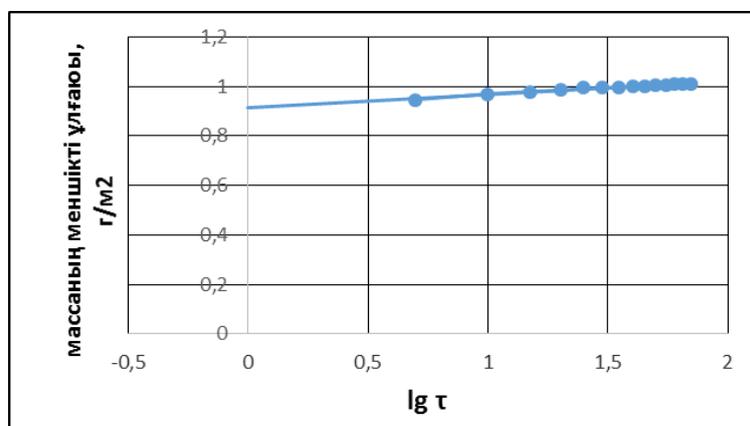
Белгілі бір температурада уақыт өткен сайын металдың химиялық коррозиясын бақылау бойынша алынған тәжірибелік деректер негізінде $\Delta m = f(\tau)$ координатасында сызбалар тұрғызылады және алынған қисық негізінде берілген нақты жағдайда үлгіде қабыршақ өсуінің қай заңға бағынатыны жөнінде болжам жасалады.

Егер қисық логарифмдік тәуелділік түріне ие болса, онда орнатылған тәуелділіктің дұрыстығын растау және теңдеу тұрақтыларын табу үшін алынған қисықты, сызбаны $\Delta m = f(\lg t)$ координатасында тұрғыза отырып, түзетеді. Егер қисық парабодалық тәуелділік түріне ие болса, орнатылған тәуелділіктің дұрыстығын растау үшін, сызбаны $\lg \Delta m = f(\lg t)$ координатасында тұрғыза отырып, қисықты түзетеді. Табылған коэффициенттердің дұрыстығын бағалау үшін алынған эмпирикалық формула бойынша уақыттың барлық мәндері үшін үлгі массасының меншікті ұлғаю есебін жүргіземіз, алынған шамаларды тәжірибелік сызбаға енгіземіз және есептеу деректерін үлгіні тікелей өлшеу нәтижелерімен салыстырамыз.

200 °С температурада 17Г1С маркалы болат үлгісінің массасының тәжірибелік меншікті ұлғаюының уақытқа тәуелділік сызбасы мен оның түзетілген нұсқасы 1 және 2 суреттерде келтірілген.



Сурет 1. 200 °С температурада 17Г1С маркалы болат үлгісінің массасының тәжірибелік және есептелген меншікті ұлғаюының тәжірибе уақытына тәуелділік сызбасы.



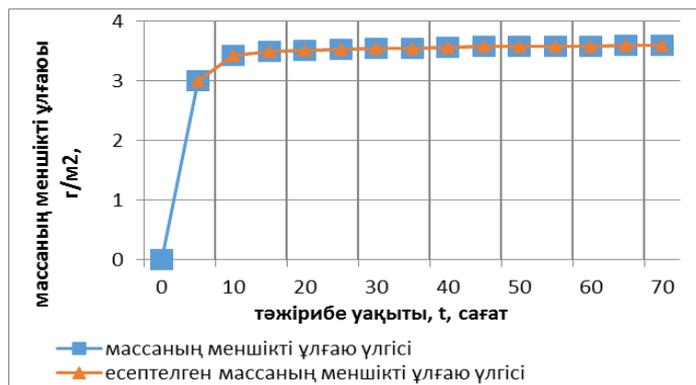
Сурет 2. $\Delta m = f(\lg t)$ координатасында ауада 200°С температурада 17Г1С маркалы болаттың тотығуы.

Алынған сызбаны қосымша қисықтармен [3] салыстыра отырып, сынақты қисықтың $\Delta m = k_3 \lg t + k_4$ логарифмдік қисықпен ұқсастығын көреміз. Сызбаны түзеткеннен кейін, теңдеудің тұрақты шамаларын анықтаймыз: $k_4 = y$ (при $\lg t = 0$) = 0,92; $k_3 = \text{tg } \alpha = 0,05$. Осылайша, 200°С температурада 17Г1С маркалы болаттың тотығуы үшін, үлгінің массалық ұлғаюының уақытқа тәуелділігін келесі теңдеумен көрсетуге болады.

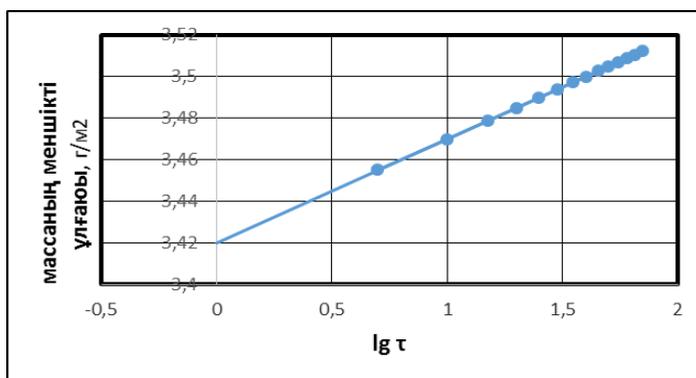
$$\Delta m = 0,92 + 0,05 \lg t \quad (11)$$

Тәжірибелік және формула бойынша есептелген деректердің сәйкестігі тәжірибелік қателіктің аясында орналасқан (сурет 1).

300°С температурада 17Г1С маркалы болаттың сынақты үлгілерінің химиялық коррозияға ұшырау нәтижелері 3 және 4 суреттерде келтірілген.



Сурет 3. 300 °С температурада 17Г1С маркалы болат үлгісінің массасының тәжірибелік және есептелген меншікті ұлғаюының тәжірибе уақытына тәуелділік сызбасы.



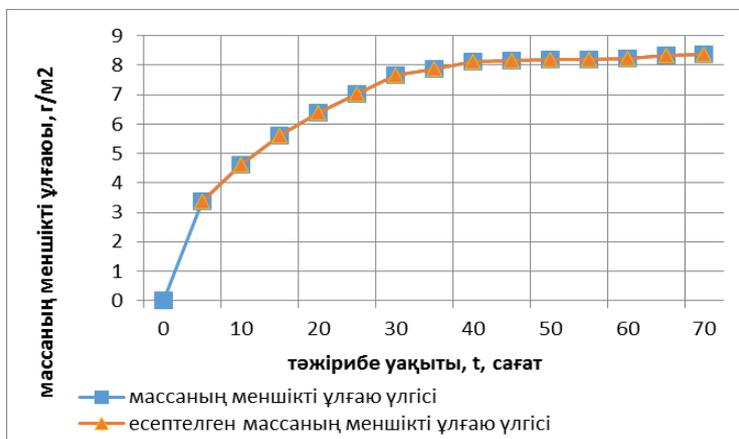
Сурет 4. $\Delta m = f(\lg \tau)$ координатасында ауада 300°C температурада 17Г1С маркалы болаттың тотығуы

Тәжірибелік қисық $\Delta m = k_3 \lg \tau + k_4$ логарифмдік қисығына ұқсас. Сызбаны түзеткеннен кейін (сурет 4) теңдеудің тұрақты шамаларын анықтаймыз: $k_4 = y$ (при $\lg \tau = 0$) = 3,42; $k_3 = \text{tg } \alpha = 0,05$. Осылайша, 300°C температурада 17Г1С маркалы болаттың тотығуы үшін, үлгінің массалық ұлғаюының уақытқа тәуелділігін келесі теңдеумен көрсетуге болады:

$$\Delta m = 3,42 + 0,05 \lg \tau \tag{12}$$

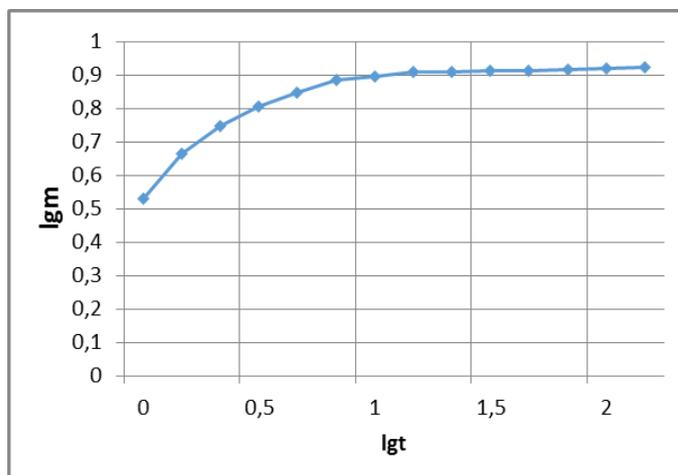
Сынақтық және есептелген деректердің сәйкестігі тәжірибелік қателіктің аясында орналасқан (сурет 3).

5 суретте ауада 400°C температурада 17Г1С маркалы болат үлгілерінің коррозияға ұшырау тәртібін зерттеу нәтижелері келтірілген.



Сурет 5. 400 °С температурада 17Г1С маркалы болат үлгісінің массасының тәжірибелік және есептелген меншікті ұлғаюының тәжірибе уақытына тәуелділік сызбасы

Көрініп тұрғандай, сызба, екі аймақтан тұратын күрделі қисық болып келеді, бұл уақыт өте қабыршақты өсу процесінде коррозияға ұшыраған өнім қабыршағының тұтастығының мерзімді бұзылуын көрсетеді. Қабыршақтың мұндай тәртібі үлкен ішкі кернеудің туындауымен және оның аз механикалық беріктілігімен шартталған [12].



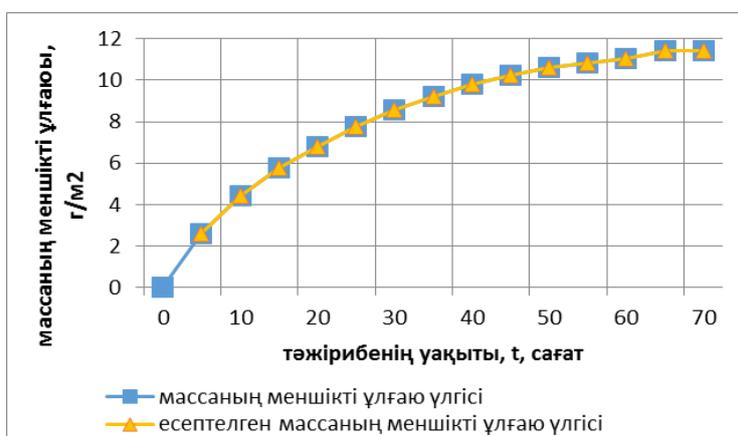
Сурет 6. $\lg \Delta m = f(\lg t)$ координатасында ауада 400°C температурада 17Г1С маркалы болаттың тотығуы

$\Delta m = f(\tau)$ сызбасын $\lg \Delta m = f(\lg \tau)$ логарифмдік функционалды тор көмегімен түзете отырып (сурет 6), алдыңғы қисықтың екі параболалық аймағынан тұратын, сынық сызық аламыз. Түзу сызықтардың көлбеу бұрышынан сәйкес параболалық тәуелділіктердің көрсеткіштерін анықтаймыз: $n_1 = \text{ctg } \alpha_1 = 1,7$ и $n_2 = \text{ctg } \alpha_2 = 1,8$. Осылайша, 400°C температурада 17Г1С маркалы болаттың тотығу процесі шаршы парабола заңына (диффузиялық бақылау, $n_1 < 2$ және $n_2 < 2$) бағынады және келесі теңдеулермен көрсетілуі мүмкін:

$$\Delta m^{1,7} = 1,35\tau \quad (13)$$

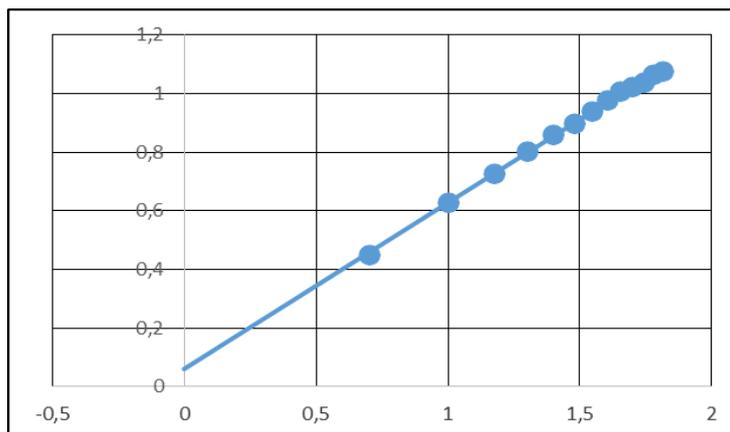
$$\Delta m^{1,8} = 0,65\tau \quad (14)$$

Ауада 450°C температурада 17Г1С маркалы болат үлгісінің коррозияға ұшырау тәртібін зерттеу нәтижелері (сурет 7). Сыртқы түрі бойынша сынақты қисық $\Delta m^n = k_2\tau$ парабола қисығына аса қатты ұқсайды.



Сурет 7. 450°C температурада 17Г1С маркалы болат үлгісінің тәжірибелік және есептелген меншікті массалық ұлғаюының тәжірибе уақытына тәуелділік сызбасы

Орнатылған тәуелділіктің шынайылығын растау және теңдеудің көрсеткіштері мен тұрақты шамаларын табу үшін $\lg \Delta m = f(\lg \tau)$ сызбасын тұрғызамыз (сурет 8)



Сурет 8. $\lg\Delta m = f(\lg\tau)$ координатасында ауада 450⁰С температурада 17Г1С маркалы болаттың тотығуы

Сызбадан анықтаймыз: $n = \operatorname{ctg} \alpha = 1,88$; $\tau = 0$ кезінде $\lg k_2 = \lg \Delta m * n$; $\lg k_2 = 0,2444$, бұдан $k_2 = 1,755$. Демек, ауада 450⁰С температурада 17Г1С маркалы болаттың тотығуы кезінде, масса ұлғаюының уақытқа тәуелділігі келесі теңдеумен өрнектеледі:

$$\Delta m^{1,88} = 1,755\tau \quad (15)$$

Тәжірибелік және есептелген деректердің сәйкестігі тәжірибелік қателіктің аясында орналасқан (сурет 7).

1 кестеде әртүрлі температурада 17Г1С маркалы болат үлгілерінің химиялық коррозияға ұшырауының тәжірибелік анықталған сипаттамалары келтірілген.

Кесте 1 – 17Г1С маркалы болат тотығуының сипаттамалары

Тәжірибе температурасы, ⁰ С	Коррозияға ұшыраудың орташа жылдамдығы, П, мм/год	Тотығу қабыршағының өсу заңдылығы
200	0,2293	логарифмдік
300	0,317	логарифмдік
400	0,368	параболалық
450	0,609	параболалық

Темір мен аз көміртекті төмен легіріленген болат ауада 600⁰С жоғары температурада қыздыру кезінде аса жылдам тотығады және газды коррозия өнімдерімен жабылады [2, 12, 13]. Темір қағының құрылымы күрделі, оның құрамына FeO, Fe₃O₄ және Fe₂O₃ қабаттары кіреді. Әртүрлі тотықтар қабаттарының қалыңдығы коррозияға ұшырау шарттарына және ең бастысы, температураға, коррозияға ұшырау уақытына және газды ортаның құрамына тәуелді болады. Температура түзілетін қабыршақтар құрамына және олардың өсу заңына әсер етеді.

Алынған тәжірибелік деректер, төменде келтірілген әдеби деректермен [14, 15] жақсы сәйкес келеді

Кесте 2 – Болат тотығуы кезінде темір қағының түзілу үдерісінің сұлбасы

Аралық Т ⁰ С	Темір қағы мен металда түрлену үдерісінің сатылары	Темір қағының өсу заңдылығы
20 – 200	$\gamma - \text{Fe}_2\text{O}_3$ тотығынан қабыршақ түзілуі	логарифмдік
200 – 400	Темір қағының сыртқы жағында $\alpha - \text{Fe}_2\text{O}_3$ қабаты	логарифмдік
400 – 575	Темір қағының ішкі жағында Fe ₃ O ₄ қабат асты	дәрежелік, $n > 2$
575 – 730	Темір қағының ішкі жағында FeO қабат асты	дәрежелік, $n > 2$
730 – 780	Болаттың магниттік ($\alpha\text{-Fe} \rightarrow \beta\text{-Fe}$) және эвтектоидті (перлит \rightarrow аустенит) түрленуі	параболалық
780 – 1150	Болаттың аллотропиялық түрленуі ($\beta\text{-Fe} \rightarrow \gamma\text{-Fe}$)	параболалық
1150 жоғары	Fe ₂ O ₃ бір бөлігінің диссоциациясы	күрделі-параболалық

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Азаренков Н.А., Литовченко С.В., И.М.Неклюдов, Стоев П.И. Коррозия и защита металлов. Часть 1. Химическая коррозия металлов. Учебное пособие. – Харьков: ХНУ, 2007. – 187 с.
- [2] Пустов Ю.А., Ракоч А.Г., Баутин В.А. Коррозия и защита металлов в газовых средах: Практикум. – М.: Изд. Дом МИСиС, 2009. – 101 с.
- [3] Коршак А.А., нечваль А.М. проектирование и эксплуатаций газонефтепроводов. – СПб.: Недра, 2008. – 488 с.
- [4] Семенова И.В., Флорианович Г.М., Хорошилов А.В. Коррозия и защита от коррозии. - М., 2006. – 306 с.
- [5] Жук Н.П. Курс теории коррозии и защиты металлов. – М.: Металлургия, 1976. – 472 с.
- [6] ГОСТ 9.905-82 «Методы коррозионных испытаний. Общие требования».
- [7] ГОСТ 13819-68 «Коррозия металлов. Десятибалльная шкала коррозионной стойкости».
- [8] Стромберг А.Г. Физическая химия. Учебник. / А.Г.Стромберг, Д.П.Семченко – М.: Высш.шк., 2011. – 527 с.
- [9] Апраксина Л.М., Сигаев В.Я. Коррозия металлов и методы оценки их химической стойкости: учебно-методическое пособие / ГОУВПО СПбГТУРП. – СПб, 2008. – 45с.
- [10] Томашов Н.Д., Жук Н.П., Титов В.А., Веденева М.А. Лабораторные работы по коррозии и защите металлов. – М.: Металлургия, 1971. – 239 с.
- [11] Жук Н.П. Коррозия и защита металлов. Расчеты / Н.П.Жук – М.: Машгиз, 1957. – 330 с.
- [12] Войтович Р.Ф., Головкин Э.И. Высокотемпературное окисление металлов и сплавов: Справ. – Киев: Наук. думка, 1980. – 294 с.
- [13] Ефремов А.П. Химическое сопротивление материалов. – М.: ГУП Издательство «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2004. – 254 с.
- [14] Попова А.А. Методы защиты от коррозии. Учебное пособие. – СПб: Издательство «Лань», 2014. – 272с.
- [15] Gao W., Li Zh. Development in High Temperature Corrosion and Protection of Materials. – Woodhead Publishing Ltd, 2008. – 658 p.

Корынбаева Л.А., Шокобаева Г.Т., Мурзахметова У.А.

Кинетика окисления трубной стали 17Г1С при различных температурах

Резюме. В работе исследована кинетика окисления малоуглеродистой низколегированной стали 17Г1С на воздухе при температурах в интервале 200 – 400 °С. По данным гравиметрических измерений определены постоянные коэффициенты эмпирической формулы, выражающей закон роста окисной пленки на образцах при заданной температуре. Сопоставление экспериментальных и вычисленных по формуле результатов изменения скорости коррозии дает совпадение в пределах ошибки эксперимента.

Ключевые слова: химическая коррозия, оксидная пленка, гравиметрический метод, глубинный показатель коррозии.

Korunbayeva L.A., Shokobaeva G.T., Myrzakhmetova U.A.

Kinetics of oxidation of pipe steel 17G1S at various temperatures

Summary. In work the kinetics of oxidation of the low-carbon low-alloy steel 17G1S on air at temperatures in the range of 200 – 400 °C is investigated. According to gravimetric measurements constant coefficients of the empirical formula expressing the law of growth of an oxide film on samples at the set temperature are defined. Comparison of the experimental and calculated on formula results of change of corrosion rate gives coincidence within an experiment error.

Keywords: chemical corrosion, oxide film, gravimetric method, deep indicator of corrosion

B. Ajan, M. Inkarbekov

(Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,

e-mail: ajan.bekzat@gmail.com)

MODAL DISCONTINUOUS GALERKIN METHOD FOR LARGE EDDY SIMULATION OF TURBULENT FLOWS

Abstract. The aim of the paper is to construct a two-dimensional LES solver of turbulent problems by the Galerkin discontinuous method. The Kelvin-Helmholtz problem is solved as a test problem time evolving displacement layer. A mathematical and numerical model of the problem was constructed. Based on the results obtained by DNS and LES, the operability of the solver built by LES has been proved. In future we are planning to combine the Galerkin discontinuous method with the methodology of the filtered density function using technologies of parallel computations.

Key words: CFD, LES, DG, DNS, turbulence, Kelvin-Helmholtz.

Б.З. Аджан, М.К. Инкарбеков

(Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Алматы, Республика Казахстан, e-mail: ajan.bekzat@gmail.com)

МОДАЛЬНЫЙ МЕТОД РАЗРЫВНОГО ГАЛЕРКИНА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ КРУПНЫХ ВИХРЕЙ ТУРБУЛЕНТНЫХ ТЕЧЕНИЙ

Аннотация. Целью работы является построение двумерного LES решателя турбулентных задач методом разрывного Галеркина. В качестве тестовой задачи решена задача Кельвина-Гельмгольца. Построена математическая и численная модель задачи развивающегося по времени слоя смещения. На основании сравнения результатов расчетов DNS и LES продемонстрирована работоспособность построенного решателя. Планируется скомбинировать метод разрывного Галеркина с методологией фильтрованной функции плотности, используя технологии параллельных вычислений.

Ключевые слова: LES, DG, DNS, турбулентность, Кельвин-Гельмголец.

Моделирование крупных вихрей (LES) является математической моделью турбулентности, используемой в вычислительной гидродинамике. Первоначально он был предложен в 1963 г. Джозефом Смагоринским для моделирования атмосферных воздушных течений [1] и впервые исследован Дойорддором (1970) [2]. LES в настоящее время применяется в широком спектре инженерных приложений, включая горение, акустику и моделирование пограничного слоя атмосферы.

Основная идея LES заключается в уменьшении вычислительных затрат за счет игнорирования вихрей наименьших масштабов, которые являются наиболее вычислительно дорогостоящими для решения, посредством фильтрации уравнений Навье-Стокса [3].

Модальный метод разрывного Галеркина (DG) является одним из самых современных методов в вычислительной гидродинамике. Он сочетает в себе преимущества методов конечных элементов, который обеспечивает высокий порядок аппроксимации и метода конечного объема, который позволяет решать задачи на сложных областях [4]. В отличие от FEM, DG не так хорошо поддерживает решение эллиптических уравнений, однако он хорош для гиперболических и параболических задач.

Разработанная DG схема применена для моделирования крупных вихрей развивающегося по времени слоя смещения.

Постановка тестовой задачи и основные уравнения

Рассматривается задача Кельвина-Гельмгольца в квадратной области ($\Omega = \{-l \leq x \leq l; -h \leq y \leq h\}$) с тремя параллельными потоками несжимаемой, однородной жидкости с разными направлениями скорости по оси OX. Схематическое представление исследуемой области показано на рисунке 1.

В начальных условиях мы устанавливаем малые возмущения на границах потоков второй компоненте скорости по OY. Принимаем жидкость как несжимаемую ($\rho = const$).

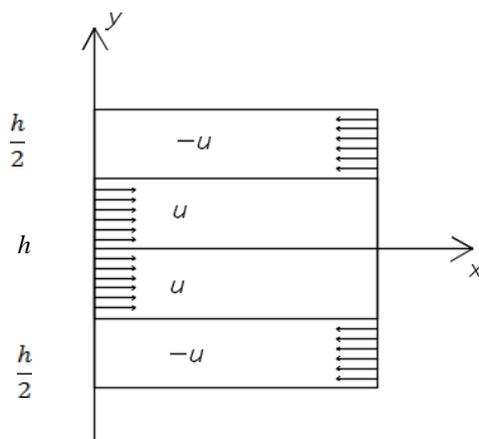


Рис. 1. Схематическое представление задачи

Уравнение неразрывности для несжимаемой жидкости:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

Уравнения момента:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial uu}{\partial x} + \frac{\partial uv}{\partial y} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + \nu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) \\ \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial uv}{\partial x} + \frac{\partial vv}{\partial y} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y} + \nu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) \end{aligned} \quad (2)$$

Сохранение массы:

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial cu}{\partial x} + \frac{\partial cv}{\partial y} = \frac{\nu}{s_c} \left(\frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} \right) \quad (3)$$

Начальные условия для уравнений (4.6)-(4.8):

$$\begin{aligned} u &= \begin{cases} 1, & -r < y < r \\ -1, & -h < y < -r \text{ and } r < y < h \end{cases} \\ v &= 0 \\ c &= \begin{cases} 1, & -r < y < r \\ 0, & -h < y < -r \text{ and } r < y < h \end{cases} \end{aligned} \quad (4)$$

Граничные условия периодичны для каждой переменной.

Уравнения в безразмерных параметрах:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial uu}{\partial x} + \frac{\partial uv}{\partial y} &= -\frac{\partial P}{\partial x} + \frac{1}{Re} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) \\ \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial uv}{\partial x} + \frac{\partial vv}{\partial y} &= -\frac{\partial P}{\partial y} + \frac{1}{Re} \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) \\ \frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial cu}{\partial x} + \frac{\partial cv}{\partial y} &= \frac{1}{Pe} \left(\frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} \right) \end{aligned} \quad (6)$$

Для усреднения уравнений для решения турбулентных течений необходимо использовать фильтры. LES включает в себя операции фильтрации

$$\langle f(x, t) \rangle_l = \int_{-\infty}^{\infty} f(x', t) G(x', x) dx' \quad (7)$$

где $f(x, t)$ -функция фильтра, $\langle f(x, t) \rangle_l$ отфильтрованное значение транспортной переменной $f(x, t)$, и $f'(x, t) = f(x, t) - \langle f(x, t) \rangle_l$ обозначает флуктуации функции $f(x, t)$ от отфильтрованного значения [5].

Следующие условия для функции фильтра должны быть выполнены:

$$\begin{aligned} \int_{-\infty}^{\infty} G dx &= 1 \\ G(x) &= G(-x) \\ G(x) &\geq 0 \quad \forall x \in \mathcal{R} \end{aligned} \quad (8)$$

\mathcal{R} - множество действительных чисел

$$\begin{aligned} \frac{\partial \langle u_i \rangle}{\partial x_i} &= 0 \\ \frac{\partial \langle u_i \rangle_L}{\partial t} + \frac{\partial \langle u_i \rangle_L \langle u_j \rangle_L}{\partial x_j} &= -\frac{\partial \langle p \rangle_L}{\partial x_i} + \frac{\partial \langle \tau_{ij} \rangle_L}{\partial x_j} - \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j} \\ \frac{\partial \langle \phi \rangle_L}{\partial t} + \frac{\partial \langle \phi \rangle_L \langle u_j \rangle_L}{\partial x_j} &= \frac{\partial \langle J_j \rangle_L}{\partial x_j} - \frac{\partial M_i}{\partial x_j} \end{aligned} \quad (9)$$

где T_{ij}, M_i – подсеточные тензоры напряжений, которые определяются как:

$$T_{ij} = \langle u_i u_j \rangle_L - \langle u_i \rangle_L \langle u_j \rangle_L$$

$$T_{ij} = -2C_R \Delta_G \varepsilon^{\frac{1}{2}} \left(\langle S_{ij} \rangle_L - \frac{1}{3} \langle S_{kk} \rangle_L \delta_{ij} \right) + \frac{2}{3} C_I \varepsilon \delta_{ij}$$

$$\varepsilon = \left| \langle u_i^* \rangle_L \langle u_j^* \rangle_L - \langle \langle u_i^* \rangle_L \rangle_l \langle \langle u_j^* \rangle_L \rangle_l \right|, u_i^* = u_i - U_i$$

$$M_i^\alpha = \langle u_i \phi \rangle_L - \langle u_i \rangle_L \langle \phi \rangle_L$$

$$M_i = -\frac{v_t}{sc_t} \frac{\partial \langle \phi \rangle_L}{\partial x_i}, v_t = C_R \Delta_G \varepsilon^{\frac{1}{2}}$$

Процедура решения методом разрывного Галеркина

Решения уравнений методом разрывного Галеркина ищется в виде:

$$u_n^K = \sum_{j=0}^{Np} \hat{u}_j^K(t) \varphi_j(\xi) \quad (10)$$

Серия полиномов будет решением внутри элементов

$$u_N^K = \hat{u}_N^K(t) \psi_j(\xi, \eta) \quad (11)$$

$$v_N^K = \hat{v}_N^K(t) \psi_j(\xi, \eta)$$

$$p_N^K = \hat{p}_N^K(t) \psi_j(\xi, \eta)$$

$$c_N^K = \hat{c}_N^K(t) \psi_j(\xi, \eta)$$

Для этого запишем уравнения (3.6)-(3.8) в консервативной форме:

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial t} + \nabla \cdot \bar{F} = -\nabla p + \left(\frac{1}{Re} + v_t \right) \nabla^2 \quad (12)$$

$$\nabla \cdot \bar{u} = 0$$

где,

$$u_i = (u, v)$$

$$\bar{F} = [F_1, F_2] = \begin{bmatrix} u^2 & uv \\ uv & v^2 \end{bmatrix} \quad (13)$$

Определим нелинейную функция, $\mathcal{N}(u)$

$$\mathcal{N}_x(u) = \nabla \cdot F_1 = \frac{\partial u^2}{\partial x} + \frac{\partial (uv)}{\partial y} \quad (14)$$

$$\mathcal{N}_y(u) = \nabla \cdot F_2 = \frac{\partial (uv)}{\partial x} + \frac{\partial v^2}{\partial y}$$

Эти уравнения (12)-(14) мы замыкаем с начальными и граничными условиями.

Первая часть решения по времени:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -\beta_0 \mathcal{N}(u^n) - \beta_1 \mathcal{N}(u^{n-1}) \quad (15)$$

Другие подходы для решения этой задачи показаны в [6] и [7].

Таким образом, уравнение в частных производных приводится к ординарному дифференциальному уравнению [7], чтобы мы могли решить (15) производному по времени. Выбрана схема второго порядка по времени Адамса-Бэшфорта [8]:

$$\frac{\gamma_0 \tilde{u} - \alpha_0 u^n - \alpha_1 u^{n-1}}{\Delta t} = -\beta_0 \mathcal{N}(u^n) - \beta_1 \mathcal{N}(u^{n-1}) \quad (16)$$

Для первого шага коэффициенты: $\alpha_0 = 1, \alpha_1 = 0, \gamma_0 = 1, \beta_0 = 1, \beta_1 = 0$.

Для последующих шагов: $\alpha_0 = 2, \alpha_1 = -\frac{1}{2}, \gamma_0 = \frac{3}{2}, \beta_0 = 2, \beta_1 = -1$.

На второй стадии, шага проецирования давления, средние скорости \tilde{u} обновляются следующим образом:

$$\tilde{u} = \tilde{u} - \frac{\Delta t}{\gamma_0} \nabla \bar{p}^{n+1} \quad (17)$$

Чтобы замкнуть эту систему (16)-(17) мы ищем \bar{p}^{n+1} как:

$$-\nabla^2 \bar{p}^{n+1} = -\frac{\gamma_0}{\Delta t} \nabla \cdot \tilde{u}$$

Затем используем \bar{p}^{n+1} чтобы обновить среднюю скорость

$$\tilde{u} = \tilde{u} - \frac{\Delta t}{\gamma_0} \nabla \bar{p}^{n+1}$$

На заключительной части шага по времени решается:

$$\gamma_0 \left(\frac{u^{n+1} - \tilde{u}}{\Delta t} \right) = \left(\frac{1}{Re} + \nu_t \right) \nabla^2 u^{n+1}$$

Которое выражается как неявное уравнение Гельмгольца для компонент скорости

$$-\nabla^2 u^{n+1} + \frac{\gamma_0}{\nu \Delta t} u^{n+1} = \frac{\gamma_0}{\nu \Delta t} \tilde{u}$$

Результаты численного решения

Ниже приведены результаты численного решения по LES и DNS. В ходе анализа мы сравнили результаты концентрации после фильтрации DNS с LES.

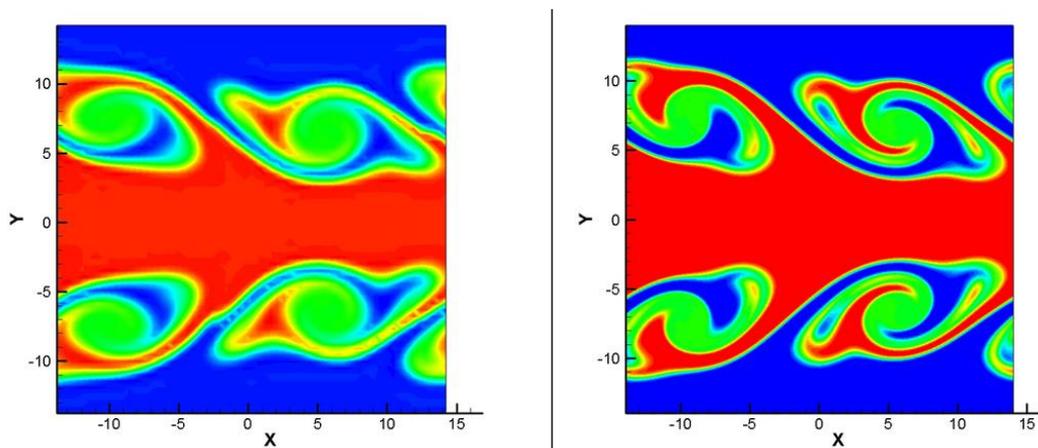


Рис. 2. Результаты концентрации по LES и DNS при $t = 29,55c$.

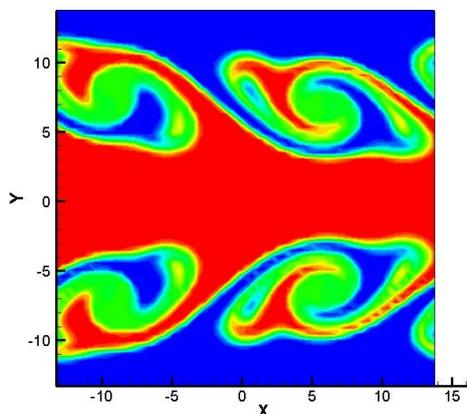


Рис. 3. Результат концентрации DNS после фильтрации.

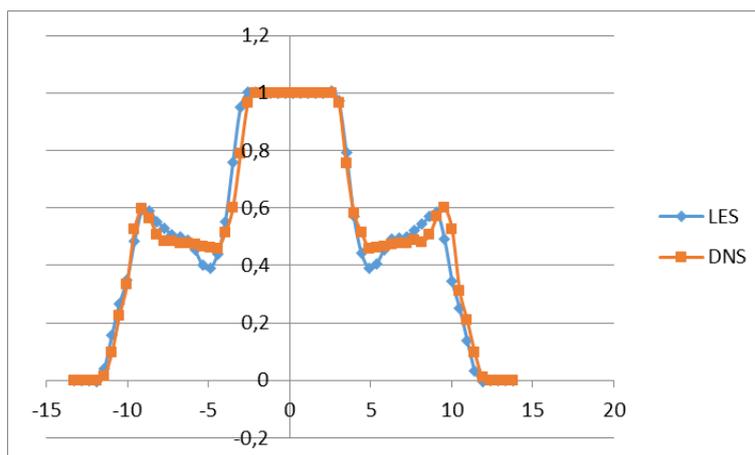


Рис. 4. Сравнение LES с фильтрованным DNS.

Из рисунка 4 наглядно выводится, что решатель LES близок к решению фильтрованного DNS.

Заключение

Разрывный метод Галеркина - очень точный и мощный метод. С помощью метода DG можно решать множество различных задач, однако он имеет большие ресурсные затраты по сравнению с методом конечных разностей и конечного объема. Вот почему необходимо оптимизировать и использовать технологий параллельных вычислений для DG.

Построенный нами решатель LES для турбулентных течений показал отличные результаты (рис. 2), которые были продемонстрированы в сравнении с решением DNS (рис. 4).

В будущем планируется рассмотреть выбор оптимальных числовых потоков, которое гарантирует меньшую рассеиваемость с лучшей стабильностью схемы.

Кроме того, мы собираемся скомбинировать метод разрывного Галеркина с методологией фильтрованной функции плотности, который необходим для точного моделирования поведения видов и химической кинетики, используя технологий параллельных вычислений

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Smagorinsky, Joseph (March 1963). "General Circulation Experiments with the Primitive Equations". *Monthly Weather Review*. **91** (3): 99–164.
- [2] Deardorff, James (1970). "A numerical study of three-dimensional turbulent channel flow at large Reynolds numbers". *Journal of Fluid Mechanics*. **41** (2): 453–480.
- [3] Fox D. G., Lilly D. K. Numerical simulation of turbulent flows //Reviews of Geophysics. – 1972. – Т. 10. – №. 1. – С. 51-72.
- [4] Jan S. Hesthaven, Tim Warburton Nodal Discontinuous Galerkin Methods Algorithms, Analysis and Applications, Springer-Verlag New York 2008, 502 p.
- [5] Germano M. et al. A dynamic subgrid-scale eddy viscosity model //Physics of Fluids A: Fluid Dynamics. – 1991. – Т. 3. – №. 7. – С. 1760-1765.
- [6] M.Deville, P.Fisher, and E.H.Mund, High-Order Methods For Incompressible Fluid Flow, Cambridge University Press, Cambridge, 2002. Cited on page(s) 301
- [7] G.E.Karniadakis and S.J.Sherwin, Spectral/hp Element Methods in Computational Fluid Dynamics (2nd Ed.), Oxford University Press, Oxford, 2005. Cited on page(s) 301
- [8] E. Hairer, S.P. Nørsett, and G. Wanner, Solving Ordinary Differential Equations I. Nonstiff Problems., Springer Series in Computational Mathematics **8**, Springer-Verlag, Berlin, 1987. Cited on page(s) 64, 93, 157, 301

Аджан Б.З., Инкарбеков М.К.

Турбулентті ағыстардағы ірі құйындарды модальді үзілісті Галеркин әдісімен модельдеу

Түйіндеме: Турбулентті ағыстарға қатысты есептерді шешу үшін құрылған LES есептеуіші жақсы нәтижелер көрсетті және оған қоса DNS нәтижелерімен салыстыру жүргізілді. Болашақта азырақ диффузияға ұшырап, жақсы тұрақтылығын сақтайтын тиімді сандық ағын таңдау жолдарын қарастыруды көздеп отырмыз. Оған қоса параллель есептеу технологияларын қолданып, үзілісті Галеркин әдісін фильтренген тығыздық функциясы әдістемелігімен ұштастыруды жоспарлаудамыз.

Негізгі сөздер: CFD, LES, DG, DNS, турбулентция, Кельвин-Гельмгольц.

Ajan B., Inkarebekov M.

Modal discontinuous Galerkin method for large eddy simulation of turbulent flows

Summary: Our LES solver for turbulent flows showed excellent results, which were demonstrated in comparison with the DNS solution.

In the future, it is planned to consider the choice of optimal numerical flux, which guarantee less diffusion with better stability of the circuit. In addition, we are going to combine the DG method with the filtered density function methodology, which is necessary for precise modeling of species behavior and chemical kinetics.

Keywords: CFD, LES, DG, DNS, turbulence, Kelvin-Helmholtz.

УДК 681.51: 628.8

¹Б.Б. Оразбаев, ²Н.М. Каменов, ¹Ж. Женисбекулы, ²Л.Г. Касенова

(Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан Республикасы

²Қазақ экономика, қаржы және халықаралық сауда университеті, Астана, Қазақстан Республикасы)

batyr_o@mail.ru

**АЙҚЫН ЕМЕС ОРТАДА МҰНАЙ ҚҰБЫРЫНЫҢ НЕГІЗГІ АГРЕГАТТАРЫНЫҢ
МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕРІН ҚҰРУ**

Аннотация. Мұнай құбыры негізгі технологиялық агрегаттары мысалында, күрделі жүйелердің бастапқы ақпараттың бір бөлігі айқын емес жағдайында математикалық модельдерін құру мәселелері мен оларды шешу жолдары зерттеліп, ұсынылған. Айқын емес жиындар теориясы және сараптық бағалау тәсілдері негізінде айқын емес модельдердің құрамын анықтау тәсілдемесі ұсынылып, айқын емес модельдердің параметрлерін идентификациялау әдістемесі сипатталған. Ұсынылған және сипатталған айқын емес модельдерді идентификациялау тәсілдемелері мұнай құбыры жүйесінің негізгі технологиялық агрегаттарының, атап айтқанда, Өзен–Атырау магистралды мұнай құбырының мұнайды қыздыру станциясының, мұнай айдау станциясының және құбырдың сызықтық бөлігінің математикалық модельдерін құру мысалында жүзеге асырылған.

Кілттік сөздер: математикалық модель, айқын емес модель, мұнай құбыры, мұнай қыздыру станциясы, мұнай айдау станциясы, мұнай құбырының сызықтық бөлігі.

1. Кіріспе. Заманауи математикалық тәсілдері негізінде магистралды мұнай құбырлары технологиялық агрегаттарының математикалық модельдерін құру және зерттеу кезінде мұнай құбыры жүйесі технологиялық нысандарының математикалық модельдері жүйесін айқынсыздықтан туындайтын анықсыздық жағдайларда құруға жеткіліксіз көңіл бөлінбеген [1, 2]. Магистралды мұнай құбырларының технологиялық агрегаттары өндірістік жағдайларда әдетте бастапқы ақпараттың немесе олардың бір бөлігінің айқын емес болған жағдайларында жұмыс жасайтындықтан [2, 3], мұнай құбыры жүйесінің математикалық модельдерін құру және идентификациялау есептерін шешу тәсілдемелерін зерттеу және жетілдіру өте өзекті мәселе болып табылады.

Дәстүрлі модельдеу тәсілдерін, мұнай құбырлары технологиялық агрегаттары сияқты, сандық түрде күрделі сипатталатын, яғни айқын емес ақпараттар арқылы сипатталатын нысандарға қолдану, математикалық тәсілдер мен есептеу техникасы құралдарының айтарлықтай дамуына қарамастан, практикада әзірше жақсы нәтижелер бермеуде. Практикада мұндай нысандар мен процесстер тәжірибелі адам (өндірістік персонал, маман-сарапшы, жетекші, шешім қабылдаушы тұлға) айтарлықтай жақсы сипаттай алпады және басқарады. Адам мұндай жағдайларда анықсыздық пен күрделілікті жеткілікті деңгейде жақсы жетістіктермен шешеді [4–6]. Компьютерден айырмашылығы, адам күрделі жағдайда, айқын емес сапалық түсініктерді айтарлықтай жақсы өңдеп, есепті шешуде табысты қолдана алады. Сондықтан, кәдімгі табиғи немесе кәсіптік тілде формалданатын адамның білімін, тәжірибесін, түсінігін, яғни айқын емес ақпаратты қалай қолдану керек деген мәселе туындайды.

Күрделі өндірістік нысандарды модельдеу, оптимизациялау және басқаруда адамның айқын емес ақпаратты пайдалану қабілеттігін компьютерге қалай беру мәселелерін шешу үшін айқын емес ақпаратты формализациялау мен өңдеуге мүмкіндік беретін арнаулы тәсілдер, мысалы айқын емес жиындар теориясының математикалық аппараты қажет [5 – 8].

2. Есептің қойылымы. Өзен-Атырау магистралды мұнай құбырының негізгі технологиялық агрегаттарының математикалық модельдерін, атап айтқанда, мұнай қыздыру станцияларының (МҚС), яғни құбырлық пештердің, мұнай айдау станцияларының (МАС), яғни сорғылардың және мұнай құбырының сызықтың бөлігінің (МҚ СБ) модельдерін құру қажет.

Технологиялық нысандардың математикалық модельдерін бастапқы ақпараттың айқын еместігін ескере отырып құру тәсілдемесі (мысалы [5, 6] жұмыстарында ұсынылған) негізінде бірінші кезекте магистралды мұнай құбырының зерттелетін Құлсары – Атырау бөлігінің жоғарыда аталған негізгі технологиялық агрегаттарының, яғни: мұнай қыздыру станцияларының; мұнай айдау станцияларының; мұнай құбырының сызықтың бөлігінің айқын емес математикалық модельдерінің құрылымын анықтаймыз (құрылымдық идентификациялау). Содан кейін, екінші кезекте, ең кіші квадраттар тәсілі идеясын негізінде, α -деңгейлі жиындарды қолдана отырып, анықталған модельдердің айқын емес параметрлерін анықтаймыз (параметрлік идентификациялау).

3. Алынған нәтижелер және оларды талқылау. Айқын емес модельдерді құру тәсілі негізінде және регрессорларды тізбектей қосу тәсілін [5, 7] айқын емес ортада жұмыс жасауға түрлендіріп, бейімдей отырып бірінші кезекте құбырлық пештердің, яғни, МҚС-ның модельдерінің құрылымын анықтаймыз. Бастапқы ақпараттың бір бөлігі айқын емес болған жағдайында пештің кіріс және режимдік параметрлерінің оның шығыс параметрлеріне әсерін анықтау үшін статистикалық деректер мен эксперттік бағалау нәтижесінде айқын емес коэффициенттерімен сипатталатын көпрегессиялық айқын емес тендеу құрылымы анықталды. Бұл айқын емес регрессиялық модельдер: мұнай айдау процесінің өнімділігін (модель (1)); және МҚС температурасы мен шығысындағы қысымның оның кіріс параметрлеріне тәуелділігін (модель (2)) сипаттайды:

$$\tilde{y}_1 = \tilde{a}_{01} + \tilde{a}_{11}x_{11} + \tilde{a}_{21}x_{21} - \tilde{a}_{31}x_{31} + \tilde{a}_{41}x_{41} + \tilde{a}_{51}x_{11}^2 + \tilde{a}_{61}x_{21}^2 - \tilde{a}_{71}x_{31}^2 + \tilde{a}_{81}x_{41}^2 + \tilde{a}_{91}x_{31}x_{41} \quad (1)$$

$$y_j = a_{0j} + a_{1j}x_{1j} + a_{2j}x_{2j} + a_{3j}x_{3j} + a_{4j}x_{4j} + a_{5j}x_{1j}^2 + a_{6j}x_{2j}^2 + a_{7j}x_{1j}x_{2j}, j = 2,3 \quad (2)$$

мұнда $\tilde{y}_1, y_j, j=2,3$ сәйкесінше, өнімділік, МҚС температурасы мен оның шығысындағы қысым; $\tilde{a}_{01}, \tilde{a}_{11}, \dots, \tilde{a}_{71}$ – эксперттік (айқын емес) ақпарат негізінде анықталатын айқын емес регрессиялық коэффициенттер; $a_{0j}, a_{1j}, \dots, a_{7j}$ – айқын регрессиялық коэффициенттер; $x_{1j}, x_{2j}, x_{3j}, x_{4j}$ – сәйкесінше, МҚС кірісіндегі температура, қысым және отын мен мұнайдың көлемі.

МАС (сорғылардың) модельдерінің құрылымдарын анықтауды қарастырайық. Бұл агрегаттар, яғни сорғылар өнімділік бойынша айқынсыздықпен сипатталады. Сол себептен, МАС-на жоғарыда сипатталған тәсілдеме негізінде және айқын емес ортада модельдерді синтездеу тәсілі негізінде [5] өнімділікті сипаттайтын айқын емес модельдің құрылымы анықталған (3), ал МАС шығысындағы қысымды анықтау үшін көпрегессиялық модель құрылым анықталған (4):

$$\tilde{y}_1 = \tilde{a}_{01} + \tilde{a}_{11}x_1 - \tilde{a}_{21}x_2 + \tilde{a}_{31}x_1^2 - \tilde{a}_{41}x_2^2 + \tilde{a}_{51}x_1x_2 \quad (3)$$

$$y_2 = a_{02} + a_{12}x_1 - a_{22}x_2 + a_{32}x_1^2 + a_{42}x_1x_2, \quad (4)$$

мұнда \tilde{y}_1 – МАС өнімділігі, y_2 – МАС шығысындағы қысым; $\tilde{a}_{01}, \tilde{a}_{11}, \tilde{a}_{21}, \tilde{a}_{31}, \tilde{a}_{41}, \tilde{a}_{51}$ – бағаланатын айқын емес коэффициенттер (бос мүше, сызықтық бөліктік коэффициенттері, кіріс параметрлерінің шығысқа біріге әсер ету коэффициенттері и сызықтық емес бөліктің коэффициенттері); $a_{02}, a_{12} \dots a_{42}$ – регрессияның идентификацияланатын коэффициенттері; x_1, x_2 – сәйкесінше, сорғы кірісіндегі қысым және мұнай тығыздығы.

Ендігі кезекте мұнай құбырының сызықтық бөлігінің, яғни МҚ СБ, модельдерінің құрылымын анықтау сұрақтарын қарастырайық. Эксперттік тәсілдер және модификацияланған регрессорларды тізбектей қосу тәсілі негізінде мұнай қыбырының сызықтық бөлігінің жұмысын сипаттайтын келесі айқын емес регрессиялық модельдер (5) мен көпрегессиялық модельдер (6) құрылымы анықталды:

$$\tilde{y}_j = \tilde{a}_{0j} + \sum_{i=1}^4 \tilde{a}_{ij}x_{ij} + \sum_{i=1}^4 \sum_{k=i}^4 \tilde{a}_{ikj}x_{ij}x_{kj}, \quad j = \overline{1,2}, \quad (5)$$

$$y_j = a_{0j} + \sum_{i=1}^4 a_{ij} x_{ij} + \sum_{i=1}^4 \sum_{k=i}^4 a_{ikj} x_{ij} x_{kj}, \quad j = \overline{3,4}, \quad (6)$$

мұнда $\tilde{y}_j, j = \overline{1,2}$ – МҚ СБ шығыс параметрлері, атап айтқанда, сәйкесінше, мұнай құбырымен айдалып жатқан мұнай көлемі (өнімділік) және мұнай құбырының сызықтық білігінің шығысындағы мұнай тығыздығы, $y_j, j = \overline{3,4}$ мұнай құбырының СБ-нің шығысындағы мұнай температурасы мен қысы; $\tilde{a}_{0j}, \tilde{a}_{1j}, \tilde{a}_{2j}, \dots, \tilde{a}_{44j}, a_{0j}, a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{44j}$ – идентификацияланатын айын емес ($\tilde{a}_{0j}, \tilde{a}_{1j}, \tilde{a}_{2j}, \dots, \tilde{a}_{44j}$) және айқын ($a_{0j}, a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{44j}$) регрессиялық коэффициенттер; $x_{1j}, x_{2j}, x_{3j}, x_{4j}$ – кіріс параметрлері (МҚ СБ басындағы), сәйкесінше, кірістегі мұнайдың көлемі, мұнай құбырының СБ түсетін мұнайдың тығыздығы, температурасы және мұнай құбырының СБ қысымы.

Ары қарай құрылымдары анықталған мұнай құбырларының негізгі агрегаттарының (МҚС, МАС, МҚ СБ) модельдерінің параметрлерін анықтау (параметрлік идентификациялау) мәселелерін шешу тәсілдемелерін қарастырайық. Модификацияланған эксперименттерді жоспарлау тәсілін, эксперттік тәсілдердерді жіне айқын емес жиындар теориясы тәсілдерін біріктіріп, жүйелі қолдануға негізделген келесі әдістемені ұсынамыз.

Ұсынылған әдістемеді айқын емес модельдердің коэффициенттерін идентификациялау келесі кезеңдер бойынша жүзеге асырылады:

1. Моделі құрылатын зерттеу нысанын (мысалы, МҚС, МАС, МҚ СБ) талдау негізінде «ойша» эксперименттердің толық жоспары құрылады. Жоспарды құру эксперименттерді математикалық жоспарлау кезіндегі жоспарды құруға ұқсас процедура негізінде жүзеге асырылады, тек мұнда сандық деректер орнына олардың айқын емес сан түріндегі жуықша мәндері, немесе айқын емес ақпарат (терм) түріндегі лингвистикалық айнымалылардың мәндері қолданылады.

2. Эксперт-мамандар өздерінің білімдері мен практикалық тәжірибелері негізінде жоспардың жүзеге асуы мүмкін емес немесе апаттық жағдайларға алып келуі анық, нұсқаларын алып тастайды. Бұл жағдайда эксперт-мамандар алынып тасталған әр жоспар нұсқасының себебін негіздеуі талап етіледі.

3. Жоспардың барлық қалған нұсқалары бойынша кіріс, режимдік параметерлердің сйкес мәндерінің нысанның шығыс параметрлеріне әсерін бағалайды. Бағалау алдын-ала тандалған терм-жиындарды қолдану арқылы жүзеге асырылуы тиіс.

4. Эксперттер кейбір жоспар нұсқаларын бағалауда өте сенімсіз, не бағалай алмаған жағдайда, бұл нұсқаларын жоспарға сәйкес мүмкіндігінше жүзеге асыру, аұпарат жинақтау қажеттігі туындайды.

5. Жоспар нұсқаларын бағалауда эксперттер тобы (әдетте 7-15 эксперт) қатысатын болғандықтан, белгілі тәсілдеме бойынша эксперттердің ойларының, бағаларының келісімдік деңгейін анықтау қажет. Егер де эксперт бағалары негізінен бір-біріне сәйкес келсе, яғни, дисперсиялық конкордация коэффициентінің мәні 1-ге жақындау, және $w_R \geq w_T$ (w_R, w_T – сәйкесінше, тандалған деңгей үшін конкордация коэффициентінің есептеу және кестелік мәндері) болса, онда бағаланған жоспарды жүзеге асырылып, алынған нәтижелерді өңдеуге көшу керек (7-қадамға өту).

6. Егер $w_R < w_T$ болса, яғни эксперттер ойлары мен бағалары бір-біріне сәйкес келмесе, оларға эксперттік топтағы басқа эксперттердің бағаларымен таныстырылады, соның нәтижесінде оларға өздерінің алдыңғы бағаларын мұқият талдап, ойлануына, бағаларын түзетуге мүмкіндік беріледі, яғни эксперттік процедура 3 қадамнан бастап қайталанады.

7. Эксперт бағалау нәтижесінде алынған ақпарат айқын емес жиындар теориясының тәсілдерімен өңделеді, нәтижесінде дефазсификациялау арқылы жоспар нәтижелерінің сандық мәндері алынады.

Алынған эксперттік ақпараттың сенімділігін арттыру мақсатында, косымша «антиэкспертиза» деп атауға болатын бағалаулар өткізуге болады. Бұл кезде эксперттік сауалнама картасы, мағынасы бойынша жауап алынып, тиістілік функциялары ($\mu_A(x)$) құрылған сұрақтарға қарама-қайшы сұрақтардан тұрады. Бұл кезде эксперттер айқын емес параметрлердің нысанның жұмысын мағыналық, айқын емес сипаттайтын жиындарға, ішкі жиындарға тиісті емес деңгейін бағалауы керек. Алынған бағалауларды өңдеу нәтижесінде нысанның айқын емес параметрлерінің бастапқы терм-жиынға тиістілік емес функциялары тұрғызылады, содан кейін оны тиістілік функциясымен

салыстыру ыңғайлы болу үшін, оның графигін кері айналдыру (зеркальное отображение) процесін өткізуге болады.

Эксперттік ақпараттың сенімділік және келісімдік дәрежесін сапалық талдауды сәйкес тиістілік функциялары мен тиістілік емес функцияларының мәндері, немесе графигі бойынша бағалауға болады. Бұл үшін бір параметрді сипаттайтын тиістілік және тиістілік емес функцияларының айырмашылығы салыстырылады. Бұл функциялардың мәндері, графиктері бір-бірінен айтарлықтай айырмашылықта болатын интервалдарға көңіл бөлу қажет. Егер мұндай интервалдар болса, онда эксперттермен біріге отырып қосымша зерттеулер жүргізу керек, бұл зерттеулер нәтижесінде функциялар мәндерінің айырмашылықта болу себептерінен анықтау және бағаларды түзету жүргізуге болады.

Параметрлік идентификациялау есебін шешу, яғни айқын емес регрессия коэффициенттерінің $\tilde{a}_{0j}, \tilde{a}_{1j}, \dots$, мәндерін анықтау үшін модель бойынша алынған шығыс параметрлерінің айқын емес мәндерінің \tilde{y}_j^M , эксперт-мамандардың бағалауы бойынша алынған, шығыс параметрлерінің таңдаулы шынайы мәндерінен \tilde{y}_j^i ауытқуын минимизациялау критерийі зерттелген.

Көпрегрессиялық тәсілін айқын еместік жағдайларды жұмыс жасау үшін модификациялау және жоғарыда ұсынылып, сипатталған әдістеме негізінде Өзен-Атфырау-Самара магистралды мұнай құбырының Құлсары-Атырау бөлігінің негізгі агрегаттарының құрылым анықталған математикалық модельдерінің параметрлерін идентификациялау кезеңі орындалған.

МҚС, МАС және МҚ СБ айқын емес (1), (3), (5) модельдерінің айқын емес параметрлерін (коэффициенттерін) бағалау (параметрлік идентификациялау) үшін келесі (7) критерийін қолданамыз:

$$\tilde{R}_j = \min \sum_{l=1}^k (\tilde{y}_{jl}^e - \tilde{y}_{jl}^M)^2 \quad (7)$$

Мұнай айдау процесінің айқын емес көрсеткіштерін сипаттайтын (1), (3), (5) модельдерінің белгісіз айқын емес регрессиялық коэффициенттерінің мәндерін анықтау үшін, α -деңгейлі жиынның келесі деңгейлерін аламыз $\alpha = 0,5; 0,85; 1$. Таңдалып алынған деңгейлерге сәйкес x_{ij} - кіріс және \tilde{y}_j - шығыс параметрлерінің әр α_q ($q = \overline{1,3}$) деңгейдегі мәндері бақыланады.

МҚС, МАС және МҚ СБ айқын емес модельдері болып табылатын, айқын емес көпрегрессиялық (1), (3), (5) теңдеулерінің әр α_q деңгейі үшін төмендегі (8), (9), (10) жүйелерді жазамыз:

$$y_{1(СПН)}^{\alpha_q} = a_{01}^{\alpha_q} + a_{11}^{\alpha_q} x_{11} + a_{21}^{\alpha_q} x_{21} - a_{31}^{\alpha_q} x_{31} + a_{41}^{\alpha_q} x_{41} + a_{51}^{\alpha_q} a_{51}^{\alpha_q} x_{11}^2 + a_{61}^{\alpha_q} x_{21}^2 - a_{71}^{\alpha_q} x_{31}^2 + a_{81}^{\alpha_q} x_{41}^2 + a_{91}^{\alpha_q} x_{31}x_{41}, q = \overline{1,3}; \quad (8)$$

$$y_{1(НПС)}^{\alpha_q} = a_{01}^{\alpha_q} + a_{11}^{\alpha_q} x_{11} - a_{21}^{\alpha_q} x_{21} + a_{31}^{\alpha_q} x_{11}^2 - a_{41}^{\alpha_q} x_{21}^2 + a_{51}^{\alpha_q} x_{11}x_{21}, q = \overline{1,3}; \quad (9)$$

$$y_{j(ЛЧ)}^{\alpha_q} = a_{0j}^{\alpha_q} + a_{1j}^{\alpha_q} x_{1j} + a_{2j}^{\alpha_q} x_{2j} + a_{3j}^{\alpha_q} x_{3j} + a_{4j}^{\alpha_q} x_{4j} + a_{11j}^{\alpha_q} x_{1j}^2 + a_{22j}^{\alpha_q} x_{2j}^2 + a_{33j}^{\alpha_q} x_{3j}^2 + a_{44j}^{\alpha_q} x_{4j}^2 + a_{12j}^{\alpha_q} x_{1j}x_{2j} + a_{13j}^{\alpha_q} x_{1j}x_{3j} + a_{14j}^{\alpha_q} x_{1j}x_{4j} + a_{23j}^{\alpha_q} x_{2j}x_{3j} + a_{24j}^{\alpha_q} x_{2j}x_{4j} + a_{34j}^{\alpha_q} x_{3j}x_{4j}, j = \overline{1,2}, q = \overline{1,3}; \quad (10)$$

Бұл өрнектер көпрегрессиялық теңдеулер жүйесі болғандықтан, олардың коэффициенттерін идентификациялау есептерін белгілі көпрегрессиялық теңдеулердің параметрлерін идентификациялау есептеріне келтіруге болады. Алынған есептерді, яғни дәстүрлі көпрегрессиялық параметрлік идентификациялау есептерін шешу үшін ең кіші квадраттар тәсіліне негізделген белгілі алгоритмдер мен ЭЕМ математикалық қамсыздандыруна кіретін стандартты қолданбалы программаларды пайдалануға болады. Біздің жағдайда регрессиялық коэффициенттерді анықтау үшін REGRESS программалар пакеті (Москва құрыш және қоспалар институты, авторлары Кузнецов А.Г., Оразбаев Б.Б.) қолданылған. Бұл программа диалогты режимде жұмыс жасап, кіріс параметрлерінің кез-келген санында ($x_i, i = \overline{1,n}$) сызықтық және сызықты емес регрессиялық теңдеулердің коэффициенттерін, ең кіші квадраттар тәсілі және олардың түрлі модификациялары негізінде, анықтауға мүмкіндік береді.

REGRESS программасы көмегімен компьютерде жоғарыда келтірілген (8), (9), (10) теңдеулерінің: модель (8), $a_{ij}^{\alpha_q}$ ($i=\overline{0,7}, j=\overline{1,3}, q=\overline{1,3}$ үшін, модель (9), $i=\overline{0,4}, j=\overline{1,2}, q=\overline{1,3}$ үшін, және модель (10), $i=\overline{0,4}, j=\overline{1,4}, q=\overline{1,3}$ үшін коэффициенттерінің алынған мәндері төмендегі айқын емес жиындар өрнегі негізінде біріктіріледі:

$$\tilde{a}_{ij} = \vee a_{ij}^{\alpha_q} \text{ немесе } \mu \tilde{a}_{ij}(a_{ij}) = \text{SUP}_{\alpha \in [0.5,1]} \min \{ \alpha, \mu a_{ij}^{\alpha} (a_{ij}) \}, \text{ мұнда } a_{ij}^{\alpha_q} = \{ a_i \mid \mu \tilde{a}_{ij} (a_{ij}) \geq \alpha \}.$$

Сонымен, МҚС (пеш) өнімділігі ($\tilde{y}_{1(\text{снн})}$) мен кіріс параметрлерінің $x_i, i=\overline{1,4}$ арасындағы айқын емес байланысын сипаттайтын теңдеуді (математикалық модель) (бір МҚС үшін) параметрлік идентификациялаудан кейін келесідей жазуға болады ($\tilde{y}_{1(\text{снн})}^{\alpha}$ -ға өте әлсіз әсер ететін, немесе әсер етпейтін регрессорлар 0-ге теңестіріліп, келтірілмеген):

$$y_{1(\text{снн})} = f_1(x_{11}, x_{21}, \dots, x_{41}) = (0.5/2.000254727 + 0.85/2.007525117 + 1/2.088235294 + 0.85/2.175725157 + 0.5/2.787515357)x_{11} + (0.5/7.001000000 + 0.85/7.010000000 + 1/7.100000000 + 0.85/7.101523567 + 0.5/7.156572378)x_{21} - (0.5/5.005700000 + 0.85/5.012500000 + 1/5.680000000 + 0.85/5.750000000 + 0.5/5.950000000)x_{31} + (0.5/0.003700000 + 0.85/0.055000000 + 1/0.400000000 + 0.85/0.450000000 + 0.5/0.500000000)x_{41} + (0.5/0.000378677 + 0.85/0.007725335 + 1/0.061418685 + 0.85/0.097733375 + 0.5/0.134457767)x_{11}^2 + (0.5/0.600000000 + 0.85/0.650000000 + 1/0.710000000 + 0.85/0.760000000 + 0.5/0.820000000)x_{21}^2 - (0.5/0.180300000 + 0.85/0.200100000 + 1/0.227200000 + 0.85/0.247200000 + 0.5/0.267200000)x_{31}^2 + (0.5/0.00003730 + 0.85/0.000077540 + 1/0.000563380 + 0.85/0.003735470 + 0.5/0.012557370)x_{41}^2 + (0.5/0.006000000 + 0.85/0.007000000 + 1/0.008000000 + 0.85/0.009000000 + 0.5/0.010000000)x_{31}x_{41}$$

МАС өнімділігінің ($\tilde{y}_{1(\text{снн})}$) кіріс параметрлеріне $x_i, i=\overline{1,2}$ тәуелділігін сипаттайтын МАС айқын емес моделін келесі түрде аламыз:

$$y_{1(\text{мас})} = f_1(x_{11}, x_{21}) = (0.5/76.502533912 + 0.85/76.601130723 + 1/76.701030928 + 0.85/76.801233345 + 0.5/76.901220547)x_{11} - (0.5/0.312255624 + 0.85/0.414237512 + 1/0.514285714 + 0.85/0.612377535 + 0.5/0.714123537)x_{21} + (0.5/11.000123347 + 0.85/11.001211445 + 1/11.070251886 + 0.85/11.123257775 + 0.5/11.775245888)x_{11}^2 - (0.5/0.00003377 + 0.85/0.000054675 + 1/0.000394997 + 0.85/0.002765778 + 0.5/0.010252577)x_{21}^2 + (0.5/0.000375557 + 0.85/0.007725147 + 1/0.053019146 + 0.85/0.110100123 + 0.5/0.875254358)x_{11}x_{21}^2.$$

Мұнай айдау процесінің өнімділігі мен мұнай тығыздылығының МҚСБ кіріс параметрлеріне $x_i, i=\overline{1,4}$ тәуелділігін сипаттайтын МҚСБ математикалық модельдері келесі түрде алынған:

$$y_{1(\text{мч})} = f_1(x_{11}, x_{21}, \dots, x_{41}) = (0.5/0.190122335 + 0.85/0.290452123 + 1/0.390442298 + 0.85/0.490445337 + 0.5/0.590334455)x_{11} - (0.5/0.241705577 + 0.85/0.342334545 + 1/0.443930636 + 0.85/0.543930537 + 0.5/0.643850557)x_{21} + (0.5/11.094112357 + 0.85/11.191127545 + 1/11.294117647 + 0.85/11.393127457 + 0.5/11.493317335)x_{31} + (0.5/28.455711317 + 0.85/28.554714415 + 1/28.656716418 + 0.85/28.756725425 + 0.5/28.857715435)x_{41} + (0.5/0.00007478 + 0.85/0.000078487 + 1/0.000198496 + 0.85/0.001138357 + 0.5/0.012188347)x_{11}^2 - (0.5/0.00005255 + 0.85/0.000052335 + 1/0.000513215 + 0.85/0.005523125 + 0.5/0.055551123)x_{21}^2 + (0.5/0.132357857 + 0.85/0.231177623 + 1/0.332179931 + 0.85/0.431175335 + 0.5/0.532278877)x_{31}^2 + (0.5/4.075517557 + 0.85/4.175131745 + 1/4.277121853 + 0.85/4.375655778 + 0.5/4.477223747)x_{41}^2 + (0.5/0.006623544 + 0.85/0.0076325875 + 1/0.008612698 + 0.85/0.009615333 + 0.5/0.017512557)x_{11}x_{31} + (0.5/0.000155337 + 0.85/0.001456745 + 1/0.014568742 + 0.85/0.145225347 + 0.5/0.901335457)x_{14}x_{44} - (0.5/0.001335358 + 0.85/0.012155687 + 1/0.132516608 + 0.85/0.545789787 + 0.5/0.898557889)x_{21}x_{41};$$

$$y_{2(лч)} = f_2(x_{12}, x_{22}, \dots, x_{42}) = -(0.5/0.000000001 + 0.85/0.000000005 + 1/0.000000001 + 0.85/0.000000005 + 0.5/0.00000010) + (0.5/0.066534780 + 0.85/0.076333505 + 1/0.086832740 + 0.5/0.096787404)x_{12} + (0.5/0.194832275 + 0.85/0.294813545 + 1/0.394913295 + 0.5/0.491833233 + 0.85/0.595723447)x_{22} - (0.5/10.027056717 + 0.85/10.037057957 + 0 + 1/10.047058824 + 0.85/10.057057925 + 0.5/10.067058845)x_{32} + (0.5/12.545268557 + 0.85/12.645157875 + 1/12.746268657 + 0.85/12.847357875 + 0.5/12.947167578)x_{42} + (0.5/0.000024235 + 0.85/0.000034237 + 1/0.000044145 + 0.85/0.000054245 + 0.5/0.000064347)x_{12}^2 + (0.5/0.000251545 + 0.85/0.000353527 + 1/0.000456547 + 0.85/0.000557538 + 0.5/0.000657895)x_{22}^2 - (0.5/0.025625278 + 0.85/0.121527278 + 1/0.221626298 + 0.85/0.322525297 + 0.5/0.423526257)x_{32}^2 + (0.5/1.703427167 + 0.85/1.801427178 + 1/1.902428158 + 0.85/1.102458147 + 0.5/1.203427167)x_{42}^2 + (0.5/0.00001002 + 0.85/0.00010037 + 1/0.000100385 + 0.85/0.001067875 + 0.5/0.010020035)x_{12}x_{22} + (0.5/0.0010024 + 0.85/0.002230027 + 1/0.003240028 + 0.85/0.004230023 + 0.5/0.005230022)x_{12}x_{42} + (0.5/0.005365735 + 0.85/0.006367735 + 1/0.007367785 + 0.85/0.008337735 + 0.5/0.009357783)x_{22}x_{42}$$

МАС шығысындағы температура (y_2) мен қысымның (y_3) кіріс параметрлеріне ($x_i, i=1,4$) математикалық тәуелділігін параметрлік идентификациялау нәтижелері, белгілі регрессиялық талдау тәсілдерімен анықталып, мәндері 0-ге тең, немесе 0-ге жуықтау коэффициенттері алынып тасталғаннан соң, келесі түрде жазылған:

$$y_{2(спн)} = f_2(x_{12}, x_{22}, x_{32}, x_{42}) = 0.0000001 + 0.588235294x_{12} - 0.500000000x_{22} + 0.400000000x_{32} - 0.007042254x_{42} + 0.021626298x_{12}^2 - 0.050000000x_{22}^2 + 0.029411765x_{12}x_{22};$$

$$y_{3(спн)} = f_3(x_{13}, x_{23}, x_{33}, x_{43}) = -0.000000001 - 0.023529412x_{13} + 0.320000000x_{23} - 0.032000000x_{33} + 0.002253521x_{43} - 0.001384083x_{13}^2 + 0.040000000x_{23}^2 + 0.007058824x_{13}x_{23}$$

Мұнай құбырының Құлсары-Атырау бөлімінің МАС мен МҚ СБ эксперименталдық-статистикалық деректер негізінде ең кіші квадраттар тәсілі және REGRESS программасы көмегімен құрылған статистикалық модельдерін параметрлік идентификациялау нәтижелері төменде келтірілген.

МАС үшін:

$$y_{2(спс)} = f_2(x_{12}, x_{22}) = 0.00000001 + 0.345360825 \cdot x_{12} - 0.002315668 \cdot x_{22} + 0.035604209 \cdot x_{12}^2 - 0.000000001 \cdot x_{22}^2 + 0.000238729 \cdot x_{12}x_{22};$$

МҚ СБ үшін:

$$y_{3(лч)} = f_3(x_{13}, x_{23}, x_{33}, x_{43}) = 0.000000001 - 0.002541942 \cdot x_{13} - 0.005780347 \cdot x_{23} + 0.735294118 \cdot x_{33} - 0.7462686570 \cdot x_{43} - 0.0000012920 \cdot x_{13}^2 - 0.0000066820 \cdot x_{23}^2 + 0.0302768170 \cdot x_{33}^2 - 0.111383382 \cdot x_{43}^2 - 0.000002939 \cdot x_{13}x_{23} + 0.000149526 \cdot x_{13}x_{33} + 0.000510031x_{23}x_{33}$$

$$y_{4(лч)} = f_4(x_{14}, x_{24}, x_{34}, x_{44}) = -0.000000001 + 0.000350788 \cdot x_{14} + 0.000797688 \cdot x_{24} - 0.101470588 \cdot x_{34} + 0.514925373 \cdot x_{44} + 0.000000178 \cdot x_{14}^2 + 0.000000922 \cdot x_{24}^2 - 0.001790657 \cdot x_{34}^2 + 0.076854533 \cdot x_{44}^2 + 0.000000406 \cdot x_{13}x_{23} + 0.000052356 \cdot x_{13}x_{43} + 0.000119058 \cdot x_{23}x_{43} + 0.003028973x_{33}x_{43}.$$

Параметрлік идентификациялау кезінде «Өзен-Атырау-Самара» магистралды мұнай құбырының «Құлсары-Атырау» бөлігінің технологиялық агрегаттарынан: МҚС, МАС және МҚ СБ кірісі-шығыс статистикалық деректерді өңдеу нәтижесінде алынған мәндері қолданылған.

4. Қорытынды. Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде мұнай құбырлары технологиялық агрегаттары мысалында, күрделі нысандардың бастапқы ақпараттың, немесе оның бір бөлігінің айқынсыздығы жағдайында математикалық модельдерінің құрылымын идентификациялау тәсілдемесі ұсынылып, сипатталған. Мұнай айдау процесінің кейбір параметрлерінің айқын еместігін ескере отырып, құрылымы алынған математикалық моделдердің айқын емес параметрлерін параметрлік идентификациялай әдістемесі жасақталған. Алынған теориялық нәтижелер негізінде «Өзен-Атырау-Самара» магистралды мұнай құбырының зерттелген «Құлсары-Атырау» бөлігінің МҚС, МАС және МҚ СБ айқын емес және статистикалық модельдерінің құрылымдары анықталып, параметрлері идентификацияланған.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Бакаев А.А., Олеряш Г.Б., Иванина Д.С. и др. Математическое моделирование при проектировании трубопроводов. - Киев: Наукова думка, 1990.
- [2] Мухамбеткалиева А.К. Проблемы математического моделирования технологического комплекса магистральных нефтепроводов и подходы к их решению // Научный журнал МОН РК «Поиск», 2006. № 4. - С.229-235.
- [3] Оразбаев Б.Б., Мухамбеткалиева А.К. Формализация и постановок задач многокритериального выбора режимов работы нефтепровода и разработка диалоговых алгоритмов их решений в нечеткой среде // Вестник Национальной академии наук РК. –Алматы -Астана: №46 2008. –С.15-18.
- [4] Алиев Р.А., Церковный А.Э., Мамедова Г.А. Управление производством при нечеткой исходной информации. - Moscow: Энергоатомиздат, 1991. -250 с.
- [5] Оразбаев Б.Б. Методы моделирования и принятия решений для управления производством в нечеткой среде. ЕНУ, -Астана, 2016, 398 с.
- [6] Dubois D. The role of fuzzy sets indecision sciences: Old techniques and new directions // Fuzzy Sets and Systems. 2011. V. 184. P. 3.
- [7] B.B. Orazbaev, Orazbayeva K.N., Utenova B.E. Development of Mathematical Models and Modeling of Chemical Engineering Systems under Uncertainty// Theoretical Foundations of Chemical Engineering //(ISSN 0040_5795, ISSN 0040-5795. 2014. Vol. 48, No 2, -P. 138-147.
- [8] Valeev SG Regressive modeling in the processing of observations. -Warsaw: Technics, 2014. -272 p
- [9] Ryzhov A.P. Elements of the theory of fuzzy sets and its applications. -М.: Moscow State University. 2014. -81 p.
- [10] Novikova V.A. Artificial intelligence and expert systems: -London: Textbook. 2015. 237 p.
- [11] Андрийчук Н.Д. Гидравлические системы для ВУТ: моделирование, оптимизация / -Луганск: издательство ВНУ им. В Даля, 2013, - 230 с.
- [12] Вельмисов П.А. Математическое моделирование механической системы. - Казань: Казанское математическое общество, 2017. –Т.25. – С. 61–62.
- [14] Оразбаева К.Н. Обобщенный алгоритм построения моделей технологических объектов нефтегазового производства в условиях неопределенности //Труды 5 Казахстанско-Российской международной научно-практ. конф. «Математическое моделирование научно-технологических и экологических проблем в нефтедобывающей промышленности». -Атырау: 2005. -С.153-158.
- [15] Вельмисов П. А. Математические модели механической системы «Трубопровод – датчик давления» / Сборник научных трудов. –Ульяновск: УлГТУ, 2015. – С. 28–34.
- [16] Lee B., Kesler M.// Amer. Inst. Chem. Eng. J. 2015. Vol.21. No. 3. P.510.
- [17] Сидлер В.Г., Новицкий Н.Н., Шлафман В.В. Задачи и методы системной идентификации трубопроводных систем. Математическое моделирование трубопроводных систем. -Иркутск: СЭИ СО АН СССР, 201. -С. 177-186

Оразбаев Б.Б., Каменов Н.М., Женисбекулы Ж., Касенова Л.Г.

Разработка математических моделей основных агрегатов нефтепровода в нечеткой среде

Резюме. На примере технологических агрегатов нефтепровода, в условиях полной или неполной нечеткости исходной информации о параметрах процесса перекачки нефти описан подход к определению структуры математических моделей нечетко описываемых объектов и предложена методика идентификации параметров построенных нечетких моделей. На основе предложенного подхода к определению структуры моделей количественно трудноописываемых технологических объектов и предложенной методики параметрической идентификации нечетких коэффициентов моделей разработаны математические модели станции подогрева нефти, нефтепереперекачивающей станции и линейной части участка «Кульсары-Атырау» магистрального нефтепровода «Узень-Атырау-Самара».

Ключевые слова: математическая модель, нечеткая модель, нефтепровод, станция подогрева нефти, станция перекачки нефти, линейная часть нефтепровода.

Orazbayev B.B., Kamenov N.M., Zhenisbekuly Zh., Kassenova L.G.

Development of mathematical models of the main oil pipeline assemblies in a fuzzy environment

Summary. The approach to determining the structure of mathematical models of indistinctly described objects is described on the example of technological assemblies of the oil pipeline, in conditions of complete or incomplete indistinctness of the initial information on the parameters of the oil transfer process, and a methodology for identifying the parameters of the constructed fuzzy models is proposed. Based on the proposed approach to determining the structure of models of quantitatively traced technological objects and the proposed methodology for parametric identification of fuzzy model coefficients, mathematical models of a heating station for oil, an oil pumping station and a linear part of the Kulsary-Atyrau section of the Uzen-Atyrau-Samara main oil pipeline were developed.

Keywords: mathematical model, fuzzy model, oil pipeline, oil heating station, oil transfer station, linear part of the pipeline.

¹Д.Н. Нургабыл, ²Р.Ш. Каухарова

(¹Институт математики и математического моделирования,
²Казахский государственный женский педагогический университет,
Алматы, Республика Казахстан)

ОБЩАЯ КРАЕВАЯ ЗАДАЧА ДЛЯ СИСТЕМЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С МАЛЫМ ПАРАМЕТРОМ ПРИ ПРОИЗВОДНЫХ

Аннотация: Исследуется общая краевая задача для нормальной системы линейных дифференциальных уравнений с малым параметром при производных. Приведены асимптотические оценки фундаментальной системы решений однородной системы линейных дифференциальных уравнений. Построено общее решение однородной системы. Методом Лагранжа определено общее решение. Найдены вспомогательные начальные и граничные функции. При достаточно малых значениях параметра установлены асимптотические оценки вспомогательных функций. Описан алгоритм построения решения рассматриваемой сингулярно возмущенной краевой задачи для системы дифференциальных уравнений. Доказана теорема о существовании и единственности решения общей краевой задачи. Найдена оценка решения возмущенной краевой задачи при малых значениях параметра. Сформулирована невозмущенная задача. Доказан предельный переход решения сингулярно возмущенной задачи к решению невозмущенной задачи при стремлении малого параметра к нулю. Определена величина начального скачка.

Ключевые слова: Общая краевая задача, вспомогательные функции, асимптотическая оценка, невозмущенная задача, скачок решения, малый параметр.

Постановка задачи. Рассмотрим систему дифференциальных уравнений с малым параметром при производных

$$\begin{aligned}\varepsilon \frac{dz}{dt} &= a_{11} z + a_{12} y + a_{13} x + F_1(t), \\ \varepsilon \frac{dy}{dt} &= a_{21} z + a_{22} y + a_{23} x + F_2(t) \\ \frac{dx}{dt} &= a_{31} z + a_{32} y + a_{33} x + F_3(t)\end{aligned}\tag{1}$$

с общими краевыми условиями

$$\begin{aligned}H_1 z &= \delta_{10} \cdot z(0, \varepsilon) + \delta_{11} \cdot z(1, \varepsilon) = b_1, \\ H_2 y &= \delta_{20} \cdot y(0, \varepsilon) + \delta_{21} \cdot y(1, \varepsilon) = b_2, \\ H_3 x &= \delta_{30} \cdot x(0, \varepsilon) + \delta_{31} \cdot x(1, \varepsilon) = b_3,\end{aligned}\tag{2}$$

где ε - малый положительный параметр, δ_{ij}, b_i - const.

Если в системе уравнений (1) формально положить $\varepsilon = 0$, то получится вырожденная система

$$\begin{aligned}0 &= a_{11} \bar{z} + a_{12} \bar{y} + a_{13} \bar{x} + F_1(t), \\ 0 &= a_{21} \bar{z} + a_{22} \bar{y} + a_{23} \bar{x} + F_2(t), \\ \frac{d\bar{x}}{dt} &= a_{31} \bar{z} + a_{32} \bar{y} + a_{33} \bar{x} + F_3(t).\end{aligned}\tag{3}$$

Возникает вопрос при каких условиях решение $x(t, \varepsilon), z(t, \varepsilon), y(t, \varepsilon)$ задачи (1), (2) будет стремиться при $\varepsilon \rightarrow 0$ к решению системы (3)? Этому вопросу, а также вопросу построения решения $x(t, \varepsilon), z(t, \varepsilon)$, задачи (1), (2) и будет посвящена настоящая статья.

Для решения этих вопросов сформулируем требования:

1. $F_i(t) \in G^1(J), i=1,2,3, J=[0,1]$.
2. $\Delta = a_{11} \cdot a_{22} - a_{12} \cdot a_{21} \neq 0$.

3. Уравнение

$$P_2(\bar{\mu}) = \bar{\mu}^2 - (a_{11} + a_{22}) \cdot \bar{\mu} - (a_{11} \cdot a_{22} - a_{12} \cdot a_{21}) = 0 \quad (4)$$

имеет различные корни μ_1, μ_2 , причем $\text{Re } \mu_1 < 0, \text{Re } \mu_2 < 0$, а уравнение

$$P_1(\bar{\mu}) = (a_{11} \cdot a_{22} - a_{12} \cdot a_{21})\mu + A = 0 \quad (5)$$

имеет корень $\bar{\mu}_3 = A/\Delta$, где A - определитель матрицы $\|A\|$, составленный из коэффициентов системы (1):

$$A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}.$$

4. Пусть $\delta_{10} \cdot \delta_{20} \cdot (\delta_{30} + \delta_{31}e^{\mu_3}) \neq 0$.

Построение общего решения однородной системы. Рассмотрим соответствующей (1) однородную систему линейных дифференциальных уравнений с малым параметром при производных

$$\begin{aligned} \varepsilon \frac{dz}{dt} &= a_{11} z + a_{12} y + a_{13} x, \\ \varepsilon \frac{dy}{dt} &= a_{21} z + a_{22} y + a_{23} x, \\ \frac{dx}{dt} &= a_{31} z + a_{32} y + a_{33} x, \end{aligned} \quad (6)$$

Справедлива

Лемма 1. Пусть выполнены условия 1⁰ и 2⁰. Тогда для фундаментальной системы решений $y_i(t, \varepsilon), i=1,2,3, x_i(t, \varepsilon), i=1,2,3, z_i(t, \varepsilon), i=1,2,3$ однородного уравнения (6) справедливы следующие асимптотические при $\varepsilon \rightarrow 0$ представления:

$$\begin{aligned} z_i(t, \varepsilon) &= \alpha_i \exp\left(\frac{\mu_i t}{\varepsilon}\right), \quad \alpha_i = (\bar{\alpha}_i + O(\varepsilon)), \quad i=1,2, \\ y_i(t, \varepsilon) &= \beta_i \exp\left(\frac{\mu_i t}{\varepsilon}\right), \quad \beta_i = (\bar{\beta}_i + O(\varepsilon)), \quad i=1,2, \\ x_i(t, \varepsilon) &= \varepsilon \gamma_i \exp\left(\frac{\mu_i t}{\varepsilon}\right), \quad \gamma_i = (\bar{\gamma}_i + O(\varepsilon)), \quad i=1,2, \\ z_3(t, \varepsilon) &= \alpha_3 \exp(\mu_3 t), \quad \alpha_3 = (\bar{\alpha}_3 + O(\varepsilon)), \\ y_3(t, \varepsilon) &= \beta_3 \exp(\mu_3 t), \quad \beta_3 = (\bar{\beta}_3 + O(\varepsilon)), \\ x_3(t, \varepsilon) &= \gamma_3 \exp(\mu_3 t), \quad \gamma_3 = (1 + O(\varepsilon)), \end{aligned} \quad (7)$$

где $\bar{\alpha}_i, \bar{\beta}_i, \bar{\gamma}_i, i=1,2,3$ - постоянные.

Для определителя Вронского $W(t, \varepsilon)$ системы решений (7) и (8) при достаточно малых ε на отрезке $0 \leq t \leq 1$ справедлива оценка

$$W(t, \varepsilon) = [D_0 + O(\varepsilon)] \exp\left(\frac{\mu_1 t}{\varepsilon} + \frac{\mu_2 t}{\varepsilon} + \mu_3 t\right) \neq 0. \quad (9)$$

где

$$D_0 = \begin{vmatrix} \bar{\alpha}_1 & \bar{\alpha}_2 \\ \bar{\beta}_1 & \bar{\beta}_2 \end{vmatrix} \neq 0.$$

Очевидно $\bar{J} = \delta_{10} \delta_{20} (\delta_{30} + \delta_{31} e^{\mu_3}) \begin{vmatrix} \bar{\alpha}_1 & \bar{\alpha}_2 \\ \bar{\beta}_1 & \bar{\beta}_2 \end{vmatrix} \neq 0$ тогда общее решение однородной системы (6)

представимо в виде

$$\begin{aligned} z &= c_1 \cdot \alpha_1 \cdot e^{\frac{\mu_1 t}{\varepsilon}} + c_2 \cdot \alpha_2 \cdot e^{\frac{\mu_2 t}{\varepsilon}} + c_3 \cdot \alpha_3 \cdot e^{\mu_3 t}, \\ y &= c_1 \cdot \beta_1 \cdot e^{\frac{\mu_1 t}{\varepsilon}} + c_2 \cdot \beta_2 \cdot e^{\frac{\mu_2 t}{\varepsilon}} + c_3 \cdot \beta_3 \cdot e^{\mu_3 t}, \\ x &= c_1 \cdot \gamma_1 \cdot e^{\frac{\mu_1 t}{\varepsilon}} + c_2 \cdot \gamma_2 \cdot e^{\frac{\mu_2 t}{\varepsilon}} + c_3 \cdot \gamma_3 \cdot e^{\mu_3 t}. \end{aligned} \quad (10)$$

Построение решения неоднородной системы. Формула (6) дает возможность найти частное решения системы (1), с этой целью решение системы (1) будем искать в виде

$$\begin{aligned} z &= c_1(t) \cdot \alpha_1 \cdot e^{\frac{\mu_1 t}{\varepsilon}} + c_2(t) \cdot \alpha_2 \cdot e^{\frac{\mu_2 t}{\varepsilon}} + c_3(t) \cdot \alpha_3 \cdot e^{\mu_3 t}, \\ y &= c_1(t) \cdot \beta_1 \cdot e^{\frac{\mu_1 t}{\varepsilon}} + c_2(t) \cdot \beta_2 \cdot e^{\frac{\mu_2 t}{\varepsilon}} + c_3(t) \cdot \beta_3 \cdot e^{\mu_3 t}, \\ x &= c_1(t) \cdot \gamma_1 \cdot e^{\frac{\mu_1 t}{\varepsilon}} + c_2(t) \cdot \gamma_2 \cdot e^{\frac{\mu_2 t}{\varepsilon}} + c_3(t) \cdot \gamma_3 \cdot e^{\mu_3 t}, \end{aligned} \quad (11)$$

где $c_1(t)$, $c_2(t)$ подлежат определению. Применяя метод Лагранжа находим, что решение системы (1) представимо в виде

$$\begin{aligned} z &= \frac{1}{\varepsilon} \int_0^t K_{11}(t, s, \varepsilon) F_1(s) ds + \frac{1}{\varepsilon} \int_0^t K_{21}(t, s, \varepsilon) F_2(s) ds + \int_0^t K_{31}(t, s, \varepsilon) F_3(s) ds \\ &\quad + \tilde{c}_1 \alpha_1 \cdot e^{\frac{\mu_1 t}{\varepsilon}} + \tilde{c}_2 \alpha_2 \cdot e^{\frac{\mu_2 t}{\varepsilon}} + \tilde{c}_3 \alpha_3 \cdot e^{\mu_3 t}. \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} y &= \frac{1}{\varepsilon} \int_0^t K_{12}(t, s, \varepsilon) F_1(s) ds + \frac{1}{\varepsilon} \int_0^t K_{22}(t, s, \varepsilon) F_2(s) ds + \int_0^t K_{32}(t, s, \varepsilon) F_3(s) ds \\ &\quad + \tilde{c}_1 \beta_1 \cdot e^{\frac{\mu_1 t}{\varepsilon}} + \tilde{c}_2 \beta_2 \cdot e^{\frac{\mu_2 t}{\varepsilon}} + \tilde{c}_3 \beta_3 \cdot e^{\mu_3 t}. \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} x &= \frac{1}{\varepsilon} \int_0^t K_{13}(t, s, \varepsilon) F_1(s) ds + \frac{1}{\varepsilon} \int_0^t K_{23}(t, s, \varepsilon) F_2(s) ds + \int_0^t K_{33}(t, s, \varepsilon) F_3(s) ds \\ &\quad + \tilde{c}_1 \gamma_1 \cdot e^{\frac{\mu_1 t}{\varepsilon}} + \tilde{c}_2 \gamma_2 \cdot e^{\frac{\mu_2 t}{\varepsilon}} + \tilde{c}_3 \gamma_3 \cdot e^{\mu_3 t}. \end{aligned} \quad (14)$$

где $K_{ij}(t, s, \varepsilon) = \frac{1}{W(s, \varepsilon)} W_{ij}(t, s, \varepsilon)$, $W_{ij}(t, s, \varepsilon)$ – определитель третьего порядка.

Аналитическое представление решения краевой задачи. Предварительно рассмотрим определитель 3-го порядка $J(\varepsilon)$, элементы которого составлены на основе фундаментальной системы решений системы (6):

$$J(\varepsilon) = \begin{vmatrix} H_1 z_1 & H_1 z_2 & H_1 z_3 \\ H_2 y_1 & H_2 y_2 & H_2 y_3 \\ H_3 x_1 & H_3 x_2 & H_3 x_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \delta_{10} \alpha_1 + \delta_{11} \alpha_1 e^{\frac{\mu_1}{\varepsilon}} & \delta_{10} \alpha_2 + \delta_{11} \alpha_2 e^{\frac{\mu_2}{\varepsilon}} & \delta_{10} \alpha_3 + \delta_{11} \alpha_3 e^{\mu_3} \\ \delta_{20} \beta_1 + \delta_{21} \beta_1 e^{\frac{\mu_1}{\varepsilon}} & \delta_{20} \beta_2 + \delta_{21} \beta_2 e^{\frac{\mu_2}{\varepsilon}} & \delta_{20} \beta_3 + \delta_{21} \beta_3 e^{\mu_3} \\ \varepsilon \left(\delta_{30} \gamma_1 + \delta_{31} \gamma_1 e^{\frac{\mu_1}{\varepsilon}} \right) & \varepsilon \left(\delta_{30} \gamma_2 + \delta_{31} \gamma_2 e^{\frac{\mu_2}{\varepsilon}} \right) & \delta_{30} \gamma_3 + \delta_{31} \gamma_3 e^{\mu_3} \end{vmatrix}.$$

Разложив определитель $J(\varepsilon)$ по третьей строке и учитывая условия (4), при достаточно малых $\varepsilon > 0$, получаем

$$J(\varepsilon) = \bar{J} + O\left(\varepsilon + e^{\frac{\mu_1}{\varepsilon}} + e^{\frac{\mu_2}{\varepsilon}}\right) \neq 0, \quad (15)$$

где

$$\bar{J} = \delta_{10} \delta_{20} (\delta_{30} + \delta_{31} e^{\mu_3}) \begin{vmatrix} \bar{\alpha}_1 & \bar{\alpha}_2 \\ \bar{\beta}_1 & \bar{\beta}_2 \end{vmatrix} \neq 0.$$

Теперь, введем на рассмотрение граничные функции [1,2].

Определение. Если функции $\Phi_{ij}(t, \varepsilon)$ являются решениями однородной системы (6) и удовлетворяют краевым условиям:

$$\begin{aligned} H_1 \Phi_{11}(t, \varepsilon) &= 1, & H_1 \Phi_{21}(t, \varepsilon) &= 0, & H_1 \Phi_{31}(t, \varepsilon) &= 0, \\ H_2 \Phi_{12}(t, \varepsilon) &= 0, & H_2 \Phi_{22}(t, \varepsilon) &= 1, & H_2 \Phi_{32}(t, \varepsilon) &= 0, \\ H_3 \Phi_{13}(t, \varepsilon) &= 0, & H_3 \Phi_{23}(t, \varepsilon) &= 0, & H_3 \Phi_{33}(t, \varepsilon) &= 1, \end{aligned} \quad (16)$$

то функции $\Phi_{ij}(t, \varepsilon)$ называется граничными функциями задачи (1), (2).

Справедлива

Теорема 1. Пусть выполнены условия $1^0 - 4^0$. Тогда при достаточно малых $\varepsilon > 0$ решение задачи (6), (16) на отрезке $[0,1]$ существует, единственно и выражается формулой:

$$\Phi_{ij}(t, \varepsilon) = \frac{J_{ij}(t, \varepsilon)}{J(\varepsilon)} \quad (i, j = 1, 2, 3), \quad (17)$$

где $J_{1j}(t, \varepsilon)$ - определитель, полученный из $J(\varepsilon)$ заменой j -ой строки строкой $\alpha_1 \cdot e^{\frac{\mu_1 t}{\varepsilon}}$, $\alpha_2 \cdot e^{\frac{\mu_2 t}{\varepsilon}}$, $\alpha_3 \cdot e^{\mu_3 t}$; $J_{ij}(t, \varepsilon), i = 2, 3$ - получается из $J(\varepsilon)$ заменой j -ой строки строкой, $\beta_1 \cdot e^{\frac{\mu_1 t}{\varepsilon}}$, $\beta_2 \cdot e^{\frac{\mu_2 t}{\varepsilon}}$, $\beta_3 \cdot e^{\mu_3 t}$.

Рассмотрим сингулярно возмущенную задачу (1), (2).

Теорема 2. Пусть выполнены условия $1^0 - 4^0$. Тогда при достаточно малых $\varepsilon > 0$ решение $z(t, \varepsilon)$, $y(t, \varepsilon)$, $x(t, \varepsilon)$ краевой задачи (1), (2) на отрезке $[0,1]$ существует, единственно и выражается формулой:

$$\begin{aligned} z &= \sum_{i=1}^3 b_i \Phi_{i1}(t, \varepsilon) + \sum_{i=1}^2 \frac{1}{\varepsilon} \int_0^t K_{i1}(t, s, \varepsilon) F_i(s) ds + \int_0^t K_{31}(t, s, \varepsilon) F_3(s) ds - \\ &- \sum_{i=1}^3 \delta_{i1} \left[\sum_{j=1}^2 \frac{1}{\varepsilon} \int_0^1 K_{ji}(1, s, \varepsilon) F_j(s) ds + \int_0^1 K_{3i}(1, s, \varepsilon) F_3(s) ds \right] \Phi_{i1}(t, \varepsilon), \end{aligned} \quad (18)$$

$$\begin{aligned} y &= \sum_{i=1}^3 b_i \Phi_{i2}(t, \varepsilon) + \sum_{i=1}^2 \frac{1}{\varepsilon} \int_0^t K_{i2}(t, s, \varepsilon) F_i(s) ds + \int_0^t K_{32}(t, s, \varepsilon) F_3(s) ds - \\ &- \sum_{i=1}^3 \delta_{i2} \left[\sum_{j=1}^2 \frac{1}{\varepsilon} \int_0^1 K_{ji}(1, s, \varepsilon) F_j(s) ds + \int_0^1 K_{3i}(1, s, \varepsilon) F_3(s) ds \right] \Phi_{i2}(t, \varepsilon), \end{aligned} \quad (19)$$

$$\begin{aligned} x &= \sum_{i=1}^3 b_i \Phi_{i3}(t, \varepsilon) + \sum_{i=1}^2 \frac{1}{\varepsilon} \int_0^t K_{i3}(t, s, \varepsilon) F_i(s) ds + \int_0^t K_{33}(t, s, \varepsilon) F_3(s) ds - \\ &- \sum_{i=1}^3 \delta_{i3} \left[\sum_{j=1}^2 \frac{1}{\varepsilon} \int_0^1 K_{ji}(1, s, \varepsilon) F_j(s) ds + \int_0^1 K_{3i}(1, s, \varepsilon) F_3(s) ds \right] \Phi_{i3}(t, \varepsilon). \end{aligned} \quad (20)$$

Подтверждение

Авторы были частично поддержаны грантом MESRK AP05132587 «Краевые задачи для сингулярно возмущенных дифференциальных уравнений с непрерывным и кусочно-постоянным аргументом» (2018-2020) Комитета по науке Министерства образования и науки Республики Казахстан.

ЛИТЕРАТУРА

[1] K.A. Kasymov, D.N.Nurgabul. Asymptotic Behavior of Solutions of Linear Singularly Perturbed General Separated Boundary-Value Problems with Initial Jump// Ukrainian Mathematical Journal. Vol. 55, No. 11, 2003. pp. 1777-1792.

[2] K.A. Kasymov, D.N.Nurgabul. Asymptotic Estimates of Solution of a Singularly Perturbed Boundary Value Problem with an Initial Jump for Linear Differential Equations//Differential Equations, Vol.40, No.5, 2004, pp. 641-651.

Нұрғабыл Д.Н., Кауһарова Р.Ш.

Туындыларының жанында кішкене параметрі бар дифференциалдық теңдеулер жүйесі үшін жалпы шекаралық есеп

Резюме. Бұл мақалада туындыларының жанында кішкене параметрі бар дифференциалдық теңдеулер жүйесі үшін жалпы шекаралық есеп шешімі зерттеледі. Ауытқыған біртектес дифференциалдық теңдеулердің фундаментальды шешімдер жүйесіндегі шешімдердің асимптотикалық бағамдары келтірілген. Біртектес дифференциалдық теңдеулердің жүйесінің жалпы шешімі табылған. Лагранж әдісі арқылы бейбіртектес дифференциалдық теңдеулердің жүйесінің жалпы шешімі анықталды. Көмекші бастапқы және шекаралық функциялар табылды. Параметрдің жеткілікті кішкентай мәндері үшін көмекші функциялардың асимптотикалық бағамдары табылған. Ерекше ауытқыған шекаралық есеп шешімін құрудың алгоритмі ұсынылған. Жалпы шекаралық есеп шешімінің барлығы және жалғыздығы туралы теорема дәлелденген. Параметрдің жеткілікті кішкентай мәндері үшін ерекше ауытқыған шекаралық есеп шешімінің бағамы табылған. Ауытқымаған есеп тұжырымдалған. Кішкентай параметр нөлге ұмтылған жағдайында ерекше ауытқыған шекаралық есеп шешімінің ауытқымаған есеп шешіміне шектік көшуі дәлелденген. Бастапқы секірістің шамасы анықталған.

Түйін сөздер: Жалпы шекаралық есеп, көмекші функциялар, асимптотикалық бағам, ауытқымаған есеп, бастапқы секіріс, кішкене параметр.

Nurgabyl D.N., Kauharova R.Sh.

General boundary value problem for a system of differential equations with small parameters for derivatives

Summary. In this paper, we study the general boundary-value problem for a normal system of linear differential equations with a small parameter for derivatives. Asymptotic estimates of the fundamental system of solutions of a homogeneous system of linear differential equations are given. A general solution of a homogeneous system is constructed. The general solution of the inhomogeneous system is determined by the Lagrange method. The auxiliary initial and boundary functions are found. For sufficiently small values of the parameter, asymptotic estimates of the auxiliary functions are established. An algorithm for constructing the solution of the singularly perturbed boundary value problem for a system of differential equations is described. A theorem on the existence and uniqueness of the solution of the general boundary value problem is proved. An estimate of the perturbed boundary-value problem for small values of the parameter is found. The unperturbed problem is formulated. It is proved the passage to the limit of the solution of a singularly perturbed problem to the solution of an unperturbed problem as the small parameter tends to zero. The magnitude of the initial jump is determined.

Key words: General boundary value problem, auxiliary functions, asymptotic estimate, unperturbed problem, solution jump, small parameter.

УДК 517.928.2

¹Д.Н. Нурғабыл, ²Журимбай Г.А.

(¹Институт математики и математического моделирования,

²Казахский государственный женский педагогический университет,
Республика Казахстан, Алматы)

ПОСТРОЕНИЕ РЕШЕНИЯ ВОЗМУЩЕННОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ С НЕОГРАНИЧЕННЫМИ ГРАНИЧНЫМИ УСЛОВИЯМИ

Аннотация. Рассматривается краевая задача с неограниченными граничными условиями для обыкновенного дифференциального уравнения третьего порядка с малым параметром при старшей производной. Приведены асимптотические оценки фундаментальной системы решений однородного

возмущенного уравнения. Введены вспомогательные начальные и граничные функции. При достаточно малых значениях параметра найдены оценки начальных и граничных функций. Предложен алгоритм построения аналитического представления решения рассматриваемой сингулярно возмущенной краевой задачи. Доказана теорема о существовании и единственности решения краевой задачи. Установлена оценка решения возмущенной краевой задачи при малых значениях параметра. Сформулирована вырожденная задача. Доказан предельный переход решения сингулярно возмущенной задачи к решению вырожденной задачи при стремлении малого параметра к нулю. Определена величина начального скачка.

Ключевые слова: Возмущенная краевая задача, асимптотическое представление, теорема существования и единственности решения, малый параметр.

Постановка задачи. Общие краевые задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений, содержащих малые параметры при старших производных, рассматривались в [1-4]. На основе интегрального представления решения краевой задачи определены асимптотические оценки, доказана теорема о существовании и единственности решения краевой задачи.

Следующим естественным обобщением в данном направлении является исследование решений сингулярно возмущенных краевых задач с неограниченными граничными условиями.

Рассмотрим следующее линейное дифференциальное уравнение третьего порядка:

$$L_\varepsilon y(t, \varepsilon) \equiv \varepsilon y''' + A(t)y'' + B(t)y' + C(t)y = F(t) \quad (1)$$

с краевыми условиями вида:

$$y(0, \varepsilon) = a_1, \quad y'(0, \varepsilon) = \frac{a_2}{\varepsilon}, \quad y(1, \varepsilon) = a_3, \quad (2)$$

где $\varepsilon > 0$ малый параметр, $a_2 \neq 0$, $a_i, i=1,2,3$ - некоторые известные постоянные, $A(t), B(t), C(t), F(t)$ - функции, определенные на отрезке $[0,1]$.

В данной статье на основе аналитического представления решения задачи (1), (2) доказывается существование и единственность искомого решения

Предположим, что:

1°. Функции $A(t), B(t), C(t) \in C^3(I), F(t) \in C^1(I), I = [0,1]$

2°. Функция $A(t)$ удовлетворяет неравенству: $A(t) \geq \gamma \equiv \text{const} > 0, 0 \leq t \leq 1$;

3°. Справедливо неравенство: $\bar{J} = \begin{vmatrix} y_{10}(0) & y_{20}(0) \\ y_{10}(1) & y_{20}(1) \end{vmatrix} \neq 0$,

Фундаментальная система решений однородного возмущенного уравнения. Рассмотрим однородное уравнение

$$L_\varepsilon y(t, \varepsilon) \equiv \varepsilon y''' + A(t)y'' + B(t)y' + C(t)y = 0, \quad (3)$$

соответствующее неоднородному уравнению (1).

Пусть выполнены условия 1° и 2°. Тогда для фундаментальной системы решений $y_i(t, \varepsilon), i=1,2,3$ однородного уравнения (3) будут справедливы следующие асимптотические при $\varepsilon \rightarrow 0$ представления:

$$y_i^{(j)}(t, \varepsilon) = y_{i0}^{(j)}(t) + O(\varepsilon), \quad i=1,2, \quad (4)$$

$$y_3^{(j)}(t, \varepsilon) = \frac{1}{\varepsilon^j} \exp\left(\frac{1}{\varepsilon} \int_0^t \mu(x) dx\right) y_{30}(t) \mu^j(t) [1 + O(\varepsilon)], \quad j=0,1,2,$$

где $y_{i0}(t), i=1,2$ удовлетворяют однородному уравнению

$$L_0 y_{i0}(t) \equiv A(t)y_{i0}'' + B(t)y_{i0}' + C(t)y_{i0} = 0, \quad i=1,2, \quad (5)$$

и краевым условиям:

$$y_{10}(0) = 1, \quad y_{10}'(0) = 0, \quad y_{20}(0) = 0, \quad y_{20}'(0) = 1,$$

функция $y_{30}(t)$ определяется в виде

$$y_{30}(t) = \left(\frac{A(0)}{A(t)} \right)^2 \cdot \exp \left(\int_0^t \frac{B(x)}{A(x)} dx \right) \neq 0.$$

Используя (4), для определителя Вронского $W[y_1(t, \varepsilon), y_2(t, \varepsilon), y_3(t, \varepsilon)]$ при достаточно малых ε , получаем

$$W(t, \varepsilon) = \frac{1}{\varepsilon^2} \exp \left(\frac{1}{\varepsilon} \int_0^t \mu(x) dx \right) y_{30}(t) \mu^2(t) \bar{W}(t) [1 + O(\varepsilon)] \neq 0,$$

$$\text{где } \bar{W}(t) = \begin{vmatrix} y_{10}(t) & y_{20}(t) \\ y'_{10}(t) & y'_{20}(t) \end{vmatrix} \neq 0$$

Построение начальной и граничных функций возмущенной задачи. Так же как и в [4] введем начальную функцию

$$K(t, s, \varepsilon) = \frac{W(t, s, \varepsilon)}{W(s, \varepsilon)}, \quad (8)$$

определяемую из задачи:

$$L_\varepsilon K(t, s, \varepsilon) = 0, \quad K(s, s, \varepsilon) = 0, \quad K'_t(s, s, \varepsilon) = 0, \quad K''_t(s, s, \varepsilon) = 1. \quad (9)$$

где $W(t, s, \varepsilon)$ -определитель, получаемый из $W(s, \varepsilon)$ с помощью замены третьей строки на фундаментальную систему решений $y_1(t, \varepsilon), y_2(t, \varepsilon), y_3(t, \varepsilon)$.

Теперь, рассмотрим определитель

$$J(\varepsilon) = \begin{vmatrix} y_1(0, \varepsilon) & y_2(0, \varepsilon) & y_3(0, \varepsilon) \\ y'_1(0, \varepsilon) & y'_2(0, \varepsilon) & y'_3(0, \varepsilon) \\ y_1(1, \varepsilon) & y_2(1, \varepsilon) & y_3(1, \varepsilon) \end{vmatrix}.$$

В силу (4) элементы определителя $J(\varepsilon)$ при $\varepsilon \rightarrow 0$ представимы в виде:

$$y_i^{(j)}(0, \varepsilon) = y_{i0}^{(j)}(0) + O(\varepsilon), \quad i = 1, 2, \quad j = 0, 1, \quad y_i(1, \varepsilon) = y_{i0}(1) + O(\varepsilon), \quad i = 1, 2 \quad (11)$$

$$y_3(0, \varepsilon) = y_{30}(0) [1 + O(\varepsilon)], \quad y'_3(0, \varepsilon) = \frac{1}{\varepsilon} y_{30}(0) \mu(0) [1 + O(\varepsilon)],$$

$$y_3(1, \varepsilon) = \exp \left(\frac{1}{\varepsilon} \int_0^1 \mu(x) dx \right) [y_{30}(1) + O(\varepsilon)],$$

Тогда определитель $J(\varepsilon)$ в силу (11) при $\varepsilon \rightarrow 0$ представим в виде

$$J(\varepsilon) = \frac{1}{\varepsilon} \mu(0) \bar{J} (1 + O(\varepsilon)) \neq 0. \quad (12)$$

Введем граничные функции. Пусть выполнены условия I^0 - I^3 . Тогда граничные функции $\Phi_i(t, \varepsilon), i = 1, 2, 3$ на отрезке $[0, 1]$ существуют, единственны и выражаются формулами:

$$\Phi_i(t, \varepsilon) = \frac{J_i(t, \varepsilon)}{J(\varepsilon)}, \quad i = 1, 2, 3, \quad (14)$$

где $J_i(t, \varepsilon), i = 1, 2, 3$ – определитель, получаемый из определителя $J(\varepsilon)$ с помощью замены i -ой строки его на фундаментальную систему решений $y_1(t, \varepsilon), y_2(t, \varepsilon), y_3(t, \varepsilon)$.

Построение решений возмущенной задачи. Справедлива следующая теорема.

Теорема. Пусть выполнены условия $I^0 - I^3$. Тогда при достаточно малых $\varepsilon > 0$ решение $y(t, \varepsilon)$ краевой задачи (1), (2) на отрезке $[0, 1]$ существует, единственно и выражается формулой

$$y(t, \varepsilon) = a_1 \Phi_1(t, \varepsilon) + \frac{a_2}{\varepsilon} \Phi_2(t, \varepsilon) + a_3 \Phi_3(t, \varepsilon) - \Phi_3(t, \varepsilon) \frac{1}{\varepsilon} \int_0^1 K(1, s, \varepsilon) F(s) ds + \frac{1}{\varepsilon} \int_0^t K(t, s, \varepsilon) F(s) ds. \quad (15)$$

Доказательство. Решение $y(t, \varepsilon)$ краевой задачи (1), (2) ищем в виде:

$$y(t, \varepsilon) = c_1 \Phi_1(t, \varepsilon) + c_2 \Phi_2(t, \varepsilon) + c_3 \Phi_3(t, \varepsilon) + \frac{1}{\varepsilon} \int_0^t K(t, s, \varepsilon) F(s) ds, \quad (16)$$

где $c_i, i = 1, 2, 3$ - неизвестные постоянные. Непосредственной подстановкой (16) в (1) убеждаемся, что функция $y(t, \varepsilon)$ определяемая формулой (15) является решением уравнения (1). Для определения $c_i, i = 1, 2, 3$ подставим (16) в (2). Тогда будем иметь:

$$c_1 = a_1, \quad c_2 = \frac{a_2}{\varepsilon}, \quad c_3 = a_3 - \frac{1}{\varepsilon} \int_0^1 K^{(j)}(1, s, \varepsilon) F(s) ds. \quad (17)$$

Подставляя найденные значения (17) в (16), получим (15). Граничные функции $\Phi_i(t, \varepsilon)$ и начальная функция $K(t, s, \varepsilon)$ не зависят от выбора фундаментальной системы решений уравнения (3). Следовательно, из (14) и (17) следует существование, единственность решения краевой задачи (1), (2). Теорема доказана.

**Авторы были частично поддержаны грантом MESRK AP05132587 «Краевые задачи для сингулярно возмущенных дифференциальных уравнений с непрерывным и кусочно-постоянным аргументом» (2018-2020) Комитета по науке Министерства образования и науки Республики Казахстан.*

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Касымов К.А., Нургабыл Д.Н. Асимптотические оценки решения сингулярно возмущенной краевой задачи с начальным скачком для линейных дифференциальных уравнений // Дифференциальные уравнения. – 2004. – Т.40. – № 4 – С. 597-607
- [2] Касымов К.А., Нургабыл Д.Н., Уайсов А.Б. Асимптотические оценки решения краевой задачи с начальным скачком для линейных дифференциальных уравнений с малым параметром при производных // Украинский математический журнал. – 2013. – №5, - С.629-641.
- [3] Nurgabul D. Asymptotic estimates for the Solution of a Restoration Problem with Initial Jump // Journal of Applied Mathematics. USA. Vol. – 2014 (2014), Article ID 956402
- [4] Нургабыл Д.Н. Построение решения сингулярно возмущенной краевой задачи имеющего начальный скачок // Вестник Киргизского государственного Национального университета. 2001. сер.3., вып.6., С.173-177.

Нургабыл Д.Н., Жүрімбай Г.А.

Шекаралық шарттары шектелмеген шекаралық есептің шешімі

Резюме. Бұл мақалада шекаралық шарттары шектелмеген жоғарғы туындысының жанында кішкене параметрі бар жай дифференциалдық теңдеулер үшін шекаралық есеп қарастырылған. Ауытқыған біртектес теңдеудің фундаментальды шешімдер жүйесіндегі шешімдердің асимптотикалық бағамдары келтірілген. Көмекшібастапқы және шекаралық функциялар енгізілген. Параметрдің жеткілікті кішкентай мәндері үшін бастапқы және шекаралық функциялардың асимптотикалық бағамдары табылған. Ерекше ауытқыған шекаралық есеп шешімінің аналитикалық берілімін құрудың алгоритмі ұсынылған. Шекаралық есеп шешімінің барлығы және жалғыздығы туралы теорема дәлелденген. Параметрдің жеткілікті кішкентай мәндері үшін ерекше ауытқыған шекаралық есеп шешімінің бағамы табылған. Туындалған есеп тұжырымдалған. Кішкентай параметр нөлге ұмтылған жағдайында ерекше ауытқыған шекаралық есеп шешімінің туындалған есеп шешіміне шектік көшуі дәлелденген. Бастапқы секірістің шамасы анықталған.

Түйін сөздер: Ауытқыған шекаралық есеп, начальные и граничные функции, асимптотикалық кескіндеме, шешімінің барлығы және жалғыздығы туралы теорема, кішкене параметр.

Nurgabyl D.N., Zhurimbay G.A.

Making results of a disturbed boundary value problem with unbounded boundary conditions

Summary. The paper deals with a boundary-value problem with unbounded boundary conditions for an ordinary differential equation of the third order with a small parameter for the highest derivative. Asymptotic estimates for the fundamental system of solutions of a homogeneous perturbed equation are given. The auxiliary initial and boundary functions are introduced. For sufficiently small values of the parameter, estimates of the initial and boundary functions are found. An algorithm for constructing an analytic representation of the solution of the singularly perturbed boundary value problem is proposed. A theorem on the existence and uniqueness of the solution of the boundary value problem is proved. An estimate of the solution of the perturbed boundary value problem for small values of the parameter is established. A degenerate problem is formulated. We proved to the limit the passage of the solution of a singularly perturbed problem to the solution of a degenerate problem as the small parameter tends to zero. We defined the magnitude of the initial jump is.

The passage to the limit is proved

Key words: Perturbed Boundary Value Problem, initial and boundary functions, asymptotic representation, theorem of existence and uniqueness of the decision, small parameter.

УДК 004.93'1; 004.932, 004.896

S.A. Sarmanbetov, A. Sagatbayeva, A. Tukan

¹LLP «Kazakhstan Innovation Technologies Company», Almaty, Kazakhstan.

² al-Farabi Kazakh National university, Almaty, Kazakhstan.

sanzhar.95.95@mail.ru

**LINEAR CLASSIFICATOR OF NEURAL NETWORKS ON THE BASIS
OF PROBABILITY THEORIES**

Abstract. This paper describes the principles of operation of artificial neural networks described on the basis of theories of probability. The relationship between the perceptron and the Bayes classifier is given in a Gaussian environment. Based on this work, it can be argued that it is possible to determine the probabilistic characteristics of the weight coefficient of artificial neural networks in reality.

Keywords: a priori probability, a posteriori probability, conditional probability, linear classifier, perceptron.

С.А. Сарманбетов, А. Сагатбаева, А. Тукан

¹ТОО «Kazakhstan Innovation Technologies Company», Алматы, Қазақстан Республикасы,

²әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы,

sanzhar.95.95@mail.ru

**ЛИНЕЙНЫЙ КЛАССИФИКАТОР НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ
НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТИ**

Аннотация. Описаны принципы работы искусственных нейронных сетей, на основе теорий вероятности. Приводится взаимосвязь перцептрона и байесовского классификатора в гауссовой среде. На основе данной работы можно утверждать, что действительно определение вероятностных характеристик весового коэффициента искусственных нейронных сетей возможно.

Ключевые слова: априорная вероятность, апостериорная вероятность, условная вероятность, линейный классификатор, перцептрон.

Введение

Перцептрон имеет определенную связь с классической системой классификации образов, получившей название байесовского классификатора. В условиях гауссовой среды байесовский классификатор превращается в обычный линейный классификатор. Такую же форму имеет перцептрон [1-3]. Байесовский подход к классификации основан на теореме, утверждающей, что если плотности распределения каждого из классов известны, то искомый алгоритм можно выписать в явном аналитическом виде. Более того, этот алгоритм оптимален, то есть обладает минимальной вероятностью ошибок.

На практике плотности распределения классов, как правило, не известны. Их приходится оценивать по обучающей выборке. В результате байесовский алгоритм перестаёт быть оптимальным, так как восстановить плотность по выборке можно только с некоторой погрешностью. Чем короче выборка, тем выше сложнее распределение под конкретные данные и есть вероятность столкнуться с эффектом переобучения.

Байесовский подход к классификации [4-6] является одним из старейших, но до сих пор сохраняет прочные позиции в теории распознавания. Он лежит в основе многих достаточно удачных алгоритмов классификации.

Целью данной работы является возможность создание автоматической системы классификации текстов с помощью линейного классификатора нейронных сетей на основе теорий вероятности. Классификация документов [7] – определение новых документов в одну из predeterminedных категорий. Классификация может осуществляться полностью вручную, либо автоматически с помощью созданного вручную набора правил, либо автоматически с применением методов машинного обучения. Следует отличать классификацию текстов от кластеризации, в последнем случае тексты также группируются по некоторым критериям, но заранее заданные категории отсутствуют.

Рассмотрен метод для создания автоматической системы и способы её интеграции в существующую инфраструктуру. Если данные никак не структурировать, не распределять по категориям, то через некоторое время в предприятии будут накоплены массивы плохо структурированных данных. Отсутствие возможности вовремя и быстро получить необходимую информацию по нужной теме сделает бесполезной большую часть накопленной базы знаний компании. Применение автоматических систем классификации текстов позволит сократить трудозатраты человека на рубрикацию и поиск необходимой информации предоставляемой информационными системами, а также позволит сократить участие или вовсе не привлекать специалистов при размещении информации в базе знаний предприятия.

Теоретические и экспериментальные основы исследований

В теории вероятностей совместная вероятность – это вероятность одновременного наступления двух событий, $p(x, y)$. Два случайных события называются независимыми, если наступление одного из них не изменяет вероятность наступления другого:

$$p(x, y) = p(x)p(y) \quad (1)$$

Условная вероятность – вероятность наступления одного события, если известно, что произошло другое, $p(x|y)$, ее обычно определяют формально так:

$$p(x|y) = \frac{p(x, y)}{p(y)} \quad (2)$$

Формула Байеса вытекает из определения условной вероятности. Вероятность совместного события x, y выражается через условные вероятности:

$$p(x, y) = p(x|y)p(y) = p(y|x)p(x) \quad (3)$$

Следовательно:

$$p(y|x) = \frac{p(x|y)p(y)}{p(x)} \quad (4)$$

Заменяем символы y и x соответственно на символы θ и D . Тогда формула (4) имеет вид:

$$p(\theta|D) = \frac{p(\theta)p(D|\theta)}{p(D)} \quad (5)$$

где, $p(\theta)$ – априорная вероятность, $p(D|\theta)$ – правдоподобие, $p(\theta|D)$ – апостериорная вероятность, $p(D)$ – вероятность данных.

Байесовский классификатор [8-10] использует оценку апостериорного максимума (Maximum a posteriori estimation) для определения наиболее вероятного класса.

$$\theta_{MAP} = \arg \max_{\theta} p(\theta|D) = \arg \max_{\theta} \frac{p(\theta)p(D|\theta)}{p(D)} \quad (6)$$

Вероятность [11-13] данных является константой и никак не может повлиять на ранжирование классов, поэтому мы можем его игнорировать:

$$\theta_{MAP} = \arg \max_{\theta} p(\theta)p(D|\theta) \quad (7)$$

Обычно мы будем предполагать, что каждая точка данных была порождена описанным в модели процессом независимо, то есть правдоподобие набора данных D будет представлять собой большое произведение по всем его точкам:

$$p(D|\theta) = \prod_{d \in D} p(d|\theta) \quad (8)$$

$$\theta_{MAP} = \arg \max_{\theta} p(\theta)p(D|\theta) = \arg \max_{\theta} p(\theta) \prod_{d \in D} p(d|\theta) \quad (9)$$

Часто удобно перейти к логарифмам:

$$\theta_{MAP} = \arg \max_{\theta} p(\theta) \prod_{d \in D} p(d|\theta) = \arg \max_{\theta} \left(\log p(\theta) + \sum_{d \in D} \log p(d|\theta) \right) \quad (10)$$

Логарифм апостериорной вероятности имеет вид:

$$\log p(\theta) + \sum_{d \in D} \log p(d|\theta) \quad (11)$$

Формула (11) аналогично линейному классификатору, который вычисляется по следующей формуле:

$$y(x, w) = w_0 + \sum_{j=1}^p x_j w_j \quad (12)$$

Формула (12) соответствует вычислению персептрона. Где w_j – весовые коэффициенты нейронной сети [14], а w_0 – порог.

Приведем другой пример, который описывает взаимосвязь персептрона и байесовского классификатора в гауссовой среде.

В байесовском классификаторе минимизируется средний риск, который обозначается символом R . Для задачи двух классов (C_1 и C_2) средний риск определяется следующим образом:

$$R = c_{11}p_1 \int_{X_1} f_X(x|C_1)dx + c_{22}p_2 \int_{X_2} f_X(x|C_2)dx + \\ + c_{21}p_1 \int_{X_2} f_X(x|C_1)dx + c_{12}p_2 \int_{X_1} f_X(x|C_2)dx \quad (13)$$

где p_i – априорная вероятность, c_{ij} – стоимость решения в пользу класса C_i . В процессе принятия решения каждому вектору наблюдения x из пространства X должно быть сопоставлена какое-либо из пространств – X_1 или X_2 . Таким образом,

$$X = X_1 + X_2 \quad (14)$$

Соответственно выражение (13) можно переписать в эквивалентной форме:

$$R = c_{11}p_1 \int_{X_1} f_X(x|C_1)dx + c_{22}p_2 \int_{X-X_1} f_X(x|C_2)dx + \\ + c_{21}p_1 \int_{X-X_1} f_X(x|C_1)dx + c_{12}p_2 \int_{X_1} f_X(x|C_2)dx \quad (15)$$

где $c_{11} < c_{21}$ и $c_{22} < c_{12}$. Принимая во внимание тот факт, что

$$\int_X f_X(x|C_1)dx = \int_X f_X(x|C_2)dx = 1 \quad (16)$$

уравнение (15) можно свести к выражению

$$R = c_{21}p_1 + c_{22}p_2 + \int_X [p_2(c_{12} - c_{22})f_X(x|C_2) - p_1(c_{21} - c_{11})f_X(x|C_1)]dx \quad (17)$$

Первые два слагаемых выражения (17) представляет собой фиксированную стоимость. Поэтому нужно минимизировать остальную часть уравнения (17).

Если выполняется условие

$$p_1(c_{21} - c_{11})f_X(x|C_1) > p_2(c_{12} - c_{22})f_X(x|C_2) \quad (18)$$

то вектор наблюдения x следует относить к подпространству X_1 (т.е. к классу C_1), в противном случае – к подпространству X_2 (т.е. к классу C_2).

Для упрощения изложения введем следующие обозначения:

$$\Lambda(x) = \frac{f_X(x|C_1)}{f_X(x|C_2)} \quad (19)$$

$$\xi = \frac{p_2(c_{12} - c_{22})}{p_1(c_{21} - c_{11})} \quad (20)$$

Если для вектора наблюдения x отношение правдоподобия $\Lambda(x)$ превышает пороговый уровень ξ то вектор x принадлежит к классу C_1 , в противном случае – к классу C_2 .

Функцию плотности условной вероятности X можно представить в следующем виде:

$$f_X(x|C_i) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu_i)^2}{2\sigma^2}} \quad (21)$$

Вероятность принадлежности образа обоим классам – C_1 и C_2 – одинакова:

$$p_1 = p = 1/2 \quad (22)$$

Ошибка классификации имеет постоянную стоимость, а коррекционная классификация стоимости не имеет:

$$c_{12} = c_{21} \text{ и } c_{11} = c_{22} = 0 \quad (23)$$

Поставляя (21) в (19) и вычисляя натуральный логарифм получим:

$$\log \Lambda(x) = -\frac{1}{2\sigma^2}(x - \mu_1)^2 + \frac{1}{2\sigma^2}(x - \mu_2)^2 = \\ = (\mu_1 - \mu_2) \frac{1}{\sigma^2} x + \frac{1}{2\sigma^2}(\mu_1^2 - \mu_2^2) \quad (24)$$

Поставляя (22) и (23) в (20) и находя натуральный логарифм, приходим к соотношению

$$\log \xi = 0 \quad (25)$$

Выражение (24) и (25) свидетельствует о том, что байесовский классификатор является линейным классификатором, описываемым соотношением

$$y = w^T x + b \quad (26)$$

где

$$y = \log \Lambda(x) \quad (27)$$

$$w = (\mu_1 - \mu_2) \frac{1}{\sigma^2} \quad (28)$$

$$b = \frac{1}{2\sigma^2} (\mu_1^2 - \mu_2^2) \quad (29)$$

Заключение

В данной работе было установлено, что байесовский классификатор может решать задачу классификации текстовых документов [15]. Цель классификации состоит в том, чтобы понять к какому классу принадлежит документ. Оценка вероятностей $p(\theta)$ и $p(D|\theta)$ осуществляется на обучающей выборке. Вероятность класса мы можем оценить как:

$$p(\theta) = \frac{N_\theta}{N} \quad (30)$$

где, N_θ – количество документов принадлежащих классу θ , а N – общее количество документов в обучающей выборке.

Оценка вероятности слова в классе описывается следующим образом:

$$p(d_i | \theta) = \frac{D_{i\theta}}{\sum_{i' \in V} D_{i'\theta}} \quad (31)$$

где, $D_{i\theta}$ – количество раз сколько i -ое слово встречается в документах класса θ , V – словарь корпуса документов (список всех уникальных слов).

Если на этапе классификации вам встретится слово которого вы не видели на этапе обучения, то значения $D_{i\theta}$, а следственно и $p(d_i | \theta)$ будут равны нулю. Это приведет к тому, что документ с этим словом нельзя будет классифицировать, так как он будет иметь нулевую вероятность по всем классам. Чтобы решить эту проблему используется следующая формула:

$$p(d_i | \theta) = \frac{D_{i\theta} + 1}{\sum_{i' \in V} (D_{i'\theta} + 1)} = \frac{D_{i\theta} + 1}{|V| + \sum_{i' \in V} D_{i'\theta}} \quad (32)$$

Таковыми образом было доказано связь и применение байесовских методов к нейронным сетям.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Weili G., Junsheng Zh., Jinxia Zh., Haikun W., Aiguo S., Kanjian Zh.. Stability analysis of opposite singularity in multilayer perceptrons//Neurocomputing. -Volume 282, -22 March 2018, -P. 192-201
- [2] Věra K., Marcello S. Probabilistic lower bounds for approximation by shallow perceptron networks//Neural Networks. -Volume 91. -July 2017. -P. 34-41
- [3] Hicham A., Mostafa E., Amal Z., Ahmed T., Hassan Q.. Classification and Recognition of 3D Image of Charlier moments using a Multilayer Perceptron Architecture//Procedia Computer Science. -Volume 127. -2018.-P. 226-235

- [4] Benjamin Q., Sébastien D.. Classification by pairwise coupling of imprecise probabilities//Pattern Recognition.-Volume 77.-May 2018. -P. 412-425
- [5] G. Yazgi T., Necla K.. An Aggregated Fuzzy Naive Bayes Data Classifier//Journal of Computational and Applied Mathematics.-Volume 286. -1 October 2015. -P. 17-27
- [6] Rodrigues É.O., Conci A., Liatsis P.. Morphological classifiers// Pattern Recognition.-Volume 84. - December 2018. -P. 82-96
- [7] Lungan Zh.,Liangxiao J., Chaoqun L., Ganggang K.. Two feature weighting approaches for naive Bayes text classifiers// Knowledge-Based Systems.-Volume 100.- 15 May 2016.- P. 137-144
- [8] Hui Zh., Jin-Xiang M., Chun-Tao L. Ji-Xia R., Lan D.. Development and evaluation of *in silico* prediction model for drug-induced respiratory toxicity by using naïve Bayes classifier method//Food and Chemical Toxicology.-Volume 121. -November 2018. -P. 593-603
- [9] Nima S., Sasan H.. Mixture of latent multinomial naive Bayes classifier//Applied Soft Computing.-Volume 69.- August 2018.- P. 516-527
- [10] Shuangshuang C., Likun Z., Yumin W., Qiang D., Jianxiong M., Ying W., Wenjun Zh., Xinlong M.. Using Naive Bayes Classifier to predict osteonecrosis of the femoral head with cannulated screw fixation//Injury, - 49. -2018. -p.1865–1870
- [11] Sheldon R.. Conditional Probability and Conditional Expectation.-Introduction to Probability Models (Eleventh Edition).-11.-2014.- PP. 93-181
- [12] Bastien C.,Florence D., Eve L., Jean-Marie B., Thomas F..Focus on an infrequently used quantity in the context of competing risks: The conditional probability function//Computers in Biology and Medicine.-Volume 101. -1 October 2018. -PP 70-81
- [13] Zhang X7, Zhao J., LeCun Y. Character-level convolutional networks for text classification// Advances in Neural Information Processing Systems , 2015.-28.-P.649-657
- [14] Саймон Х.. Нейронные сети . — 2-е изд. — М.: Вильямс, 2017. — с.1104
- [15] Seeja K. R, Masoumeh Z. Feature Extraction or Feature Selection for Text Classification: A Case Study on Phishing Email Detection// MECS.-2015. -2. .pp. 60-65

Сарманбетов С.А., Сагатбаева А., Тукан А.

Ықтималдық теориясының негізіндегі нейрондық желілердің сызықтық классификаторы

Резюме. Бұл мақалада ықтималдық теориясы негізінде сипатталған жасанды нейрондық желілердің жұмыс істеу принциптері сипатталған. Гаустық ортада перцепрон мен Байес классификаторының арасындағы байланыс көрсетілген. Осы жұмыстың негізінде жасанды нейрондық желілердің салмақтық коэффициентінің ықтималдық сипаттамаларын анықтау мүмкін екенін дәлелдеуге болады.

Кілттік сөздер: априори ықтималдығы, апостериори ықтималдығы, шартты ықтималдық, сызықтық классификатор, перцепрон.

УДК 004.896

**R.K. Uskenbayeva, A.A. Kuandykov, R.N. Beisembekova,
N.B. Karimzhan, D.Kh. Kozhamzharova.**

(International University of Information Technologies, Almaty, Kazakhstan
E-mail: ruskenbayeva@iitu.kz; abu.kuandykov@gmail.com;)

**DEFINITIONS AND SPECIFICS SOLUTION OF ONE CLASS TASKS OF CONSTRUCTING
OBJECT BY ROBOT UNIT**

Abstract. The formulation of the statement of a class of problems of construction or the creation of an object from given initial details is very abstract, and in the course of their solution, the intellect can manifest itself in the performer (essence), i.e. it is not always possible to assess the intellectuality of the performers.

In this paper, one of the options for eliminating this non-full-fledged formulation of this version of the problem is proposed. In this paper, the subject of research is the so-called intellectual task of constructing (or creating) an object according to an a priori predetermined project from given initial details (objects), in particular from cubes.

Keywords: Artificial intelligence, MAS, robot, manipulator, PID, STRIPS

**Р.К. Ускенбаева, А.А. Куандыков, Р.Н. Бейсембекова,
Н.Б. Каримжан, Д.Х. Кожамжарова.**

(Международный университет информационных технологий, Алматы, Республика Казахстан
E-mail: ruskenbayeva@iitu.kz; abu.kuandykov@gmail.com; dinara887@gmail.com;
nkarimzhan@gmail.com; olimzhon.baimuratov@sdu.edu.kz)

ФОРМУЛИРОВКА И ОСОБЕННОСТИ РЕШЕНИЯ ОДНОГО КЛАССА ЗАДАЧ КОНСТРУИРОВАНИЯ ОБЪЕКТА РОБОТОМ

Аннотация. Формулировка утверждения класса задач конструирования или создания объекта из заданных исходных деталей, очень абстрактна, и по ходу их решения возможно проявление интеллекта у исполнителя (сущности), т.е. не всегда удается оценить интеллектуальность исполнителей.

Работе предлагается один из вариантов ликвидации этой не полноценной формулировки данного варианта задачи. В работе предметом исследования является так называемая интеллектуальная задача конструирования (или создания) объекта по априорному заданному проекту из заданных исходных деталей (предметов), в частности из кубиков.

Ключевые слова: Искусственный интеллект, МАС, робот, манипулятор, ПИД, STRIPS

Введение. В искусственном интеллекте имеется класс задач конструирования или создания объекта из заданных, исходных деталей (предметов), в частности из кубиков. Интеллектуальность исполнителя (сущности или робота) определяется по той способности решать определенную задачу или нет. Таким образом, данный класс задач выступает как-бы критерием интеллектуальности, на подобье критерия Алан Тьюринга. Если исполнитель (сущности) решает эту задачу, то он является интеллектуальной, в противном случае нет. Причем, задача может решаться разными путями, в частности оптимальным путем с точки зрения критериев, заданных в задании в формулировке задачи. Однако, формулировка этой задачи задается очень узко и по ее решению возможность проявления интеллекта у исполнителя (у сущности) минимальный, т.е. не удается оценить уровень интеллектуальности.

В данной работе предлагается устранить не полноценность данной задачи или ее формулировки.

Дана абстрактная задача: Задано n -мерное пространство Ω , которое в частности является 2-ух мерным. В данном пространстве заданы:

- во-первых, задано исходные состояния предметов труда - кубики;
- во-вторых, в виде проекта объекта, которого требуется в будущем построить объект;
- в-третьих, процесс решения задачи происходит в данном пространстве (вернее в ячейках пространства).

Пусть пространство разбито на ячейки или решетки, в частности пространство состоит из 2-ух мерных прямоугольников ω_i с центром (x_i, y_i) , т.е. $\Omega = \cup \omega_i(x_i, y_i)$ или $\Omega = \bigcup_{i=1}^n \omega_i(x_i, y_i)$.

Пространство с точки зрения процессов решения задачи является однородным без преград и без сопротивления воздуха (вакуум), действует только закон гравитации.

Из всех вариантов движения здесь рассмотрим задачу движения роботов (в пространстве) с минимальной сложности, причем в составе задачи конструирования объекта.

Если расстояние (L) между ячейкой пространства (ω_i), в котором лежит кубики в исходном состоянии и ячейкой (ω_j), на котором планируется собрать объект (B). Если L растянуто, т.е. $L \geq \Delta L$, то задача приобретает характер перевозки кубиков в пространстве, чем конструирования. Конструирование становится просто укладкой кубиков после их перевозки. При этом предполагается, что пространство выпукло, поэтому получится, что длина процесса движения имеет длину маршрута, причем без преград. (с преградами).

Для того, чтобы различить по длине движения в пространстве пространство представим из двух типов: микропространство и макропространство $\Omega = \Omega^{mi} \cup \Omega^{ma}$. Микропространство является пространством около робота с вытянутой рукой, причем каждый момент времени одно и вдоль движения робота, макропространство также перемешается и задается в виде $\Omega^{ma} = \Omega / \Omega^{mi}$ в единственном экземпляре.

Таким образом, в работе, деятельность руки робота или в задании роботу (МАС) рассматривается, что общий процесс конструирования объекта и особенно ее подзадача - транспортировки рассматривается с минимальной сложности так как:

- 1) груз однотипные кубики, т.е. с одинаковым весом и габаритом,
- 2) само пространство является однородным и вакуумом из-за того, что нет преград для движения в микропространстве,
- 3) к тому же расстояние между началом и концом движения короткое из-за того, что подвижная платформа робота находится в стационарном режиме.
- 4) процесс конструирования объекта происходит в микропространстве, центром которого является робот на неподвижной мобильной или стационарной платформе.

Таким образом, сложность движения руки робота в заданном процессе конструирования объекта из кубиков будет минимальной, поэтому рассматривается интеллектуальность робота (или его руки) только в способности конструирования.

Итак, исходными условиям задачи или задания формализовано можно представить в следующем виде.

Пусть, задано замкнутое Евклидовое пространство Ω , которые разбиты на микропространство вокруг того место, где находится платформа робота с рукой. Далее с целью упрощения расчета вычисления для процессов конструирования микропространство разбито на ячейки. Ячейное представление пространства необходимо для геолокации кубиков.

В задании, вводимое в систему управления (в качестве которого принята мультиагентная система - МАС) руки робота, в исходной заданной ситуации предполагается, что все кубики, которые являются предметами труда, задаются в ячейке №2 пространства Ω . Они заданы в определенных пространственных положениях в ячейке №2, т.е. лежат не далеко друг от друга, т.е. на не большом расстоянии друг от друга с точки зрения видимости технического зрения робота. Другими словами, все кубики находится на расстоянии видимости с точки зрения возможности сенсорики робота (зрительной системы робота или сенсора дальномера). В общем случае, предметы, имеет одинаковые веса и габаритов, которые представлены в виде модели «Ортофрейм» [1] в виде кубиков. Метрические параметры, т.е. центр тяжести кубиков находится в точке их геометрического центра, а геометрические параметры кубов составляют выпуклые формы.

Пусть, кубики, как будущие рабочие материалы или предметы труда, предполагается, что имеют QR-код. При приближении руки к кубикам, на определенное расстояние, т.е. в микропространстве, виден полный силуэт и считывается QR-код кубиков. Поэтому к системе управления руки (т.е. робота) сообщается все данные о геометрических и пространственных (в частности координатные) признаки кубиков, которые нужны для решения задачи. В качестве системы управления принимаем мультиагентную систему (МАС).

Формулировки задания (или задачи).

Пусть заданы кубики и требуется (т.е. имеется желания актера) построить объект по заданному проекту из кубиков. Кубики в данной задачи являются предметами труда. Причем для планирования и выполнения плана построения объекта из кубиков у робота имеется только одна рука.

Составляющих исходной задачной ситуации, т.е. исходные положения кубиков и проекта объекта из кубиков, представим, как «мир кубиков» [2] на рисунке 1.

Инфраструктура или средства труда для выполнения задания состоит из одной руки (или захват, инструмент), которая является рабочем инструментом, принадлежащей манипулятору. Считаем, что рука принадлежит манипулятору, у который закреплен на стационарной или подвижной платформе, все это вместе составляет робот. Робот управляется мультиагентной системой. В качестве средств труды абстрактно представлена **только** рука манипулятора. Рука может имеет несколько целей, т.е. целевых назначений и следующие функциональности (по каждому целевыми назначению), т.е. возможности: поднять, удержать, нести и поставить в нужное место, причем функциональность хватает только для одного куба из приведённых, т.е. которые имеются в пространстве. Эти операций и действия выполняются соответствующими командами языка STRIPS&PDDL [3].

У руки могут быть и другие цели кроме переноса кубов и поэтому рука может выполняет широкий перечень операций или команды чем те команд, которые выше перечислены или выбраны для решения данной задачи. Но другие возможности руки, в данной задаче являются не затребованными. Только отметим, что с точки зрения качественных возможности рука характеризуется: быстродействием, точности, тормозными возможностями [4].

• **Физико-математические науки**

Отметим, задание, у актера возникают, только тогда, когда имеется исполнитель, который

- выполняет виртуальные операции – это план решения задачи, сформулированный или содержащийся в задании;
- выполняет реальные операции по выполнению составленного плана решения задачи.

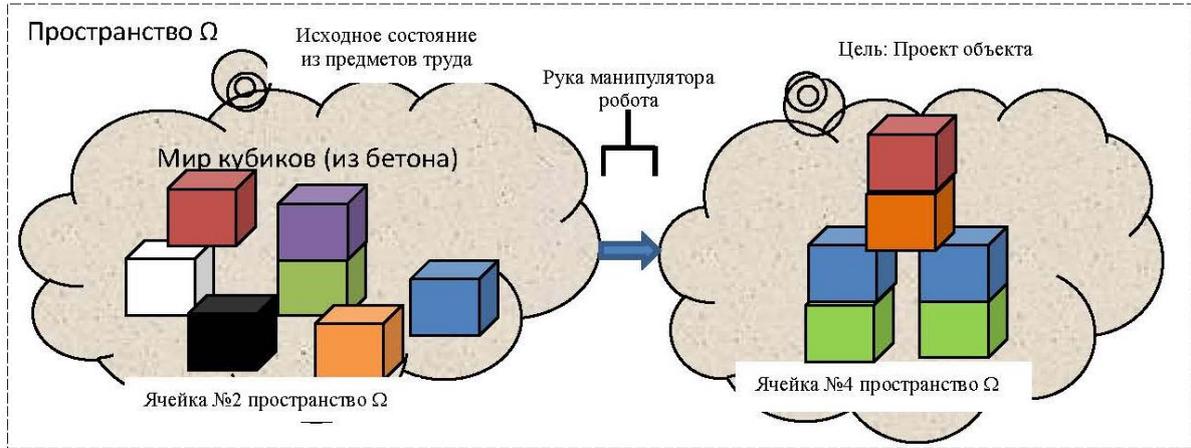


Рис. 1. Исходного состояния задачи из кубиков и проекта объекта

Формулировка задания зависит от возможностей исполнителя.

В выполняемом задании или решаемой задаче роль исполнителя выполняет рука в количестве одна. Она исполняется под управлением МАС, которая командует, координирует и управляет рукой исходя из текущего положения задачной ситуаций. Поэтому задания фактически формулируется и подается актером для МАС. При выполнении задания, подаваемого в МАС функций МАС приравнивается с функцией рукой, поэтому в процессы выполнения задания роль исполнителя играет рука [5].

Процесс выполнения задания сводится к планированию решения данной задачи и выполнения плана решения ее, которого представим в виде бизнес-процесса как на рисунке 2.



Рисунок 2. Процесс выполнения задания

Для решения данного класса задач и выполнения плана решения ее предлагаем иерархический план, который состоит из следующих уровней:

1. Уровень плана задачи: Задачи или плана задачной ситуации представим в виде: $SZd = \langle C_0, GgL, W \rangle$, где C_0 - начальное состояние, GgL - цели GgL , назовем ее конечной целью, W – критерий достижения цели GgL .

Суть задачи сводится к тому, что из начального состояния C_0 задачной ситуации SZd следует достичь глобальной цели GgL , т.е. $\langle C_0 \rightarrow GgL \rangle$, при выполнении $W \rightarrow \text{ора}$ [6].

2. Уровень плана подцели: Последовательность промежуточных целей или подцели: из начального состояния достижения до глобальной цели путем выполнения промежуточных целей между начальным состоянием до глобальной цели [7]. Представляем в виде декомпозицией:

$\langle GgL \rightarrow \{Gpzi\} \rangle$ и еще представим в виде цепочки последовательности от начальное состояние C_0 до конечной цели GgL в виде: $GgL \rightarrow \langle C_0, Gpzi_1, Gpzi_2, Gpzi_3, \dots, Gpzi, Gpzi+1, \dots, Gpzi-1, Gpzi \rangle$.

Должно быть выполнена требования к минимальность количество промежуточных целей:
 $K_{gool} \rightarrow \min$

3. Уровень плана ситуаций-подцелей: Привязав промежуточные цели к ситуациям $Gpzi \rightarrow S^{pz}_i$. Таким образом, между начальным состоянием C_0 и глобальной цели $SGgL$ установлены промежуточные целевые ситуаций, т.е.

$$S^{gl} \rightarrow \langle SC_0, S^{pz}_1, S^{pz}_2, S^{pz}_3, \dots, S^{pz}_i, S^{pz}_{i+1}, \dots, S^{pz}_{n-1}, S^{pz}_n, SGgL \rangle$$

где $SC_0, SGgL$ – ситуационное представление начального состояния C_0 и цели GgL соответственно.

S^{pz}_i , - семантическое представление цели измеримыми параметрами процесса. Другими словами, Целевая ситуация – в виде семантического описания (в виде ситуационного описания) значения измеримых и скрытых параметров и фактов, приведенные к единому моменту времени [8].

Предполагаем, что одна промежуточная цель $Gpzi$ должны эффективно описываться одной ситуации S^{pz}_i .

4. Уровень плана состояния-переходов (из одной подцелевой ситуации в другой): Совокупность планов последовательности состояний-перехода (CC) из одной промежуточной целевой ситуаций $\forall S^{pz}_i$ в другую соседней промежуточной целью ситуации $\forall S^{pz}_{i+1}$, т.е. между пар $\forall \langle S^{pz}_i, S^{pz}_{i+1} \rangle$. План состояния-переходов (CC) имеет вид:

$$CC(S^{pz}(i), S^{pz}(i+1)) \rightarrow \langle CC^{i,i+1}_1; CC^{i,i+1}_2; \dots; CC^{i,i+1}_k; CC^{i,i+1}_{k+1}; \dots; CC^{i,i+1}_{mi} \rangle$$

где $CC^{i,i+1}_k$ – конкретное состояние на интервале между пар $\langle S^{pz}_i, S^{pz}_{i+1} \rangle$, т.е. $CC^{i,i+1}_k \in \langle S^{pz}_i, S^{pz}_{i+1} \rangle$. Состояние является к единому моменту времени мгновенной фотографий вектор значения параметров измерения, которые важны с точки зрения управления этим описываемым процессом. По другому состояния является точка смены (события) характера процесса в n-мерном пространстве [9].

Должно быть выполнена требования к минимальность количество состояния-перехода между промежуточными целями: $K_{CC} \rightarrow \min$

5. Уровень траекторий-переходов (из одного состояния-переходов в другой): План последовательность действий для перевода из состояния-перехода $CC^{i,i+1}_k$ в состояния-перехода $CC^{i,i+1}_{k+1}$, т.е. между пар $\langle CC^{i,i+1}_k; CC^{i,i+1}_{k+1} \rangle$ траекторий или план действий имеет вид:

$$TR(CC^{i,i+1}_k; CC^{i,i+1}_{k+1}) \rightarrow \langle Tr_{i,i+1;k,k+1(1)}; Tr_{i,i+1;k,k+1(2)}; \dots; Tr_{i,i+1;k,k+1(h)}; Tr_{i,i+1;k,k+1(h+1)}; \dots; Tr_{i,i+1;k,k+1(p)} \rangle, (1)$$

где

$TR(CC^{i,i+1}_k; CC^{i,i+1}_{k+1})$ - траектория перехода с состояние-перехода $CC_{i,i+1}(k)$ в соседнее состояние-перехода $CC_{i,i+1}(k+1)$, построенный оптимальным образом исходя из свойств предмета(ов) труда, в качестве которых выступает кубик или кубики. Причем для пары $(CC^{i,i+1}_k; CC^{i,i+1}_{k+1})$ выполняются ограничения или условия $(CC^{i,i+1}_k; CC^{i,i+1}_{k+1}) \in \langle S^{pz}_i, S^{pz}_{i+1} \rangle$, для всех $\forall k, i$.

$DD_h = \langle Tr_{i,i+1;k,k+1(h)}; Tr_{i,i+1;k,k+1(h+1)} \rangle$ - движения на h-ом интервале траектории (в данной задаче руки), которое начинается с точки h до точки h+1. Вид движения проявляется только на интервале.

$Tr_{i,i+1;k,k+1(h)}$ – одного из видов движение или вообще движения на траектории, которое начинается с точки h до точки h+1 на траектории или на h-ом интервале траектории.

$Tr_{i,i+1;k,k+1(h+1)}$ – это точка конца предыдущего движения, т.е. начавшего с точки h - $Tr_{i,i+1;k,k+1(h)}$ и начало следующего движение или следующего вида движения, которое начинается с точки h+1.

Таким образом, траектория состоит из последовательности несколько видов движений, т.е. траектория конструирования из последовательности видов движения. Выделения из траектории вид движения зависит от смены перемещения звена или звеньев манипулятора.

Каждый вид движения должен быть оптимальными, поэтому она конструируется исходя из:

- параметров предмета труда такие как: вес, размеров, состояния и т.д., а также,
- функциональных возможности одного или нескольких исполнителей, которые необходимы для реализации данного вида движения.

6. Уровень параметров траекторий-переходов (траектория из движения из одного состояния-переходов в другой состояния-переходов) (или уровень параметров видов движения на траектории):

Определение параметров каждого действия:

- Определение целевого состояния каждого действия на интервале $\langle CC^{i,i+1}_k; CC^{i,i+1}_{k+1} \rangle$, в качестве которого принимается состояния узла перехода из одного вида движения в траектории в другой вид движения данной ж траектории (или момент смена сочленения у манипулятора).

- Определение параметры груза или предмета труда: вес и размер и т.д.
- Определение характеристики движения: длина, направления, скорость и еще ускорения движения, которые являются оптимальными вариантами.
- Определение структуры и конструкции робота для выполнения данной траектории.
- Исходя из структуры и конструкции манипулятора руки робота определяются способы выполнения данной траектории звеньями манипулятора рукой. Траектория руки состоит из движения, которая должна провидится в Евклидовом пространстве в Декартовой (абсолютной) системе координат. Данную траекторию и ее движения необходимо преобразовывать в обобщенной системе координат звеньев (степеней свободы) на основе модели преобразования движения из абсолютной системы координат в обобщенную систему координат. Для этого установить звеньев описанным на следующем пункте.

• Установить номера звеньев (и их количество) нужных для выполнения движения исходя из конструкций руки и манипулятора робота, а также их диаграммы согласно модели преобразования (модель преобразования движения от вращательного к возвратно-поступательное и наоборот) обобщённых координат звеньев в абсолютные Декартовы координаты руки необходимых для выполнения движения [10].

• Назначить электродвигателей (на движения) для каждого звено (ED_{jq}), где ED_{jq} означает q-ый электродвигатель (или двигатель другого вида) для j-ого звена манипулятора. Причем, двигатель является оптимальным среди возможных $ED_{jq} \in ED_{кл}$, где $ED_{кл}$ набор ED с нужными параметрами для совершения именно действий (1). Таким образом, для движения траекторий $DD_h = \langle Tr_{i,i+1;k,k+1(h)}; Tr_{i,i+1;k,k+1(h+1)} \rangle$ на интервале $\langle CC^{i,i+1}_k; CC^{i,i+1}_{k+1} \rangle$, необходимо выполнить выбор из: $(J, ED_d) = \{Z_j, ED_{j1}, ED_{j2}, \dots, ED_{jq}, \dots, ED_{jp}\}$.

• Планирование управляющих воздействий (команд) по каждому действий на интервале $DD_h = \langle Tr_{i,i+1;k,k+1(h)}; Tr_{i,i+1;k,k+1(h+1)} \rangle$, т.е. на интервале между «узел действие ($Tr_{i,i+1;k,k+1(h)} \rightarrow$ узел действие ($Tr_{i,i+1;k,k+1(h+1)}$)» на траектории (т.е. план управляющих воздействий по каждому виду действий) имеет вид таким образом:

$YB[\langle Tr_{i,i+1;k,k+1(h)}; Tr_{i,i+1;k,k+1(h+1)} \rangle, ED_j] \rightarrow \langle YB_{i,i+1;k,k+1,h,h+1;j(1)}; Tr_{i,i+1;k,k+1,h,h+1;j(2)}; \dots; Tr_{i,i+1;k,k+1,h,h+1;j(f)}; Tr_{i,i+1;k,k+1,h,h+1;j(f+1)}; \dots; Tr_{i,i+1;k,k+1,h,h+1;j(0)} \rangle$

где $YB[\langle Tr_{i,i+1;k,k+1(h)}; Tr_{i,i+1;k,k+1(h+1)} \rangle, ED_j]$ – план управляющих воздействий на интервале движения DD_h , $\langle Tr_{i,i+1;k,k+1,h,h+1;j(f)}; Tr_{i,i+1;k,k+1,h,h+1;j(f+1)} \rangle$ - подинтервал на интервале движения DD_h , в котором движение реализуется одним или единым типом управляющих воздействия по одному из законов П, ПИ, ПД, ПИД; ED_j - J-ый двигатель, который будет задействован на этом подинтервале, $ED_j \in ED$ [12].

7. Реализация и контроль управляющих воздействий и проверка достижения до целевого состояния действия (траектории) [13].

Алгоритм решения выбранного класса задач «конструирования» базируется на изложенный иерархический план решения задач и выполнения его. Каждый уровень, который состоит из планов решения задачи соответствует определенному аспекту процесса решения данной задачи. Эти аспекты таковы: целевого, состояния-переходов, траекторий, параметров траекторий [14].

Таким образом, алгоритм решения имеет следующий вид.

Более обобщенный вариант алгоритма реализации иерархического плана, т.е. составление плана решения задачи и выполнения бизнес-процесса (БП) по решению и выполнению решений сформулированной задач (или выполнения задания по решению и выполнению решений сформулированной задач) представим таким образом:

- 1) Формулировка задания и задачи.
- 2) Планирования решения задачи на уровне подцели на языке планировщика GPS/STRIPS/PDDL.
- 3) Формирования специальных процессов БП по плану решения: стратегий выполнения БП, дисциплину обслуживания, организации: владелицу, исполнителей.
- 4) Выбор количество и видов ИР (исполнителей) операций БП по шаблону.
- 5) Программирование решения на языке исполнителей из действий.
- 6) Программирование управляющих воздействий по каждому действий согласно законам управления П, ПИ, ПД, ПИД и их модификации и комбинации.

7) Реализация и контроль управляющих воздействий и проверка достижения до целевого состояния действия (траектории).

8) Переход на следующее «действие→действие» в плане последовательность действий для перевода из состояния-перехода в состояния-перехода.

9) Если закончен отработка всех действий по текущему пары <состояние-перехода → состояние-перехода>, то переход на следующее <состояние-перехода → состояние-перехода>.

10) Если закончен, то переход на следующее промежуточную ситуацию.

11) Если закончен все промежуточные цели, то переход на этап интеграцию промежуточных целей.

На основе предложенного алгоритма решения задачи и выполнения план ее решения разработан программ. Численный эксперимент над которыми показал правильность и эффективность его работы [15].

Заключение. В работе предметом исследования является так называемая интеллектуальная задача конструирования (или создании) объекта по априорному заданному проекту из заданных исходных деталей (предметов), в частности из кубиков. Задача может решаться разными путями, в частности оптимальным путем с точки зрения заданных критериев. В качестве решателя задачи принята мультиагентная системы с одной рукой (МАС). Формулировка задачи и все заданные условия и компоненты указывается в заданий на решателе задачи - МАС.

Предложен многоуровневый иерархический план решения данного класса задачи.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Давыдов О.И., Платонов А.К. Организация и структура комплексной карты операционной среды сервисного робота //Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2015. № 72. 28 с.

[2] Трофимов И. В. Скрытые знания в задачах планирования//В Трудах междунар Конференции "Программные системы: теория и приложения", ИПС РАН, М. Переславль-Залесский, октябрь 2006 г.: В 2 т. Том: 1. Страницы: 339-347.

[3] State-Space Search and the STRIPS Planner. Searching for a Path through a Graph of Nodes Representing World States. <http://www.inf.ed.ac.uk/teaching/courses/plan/slides/State-Space-Search-Slides.pdf>.

[4] Kuandykov A.A., Kassenkhan A.A., Mukazhanov N.K., Kalpeeva Zh.B., Kozhamzharova D. Sholpanbaev A.T. The formalization of the problem area, implementation and maintenance of business process by a group of unmanned vehicles//International Journal of Computer Technology and Applications, - 2013. Vol. № 4(5). – pp. 759-763 с.

[5] Uskenbayeva, R.K., Kuandykov, A.A., Young Im Cho, Kalpeyeva, Zh.B., Kozhamzharova D. Models and methods of joint work management of group of unmanned vehicles (статья)//2013 13th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS), Oct. 20-23, 2013 in Kimdaejung Convention Center, Gwangju, Korea, Publication Year: 2013, Page(s): 552- 555. DOI: 10.1109/ICCAS.2013.6704000, Print ISBN: 978-89-93215-05-2, INSPEC Accession Number: 14025498, SCOPUS.

[6] Uskenbayeva, R.K., Kuandykov, A.A., Young Im Cho, Kalpeyeva, Zh.B., Kozhamzharova D. Organization of computing processes in the large heterogeneous distributed systems//2013 44th International Symposium on Robotics (ISR), Oct. 24-26, 2013 in KINTEX, Seoul, Korea, Publication Year: 2013, Page(s): 1- 4 DOI: 10.1109/ISR.2013.6695697, INSPEC Accession Number: 14022380, SCOPUS.

[7] Uskenbayeva, R.K., Kuandykov, A.A., Young Im Cho., Kozhamzharova D. The intelligent modeling of unmanned vehicles for solving the tasks of risk management in the business processes//International Symposium on Artificial Life and Robotics, AROB 19th 2014 January 22-24, 2014, B-Con PLAZA, Beppu, JAPAN, 935-939 pp.

[8] Uskenbayeva, R.K., Kuandykov, A.A., Young Im Cho., Kozhamzharova D. Main principles of task distribution in multi-agent systems and defining basic parameters// 2014 14th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS), October 22-25 at KINTEX, Korea, Publication Year: 2014 , Page(s): 1471- 1474. DOI: 10.1109/ICCAS.2014.6987793, Print ISBN: 978-8-9932-1506-9, INSPEC Accession Number: 14820752, SCOPUS.

[9] Kuandykov, A.A., Karimzhan N.B., Baimuratov O.A., Kozhamzharova D. Design and construction a model of remote control software mobile robot for MAS//2014 IEEE 8th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT), Publication Year: 2014 , Page(s): 1- 5. DOI: 10.1109/AICT.2014.7035965. Print ISBN: 978-1-4799-4120-9. INSPEC Accession Number: 14916889. IEEE Digital Library. SCOPUS.

[10] Uskenbayeva R.K., Kurmangalieva B., Kalpeyeva Zh.B., Mukhazhanov N.K., Kozhamzharova D. Distributed data processing in heterogeneous Cloud environments//Научный журнал «ҚазҰТУ хабаршысы – Вестник КазНТУ», №5 2014. Технические науки, с. 184-190 с.

[11] Куандыков А.А., Каримжан Н.Б., Кожамжаровой Д. Конструирование и анализ мобильного робота для мультиагентных систем//Вестник Национальной Академии Наук Республики Казахстан, Bulletin of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, ISSN 1991-3294, Vol. 1, No. 353(2015), с. 26 -34.

[12] Ускенбаева Р.К., Кожамжаровой Д. Описание процесса функционирования агента МАС осуществляющего движение по заданной траектории//Сборник материалов X Международной научной конференции студентов и молодых ученых «Наука и образование - 2015», УДК 001:37.0, ББК 72+74.04, ISBN: 978-9965-31-695-1, Еуразия Национальный Университет имени Л.Н. Гумилева, 2015 г. 925-929 стр.

[13] Ускенбаева Р.К., Куандыков А.А., Кожамжаровой Д. Анализ и разработка архитектуры агента для Мультиагентных систем//ТРУДЫ «Роль и место молодых ученых в реализации новой экономической политики. Казахстана» МЕЖДУНАРОДНЫХ САТПАЕВСКИХ ЧТЕНИЙ Том IV, ISBN 978-601-228-803-2 Т.4. –2015. – 911 б. ISBN 978-601-228-806-3.

[14] Kuandykov, A.A., Uskenbayeva R.K., Cho Y.I., Chinibayev Y.I., Karimzhan N.B., Kozhamzharova D. Multi-Agent Based Anti-Locust Territory Protection System//The 12th International Conference on Mobile Systems and Pervasive Computing (MobiSPC 2015), August 17-20, 2015, Belfort, France, Procedia Computer Science 56 (2015) 477 – 483 pp. 1877-0509 © 2015 The Authors. Published by Elsevier B.V. doi: 10.1016/j.procs.2015.07.238. 5 с.

[15] Kuandykov, A.A., Uskenbayeva R.K., Cho Y.I., Chinibayev Y.I., Karimzhan N.B., Kozhamzharova D. Analysis and Development of Agent Architecture for Pest Control Systems//The 12th International Conference on Mobile Systems and Pervasive Computing (MobiSPC 2015), August 17-20, 2015, Belfort, France. Procedia Computer Science 56 (2015) 139 – 144 pp. 1877-0509 © 2015 The Authors. Published by Elsevier B.V. doi: 10.1016/j.procs.2015.07.186. 5 с.

УДК 514.182+519.681

¹М.А. Мустафин, ²Н.К. Макашов

(¹Казахский Национальный университет им. аль-Фараби,
Алматы, Республика Казахстан, medeu@rambler.ru

² ТОО «Digital Management», Алматы, Республика Казахстан)

НЕКОТОРЫЕ ЗАДАЧИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

Аннотация. Данная работа посвящена некоторым задачам вычислительной геометрии и их решению на языке программирования на C++.

Ключевые слова: вычислительная геометрия, язык C++.

Вычислительная геометрия – это раздел информатики, который изучает алгоритмы решения геометрических задач. Такие задачи часто встречаются в машинной графике, проектировании интегральных схем, технических устройств и др. Исходными данными такого рода задач могут быть множество точек на плоскости, набор отрезков, многоугольник (заданный например, списком своих вершин в порядке движения по часовой стрелки) и т.п. результатом может быть либо ответ на какой то вопрос (например, принадлежит ли точка отрезку с концевыми точками, пересекаются ли два отрезка и т.п.), либо какой-то геометрический объект (например, наименьший выпуклый многоугольник, соединяющий заданные точки, площадь многоугольника, и т.п.). Геометрические задачи в информатике встречаются довольно часто, так как компьютер является очень удобным и быстродействующим средством для их решения, так как ручной счёт здесь абсолютно неприменим. Задачи вычислительной геометрии встречаются на олимпиадах по информатике, так как они требуют от участника собранности и точности даже в мелких деталях реализации. Ошибка в деталях приводит к тому, что автор программы вынужден тратить много времени на отладку программы и поиск в ней ошибки. Поэтому именно тот, кто успешно справляется с такими задачами в течение короткого времени, достоин наивысшей похвалы, каковой является победа на олимпиаде.

Целью данной работы является показать возможности языка программирования C++ при решении геометрических задач.

Рассмотрим некоторые геометрические задачи.

1. Заданы точки $A(x_1; y_1)$, $B(x_2; y_2)$ и прямая $(x-x_3)(y_4-y_3)=(y-y_3)(x_4-x_3)$. Определить, лежат ли точки по разные стороны от заданной прямой. По условию, прямая проходит через точки $C(x_3; y_3)$ и $D(x_4; y_4)$.

Для того чтобы определить, лежат ли точки по разные стороны от прямой, возьмём точку C и построим вектора $\vec{CD}, \vec{CA}, \vec{CB}$. Если вектора \vec{CA} и \vec{CB} лежат по разные стороны относительно \vec{CD} , точки будут лежать по разные стороны от прямой. В обратном случае точки будут лежать по одну сторону от прямой.

Для того чтобы определить, по разные ли стороны от прямой лежат векторы, требуется проверить, совпадают ли знаки векторных произведений этих векторов на вектор, лежащий на прямой, в нашем случае вектор \vec{CD} . Таким образом, в нашем случае достаточно проверить следующее условие:

$$\text{Sign}(\vec{CA} \times \vec{CD}) \text{Sign}(\vec{CB} \times \vec{CD}).$$

Sign - это известная математическая функция, определяющаяся таким образом:

$$\text{Sign}(x) = \begin{cases} 1, & \text{если } x > 0, \\ 0, & \text{если } x = 0, \\ -1, & \text{если } x < 0. \end{cases}$$

Внесём в наш модуль две первые функции:

```
int vectorMultiplication(int x1, int y1, int x2, int y2) {
return x1*y2-x2*y1;
}

int sign(int x) {
if ( x > 0 ){return 1;}
else if(x < 0){return -1;}
return 0;
}
```

Очевидно, что если одна из точек лежит на прямой, то для неё векторное произведение будет равно нулю. В этом случае будем считать, что она лежит по ту же сторону от прямой относительно первой точки. Но если есть необходимость использовать другой подход, нужно будет просто проверять вариант, когда векторное произведение нулевое.

```
bool otherSide(int x1, int y1, int x2, int y2, int x3, int y3, int x4, int y4) {
int v1x = 0, v1y = 0, v2x = 0, v2y = 0, v3x = 0, v3y = 0; // Векторы
v1x = x4 - x3; v1y = y4 - y3;
v2x = x1 - x3; v2y = y1 - y3;
v3x = x2 - x3; v3y = y2 - y3;
return sign(vectorMultiplication(v1x, v1y, v2x, v2y)) == sign(vectorMultiplication(v1x, v1y, v2x,
v2y));
}
```

2. Заданы точки $A(x_1; y_1), B(x_2; y_2), C(x_3; y_3)$ и $D(x_4; y_4)$. Определить, лежат ли отрезки AB и CD на одной прямой.

Уравнение прямой AB : $(x-x_1)(y_2-y_1)=(y-y_1)(x_2-x_1)$.

Чтобы отрезок CD лежал на этой же прямой, необходимо, чтобы обе точки C и D лежали на этой прямой, т.е. удовлетворяли её уравнению. При реализации этого алгоритма можно воспользуемся новой функцией `pointOnLine`:

```
bool pointOnLine(int x0, int y0, int x1, int y1, int x2, int y2){
return (x0-x2)*(y1-y2)==(y0-y2)*(x1-x2);
}
```

```
bool sameLine(int x1, int y1, int x2, int y2, int x3, int y3, int x4, int y4){
return pointOnLine(x3,y3,x1,y1,x2,y2) && pointOnLine(x4,y4,x1,y1,x2,y2);
}
```

Язык программирования C++ позволяет решать много нетривиальных задач из геометрии (планиметрия, стереометрия, дифференциальная геометрия и т.д.), а также решать задачи из геодезии.

ЛИТЕРАТУРА

Майкл Ласло Вычислительная геометрия и компьютерная графика на C++. -Москва, Бином, 1997.

Мұстафин М.А., Макашов Н.К.

Есептеуіш геометрияның кейбір есептер

Түйіндеме: Бұл мақала есептеуіш геометрияның кейбір есептерзерттеу жасалған.

Негізгі сөздер: есептеуіш геометрия, C++ программалау тілі.

Mustafin M.A., Makashov N.K.

Some problems of computational geometry

Summary. Given article is devoted to some problems of computing geometry and their solution on programming language C++.

Key words: computing geometry, programming language C++.

МРНТИ 27.29.19

УДК 519.63

L. M. Tukenova

APPROACH DECISION FOR ONE LOCAL PROBLEM OF THE OCEAN

Abstract: The article deals with the problem of the stationary movement of tidal currents in the ocean. Currently, one of the most common methods for numerical solution of boundary value problems is difference methods (the grid method, the finite difference method). One of the methods to overcome these difficulties is the method of fictitious areas. The idea of the method is to regularize the area.

The existence and uniqueness of the solution of the problem is assumed. We prove weak L_2 convergence of the approximate solution in. The proof process provides an algorithm for finding an approximate solution.

Keywords: boundary value problem, oceanology equations, method of fictitious areas.

Л.М.Тукунова

(Университет Нархоз,

Алматы, Республики Казахстан, tuken_lei06@mail.ru)

ПРИБЛИЖЕННОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ ОДНОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ОКЕАНА

Аннотация: В статье рассматривается задача о стационарном движении приливных течений в океане. В настоящее время одним из наиболее распространенных способов численного решения краевых задач являются разностные методы (метод сеток, метод конечных разностей). Одним из методов, позволяющих преодолеть эти трудности, является метод фиктивных областей. Идея метода состоит в регуляризации области.

Предполагается существование и единственность решения задачи. Доказана слабая сходимость приближенного решения в L_2 . Процесс доказательства дает алгоритм нахождения приближенного решения.

Ключевые слова: краевая задача, уравнения океанологии, метод фиктивных областей.

Задача о стационарном движении приливных течений в океане сводится к решению следующей дифференциальной задачи.

$$\begin{aligned} \mu \Delta u_1 - \frac{\partial p}{\partial x_1} - l u_1 - k(x) |u| u_1 &= f_1, \\ \mu \Delta u_2 - \frac{\partial p}{\partial x_2} - l u_2 - k(x) |u| u_2 &= f_2, \\ \frac{\partial u_1}{\partial x_1} + \frac{\partial u_2}{\partial x_2} &= 0, \quad x = (x_1, x_2) \in D \subset R^2, \end{aligned} \tag{1}$$

$$u_1|_s = u_2|_s = 0, \quad s = \partial D \quad (2)$$

где $\bar{u} = (u_1, u_2)$ - скорость движения, p - давление, l - корреляционная сила, $k(x) > 0$, $k(x)$ - сила сопротивления.

Вводя функцию тока

$$u_1 = \frac{\partial \psi}{\partial x_2}, \quad u_2 = -\frac{\partial \psi}{\partial x_1}$$

от системы (1), (2) можно перейти к одному уравнению для ψ с однородными условиями Дирихле.

$$\mu \Delta^2 \psi - l \Delta \psi - \operatorname{div}(k(x)|\nabla \psi| \nabla \psi) = f, \quad x \in D, \quad (3)$$

$$\psi|_s = \frac{\partial \psi}{\partial n}|_s = 0, \quad s = \partial D \quad (4)$$

Имеет место следующая

Лемма 1. Пусть $f(x) \in W_2^k(D)$, $s \in C^{k+4}(R^2)$. Тогда существует единственное решение и имеет место оценка.

$$\|\psi\|_{W_2^{k+4}(D)} \leq C \|f\|_{W_2^k(D)} \quad k = 0, 1, 2, \dots \quad (5)$$

Доказательство леммы 1 можно найти в [1].

Предположим, что граница $s = \partial D$ определяется уравнением $F(x) = 0$, т.е. $s = \{x | F(x) = 0\}$, где $F(x) \in C_{\Pi}^{k+4}$ с периодом 2π .

Пусть D содержится в квадрате Q со сторонами равными 2π .

Пусть $F(x) > 0$ при $x \in D$ и $F(x) < 0$ при $x \in \bar{D}$, а так же чтобы $|\nabla F(x)| \geq C > 0$ при $x \in Q$.

Из теории вложения известно, что если $F(x) \in C_{\Pi}^{k+4}$, то любая функция $\psi \in W_2^{k+4}(D)$ может быть продолжена из D на R^2 с сохранением нормы т.е.

$$\|\psi(x)\|_{W_2^{k+4}(R^2)} \leq C \|\psi\|_{W_2^{k+4}(D)}. \quad (6)$$

В дальнейшем для исходной и продолженной функции будем использовать одни и те же обозначения.

В Q рассмотрим задачу с периодическими краевыми условиями

$$\mu \Delta^2 \varphi - l \Delta \varphi - \operatorname{div}(k(x)|\nabla \varphi| \nabla \varphi) = f, \quad x \in Q \quad (7)$$

$$\frac{\partial^e \varphi}{\partial x_{\alpha}^e} \Big|_{x_{\alpha} = -\pi} = \frac{\partial^e \varphi}{\partial x_{\alpha}^e} \Big|_{x_{\alpha} = \pi} \quad \alpha = 1, 2, \quad e = 0, 1, 2, 3. \quad (8)$$

Обозначим

$$M\varphi = \mu\Delta^2\varphi - l\Delta\varphi = z \quad (9)$$

$$\varphi = \int_Q G(x, y)z(y)dy \quad (10)$$

Тогда для z получим уравнение

$$z - N\left(\int_Q G(x, y)z(y)dy\right) - f = 0, \quad (11)$$

где $N(\varphi) = \text{div}(k(x)|\nabla\varphi|\nabla\varphi)$, $G(x, y)$ - функция Грина для оператора $\mu\Delta^2 - l\Delta$ на Q с периодическими краевыми условиями.

Используя (10) напомним интегральное тождество

$$\int_Q \Theta(F) \left[z(x) - N\left(\int_Q G(x, y)z(y)dy\right) - f \right]^2 dx = 0 \quad (12)$$

где

$$\Theta(F(x)) = \begin{cases} 1 & \text{при } F(x) > 0, \\ 0 & \text{при } F(x) < 0. \end{cases}$$

Пусть наряду (12) выполняются условия

$$\varphi(x) \Big|_s = \int_Q G(x, y)z(y)dy \Big|_s = 0, \quad (13)$$

$$\frac{\partial\varphi(x)}{\partial n} \Big|_s = \int_Q \frac{\partial}{\partial n} G(x, y)z(y)dy \Big|_s = 0. \quad (14)$$

Эти условия эквивалентны следующему

$$\int_Q R(x) \left(\left| \int_Q G(x, y)z(y)dy \right|^2 + \left| \int_Q \frac{\partial}{\partial n} G(x, y)z(y)dy \right|^2 \right) dl_x = 0, \quad (15)$$

где $R(x)$ – любая непрерывная строго положительная функция. Вместо (15) можно записать

$$\begin{aligned} & \int_Q \int_Q z(y)z(\xi) \left[\int_s \int_s R(x) \left(G(x, y)G(x, \xi) + \frac{\partial G(x, y)}{\partial n} \cdot \frac{\partial G(x, \xi)}{\partial n} \right) dx \right] dyd\xi = \\ & = \int_Q \int_Q R_D(y, \xi)z(y)z(\xi)dyd\xi = 0, \end{aligned} \quad (16)$$

где

$$R_D(y, \xi) = \int_s R(y, \xi) \left(G(x, y)G(x, \xi) + \frac{\partial G(x, y)}{\partial n} \cdot \frac{\partial G(x, \xi)}{\partial n} \right) dl_x$$

– неотрицательный оператор.

Теперь используя (12) и (16) построим следующий неотрицательный функционал

$$I(z) = \int_Q \Theta(F(x)) \left[z(x) + N \left(\int_Q G(x, y)z(y)dy \right) - f(x) \right]^2 dx + \int_Q \int_Q R_D(y, \xi)z(y)z(\xi)dyd\xi \quad (17)$$

Если $I(z) = 0$, то из (10) и (17) следует, что φ на D удовлетворяет уравнению $M\varphi - N(\varphi) = f$ и условиям (13), (14), следовательно $\varphi(x)$ является решением задачи (3), (4). Обратно, если $\varphi(x)$ решение задачи (3), (4), то $z(x)$ определенная равенством (10) обращает функционал $I(z)$ в нуль.

Отсюда вытекает, что задача (3), (4) эквивалентна задаче на минимум функционала $I(z)$. Найдя z , реализующий минимум $I(z)$ по формуле (10) найдем решение задачи (3), (4). Таким образом, мы свели задачу (3), (4) к вариационной задаче отыскания минимума неотрицательного функционала $I(z)$, минимум которого равен нулю.

В (2.2.10) ядро $G(x, y)$ определяется

$$G(x, y) = \sum_{n=1}^{\infty} \Lambda_n^{-1} \Phi_n(x) \Phi_n(y). \quad (18)$$

Здесь $\Phi_1(x), \Phi_2(x), \dots$ произвольная ортонормированная система собственных функции оператора $M = \mu\Delta^2 - l\Delta$ с периодическими краевыми условиями и λ_n соответствующие им действительные собственные числа. При численном решении уравнения (17) ядра (18) не удобны, хотя и имеют явный вид. Ниже мы укажем удобные ядра, которыми можно заменить ядро в (17).

Определение. Будем говорить, что ядро $K(x, y), (x, y) \in Q$ принадлежит к классу $K_\varepsilon^{e,m}(Q)$ ($0 \leq m \leq e$), если оно e – раз непрерывно дифференцируемо по всем переменным и любую функцию $u(x)$ из $W_2^m(Q)$ можно приблизить функцией вида

$$g(x) = Kz(x) = \int_Q K(x, y)z(y)dy, \quad z(x) \in L_2(Q)$$

так чтобы

$$\|D^k u - D^k g\|_{L_2(Q)} \leq \varepsilon C, \quad |k| \leq m,$$

где $C(\cdot)$ зависит от нормы $u(x)$ в пространстве $W_2^m(Q)$, D^k – оператор дифференцирования, ε – малое положительное число.

Приближенное решение задачи (3), (4) ищем в виде

$$\psi(x) = Kz(x) = \int_Q K(x, y)z(y)dy \quad (19)$$

где ядро $K(x, y)$ из класса $K_\varepsilon^{(4,4)}$

Подставив (19) в уравнение (3), (4) получим

$$M \int_Q K(x, y)z(y)dy + N \left(\int_Q K(x, y)z(y)dy \right) - f = 0(\varepsilon). \quad (20)$$

Вместо условия $\psi|_s = 0$ и $\frac{\partial \psi}{\partial n}|_s = 0$ имеем

$$\int_Q K(x, y)z(y)dy|_s = 0(\varepsilon) \text{ и } \int_Q \frac{\partial}{\partial n} K(x, y)z(y)dy|_s = 0(\varepsilon). \quad (21)$$

При (21) мы воспользовались тем, что след функций из $W_2^{k+4}(D)$ принадлежит классу непрерывных функций.

Введем функционал

$$I(z) = \int_Q \Theta(F(x)) \left[M \int_Q K(x, y)z(y)dy + N \left(\int_Q K(x, y)z(y)dy \right) - f(x) \right]^2 dx + \int_Q \int_Q z(y)z(\xi) \int_s K(x, y)K(x, \xi)dl_x dy d\xi \quad (22)$$

Отсюда видно, что проблема приближенного решения задачи (3), (4) свелась к задаче минимизации функционала (22), минимум которого имеет порядок $O(\varepsilon)$. Следующая лемма подтверждает, что ядер из класса $K_\varepsilon^{l,m}$ достаточно много.

Для простоты полагаем $l, m = 0$.

Лемма 2. Пусть $K(x, t) = K(y, x)$ и $K(x, y)$ - действительная непрерывная в $Q * Q$ функция. Тогда оператор

$$Kz = \int_Q K(x, y)z(y)dy$$

самосопряженный и вполне непрерывный в $L_2(Q)$. Если система собственных функций оператора K , соответствующих ненулевым собственным значениям полна, тогда при любом $\varepsilon > 0$ ядро $K(x, y)$ принадлежит классу K_ε^{00} .

Доказательство этой леммы можно найти в [2].

Из утверждения леммы 2 вытекает, что симметричных ядер из класса K_ε^{00} достаточно много. Примером такого ядра может служить ядро

$$K(x, y) = \sum_{m_1, m_2 = -\infty}^{\infty} \mu_m e^{i\langle x-y, m \rangle} \quad (23)$$

Здесь $\mu_m = \mu_{m_1 m_2}$ - любая последовательность чисел, стремящихся к нулю при $|m| \rightarrow \infty$ и $\mu_m = \overline{\mu_{-m}}$, $|\mu_m| \neq 0$.

Очевидно, μ_m можно взять таким, чтобы было легко просуммировать (23) и выписать аналитический вид $K(x, y)$.

Построим достаточно простое ядро, которое принадлежит $K_\varepsilon^{(l,l)}$ при любом l . Для этого за μ_m возьмем произведение μ_{m_1}, μ_{m_2} , а μ_{m_1} и μ_{m_2} определим следующим образом

$$\mu_{m_1} = \xi^{|m_1|}, \quad \mu_{m_2} = \eta^{|m_2|}$$

где $|\xi| < 1, |\eta| < 1$.

Теперь запишем функцию, определяющую это ядро

$$\begin{aligned} R(x) = R(x_1, x_2) &= \sum_{m_1, m_2 = -\infty}^{\infty} \xi^{|m_1|} \eta^{|m_2|} e^{im_1 x_1 + im_2 x_2} = \left(\sum_{m_1 = -\infty}^{\infty} (\xi^{|m_1|} e^{im_1 x_1}) \right) \cdot \\ &\cdot \left(\sum_{m_2 = -\infty}^{\infty} \eta^{|m_2|} e^{im_2 x_2} \right) = \left(\sum_{m_1 = -\infty}^{\infty} \xi^{|m_1|} e^{im_1 x_1} \right) \left(\sum_{m_2 = -\infty}^{\infty} \xi^{|m_1|} e^{im_1 x_1} \right) \left(\sum_{m_2 = -\infty}^{\infty} \eta^{|m_2|} e^{im_2 x_2} + \sum_{m_2 = 1}^{\infty} \eta^{|m_2|} e^{im_2 x_2} \right) = \\ &= \left(\sum_{m_1 = -\infty}^{\infty} \xi^{|m_1|} e^{im_1 x_1} \right) \left(\sum_{m_2 = -\infty}^{\infty} \eta^{|m_2|} e^{-im_2 x_2} + \sum_{m_2 = 1}^{\infty} \eta^{|m_2|} e^{im_2 x_2} - 1 \right) = \\ &= \left(\sum_{m_1 = -\infty}^{\infty} \xi^{|m_1|} e^{im_1 x_1} \right) \left(\frac{1}{1 - \eta e^{-ix_2}} + \frac{1}{1 - \eta e^{ix_2}} - 1 \right) = \left(\frac{1}{1 - \xi e^{-ix_1}} + \frac{1}{1 - \xi e^{ix_1}} - 1 \right) \cdot \\ &\cdot \left(\frac{1}{1 - \eta e^{-ix_2}} + \frac{1}{1 - \eta e^{ix_2}} - 1 \right) = \left(\frac{2(1 - \xi \cos x_1)}{(1 - \xi \cos x_1)^2 + \xi^2 \sin^2 x_1} - 1 \right) \cdot \\ &\left(\frac{2(1 - \eta \cos x_2)}{(1 - \eta \cos x_2)^2 + \eta^2 \sin^2 x_2} - 1 \right) = \left(\frac{2(1 - \xi \cos x_1)}{1 - 2\xi \cos x_1 + \xi^2} - 1 \right) \cdot \\ &\left(\frac{2(1 - \eta \cos x_2)}{1 - 2\eta \cos x_2 + \eta^2} - 1 \right) = \frac{1 - \xi^2}{1 - 2\xi \cos x_1 + \xi^2} \cdot \frac{1 - \eta^2}{1 - 2\eta \cos x_2 + \eta^2} \end{aligned}$$

Следовательно искомое ядро будет равно

$$\begin{aligned} K(x, y) = R(x - y) &= \\ &= \frac{1 - \xi^2}{1 - 2\xi \cos(x_1 - y_1) + \xi^2} \cdot \frac{1 - \eta^2}{1 - 2\eta \cos(x_2 - y_2) + \eta^2}; \end{aligned}$$

В (22) присутствует поверхностный интеграл по S , который затрудняет численный расчет.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Лионс Ж.-Л. Некоторые методы решения нелинейных краевых задач. – М.: Мир, 1972. – 371 с.
[2] Отелбаев М.О., Смагулов Ш.С. О новом методе приближенных решения краевых задач в произвольной области. ДАН РФ, 2001, т. 378, № 4, С. 452-455.
[3] Туkenова Л.М. Метод фиктивных для линейной стационарной модели океана. – Алматы, 2017, №3. Вестник КазННТУ, С.491-498.

Туkenова Л.М.

Бір мұхит шекаралық есебіне жуықтау шешім қабылдау

Түйіндеме: Бұл мақалада мұхитта тыныштық токтарының стационарлық қозғалысы мәселесі қарастырылады. Қазіргі уақытта шекаралық есептерді сандық шешудің ең кең таралған әдістерінің бірі айырымдық әдістер болып табылады (тор әдісі, соңғы айырмашылық әдісі). Осы қиындықтарды жеңудің бір әдісі жалған облыстар әдісі болып табылады. Әдістің идеясы – облыстағы мәнін реттеу.

Есептің шешімі жалғыз және бар болуы болжанады. Шамамен L_2 -облысында шешімнің нашар екенін дәлелдейміз. Дәлелдеу процесі шамамен шешім табу үшін алгоритмді қамтамасыз етеді.

Түйінді сөздер: шекаралық есеп, мұхит теңдеулері, жалған аудандардың әдісі.

Tukenova L. M.

Approach decision for one local problem of the ocean

Summary: The article deals with the problem of the stationary movement of tidal currents in the ocean. Currently, one of the most common methods for numerical solution of boundary value problems is difference methods (the grid method, the finite difference method). One of the methods to overcome these difficulties is the method of fictitious areas. The idea of the method is to regularize the area.

The existence and uniqueness of the solution of the problem is assumed. We prove weak L_2 convergence of the approximate solution in. The proof process provides an algorithm for finding an approximate solution.

Keywords: boundary value problem, oceanology equations, method of fictitious areas.

• ХИМИКО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ НАУКИ

ОӘЖ 661.424

U. Besterekov, S.R. Ermekov

(South Kazakhstan State University. M. Auezov. Shymkent. Kazakhstan

E-mail: sajat_78@mail.ru)

CHANGES IN THE CHEMICAL COMPOSITION OF WATER-SALT SYSTEMS. THE INITIAL FIGURATIVE POINTS IN THE UNSATURATED SOLUTION AREA.

Abstract. The article provides information on changes in the chemical composition of water-salt systems based on the NaCl-H₂O system with respect to the unsaturated solution. Currently used halurgy technology in the processing of water-salt systems. When they are obtained by the method of cooling, changes in chemical composition take place.

The article discusses the zone of unsaturated solution for the NaCl-H₂O system as a subject of study, as well as descriptive and quantitative studies of chemical composition changes. The results of the study are of practical importance in the preparation of halurgical processes and the prediction of their effective technological parameters.

Key words. Halurgy, chemical composition, free and interconnected water, hydrated ions, figurative points, unsaturated solution.

У. Бестереков, С.Р. Ермеков

(М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті.

Шымкент, Қазақстан Республикасы. sajat_78@mail.ru)

СУЛЫ-ТҰЗДЫ ЖҮЙЕЛЕРДЕГІ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМ ӨЗГЕРІСТЕРІ. БАСТАМАЛЫҚ ФИГУРАТИВТІК НҮКТЕЛЕР ҚАНЫҚПАҒАН ЕРІТІНДІ АЙМАҒЫНДА

Аңдатпа. Мақалада сулы-тұзды жүйелердегі химиялық құрам өзгерістері NaCl-H₂O жүйесіне қатысты қанықпаған ерітінді аймағына қатысты келтірілген. Қазіргі уақытта сулы-тұзды жүйелерді өңдеу кезінде галургиялық технологиялар қолданылады. Оларды салқындату жолдарымен алуда көптеген химиялық құрамдық өзгерістер орын алады. Ондағы орын алатын химиялық құрамдық өзгерістер көп жағдайда ескерусіз қалуда.

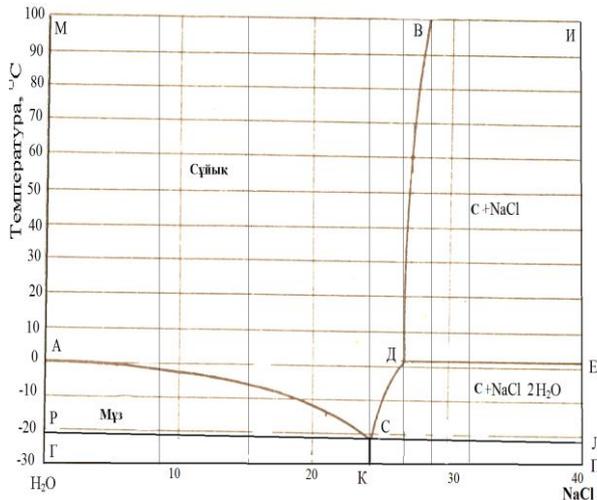
Мақалада NaCl-H₂O жүйесіне қатысты қанықпаған ерітінді аймағы зерттеу нысаны ретінде қарастырылып, ондағы орын алатын химиялық құрамдық өзгерістерге сипаттамалық және сандық есептемелік зерттеулер жасалынды. Зерттеу нәтижелері галургиялық үрдістерді дайындауда, олардың тиімді технологиялық көрсеткіштерін алдын ала айқындауда қолданбалық маңыздылыққа ие.

Кіліг сөздер. Галургия, химиялық құрам, бос және өзара байланысқан су, гидратталған иондар, фигуративті нүкте, қанықпаған ерітінді.

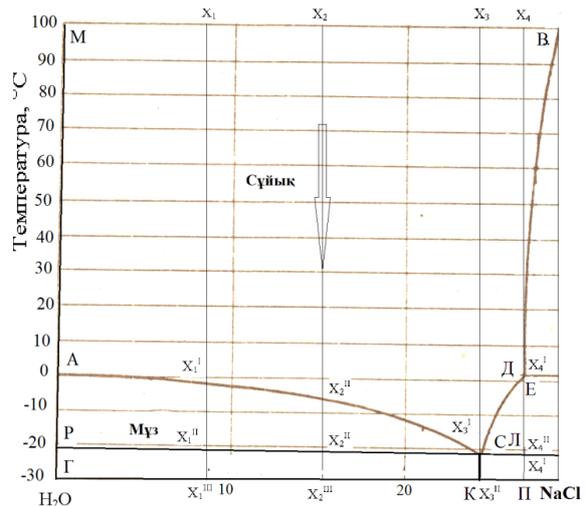
Кіріспе. Галургиялық технологиялар негізінде әр түрлі сулы-тұзды жүйелер қолданылады. Оларды буландыру немесе салқындату жолдарымен өңдеу кезінде аталған жүйелерде көптеген химиялық құрамдық өзгерістер орын алады. Қазіргі кезге дейін бейорганикалық заттардың химиялық технологиясы мамандығына бакалаврларды мамандандыруда «Галургиялық үрдістердің ілімі мен технологиясы» пәні бойынша негізгі болып табылатын оқулықтар мен оқу құралдарында [1,2] осы мәселе орынсыз ескерусіз қалдырылып келеді.

Бұл жұмыста сулы-тұзды жүйелердегі химиялық құрам өзгерістерін зерттеу нәтижелері NaCl-H₂O жүйесіне қатысты келтірілген. Мұнда мақсатты зерттеулік нәтижелерге жету үшін қарастырылып отырған екі құрамдас жүйедегі еріткіш-судың және еріген зат -NaCl қазіргі кезде белгілі физика-химиялық қасиеттері мен құрамдық өзгерістері туралы жалпылама мойындалған ғылыми мәліметтер пайдаланылды [3-11].

Мақсатты зерттеулерді жүргізу негізінде NaCl-H₂O жүйесінің белгілі ерігіштік күй диаграммасы (1-сурет) пайдаланылып, бастамалық фигуративтік нүктелер - X₁, X₂, X₃, X₄ қанықпаған ерітінді аймағында орналастырылды (2-сурет).



1-сурет. NaCl-H₂O жүйесінің күй диаграммасы



2-сурет. NaCl-H₂O жүйесі күй диаграммасының зерттемелік қимасы

Күй диаграммасы қимасын қанығу сызықтары бірнеше аймақтарға бөледі. Мұнда АСДВМ қанықпанған ерітінділер аймағы. АС-СД-ДВ қисықтары, сәйкесінше, ерітіндінің мұз өзектерімен, NaCl·2H₂O кристаллогидратымен, NaCl тұзымен қанығу қисықтары. ГМ осінде температура, ГП осінде тұз шоғырының мәндері келтірілген. АСР мұздың кристалданатын алаңы. ДСЛ алаңында NaCl тұзының екі сулы кристаллогидраттары тұнбаланылады. ГРСК алаңында қатты мұз және NaCl кристалдары қоспасы жатады. СКЛП алаңында қатты күйдегі NaCl тұзы және екі сулы NaCl тұзы кристаллогидраттары қоспасы орналасады.

Зерттеуді жүргізу әдістері. Қарастырып отырған жүйедегі химиялық құрам өзгерістерін сипаттау үшін күй диаграммасы 100⁰С температурада еріген тұз осіне параллел горизонтал түзумен шектелінді. Осы горизонтал түзудің бойынан ерітіндідегі тұздың әртүрлі шоғырларына сәйкес келетін X₁, X₂, X₃, X₄ бастамалық фигуративтік нүктелер белгіленді. Аталған нүктелерден еріген тұз шоғыры осі ГП дейін вертикалдар жүргізілді. Олардың бойынан ГП осі бағытында қанығу қисығы АС - мен, горизонтал РЛ, еріген тұз шоғыры осі ГП-мен қиылыстарында X₁^I, X₂^I, X₃^I, X₄^I; X₁^{II}, X₂^{II}, X₃^{II}, X₄^{II}; X₁^{III}, X₂^{III}, X₃^{III}, X₄^{III} нүктелері белгіленді. Зерттеу нысаны болып отырған күй диаграммасы қимасын қолданып NaCl-H₂O жүйесіндегі химиялық құрам өзгерістері X₁→X₁^{III}; X₃→X₃^{II}; X₄→X₄^{III} вертикалдары бойында талданды. Осы кезде X₁→X₁^{III} вертикалы бойында X₁→X₁^I; X₁^I→X₁^{II}; X₁^{II}→X₁^{III}; X₃→X₃^{II} вертикалы бойында X₃→X₃^I; X₃^I→X₃^{II}; X₄→X₄^{III} вертикалы бойында X₄→X₄^I; X₄^I→X₄^{II}; X₄^{II}→X₄^{III} кесінділік аралықтарында жеке-жеке қарастырылды.

Зерттеулік сипаттамалар жасауда, оларды сандық есептеулермен дәйектеуде судың, сулы-тұзды жүйелердің құрамы мен қасиеттері туралы заманауи ғылыми жетістіктер ескерілді. Зерттеу нәтижелері төмендегі 1-3 кестелерде келтірілді.

NaCl-H₂O жүйесіндегі химиялық құрам өзгерістерін талдау нәтижелері

Талдау бағыттары	Жүйедегі химиялық құрам өзгерістері сипаттамалары
	X₁→X₁^{III} вертикалы бойында
X ₁ →X ₁ ^I	X ₁ →X ₁ ^I кесіндісі АСДВМ қанықпанған ерітінділер аймағында жатыр. Бұл аланда жүйе құрамдастары болып бос және өзара байланысқан су, гидратацияланған натрий және хлор иондары табылады. X ₁ →X ₁ ^I кесіндісі бойында жүйедегі еріген тұз шоғыры тұрақты шама. X ₁ →X ₁ ^I аралығында РС қанығу қисығы бағытында жүйенің химиялық құрамы сапалық өзгеріске ұшырамайды. Алайда мұнда сандық өзгерістер орын алады. Бос су саны азаяды. Олар өзара байланысқан су құрамына енеді. Өзара байланысқан сулар құрамы сандық артады. Гидратталған иондар құрамы сандық өзгерістерге ұшырамайды. Олардың құрамындағы біріншілей гидраттану сулар сандары өзгермейді. X ₁ →X ₁ ^I кесіндісі бойындағы фигуративтік нүкте X ₁ ^I нүктесіне жақындағанда жүйеде өзара байланысқан су молекулаларынан тұратын қатты күйдегі мұз өзектер пайда бола бастайды. Фигуративтік нүкте X ₁ ^I нүктесіне жеткенде жүйе мұз өзектерімен қаныққан, ал еріген тұз иондарымен қанықпаған күйде болады. Жүйеде бос су қалмайды. Яғни, қарастырылып отырған жүйе X ₁ ^I нүктесінде сұйық күйде мұз өзектерімен қаныққан, өзара байланысқан су және гидратталған иондар қоспасынан тұрады.

$X_1^I \rightarrow X_1^{II}$	$X_1^I \rightarrow X_1^{II}$ кесіндісі АСР мұздың кристалданатын аймағында жатыр. Бұл алаңда мұз өзектерімен қаныққан сұйық күйдегі ерітінді мен осы ерітіндіден қатты күйде тұнбаланған мұз кристалдары жатады. Мұнда сұйық күй мұз өзектерінен, өзара байланысқан судан және гидратацияланған натрий және хлор иондарынан тұрады. Жүйе тұз иондарымен қанықпаған. $X_1^I \rightarrow X_1^{II}$ аралығында РС осі бағытында жүйенің химиялық құрамы сапалық өзгеріске ұшырамайды. Алайда, мұз өзектерімен қаныққан ерітіндіден мұз кристалдары тұнбаға түседі, санды артады. Нәтижесінде ерітіндіде еріген тұз шоғыры өзгеріске ұшырап - артады. $X_1^I \rightarrow X_1^{II}$ бойымен жүйенің фигуративтік нүктесі РС осі бағытында жылжығанда жүйедегі сұйық күйдің тұздық құрамы нүктесі АС қанығу қисығы бойымен $X_1^I \rightarrow C$ нүктесі бағытында қозғалады. Жүйеде өзара байланысқан сулар құрамы азаяды. Гидратталған иондар құрамы саны сұйық күйде сандық өзгеріске ұшырамайды. $X_1^I \rightarrow X_1^{II}$ кесіндісі бойындағы фигуративтік нүкте X_1^{II} нүктесіне жақындағанда жүйеде өзара байланысқан су молекулаларынан тұратын қатты күйдегі мұз өзектері толықтама кристалдана бастайды. Фигуративтік нүкте X_1^{II} нүктесіне жеткенде жүйедегі мұз өзектері толығымен кристалданады. Нәтижесінде қарастырылып отырған жүйе X_1^{II} нүктесінде қатты күйдегі тұнбаланған мұз кристалдарынан, NaCl кристалдары өзектерінен және өзара байланысқан судан тұратын эвтектикалық құрамды сұйық күйден тұрады.
$X_1^{II} \rightarrow X_1^{III}$	$X_1^{II} \rightarrow X_1^{III}$ кесіндісі ГРСК қатты мұз және NaCl кристалдары аймағында жатады. Аралықта химиялық құрам тұнбаланған қатты күйдегі мұздан және NaCl кристалдарынан тұрады. Жүйенің фигуративтік нүктесі $X_1^{II} \rightarrow X_1^{III}$ бағытында қозғалғанда жүйеде химиялық құрам өзгермейді. Жүйе толығымен қатты күйде болады. Оның тек температурасы төмендейді.
Жоғарыда сапалық сипатталған зерттеу нәтижелері судың және сулы- электролитті жүйелердің қасиеттерімен химиялық құрамын анықтауда қол жеткен соңғы ғылыми жетістіктерді [10-12] қолданып санды дәйектелді (1- кесте).	
$X_2 \rightarrow X_2^{III}$ вертикалы бойында	
$X_2 \rightarrow X_2^{III}$ вертикалының бойында жүйедегі химиялық құрам өзгерістері $X_1 \rightarrow X_1^{III}$ вертикалы бойындағы химиялық құрам өзгерістері сипатын қайталайды. Мұнда тек бастамалық фигуративтік нүкте ерітіндінің артықтау шоғырымен сипатталады. Нәтижесінде $X_2 \rightarrow X_2^{III}$ вертикалының бойындағы химиялық құрам өзгерістері сандық есептеулері өзге мәнне ие болады. (2- кесте).	
$X_3 \rightarrow X_3^{II}$ вертикалы бойында	
$X_3 \rightarrow X_3^I$	$X_3 \rightarrow X_3^I$ кесіндісі АСДВМ қанықпаған ерітінді аймағында жатыр. Бұл алаңда жүйе құрамдастары болып бос және өзара байланысқан су, гидратацияланған натрий және хлор иондары табылады. $X_3 \rightarrow X_3^I$ кесіндісі бойында жүйедегі еріген тұз шоғыры тұрақты шама. $X_3 \rightarrow X_3^I$ аралығында РС қанығу қисығы бағытында жүйенің химиялық құрамы сапалық өзгеріске ұшырамайды. Алайда, мұнда сандық өзгерістер орын алады. Бос су саны азаяды. Олар өзара байланысқан су құрамына енеді. Өзара байланысқан сулар санды артады. Гидратталған иондар да сандық өзгерістерге ұшырамайды. Олардың құрамындағы біріншілей гидраттану сулары сандары өзгермейді. $X_3 \rightarrow X_3^I$ кесіндісі бойындағы фигуративтік нүкте X_3^I нүктесіне жақындағанда жүйеде өзара байланысқан су молекулаларынан тұратын қатты күйдегі мұз өзектері және гидраттық су молекулаларынан ажыраған натрий және хлор иондарының жұптары пайда бола бастайды. Фигуративтік X_3^I нүктесінде жүйеде эвтектикалық құрамды NaCl тұзымен де және мұз өзектерімен қаныққан эвтектикалық сұйық қоспа пайда болады.
$X_3^I \rightarrow X_3^{II}$	$X_3^I \rightarrow X_3^{II}$ кесіндісі ГРСК қатты күй аймағында жатады. Жүйенің фигуративтік нүктесі $X_3^I \rightarrow X_3^{II}$ бағытында қозғалғанда жүйеде химиялық құрам өзгермейді. Аралықта химиялық құрам эвтектикалық құрамды тұнбаланған қатты күйдегі мұздан және тұнбаға түскен NaCl тұзынан тұрады. Мұнда тек эвтектикалық қатты қоспаның температурасы төмендейді.
Жоғарыда келтірілген $X_3 \rightarrow X_3^{II}$ вертикалы бойындағы химиялық құрам өзгерістері сипаттамалары санды дәйектелді (3- кесте).	
$X_4 \rightarrow X_4^{III}$ вертикалы бойында	
$X_4 \rightarrow X_4^I$	$X_4 \rightarrow X_4^I$ кесіндісі АСДВМ қанықпаған ерітінді аймағында жатыр. Бұл алаңда жүйе құрамдастары болып бос және өзара байланысқан су, гидратацияланған натрий және хлор иондары табылады. $X_4 \rightarrow X_4^I$ кесіндісі бойында жүйедегі еріген тұз шоғыры тұрақты шама. $X_4 \rightarrow X_4^I$ аралығында ДЕ қанығу қисығы бағытында жүйенің химиялық құрамы сапалық өзгеріске ұшырамайды. Алайда, мұнда сандық өзгерістер орын алады. Бос су саны азаяды. Олар өзара байланысқан су құрамына енеді. Өзара байланысқан сулар құрамы санды артады. Гидратталған иондар құрамы сандық өзгерістерге ұшырамайды. Олардың құрамындағы біріншілей гидраттану сулары сандары өзгермейді. $X_4 \rightarrow X_4^I$ кесіндісі бойындағы фигуративтік нүкте Д немесе X_4^I нүктесіне жеткенде сұйық фаза түріндегі жүйе NaCl·2H ₂ O кристаллогидраттарымен қанығады. Жүйедегі бос су толығымен өзара байланысқан су құрамына енеді. Нәтижесінде қарастырып отырған жүйе X_4^I нүктесінде NaCl·2H ₂ O кристаллогидраттарының өзектерінен және өзара байланысқан судан тұратын қаныққан сұйық қоспаға айналады.
$X_4^I \rightarrow X_4^{II}$	$X_4^I \rightarrow X_4^{II}$ кесіндісі ДСЛЕ NaCl·2H ₂ O кристаллогидраттары тұнбаланатын алаңында жатыр. Бұл алаңда тұнбаға түскен NaCl·2H ₂ O кристаллогидраттары және NaCl·2H ₂ O кристаллогидраттарымен қаныққан ерітінді қоспасы жатады. Жүйенің фигуративтік нүктесі $X_4^I \rightarrow X_4^{II}$ бағытында жылжығанда, NaCl·2H ₂ O кристаллогидраттарының тұнбаға түсу нәтижесінде, қаныққан ерітінді шоғыры төмендейді де, оның нүктесі ДС қисығы бойымен Д нүктесінен С нүктесі бағытында қозғалады. $X_4^I \rightarrow X_4^{II}$ аралығында жүйеде химиялық құрам өзгермейді. Қарастырылып отырған жүйе нүктесі X_4^{II} нүктесіне жеткенде NaCl·2H ₂ O кристаллогидраттарымен қаныққан сұйық жүйе С нүктесіне жетеді. Нәтижесінде, жүйе эвтектикалық құрамды NaCl тұзынан және өзара байланысқан судан тұратын қаныққан ерітіндіден және тұнбаға түскен NaCl·2H ₂ O кристаллогидраттарынан тұрады.
$X_4^{II} \rightarrow X_4^{III}$	$X_4^{II} \rightarrow X_4^{III}$ кесіндісі қатты күйдегі мұздан, NaCl тұзы және NaCl·2H ₂ O кристаллогидраттары қоспасы жататын СКЛП аймағында орналасқан. Жүйенің фигуративтік нүктесі $X_4^{II} \rightarrow X_4^{III}$ бағытында қозғалғанда жүйеде химиялық құрам өзгермейді. Мұнда аталған қатты қоспаның тек температурасы төмендейді.
Жоғарыда келтірілген $X_4 \rightarrow X_4^{III}$ вертикалы бойындағы химиялық құрам өзгерістері сипаттамалары санды дәйектелді (4- кесте).	

№	Температура, °C	NaCl, %	H ₂ O, %	NaCl моль саны	H ₂ O моль саны	Na иондар саны, 10 ⁻²³	Cl иондар саны, 10 ⁻²³	H ₂ O молекулалары саны, 10 ⁻²³	Өзара байланысқан су молекулалары саны, 10 ⁻²³	Бос су молекулалары саны, 10 ⁻²³	Na иондары мен байланысқан су молекулалары саны, 10 ⁻²³	Cl иондары мен байланысқан су молекулалары саны, 10 ⁻²³	Ерітіндідегі қалған бос су молекулалары саны, 10 ⁻²³	Ерітіндідегі өзара байланысқан су молекулалары саны, 10 ⁻²³	Тұнбаға түскен өзара байланысқан су молекулалары саны, 10 ⁻²³	Na ⁺ , Cl ⁻ иондар құрамын шығып тұнбаланып су молекулалары саны, 10 ⁻²³	Тұнбаланып ан NaCl молекулалары саны, 10 ⁻²³
1	100	9,5	90,5	0,162	5,027	0,977	0,977	30,277	5,449	24,827	3,266	0,987	20,573	5,449	0	0	0
	60	9,5	90,5	0,162	5,027	0,977	0,977	30,277	8,477	21,799	3,266	0,987	17,545	8,477	0	0	0
	40	9,5	90,5	0,162	5,027	0,977	0,977	30,277	10,899	19,377	3,266	0,987	15,123	10,899	0	0	0
	10	9,5	90,5	0,162	5,027	0,977	0,977	30,277	18,469	11,808	3,266	0,987	7,5541	18,469	0	0	0
Қанығу қисығы бойында																	
	0	9,5	90,5	0,162	5,027	0,9772	0,977	30,277	26,038	4,238	3,266	0,987	0	26,038	0	0	0
Тұнбаға түскен мұз және қаныққан ерітінді аймағында																	
2	-10	9,5	81,6	0,162	4,533	0,9779	0,977	27,2993	27,299	0	3,266	0,987	0	23,045	2,98	0	0
	-20	9,5	76	0,162	4,222	0,977	0,977	25,426	25,426	0	3,266	0,987	0	21,180	4,85	0	0
Тұнбаға түскен мұз және эвтектикалық құрамды қатты тұнба қоспасы аймағында																	
3	-30	9,5	76	0,162	4,222	0,977	0,977	25,426	25,426	0	0	0	0	21,180	4,85	4,246	0,977

№	Температура, °C	NaCl, %	H ₂ O, %	NaCl моль саны	H ₂ O моль саны	Na иондар саны, 10 ⁻²³	Cl иондар саны, 10 ⁻²³	H ₂ O молекулалары саны, 10 ⁻²³	Өзара байланысқан су молекулалары саны, 10 ⁻²³	Бос су молекулалары саны, 10 ⁻²³	Na иондары мен байланысқан су молекулалары саны, 10 ⁻²³	Cl иондары мен байланысқан су молекулалары саны, 10 ⁻²³	Ерітіндідегі қалған бос су молекулалары саны, 10 ⁻²³	Ерітіндідегі өзара байланысқан су молекулалары саны, 10 ⁻²³	Тұнбаға түскен өзара байланысқан су молекулалары саны, 10 ⁻²³	Na ⁺ , Cl ⁻ иондар құрамын шығып тұнбаланып су молекулалары саны, 10 ⁻²³	Тұнбаланып ан NaCl молекулалары саны, 10 ⁻²³
1	100	15	85	0,256	4,722	1,544	1,544	28,437	5,118	23,318	5,157	1,559	16,601	5,118	0	0	0
	60	15	85	0,256	4,722	1,544	1,544	28,437	7,9624	20,474	5,157	1,559	13,758	7,962	0	0	0

2- кесте жалғасы

40	15	85	0,256	4,722	1,544	1,544	1,544	28,437	10,237	18,199	5,157	1,559	11,483	10,237	0	0	0
10	15	85	0,256	4,722	1,544	1,544	1,544	28,437	17,346	11,090	5,157	1,559	4,373	17,346	0	0	0
0	15	85	0,256	4,722	1,544	1,544	1,544	28,437	24,456	3,981	5,157	1,559	0	21,720	0	0	0
Қанығу қисығы бойында																	
-5	15	85	0,256	4,722	1,544	1,544	1,544	28,437	27,868	0,568	5,157	1,559	0	21,720	0	0	0
Тұнбаға түскен мұз және қаныққан ерігінді аймағында																	
-10	15	81,6	0,256	4,533	1,544	1,544	1,544	27,299	27,299	0	5,157	1,559	0	20,583	1,14	0	0
-20	15	76	0,256	4,222	1,544	1,544	1,544	25,426	25,426	0	5,157	1,559	0	18,710	3,01	0	0
Тұнбаға түскен мұз және эвтектикалық құрамды қатты тұнба қоспасы аймағында																	
-30	15	76	0,256	4,222	1,544	1,544	1,544	25,426	25,426	0	0	0	0	18,710	3,01	6,716	1,544

№	Температура, °С	Қанықпаған ерігінді аймағында													3- кесте		
		NaCl, %	H ₂ O, %	NaCl моль саны	H ₂ O моль саны	Na иондар саны 10 ⁻²³	Cl иондар саны 10 ⁻²³	H ₂ O молекулалары саны, 10 ⁻²³	Өзара байланысқан су молекулалары саны, 10 ⁻²³	Бос су молекулалары саны, 10 ⁻²³	Na иондары байланысқан су молекулалары саны, 10 ⁻²³	Cl иондары байланысқан су молекулалары саны, 10 ⁻²³	Ерігіндідегі өзара байланысқан су молекулалары саны, 10 ⁻²³	Ерігіндідегі қалған бос су молекулалары саны, 10 ⁻²³	Тұнбаға түскен өзара байланысқан су молекулалары саны, 10 ⁻²³	Тұнбаға түскен өзара байланысқан су молекулалары саны, 10 ⁻²³	Na ⁺ , Cl ⁻ иондар құрамына енгізілген тунбалар саны, 10 ⁻²³
1	100	24	76	0,410	4,222	2,470	2,470	25,426	4,576	20,849	8,251	2,495	10,102	4,576	0	0	0
	60	24	76	0,410	4,222	2,470	2,470	2,470	7,119	18,307	8,251	2,495	7,559	7,119	0	0	0
	40	24	76	0,410	4,222	2,470	2,470	2,470	9,153	16,272	8,251	2,495	5,525	9,153	0	0	0
	10	24	76	0,410	4,222	2,470	2,470	2,470	15,510	9,916	8,251	2,495	0	14,68	0	0	0
	0	24	76	0,410	4,222	2,470	2,470	2,470	21,866	3,559	8,251	2,495	0	14,68	0	0	0
Эвтектикалық нүктеде																	
-20	24	76	0,410	4,222	2,470	2,470	25,426	25,426	0	8,251	2,495	0	0	14,68	0	0	0
Тұнбаға түскен мұз және эвтектикалық құрамды қатты тұнба қоспасы аймағында																	
-30	24	76	0,410	4,222	2,470	2,470	25,426	25,426	0	0	0	0	0	14,68	0	10,747	2,47

№	Температура, °С	NaCl, %	H ₂ O, %	NaCl моль саны	H ₂ O моль саны	Na иондар саны 10 ²³	Cl иондар саны 10 ²³	H ₂ O молекула саны 10 ²³	Өзара байланысқан су молекула саны, 10 ²³	Бос су молекула саны, 10 ²³	Na иондарымен байланысқан су молекулалары саны, 10 ²³	Cl иондарымен байланысқан су молекулалары саны, 10 ²³	Ерітіндідегі бос су молекулалары саны, 10 ²³	Ерітіндідегі өзара байланысқан су молекулалары саны, 10 ²³	Тұнбаға түскен өзара байланысқан су молекулалары саны, 10 ²³	Na ⁺ , Cl ⁻ иондар құрамынан шығып тұнбаланып қалған су молекулалары саны, 10 ²³	Тұнбаға түскен өзара байланысқан су молекулалары саны, 10 ²³	Тұнбаға түскен өзара байланысқан су молекулалары саны, 10 ²³	4-кесте	
																				Тұнбаға түскен өзара байланысқан су молекулалары саны, 10 ²³
1	100	26	74	0,444	4,111	2,676	2,676	24,757	4,456	20,301	8,939	2,703	8,658	4,456	0	0	0	0	0	0
	60	26	74	0,444	4,111	2,676	2,676	24,757	6,932	17,825	8,939	2,703	6,182	6,932	0	0	0	0	0	0
	40	26	74	0,444	4,111	2,676	2,676	24,757	8,912	15,844	8,939	2,703	4,202	8,912	0	0	0	0	0	0
	10	26	74	0,444	4,111	2,676	2,676	24,757	15,101	9,655	8,939	2,703	0	13,115	0	0	0	0	0	0
	0	25,72	74	0,439	4,111	2,647	2,647	24,757	21,291	3,466	8,843	2,674	0	13,302	0	0	0,062	0	0	0,031
-10	24,6	74	0,420	4,111	2,532	2,532	24,757	24,757	0	8,458	2,557	0	13,516	0	0	0,226	0	0	0,113	
2	Тұнбаға түскен тұз және қаныққан ерітінді аймағында																			
-20	24	74	0,410	4,111	2,470	2,470	24,757	24,757	24,757	0	8,251	2,495	0	13,887	0	0,124	0	0	0,062	
3	Тұнбаға түскен мұз және эвгектикалық құрамды қатты тұнба қоспасы аймағында																			
-30	24	74	0,410	4,111	2,470	2,470	24,757	24,757	24,757	0	0	0	0	13,887	0	10,870	0	0	2,47	

Қорытынды. Жоғарыда келтірілген нәтижелерге сүйене отырып, қанықпаған сулы-тұзды жүйелерде оларды толығынан сұйық күйден қатты күйге айналдырғанда орын алатын химиялық құрамдық өзгерістер туралы төмендегідей қорытындылар жасауға болады:

1. Кез келген қанықпаған сулы-тұзды жүйелерде оларды толығынан сұйық күйден қатты күйге айналдырғанда оларда химиялық құрамдық өзгерістер орын алады.

2. Осындай химиялық өзгерістерді қанықпаған сулы-тұзды жүйелердің күй айналары қолданысында айқын зерттеуге болады. Олар кез келген сулы- тұзды жүйелер үшін қанықпаған ерітінді аймағынан, қанықпаған ерітіндінің мұзбен қанығу қисығынан, эвтектикалық құрам нүктесінен, қанықпаған ерітіндінің еріген тұзбен қанығу қисығынан, қаныққан ерітіндіден мұздың және еріген тұздың тұнбаланатын аймағынан, тек қана қатты күйдегі мұздан, тұнбаланған тұздан және олардың қоспасынан тұратын аймақтардан тұрады. Аталған аймақтар ішінде, қисықтар бойында, нүктелерде жүйе сандық және сапалық өзгерістерге ұшырайды. Осындай өзгерістердің нысандары болып сулы-тұзды жүйе құрамдастары еріткіш – су, еріген зат – тұз және олардың негізінде жүйе құрамында пайда болатын мұз, тұнбаланған тұз және оның кристаллогидраттары табылады.

3. Сулы-тұзды жүйелердегі химиялық өзгерістерге қанығу қисықтары және эвтектикалық нүкте айрықша әсер етеді. Аталған қисықтар мен нүкте алдында, олардың бойында және олардан өткен соң орын алатын химиялық құрамдық өзгерістер сулы-тұзды жүйелердің екі құрамдасына да – еріткіш суға және еріген тұзға да қатысты орын алады.

4. Кез келген сулы-тұзды жүйедегі химиялық құрамдық өзгерістерді су және сулы- тұзды қоспалардың қасиеттері, құрамы туралы заманауи ғылыми жетістіктерде қол жеткен заңдылықтар мен тұжырымдар негізінде ғылыми сипаттап, санды дәйектеуге болады.

5. Зерттеу нәтижелері жаңа галургиялық үрдістерді дайындау, олардың тиімді технологиялық көрсеткіштерін алдын ала айқындау және белгілі технологиялардың өнімділігі мен тиімділігін, өнімнің сапасын арттыру және тағы басқа іс - әрекеттерде жоғары ілімдік және қолданбалық маңыздылыққа ие.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Здановский А.Б. Галлургия.-Л.: Химия . 1992.-528с.
- [2] Бестереков У., Болысбек А.А., Назарбек Ұ.Б. Галургиялық үрдістер технологиясы. –Шымкент.: 2014.- 177с.
- [3] Самойлов О.Я. Структура водных растворов электролитов и гидратация ионов. – М.: АН СССР, 1957.-654с.
- [4] Антонченко В.Я., Давыдов А.С., Ильин В.В. Основы физики воды. –Киев: Наукова думка, 1991.-672 с.
- [5] Бернал Д.Д., Фаулер Р. Структура воды и ионных растворов //Успехи физ. науки -1994.-№5.- 121с.
- [6] Зацепина Г. Л. Физические свойства и структура воды. — М.: Изд-во Московского университета. -1998.- 185 с.
- [7] Бестереков У., Бишимбаев В.К., Основы кванто-сататических представлений строение обменной водной среды // Химия и химическая технология.-2004. Т. 47, В9. Иваново.-с. 46-50
- [8] Francesco Paesani and Gregory A.Voth. The Properties of Water: Insights from Quantum Simulations. J.Phys. Chem. В 2009, 113. 5702-5719
- [9] Смирнов А. Н. Структура воды: новые экспериментальные данные. // Наука и технологии в промышленности, 2010, № 4, с. 41—45.
- [10] Колотовой Н.А. Структура и свойства воды.- Москва: 2015, -166с.
- [11] Бестереков У., Болысбек А., Назарбек У. Состав, структура и свойства воды. Монография - Ш.: ЮКГУ, 2015.-108 с.
- [12] Евдокимова Е.Г. О структуре фазовых разновидностей воды // Вестник Национальной академии науки РК, №6, 2008. С. 125-131

Бестереков У., Ермаков С.Р.

Изменение химического состава водно-солевых систем в области ненасыщенного раствора.

Резюме. В статье приведена информация об изменении химического состава водно-солевых систем на системе NaCl-H₂O относительно в области ненасыщенного раствора. В настоящее время используются галургическая технология в переработке водно-солевых систем. При получении их способом охлаждения имеет место изменение химического состава, которые происходят и часто игнорируются.

В статье рассматривается зона ненасыщенного раствора для системы NaCl-H₂O как предмет исследования, а также описательные и количественные исследования изменений химического состава.

Ключевые слова. Галургия, химический состав, свободная и взаимосвязанная вода, гидратированные ионы, фигуративные точки, ненасыщенный раствор.

Besterekov U., Ermekov S.R.

Changes in the chemical composition of water-salt systems. The initial figurative points in the unsaturated solution area.

Summary. The article provides information on changes in the chemical composition of water-salt systems based on the NaCl-H₂O system relative to the area of the unsaturated solution. Currently used halurgy technology in the processing of water-salt systems. When they are obtained by the method of cooling, changes in chemical composition take place. Changes in chemical composition that occur are often ignored.

The article discusses the zone of unsaturated solution for the NaCl-H₂O system as a subject of study, as well as descriptive and quantitative studies of chemical composition changes.

Key words. Halurgy, chemical composition, free and interconnected water, hydrated ions, figurative points, unsaturated solution.

I. Ainabekov, B. Burkitbayeva, Kh. Avchukir

(Al-Farabi Kazakh National University,

Center of Physical Chemical Methods of Research and Analysis, Almaty, Kazakhstan

E-mail: Ainabekov.Islam@gmail.com)

**BENZYL CHLORIDE MONOACETYL DIACRYL TRI-ETANOL AMINE
CORROSION INHIBITOR OF STAINLESS STEEL IN PHOSPHORIC MEDIUM**

Abstract: The work is devoted to studying the effect of N-benzyl-O-acetoxy-bis-(O-propionitrilo) tritanolammonium chloride on the corrosion behavior of steel in phosphoric acid medium by the methods of gravimetry, linear polarization, and impedance spectroscopy. The inhibition effect of the compound and the formation of a chemisorption film on the steel surface at 1% content of inhibitor in a corrosive environment was detected by a gravimetric method. The values of the protective effect shown by the inhibitor when varying concentration in solution are calculated. By polarization measurements were established that this compound belongs to mixed-effect inhibitors, with a predominantly slowing down of the anodic reaction. The AC impedance results are interpreted using an equivalent circuit, where was used constant phase element instead of a double layer capacitance, which providing more accurate agreement with the experimental results. It is necessary that the results obtained by various methods well agree.

Keywords: corrosion, steel, inhibitor, protective effect, impedance, polarization, phosphoric acid.

И. Айнабеков, Б.Д. Буркитбаева, Х. Авчукир

(Казахский национальный университет им. Аль-Фараби,

Центр физико-химических методов исследования и анализа, Алматы, Казахстан

E-mail: Ainabekov.Islam@gmail.com)

**ИНГИБИТОР КОРРОЗИИ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ В ФОСФОРНОКИСЛОЙ СРЕДЕ –
БЕНЗИЛХЛОРИД МОНОАЦЕТИЛДИАКРИЛОНИТРИЛТРИЭТАНОЛАМИН**

Аннотация. Работа посвящена изучению влияния N-бензил-О-ацетокси-бис-(О-пропионитрило) тританоламмония хлорид на коррозионное поведение стали в фосфорнокислой среде методами гравиметрии, линейной поляризации и импедансной спектроскопии. Установлено ингибирующее действие исследуемого соединения и гравиметрическим методом обнаружено образование хемосорбционной пленки на поверхности стали при его 1% содержании в коррозионной среде. Рассчитаны значения защитного эффекта, проявляемого ингибитором при варьировании его концентрации в растворе. Поляризационными измерениями установлено, что данное соединение относится к ингибиторам смешанного действия, с преимущественным замедлением анодной реакции. Результаты импеданса переменного тока интерпретированы с использованием эквивалентной схемы, в которой вместо емкости двойного слоя использовался постоянный фазовый элемент, обеспечивающий более точное соответствие экспериментальным результатам. Необходимо отметить, что результаты полученные различными методами хорошо согласуются.

Ключевые слова: коррозия, сталь, ингибитор, защитный эффект, импеданс, поляризация, фосфорная кислота.

1. Введение

Фосфорная кислота, широко используемая на различных стадиях поверхностной обработки стали и в производстве удобрений вызывает коррозионные разрушения стального оборудования. Чистая фосфорная кислота не агрессивна, однако присутствие различных примесей, таких как фториды, сульфиды, хлориды значительно усиливает ее коррозионную активность, путем ускорения анодных

процессов. Данный эффект может быть объяснен способностью некоторых анионов к проникновению в пассивную пленку, что приводит к ослаблению оксидных связей [1].

Чаще всего для снижения скорости коррозии, оборудование фосфорной промышленности изготавливают из различных марок аустенитной нержавеющей стали [2-4]. При использовании нержавеющей сталей необходимо считаться с возможностью изменения микроструктуры металла при определенном содержании легирующих добавок, приводящем к коррозионной хрупкости [5].

Имеются исследования ингибирующего действия барбитуратов [6], производных пиридина [7] и имидазола [8] при коррозии мягкой стали в растворе фосфорной кислоты методами линейной поляризации и импедансной спектроскопии.

В работе [9] разработан новый ингибитор коррозии для углеродистой стали в растворе 7 М фосфорной кислоты, являющийся производным морфалина. Для определения эффекта ингибирования, проявляемого этими соединениями, использованы методы гравиметрии, потенциодинамические поляризационные измерения и импедансная спектроскопия. Изучено влияние концентрации ингибитора и температуры на защитное действие и рассчитаны термодинамические параметры адсорбции. Органические гетероциклические соединения класса азолов способны к противокоррозионной защите стали в растворах фосфорной кислоты [10]. В работе [11] изучено влияние ингибиторов ряда тетразолов на коррозионно-электрохимическое поведение стали в фосфорнокислых растворах. Синтезированы новые производные триазолов [12], проявившие высокие защитные свойства при коррозии стали в растворах фосфорной кислоты. Результаты изучения защитных свойств этих веществ электрохимическими методами позволили их отнести к ингибиторам смешанного действия. Как показали исследования поливинилпирролидон [13], полиэтилимин и бензилтриметиламмоний иодид [14] эффективно замедляют коррозию низкоуглеродистой стали в 7М фосфорной кислоте.

Ингибирование коррозии нержавеющей стали в фосфорнокислой среде может быть осуществлено добавками нетоксичных веществ. Проведены исследования защитного действия экстрактов масла листьев *Lanvandula Stoekas* при коррозии нержавеющей стали в концентрированной фосфорной кислоте [15]. Адсорбция этого масла, относящегося к смешанным ингибиторам, приводит к образованию защитной пленки на поверхности металла.

Целью этого исследования является изучение ингибирующего действия N-бензил-O-ацетоксис-бис-(O-пропионитрило)триэтаноламмония хлорида при коррозии нержавеющей стали марки 12X18H10T в фосфорной кислоте.

2. Экспериментальная часть

Защитные свойства соединения исследованы методами гравиметрии, линейной поляризации и импедансной спектроскопии. Испытания ингибирующего действия этого вещества проводились на образцах марки 12X18H10T следующего состава: 0.12% C, 0.8% Si, 2% Mn, 9-11% Ni, 0.02% S, 0.035% P, 17-19% Cr, 0.3% Cu, 0.4-1% Ti, 67% Fe. Коррозионной средой являлся 73.5% раствор фосфорной кислоты. Гравиметрические измерения проводились при комнатной температуре с использованием цилиндрических образцов согласно ГОСТу [16]. Концентрация ингибитора при испытаниях составляла 0.01; 0.1; 0.5; 1%.

Электрохимические измерения были проведены в трехэлектродной ячейке объемом 100 мл с использованием потенциостата-гальваностата Autolab PGSTAT 302N с программным обеспечением NOVA 1.11 по гостированной методике [17].

Рабочим электродом являлся дисковый стальной электрод, площадь поверхности которого составляла 0,145 см², вспомогательным - была платина, а электродом сравнения хлорид серебряный, связанный с рабочим раствором солевым мостиком.

Подготовка поверхности рабочего электрода перед снятием поляризационных кривых проводилась механическим способом. Поверхность стальных образцов зачищалась наждачной бумагой с убывающей грубостью зерен (1500, 2000) на шлифовальной машине МоРао160 до гладкой поверхности, обезжиривалась спиртом и промывалась бидистиллированной водой. Обработка поверхности рабочего электрода проводилась перед каждым измерением. Температура электролита поддерживалась постоянной с помощью термостата (25 °C). Концентрация ингибитора составляла: 0.1%; 0.5%; 1%.

Поляризационные кривые сняты от потенциала разомкнутой цепи в диапазоне ± 300 мВ, со скоростью поляризации 1 мВ/с в присутствии и отсутствии ингибитора. Обработка результатов измерений осуществлялась методом экстраполяции линейного участка Тафеля.

Импедансные измерения проводились в диапазоне частот от 100 КГц до 0.1 Гц, общее количество частот составляло 50. Налагалось напряжение соответствующее потенциалу разомкнутой цепи с амплитудой 10 мВ. Кривые Найквиста и эквивалентная схема Рэндлса использовались при обработке результатов измерений.

Для воспроизводимости результатов все измерения проводились не менее трех раз.

3. Результаты и их обсуждение

3.1 Гравиметрические измерения

Метод гравиметрии заключается в определении потерь массы в результате коррозии с единицы площади образцов исследуемых металлов за единицу времени.

Среднюю скорость коррозии стали в растворе фосфорной кислоты, определяли по уравнению:

$$K = \frac{\Delta m}{S t} \quad (1)$$

где Δm – убыль массы образца вследствие коррозии, г;

S – площадь поверхности образца, м²;

t – время эксперимента, ч;

K – скорость коррозии металла, г·м⁻²·ч⁻¹.

Эффективность защиты выражают при помощи коэффициента торможения γ или степени защиты Z :

$$Z = \frac{K_0 - K}{K_0} \times 100\% \quad (2)$$

$$\gamma = \frac{K}{K_0} \quad (3)$$

где K_0 – скорость коррозии металла в растворе без ингибитора; K – скорость коррозии металла в растворе в присутствии ингибитора.

Таблица 1. Результаты гравиметрических измерений защитного действия ингибитора в 73.5% растворе H₃PO₄.

	$C_{инг}$ (%)	Z (%)	γ
Фон		-	-
Ингибитор	0.01	55.6	0.45
	0.1	72.3	0.28
	0.5	91.5	0.08
	1	Рост массы образца	

Из полученных результатов видно, что с увеличением концентрации ингибитора происходит рост защитного эффекта, а при 1% содержании наблюдается увеличение массы стального образца, свидетельствующее об образовании на его поверхности защитной пленки. По-видимому, происходит хемосорбционное взаимодействие ингибитора с поверхностными атомами металла.

Гравиметрический метод является одним из самых надежных и достоверных методов при изучении коррозии, но из весовых измерений нельзя получить информацию о механизме процесса. В связи с этим помимо гравиметрии в работе проведены электрохимические измерения.

3.2 Электрохимические измерения

Для определения скорости коррозии стали в фосфорнокислой ингибированной и не ингибированной среде в работе использован метод снятия поляризационных кривых на стальном электроде (рисунок 1).

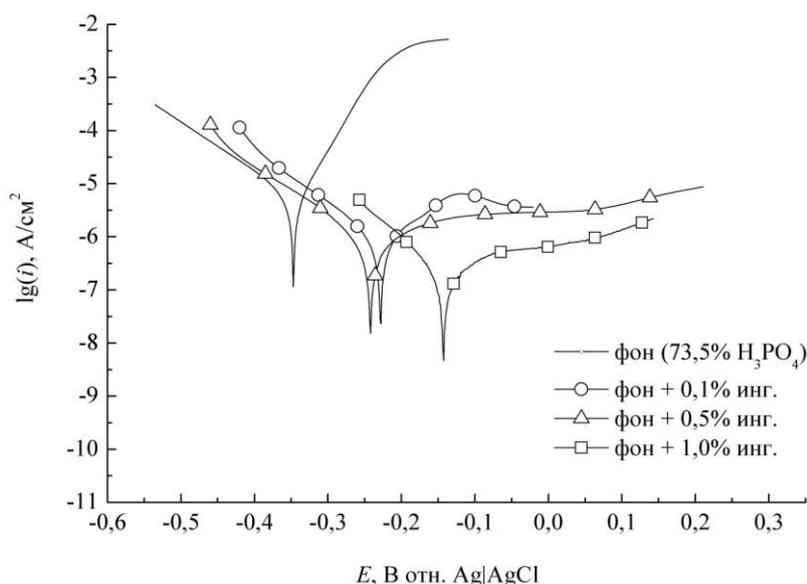


Рис.1. Поляризационные кривые стали в 73.5% фосфорной кислоте в присутствии и отсутствии ингибитора.

Как видно из потенциодинамических измерений (рис.1) добавка ингибитора в раствор фосфорной кислоты, вызывает значительный сдвиг коррозионного потенциала в анодную область, что говорит о значительном торможении окисления металла. Полученные результаты свидетельствуют о снижении анодных и катодных токов коррозии, что позволяет отнести данное соединение к замедлителям коррозии смешанного действия, с преобладанием анодного ингибирования. Большие значения анодных токов в фоновом растворе говорят об активном растворении металла в отсутствие ингибитора. Анодные ингибиторы блокируют анодные центры металлической поверхности, вызывая снижение тока коррозии. Однако, при не полном покрытии анодной поверхности, плотность тока на этих участках повышается, вызывая усиление разрушающего действия коррозионной среды. Поэтому, в этом случае для полной защиты поверхности необходимо присутствие в электролите достаточного количества анодного ингибитора.

С увеличением концентрации ингибитора в коррозионной среде наблюдается рост защитного эффекта данного соединения. Основываясь на результатах гравиметрических измерений, исследуемое соединение можно отнести к пленкообразующим ингибиторам. Присутствие полярных групп и гидрофобных углеводородных цепей в молекуле ингибитора, способствует его хемосорбционному взаимодействию с поверхностными атомами металла и образованию защитной пленки.

Полученные экспериментальные результаты позволили рассчитать защитный эффект, проявляемый исследуемым веществом по следующему уравнению:

$$Z = \frac{I_0 - I}{I_0} \times 100\% \quad (4)$$

где: I_0 – плотность тока коррозии без ингибитора, мкА/см²;

I – плотность тока коррозии в присутствии ингибитора, мкА/см².

Таблица 2. Защитное действие ингибитора на стали в 73.5% фосфорной кислоте

№	С _{инг} , %	I _{кор} , мкА/см ²	E _{кор} , В	K, мм/год	Z, %
1	фон	17.19	-0.346	0.1998	-
2	0.1	0.83	-0.242	0.0097	95.2
3	0.5	0.75	-0.228	0.0087	95.6
4	1	0.36	-0.143	0.0042	97.9

Из представленных в таблице результатов видно, что исследуемое соединение проявляет высокое защитное действие в процессе коррозии стали в фосфорнокислой среде.

Метод импедансной спектроскопии использован нами для изучения природы защитного действия ингибитора и сравнения полученных данных с результатами поляризационных измерений. На (рисунке 2.) приведены годографы импеданса стального электрода, корродирующего в растворе фосфорной кислоты в отсутствии и присутствии ингибитора при стационарном потенциале.

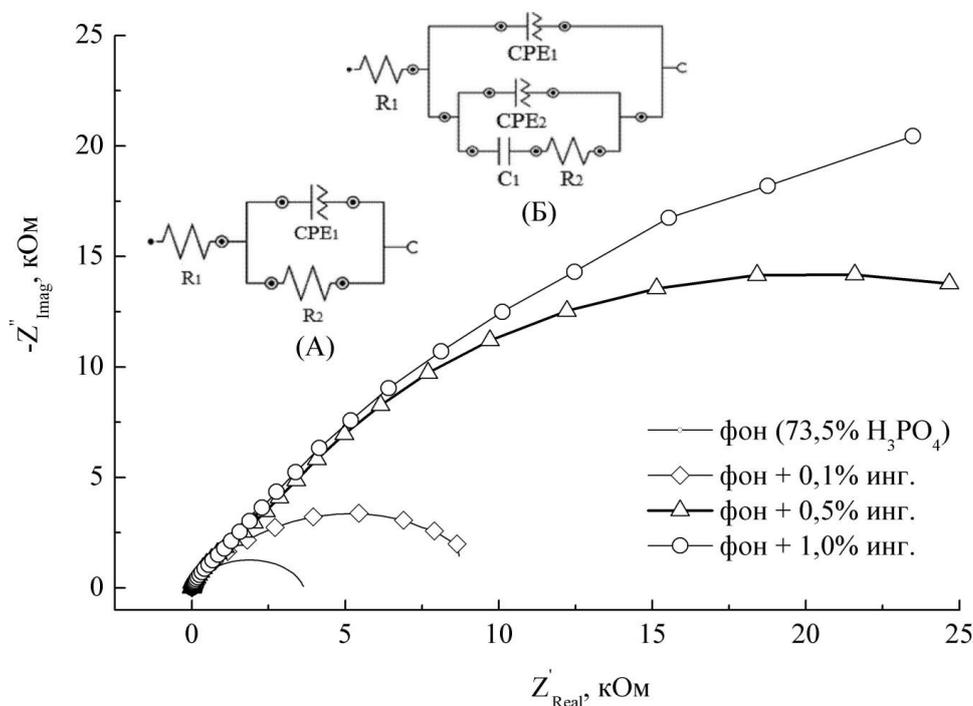


Рис.2. Кривые Найквиста для стали в 73.5% фосфорной кислоте в присутствии и отсутствии ингибитора. Где схема А: R_1 -сопротивление раствора, R_2 - сопротивление переноса заряда, CPE_1 -элемент постоянной фазы (емкость двойного слоя); схема Б: R_2 -сопротивление реакции адсорбции на металле, C_1 -адсорбционная псевдоемкость, CPE_2 -элемент постоянной фазы, $CPE_1=R'_2$ так как $n < 0.5$, R'_2 - сопротивление переноса заряда.

Кривые Найквиста свидетельствуют о росте поляризационного сопротивления, с увеличением концентрации ингибитора. Полученные годографы в присутствии ингибитора не являются совершенными полукругами, что объясняется неоднородностью поверхности из-за шероховатости и возможных примесей.

Эффективность ингибирования рассчитывали по следующей формуле:

$$Z = \frac{R_{инг} - R_0}{R_{инг}} \times 100\% \quad (5)$$

где Z - защитный эффект;

$R_{инг}$ – поляризационное сопротивление на границе фаз электрод-раствор в присутствии ингибитора, $k\Omega \times cm^2$;

R_0 - поляризационное сопротивление на границе фаз электрод-раствор в отсутствии ингибитора, $k\Omega \times cm^2$.

Подобраны эквивалентные схемы коррозии стали в фосфорной кислоте, позволившие рассчитать кривые Найквиста. В фоновом растворе и в электролите содержащем 0.1% ингибитора исследуемый процесс соответствует схеме А, а при 0.5% и 1% схеме Б (Рис.2.). Следует отметить, что для получения результатов в эквивалентной схеме был использован элемент постоянной фазы, вместо идеального конденсатора.

Рассчитанные значения защитного эффекта ингибитора, полученные методом импедансной спектроскопии представлены в таблице 3.

Таблица 3. Защитное действие ингибитора на стали в 73.5% фосфорной кислоте

№	C, %	R _n , кОм×см ²	Z, %
1	-	0.47	-
2	0.1	1.45	67.6
3	0.5	5.02	90.6
4	1.0	13.68	96.6

При концентрации ингибитора 0.1% и 0.5% защитный эффект составил 67.6% и 90.6% при поляризационным сопротивлении 1.45 и 5.02 кОм×см², соответственно. Фоновый раствор имеет сопротивление 0.47 кОм×см², а с добавлением ингибитора сопротивление растёт и достигает 13.68 кОм×см² при его 1% содержании в электролите. В этом случае защитный эффект достигает 96.6%. Такой значительный рост сопротивления и защитного эффекта свидетельствует об образовании защитной пленки, предотвращающей процесс растворения металла, что согласуется с результатами гравиметрических измерений. Полученные результаты позволяют рекомендовать исследованное соединение в качестве эффективного ингибитора коррозии в растворе фосфорной кислоты.

4. Заключение

Соединение N-бензил-О-ацетокси-бис-(О-пропионитрило) тританоламмония хлорид проявляет высокое защитное действие при коррозии стали в растворе фосфорной кислоты. С увеличением концентрации ингибитора в методе гравиметрии наблюдается рост защитного эффекта и при его содержании 0.1% и 0.5% в растворе он составил 72.3% и 91.5%, соответственно. При 1% концентрации ингибитора в коррозионной среде наблюдается образование защитной хемосорбционной пленки на поверхности стали.

Результаты поляризационных измерений позволили отнести исследуемое соединение к ингибиторам смешанного действия, с преобладанием анодного, что требует постоянной корректировки его содержания в растворе. Защитное действие соединения найденное потенциодинамическим методом при 1% концентрации составило 97.9%.

На основе импедансных измерений предложена эквивалентная электрическая схема коррозии стали в растворе фосфорной кислоты в присутствии исследуемого ингибитора, позволившая рассчитать защитный эффект.

Наблюдается корреляция результатов гравиметрических, поляризационных и импедансных измерений, свидетельствующее о достоверности полученных результатов. Высокий защитный эффект, проявляемый исследованным соединением, позволяют рекомендовать его в качестве эффективного ингибитора коррозии стали в растворах фосфорной кислоты.

Работа выполнена в рамках проекта МОН РК (ГФ АР05134571).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Kerroum Y. et al. Effect of fluoride on corrosion behavior of UNS N08904 stainless steel in polluted phosphoric acid // Journal of Molecular Liquids. – 2018.
- [2] Salah M. B. et al. Passivation behaviour of stainless steel (UNS N-08028) in industrial or simplified phosphoric acid solutions at different temperatures // Corrosion Science. – 2015. – Т. 99. – С. 320-332.
- [3] Sánchez-Tovar R. et al. Influence of temperature and hydrodynamic conditions on the corrosion behavior of AISI 316L stainless steel in pure and polluted H₃PO₄: Application of the response surface methodology // Materials Chemistry and Physics. – 2012. – Т. 133. – №. 1. – С. 289-298.
- [4] Escrivà-Cerdán C. et al. Passivation behaviour of Alloy 31 (UNS N08031) in polluted phosphoric acid at different temperatures // Corrosion Science. – 2012. – Т. 56. – С. 114-122.
- [5] Oñoro J. Corrosion fatigue behaviour of 317LN austenitic stainless steel in phosphoric acid // International Journal of Pressure Vessels and Piping. – 2009. – Т. 86. – №. 10. – С. 656-660.
- [6] Özcan M. et al. Adsorption properties of barbiturates as green corrosion inhibitors on mild steel in phosphoric acid // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. – 2008. – Т. 325. – №. 1-2. – С. 57-63.
- [7] Hmamou D. B. et al. Electrochemical and Gravimetric Evaluation of 7-Methyl-2-Phenylimidazo [1, 2-α] Pyridine of Carbon Steel Corrosion in Phosphoric Acid Solution // Int. J. Electrochem. Sci. – 2013. – Т. 8. – С. 11526-11545.
- [8] Ghanbari A., Attar M. M., Mahdavian M. Corrosion inhibition performance of three imidazole derivatives on mild steel in 1 M phosphoric acid // Materials Chemistry and Physics. – 2010. – Т. 124. – №. 2-3. – С. 1205-1209.
- [9] Hegazy M. A., Aiad I. 1-Dodecyl-4-(((3-morpholinopropyl) imino) methyl) pyridin-1-ium bromide as a novel corrosion inhibitor for carbon steel during phosphoric acid production // Journal of Industrial and Engineering

Chemistry. – 2015. – Т. 31. – С. 91-99.

[10] Кузнецов Ю. И., Казанский Л. П. Физико-химические аспекты защиты металлов ингибиторами коррозии класса азолов // Успехи химии. – 2008. – Т. 77. – №. 3. – С. 227-241.

[11] Комов Д. Н. и др. Влияние ингибиторов ряда тетразолов на коррозионно-электрохимическое поведение стали в фосфорнокислых растворах // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология. – 2014. – Т. 14. – №. 2.

[12] Wang L. Inhibition of mild steel corrosion in phosphoric acid solution by triazole derivatives // Corrosion Science. – 2006. – Т. 48. – №. 3. – С. 608-616.

[13] Jianguo Y. et al. Polyvinylpyrrolidone and polyethylenimine as inhibitors for the corrosion of a low carbon steel in phosphoric acid // Corrosion Science. – 1995. – Т. 37. – №. 6. – С. 975-985.

[14] Li X., Deng S., Fu H. Benzyltrimethylammonium iodide as a corrosion inhibitor for steel in phosphoric acid produced by dihydrate wet method process // Corrosion Science. – 2011. – Т. 53. – №. 2. – С. 664-670.

[15] Boudalia M. et al. Corrosion inhibition of organic oil extract of leaves of *Lanvandula stoekas* on stainless steel in concentrated phosphoric acid solution // Int. J. Electrochem. Sci. – 2013. – Т. 8. – С. 7414-7424.

[16] ГОСТ 9.502-82. Единая система защиты от коррозии и старения. Ингибиторы коррозии металлов для водных систем. Методы коррозионных испытаний.

[17] ГОСТ 9.514-99. Ингибиторы коррозии металлов для водных систем. Электрохимические методы определения защитной способности.

Айнабеков И., Буркитбаева Б.Д., Авчукир Х.

Фосфорқышқыл ортадағы тот баспайтын болат ингибиторы-бензилхлорид моноацетилдиакрилонитрилтриэтанолламин

Түйіндеме. Бұл еңбекте фосфорқышқылды ортадағы болаттың коррозия жағдайына N-бензил-О-ацетокси-бис-(О-пропионитрило)триэтанолламиний хлоридінің әсері гравиметрия, сызықтық поляризация және импеданстық спектроскопия әдістерімен зерттелінді. Зерттелініп отырған қосылыстың ингибиторлық әсері анықталды және оның коррозиялық орта құрамындағы мөлшері 1%-ды құрағанда болат бетінде хемосорбциялық үлдір түзетіндігі гравиметрлік әдіспен табылды. Коррозиядан қорғау әсерінің мәні ингибитордың ерітіндідегі әр түрлі концентрациясы үшін есептелінді. Поляризациялық өлшеулер нәтижесінде аталған қосылыс анодтық реакцияны баяулату әсері басым, аралас әсерлі ингибиторлар қатарына жататындығы айқындалды. Импеданстық спектроскопия нәтижелерін интерпретациялау эквиваленттік тізбектерді қолдану арқылы жүзеге асырылды. Эквиваленттік тізбекті айқындауда қос электрлік қабат сыйымдылығын тұрақты фазалық элемент ретінде өрнектеу есептеу мен тәжірибелік нәтиженің жоғары үйлесімдігін көрсетті. Жоғарыда аталған әдістердің нәтижелерінің өзара сәйкестілігі жоғары.

Кілт сөздер: коррозия, болат, ингибитор, қорғаушы әсер, импеданс, поляризация, фосфор қышқылы.

УДК 556.551

**B.K. Kenzhaliyev^{1,2}, A.N. Berkinbayeva¹, T.Yu. Surkova¹, Z.D. Dosymbayeva¹,
M.T. Chukmanova^{1,2}**

¹“Institute of Metallurgy and Ore beneficiation” JSC, Almaty, Kazakhstan

²JSC “The Kazakh national research technical University after K.I. Satpaev», Almaty, Kazakhstan)

STUDY OF URANIUM SORPTION BY NATURAL SORBENT

Abstract. A natural sorbent, found on the territory of Kazakhstan, is the zeolite of the Kuzmurnsky deposit (North-Kazakhstan oblast). Physicochemical studies have shown that the main elements from which the zeolite matrix is formed are aluminum and silicon. The possibility of sorption of uranium and the concomitant metal of iron with a natural sorbent (zeolite) was studied. The results of sorption of uranium and iron from model solutions are shown. A comparative analysis of the sorption of the above metals showed that the sorption rate of iron is faster than the rate of sorption of uranium. The sorption of uranium by the zeolite is confirmed by the method of scanning electron microscopy. However, the main disadvantage of natural ion-exchange materials remains a low sorption capacity, as evidenced by the calculated data obtained during the research.

Key words: zeolite, uranium, sorption, recovery, sorption capacity.

¹²Б.К. Кенжалиев, ¹А.Н. Беркинбаева, ¹Т.Ю. Суркова,

¹³Д. Досымбаева, ¹²М.Т. Чукманова

(¹АО Институт металлургии и обогащения, Алматы, Республика Казахстан
²НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева», Алматы, Казахстан, ainur_kbk@mail.ru)

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИИ УРАНА ПРИРОДНЫМ СОРБЕНТОМ

Аннотация. Исследован природный сорбент, встречающийся на территории Казахстана – цеолит Кусмурунского месторождения (Северо-Казахстанская область). Физико-химические исследования показали, что основными элементами, из которых формируется матрица цеолита, являются алюминий и кремний. Изучена возможность сорбции урана и сопутствующего металла железа природным сорбентом (цеолитом). Показаны результаты сорбции урана и железа из модельных растворов. Сравнительный анализ сорбции вышеуказанных металлов показал, что скорость сорбции железа опережает скорость сорбции урана. Сорбция урана цеолитом подтверждена методом растровой электронной микроскопии. Однако основным недостатком природных ионообменных материалов остается низкая сорбционная емкость, о чем свидетельствуют расчетные данные, полученные в процессе исследований.

Ключевые слова: цеолит, уран, сорбция, степень извлечения, сорбционная емкость

Анализ литературных данных [1-3] показал, что актуальными проблемами современности являются: расширение ассортимента сырьевой базы высокоэффективных природных сорбентов многопланового использования на основе минерального или растительного сырья.

В промышленной практике используются различные сорбенты, которые разделяют на углеродные и минеральные. К первым относятся активные угли, торф и другие материалы, получаемые в основном при переработке различных органических материалов, ко вторым - силикагели, алюмогели, цеолиты. Все сорбенты в той или иной мере проявляют активность к поглощению как нефтепродуктов, ионов металлов, так и радионуклидов [4-6]. Несмотря на разнообразие применяемых адсорбентов, многие из них не удовлетворяют всему комплексу требований, предъявляемых к материалам подобного типа, в связи с чем поиск и разработка новых сорбционных материалов ведется постоянно.

Специфичность структуры природных сорбентов, и как следствие - их свойств, делает их привлекательными и перспективными материалами в процессах сорбции, вместе с тем, низкая сорбционная емкость является препятствием для их широкого применения.

Природные цеолитсодержащие минералы являются объектами пристального внимания исследователей, поскольку, по сравнению с синтетическими цеолитами, являются более дешевыми материалами [7-10].

Проблема использования природных цеолитов, как и других природных материалов, заключается в том, что специфические свойства, присущие одним компонентам, могут невилироваться присутствием других [11-13]. Каждый раз требуется проведение систематических исследований их структуры и адсорбционные свойства.

Важным этапом является изучение состава, структуры, физико-химических и сорбционных свойств природных цеолитов для оценки возможности их применения в тех или иных целях.

Кроме выбора методов и приемов модифицирования, а также разработки методики необходимо изучить сорбционные свойства исходных природных ионообменных материалов. Поэтому исследованы состав, структура, физико-химические свойства цеолита Кусмурунского месторождения (Северо-Казахстанская область).

В таблице 1 представлен элементный состав пробы цеолита, а в таблице 2 – фазовый состав по данным рентгенофазового анализа. Из таблицы 1 следует, что, кроме алюмосиликатной матрицы в состав исходного цеолита входят «примесные металлы», такие, как: Fe, Na, Mg, Ca, Ti, V, Ba, Cr, Mn, Cu, Sr, Rb, Zn, P и др.

Таблица 1 – Элементный состав алюмосиликата (цеолита)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	CaO	K ₂ O	MgO	P ₂ O ₅	MnO	TiO ₂	Прочие примеси	SiO ₂ / Al ₂ O ₃
62,2	13,4	5,9	1,6	5,3	6,5	2,2	0,4	0,2	0,5	1,8	4,6

Величина отношения основных составляющих катионов $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ для цеолита характеризует его стойкость к агрессивным веществам и высоким температурам. Для исследуемого цеолита данное отношение равно 4,6, что характеризует его как достаточно устойчивое.

Таблица 2 – Фазовый состав цеолита

Компонент	Формула	Содержание, %
Клиноптилолит	$(\text{Na}, \text{K}, \text{Ca})_6(\text{Si}, \text{Al})_{36}\text{O}_{72} \cdot 20\text{H}_2\text{O}$	21.5
Кварц	SiO_2	21.3
Альбит	$\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$	19.4
Диопсид	$\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Al})(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6$	13.9
Гематит	Fe_2O_3	9.3
Ломонтит	$\text{CaAl}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	7.8
Эринит	$((\text{Fe}^{+2}, \text{Fe}^{+3}, \text{Al})_3\text{Mg}_3(\text{Ca}, \text{Na})_4(\text{Si}_{13.5}\text{Al}_{4.5}\text{O}_{42})(\text{OH})_6) \cdot 11.3\text{H}_2\text{O}$	6.8

На рисунке 1 приведен рентгенофазовый анализ исходного цеолита.

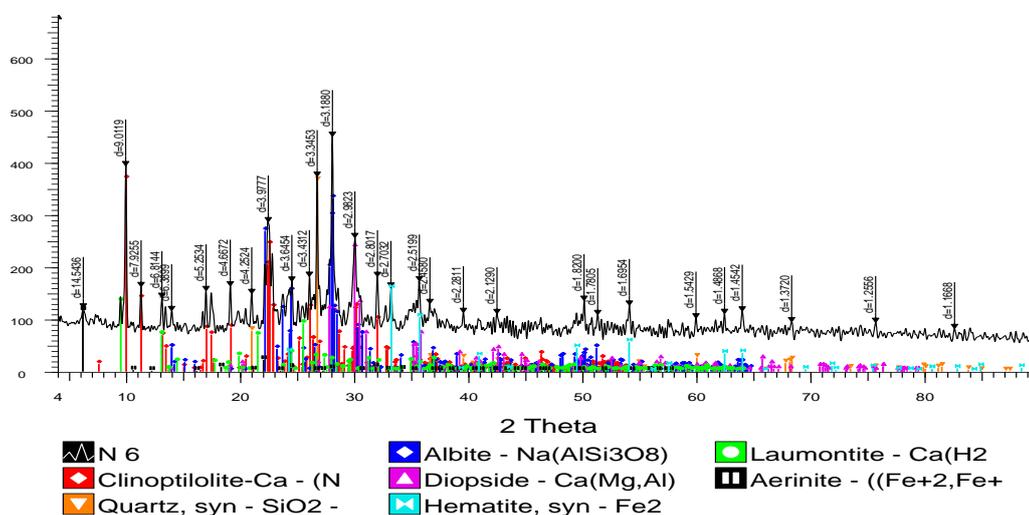


Рис.1. Рентгенограмма цеолита

Изучен процесс сорбции урана и основного сопутствующего металла (железа) из модельного раствора цеолитом в статическом режиме. Концентрация урана и железа в модельном растворе составляла $2,6 \text{ мг/дм}^3$. Расчеты, приведенные в таблице 3, выполнены на основании результатов исследования содержания урана в маточном растворе после сорбции.

Таблица 3. Результаты сорбции урана из модельного раствора цеолитом

Время контакта сорбента с модельным раствором, мин	Содержание U в маточном растворе после сорбции, мг/дм^3	Извлечение U в сорбент		Сорбционная емкость цеолита по урану, мгU/г сорбента
		мг	%	
30	1,28	0,065	50,9	0,0325
60	0,26	0,117	90,1	0,0585
120	0,23	0,118	91,1	0,0590
180	0,20	0,120	92,3	0,0600
300	0,18	0,121	92,9	0,0605

Из таблицы следует, что за первый час процесса извлекается свыше 90 % урана, т.е. сорбция урана протекает достаточно активно, однако природный сорбент – цеолит – обладает низкой сорбционной емкостью.

Изотерма сорбции урана цеолитом из модельных растворов, снятая в указанных выше условиях, представлена на рисунке 2. Анализ кривой позволяет отметить, что при концентрации урана в растворе, начиная от 2,2-2,3 и до 3,5-3,6 мг/дм³ степень сорбции его превышает 90 %. До концентрации 2,2 мг/дм³ сорбция протекает активно, степень сорбции плавно возрастает. При концентрации урана свыше 3,5 мг/дм³ наблюдается тенденция к снижению степени извлечения урана.

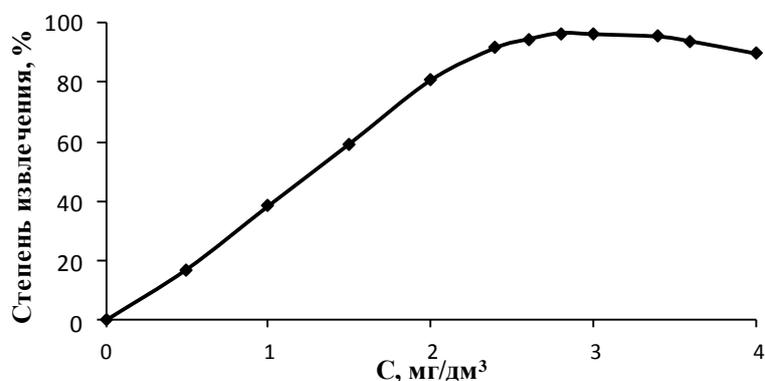


Рис.2. Изотерма сорбции урана цеолитом из модельного раствора

Как видно из рисунка 3, степень извлечения урана меняется также с изменением условий сорбции. На нем представлена зависимость изменения степени сорбции урана от соотношения Ж:Т при исходной концентрации его в растворе 50,1 мг/дм³. Как видно, при увеличении исходной концентрации урана в растворе с 2,6 до 50,1 мг/дм³, максимальная степень извлечения его снижается с 96,6 до 7,1 %. При отношении Ж: Т = 2:1 степень извлечения урана составляет 51,1 %, а при 25:1 – только 7,1 %.

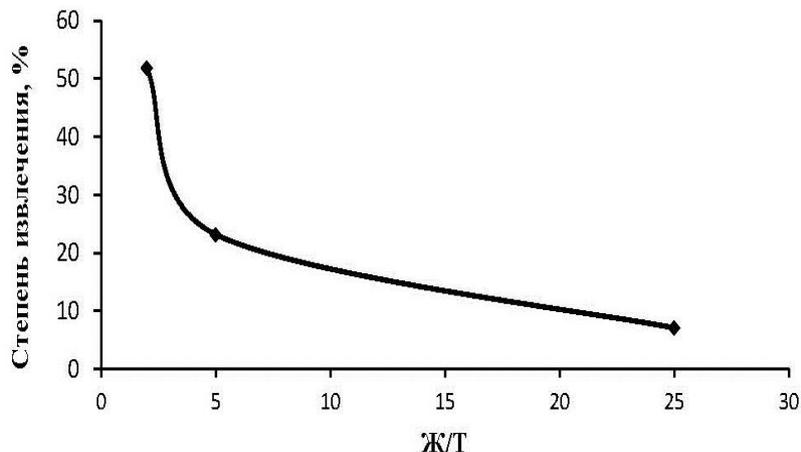


Рис.3. Зависимость степени извлечения урана от условий процесса

Продуктивные урансодержащие растворы, кроме основного компонента, содержат разнообразный спектр сопутствующих металлов, главным из которых является железо. Обнаружено, что железо, при низкой исходной концентрации в растворе, активно сорбируется цеолитом.

Если сравнить сорбцию урана и железа из модельных растворов (рисунок 4), то скорость сорбции железа опережает скорость сорбции урана. При этом основное количество железа (свыше 90 %) сорбируется уже через 45 мин, тогда как урана – через 60 мин. Такие кинетические закономерности возможно объяснить большей подвижностью ионов железа в связи с меньшим ионным радиусом (0,067 нм) по сравнению с ураном (0,093 нм).

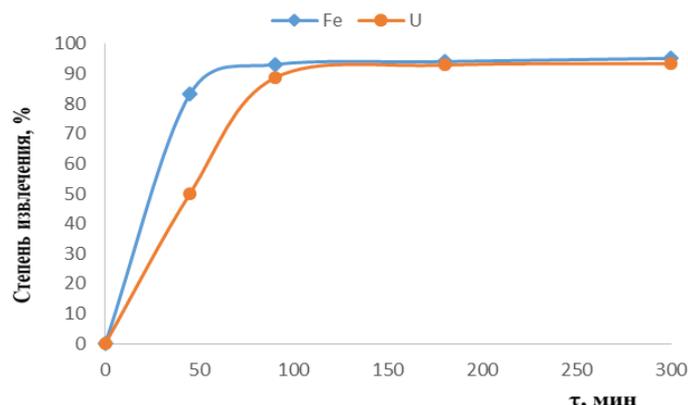


Рис.4. Степень извлечения урана и железа

Рентгеноспектральный анализ цеолита после сорбции урана, выполненный на энергодисперсионном спектрометре, показал, что основным элементом в данном сегменте пробы является железо (рисунок 2, а), т.е. уран, в данном случае, тяготеет к железу и относительно равномерно распределен по поверхности. Сорбция урана цеолитом подтверждена (рисунок 2, б) методом растровой электронной микроскопии [14-15]. Однако основным недостатком природных ионообменных материалов остается низкая сорбционная емкость, о чем свидетельствуют расчетные данные, полученные в процессе исследований.

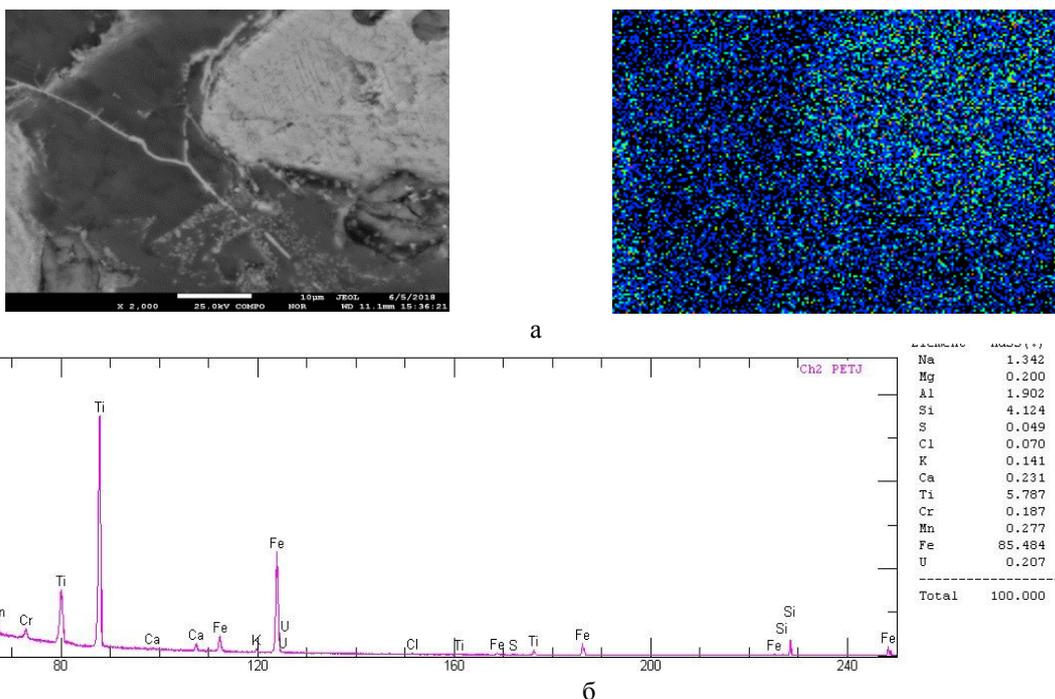


Рис.2. Растровая электронная микроскопия цеолита после сорбции урана из модельных растворов

Обнаружено, что в силу своих структурных особенностей цеолит сорбирует уран из слабодиссоцированных растворов при низкой его концентрации, однако широкое применение их в качестве сорбентов сдерживается малой сорбционной емкостью.

Таким образом, представленные данные показывают, что природный сорбент с успехом может применяться для извлечения урана из урансодержащих растворов. Однако такие материалы не обладают нужными сорбционными свойствами и требуют дополнительной модификации.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] A. Sineva Adsorption of Synthetic Surfactants from Aqueous Solutions on Natural Adsorbents // The Role of Colloidal Systems in Environmental Protection 6. -2014. –P.143–171. doi.org/10.1016/B978-0-444-63283-8.00006-5
- [2] Мусина У.Ш., Самонин В.В. Углерод–минеральный состав шунгитовых пород Коксуского месторождения Казахстана // Известия СПбГТИ (ТУ). –2013. –№19(45). –С. 39-41.

- [3] Maria V. Synthesis and characterization of new zeolite materials obtained from fly ash for heavy metals removal in advanced wastewater treatment // Powder technology. –2016. –Vol. 294. –P. 338-347.
- [4] Panfilov M., Uralbekov B., Burkitbayev M. Reactive transport in the underground leaching of uranium: Asymptotic analytical solution for multi-reaction model // Hydrometallurgy -2016. - Vol. 160. -P. 60-72.
- [5] Satybaldiyev B., Lehto J., Suksi J., Tuovinen H., Uralbekov B., Burkitbayev M. Understanding sulphuric acid leaching of uranium from ore by means of $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ activity ratio as an indicator // Hydrometallurgy. -2015. - Vol. 155. -P. 125-131.
- [6] James T., Mark D., Richard I., Neilish S., Karin S., Clint A. Polyamine functionalised ion exchange resins: Synthesis, characterisation and uranyl uptake // Chemical Engineering Journal. -2018. - Vol. 334. -P. 1361-1370.
- [7] Susan A., Barbara E., Joël B., Grant D., Katy E. Characterization of uranium redox state in organic-rich Eocene sediments // Chemosphere -2018. - Vol.194. –P. 602-613.
- [8] Abbasi P., Kevitt B., Dreisinger D. The kinetics of nickel recovery from ferrous containing solutions using an Iminodiacetic acid ion exchange resin // Hydrometallurgy. -2018. -175. –P. 333-339.
- [9] Peter J.R., Howard J.F. Natural and surfactant modified zeolites: A review of their applications for water remediation with a focus on surfactant desorption and toxicity towards microorganisms // Journal of Environmental Management. –2018. –Vol. 205. –P. 253-261.
- [10] Houhoune F., Nibou D., Chegrouche S., Menacer S. Behavior of modified hexadecyltrimethylammonium bromide bentonite toward uranium species // Journal of Environmental Chemical Engineering. –2016. –Vol. 4. –Issue 3. –P. 3459-3467.
- [11] Загородняя А. Н., Абишева З. С., Садыканова С. Э., Шарипова А. С. Сорбция урана и урана из растворов их совместного присутствия слабоосновным анионитом А170 // Цветные металлы. - 2014. - №5.
- [12] Кенжалиев Б.К., Беркинбаева А.Н., Досымбаева З.Д., Шарипов Р.Х. Сорбция урана из технологических растворов выщелачивания с применением катализатора // Вестник КБТУ. -2017. -№15. -С. 64-69.
- [13] Kenzhaliyev B.K., Berkinbayeva A.N., Dosymbayeva Z.D., Sharipov R.Ch., Chukmanova M.T. Extraction of uranium from uranium-containing raw materials // Комплексное использование минерального сырья. - 2016. -№3. –С. 29-34.
- [14] Гулдстейн Дж., Ньюбери Д., Эчлин П., Джой Д., Фиори Ч., Лифшин Э. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ. – М.: Мир, 1984. –348 с.
- [15] Рид С.Дж.Б. Электронно-зондовый микроанализ и растровая электронная микроскопия в геологии. – М.: Техносфера, 2008. –232 с.

Кенжалиев Б.К., Беркинбаева А.Н., Суркова Т.Ю., Досымбаева З.Д., Чукманова М.Т.

Уранның табиғи сорбентке сорбциялануының зерттеуі

Түйіндемесі. Қазақстан аумағында табылған табиғи сорбент - бұл Құсмұрын кен орнының (Солтүстік Қазақстан облысы) цеолиті. Физикалық-химиялық зерттеулер цеолит матрицасын құрайтын негізгі элементтері алюминий және кремний екенін көрсетті. Табиғи сорбентке (цеолит) уранның және темірдің сіңірілу мүмкіндігі зерттелді. Модельдік ерітінділерден уранды және темірді сорбциялаудың нәтижелері көрсетілді. Жоғарыда көрсетілген металдардың сорбциясына салыстырмалы талдау темірдің сорбциялық жылдамдығы уранның сорбция жылдамдығынан жылдамырақ екенін көрсетті. Цеолитпен уранды сорбциялау электрондық микроскопияны сканерлеу әдісімен расталады. Дегенмен, табиғи ион алмасу материалдарының негізгі жетіспеушілігі сорбциялық сыйымдылықтың төмендігі болып табылады, бұл зерттеу барысында алынған есептік деректермен дәлелденеді.

Түйінді сөздер: цеолит, уран, сорбция, сіңірілу дәрежесі, сорбциялық сыйымдылық.

Kenzhaliev B.K., Berkinbayeva A.N., Surkova T.Yu., Dosymbayeva Z.D., Chukmanova M.T.

Study of uranium sorption by natural sorbent

Summary: A natural sorbent, found on the territory of Kazakhstan, is the zeolite of the Kusmurunsky deposit (North-Kazakhstan oblast). Physicochemical studies have shown that the main elements from which the zeolite matrix is formed are aluminum and silicon. The possibility of sorption of uranium and the concomitant metal of iron with a natural sorbent (zeolite) was studied. The results of sorption of uranium and iron from model solutions are shown. A comparative analysis of the sorption of the above metals showed that the sorption rate of iron is faster than the rate of sorption of uranium. The sorption of uranium by the zeolite is confirmed by the method of scanning electron microscopy. However, the main disadvantage of natural ion-exchange materials remains a low sorption capacity, as evidenced by the calculated data obtained during the research.

Key words: zeolite, uranium, sorption, recovery, sorption capacity.

УДК 547.792

J. S. Асылханов¹, D. B. Маркина³, К. К. Кишибаев^{1*}, S. V. Нечипуренко¹, А. А. Атчабарова¹,
R. R. Токпаев¹, S. A. Ефремов¹, S. N. Калугин²

¹Center of physical and chemical methods of research and analysis of the Kazakh national
al-Farabi University (CFA), Almaty, Republic of Kazakhstan

²scientific research Institute of New chemical technologies and materials (Sri) Of al-Farabi Kazakh national
University, Almaty, Republic of Kazakhstan

³kazakh national University. al-Farabi, Almaty, Republic of Kazakhstan

OBTAINING AND RESEARCH OF THE GROWTH STIMULATOR ON THE BASIS OF 2,2-DIMETHYL-4-(5'-AMINO-1'2'4'-TRIAZOLE-3'-THIOPROPYNYL) - TETRAHYDROPYRAN -4-OLEFINS

Abstract. This article presents the results of obtaining and studying of the growth stimulator of a plant on the basis of 2,2-dimethyl-4-(5'-amino-1'2'4'-triazol-3'-thiopropynyl)-tetrahydropyran-4-ol. The necessary organic compounds such as 2,2-dimethyltetrahydropyran-4-one and 3-mercaptopropynyl-5-amino-1,2,4-triazole with observance of the main synthesis parameters. The structures of the obtained organic compounds were proved by IR spectroscopy and NMR of ¹H- and ¹³C- spectrometry. The resulting organic compound 2,2-dimethyl-4-(5'-amino-1'2'4'-triazol-3'-thiopropynyl)-tetrahydropyran-4-ol was tested for growth-stimulating activity.

Key words: growth stimulators, organic compounds, IR spectroscopy, NMR spectrometry, growth stimulating activity.

Ж.С. Асылханов¹, Д.Б. Маркина³, К.К. Кишибаев^{1*}, С.В. Нечипуренко¹,
А.А. Атчабарова¹, Р.Р. Токпаев¹, С.А. Ефремов¹, С.Н. Калугин²

¹ Центр физико-химических методов исследования и анализа Казахского национального
университета имени аль-Фараби (ЦФХМА), Алматы, 050012, Республика Казахстан

²Научно-исследовательский институт Новых химических технологий и материалов (НИИ НХТМ)
Казахского национального университета имени аль-Фараби, Алматы, 050012, Республика Казахстан

³Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан
E-mail: kanagat_kishibaev@mail.ru)

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ РОСТСТИМУЛЯТОРА НА ОСНОВЕ 2,2-ДИМЕТИЛ-4-(5'-АМИНО-1'2'4'-ТРИАЗОЛ-3'-ТИОПРОПИНИЛ)-ТЕТРАГИДРОПИРАН-4-ОЛА

Аннотация. Представлены результаты получения и исследования ростстимулятора растения на основе 2,2-диметил-4-(5'-амино-1'2'4'-триазол-3'-тиопронил)-тетрагидропиран-4-ола. Для получения 2,2-диметил-4-(5'-амино-1'2'4'-триазол-3'-тиопронил)-тетрагидропиран-4-ола были синтезированы необходимые органические соединения такие, как 2,2-диметилтетрагидропиран-4-она и 3-меркаптопропинил-5-амино-1,2,4-триазола с соблюдением основных параметров синтеза. Структуры полученных органических соединений были доказаны при помощи ИК и ЯМР ¹H- и ¹³C-спектрометрии. Полученное органическое соединение 2,2-диметил-4-(5'-амино-1'2'4'-триазол-3'-тиопронил)-тетрагидропиран-4-ола проверили на ростстимулирующую активность.

Ключевые слова: ростстимуляторы, органические соединения, ИК-спектроскопия, ЯМР-спектрометрия, ростстимулирующая активность.

Введение

Среди важнейших задач, стоящих перед современными агрономическими, химическими и экологическими науками приоритетными являются разработка простых и удобных методов синтеза новых, малотоксичных органических соединений с целью расширения номенклатуры биологически активных веществ и средств защиты растений и, в частности, эффективных антидотов - веществ-противоядий, снижающих фитотоксическое действие гербицидов на культурные растения сельскохозяйственного назначения. Все расширяющееся использование гербицидов для «химической прополки» не только повышает актуальность проблемы защиты полевых культур от нежелательных последствий применения гербицидов, но и обостряет экологическую обстановку, увеличивая антропогенную нагрузку на регионы применения, что обуславливает необходимость выработки практических мер, нивелирующих ситуацию. Поэтому, получение химических средств защиты растений нового поколения с низкой экологической нагрузкой - задача чрезвычайно актуальная [1].

Значительный интерес к химии аминокетолов обусловлено из возможностей использования их в качестве компонентов высоко энергетических композиций, в органической, координационной химии и химии высокомолекулярных соединений, в медицине, биологии, сельском хозяйстве [2, 3].

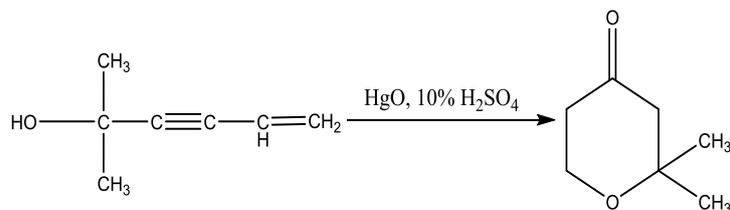
Однако методики получения многих 3-замещенных 5-амино-1,2,4-триазолов характеризуются низким выходом либо дорогостоящей исходных веществ – гуанилгидразидов карбоновых кислот, хлорангидридов карбоновых кислот, иминоэфиров и др. [4]. В качестве перспективного источника 3-замещенных 5-амино-1,2,4-триазолов можно рассматривать реакцию между солями аминокетанидина и карбоновыми кислотами, протекающую с промежуточным образованием гуанилгидразидов карбоновых кислот [5-8], поскольку эти реагенты легко доступны, а основным побочным продуктом является вода. Анализ термодинамических и кинетических закономерностей реакции, изученных в работах [5-8], показывает принципиальную возможность одnoreакторного синтеза ряда практически ценных 3-замещенных 5-амино-1,2,4-триазолов и их гидрохлоридов из гидрокарбоната аминокетанидина, карбоновых кислот и соляной кислоты в одnoreакторном процессе, т.е. без выделения промежуточных гуанилгидразидов с использованием реакции термической циклизации.

Целью исследования является разработка общего метода синтеза 2,2-диметил-4-(5'-амино-1'2'4'-триазол-3'-тиопропинил)-тетрагидропиран-4-ола на основе реакции между 2,2-диметилтетрагидропиран-4-ола с 3-меркаптопропинил-5-амино-1,2,4-триазолом.

Материалы и методы

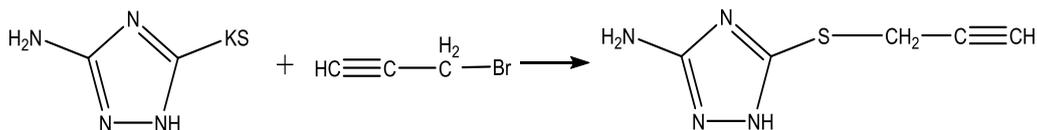
Синтез 2,2-диметилтетрагидропиран-4-ола

2,2-диметилтетрагидропиран-4-он был получен циклизацией диметилвинилэтинилкарбинола в присутствии оксида ртути (II) в среде 10% раствора серной кислоты, в течении 5 часов при температуре 87°C.



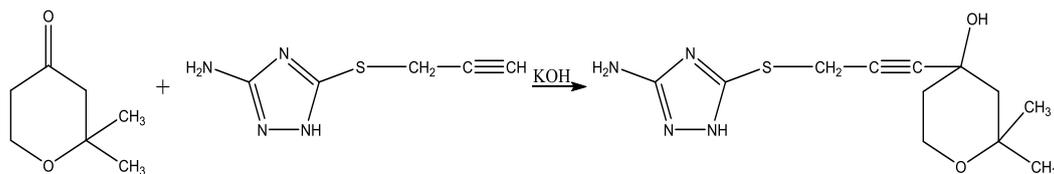
Синтез 3-меркаптопропинил-5-амино-1,2,4-триазола

3-Меркаптопропинил-5-амино-1,2,4-триазол был получен при взаимодействии калиевой соли 3-меркапто-5-амино-1,2,4-триазола с бромистым пропаргилом, в течении 8 часов при температуре 50°C в среде ацетона.



Синтез 2,2-диметил-4-(5'-амино-1'2'4'-триазол-3'-тиопропинил)-тетрагидропиран-4-ола

2,2-диметил-4-(5'-амино-1'2'4'-триазол-3'-тиопропинил)-тетрагидропиран-4-ол был получен при взаимодействии 2,2-диметилтетрагидропиран-4-ола с 3-меркаптопропинил-5-амино-1,2,4-триазолом, в течении 5 часов при температуре -15°C в среде диэтилового эфира в присутствии пятикратного избытка технического едкого калия.



Структура и строение полученных органических соединений было доказана при помощи ИК-спектроскопии, ЯМР ¹H- и ¹³C-спектроскопии.

Спектры ЯМР ¹H и ЯМР ¹³C (растворитель – ДМСО-D₆, внутренний стандарт – ТМС) записаны на спектрометре Bruker Avance 600 (600 МГц для ядер ¹H и 150 МГц для ядер ¹³C).

ИК-спектры полученных соединений снимали на спектрометре «Инфра-Люм-ФТ 02» («ЛЮМЕКС», Россия) в интервале частот 4200-400 см⁻¹ (для жидких соединений – в тонком слое).

Результаты и обсуждения

На рисунке 1 представлен ИК спектр 2,2-диметилтетрагидропиран-4-она.

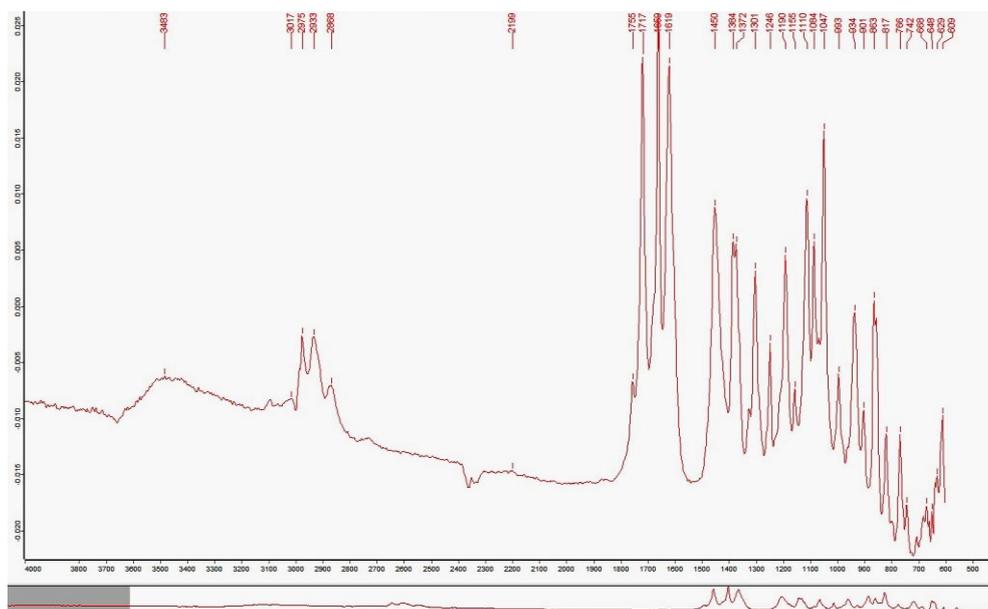


Рис. 1. ИК-спектр 2,2-диметилтетрагидропиран-4-она

В ИК-спектре 2,2-диметилтетрагидропиран-4-она (рисунок 1) наблюдаются полосы поглощения при 1659 см^{-1} соответствующая группе $\text{C}=\text{O}$ кетонов, 2977 см^{-1} и 2932 см^{-1} соответствующих метил, метиленовым группам, 1109 см^{-1} соответствует $-\text{C}-\text{O}-\text{C}-$ циклических эфиров, 1300 см^{-1} соответствует валентным колебаниям $-\text{C}-\text{O}$ эфиров.

На рисунке 2 и 3 представлены ЯМР ^{13}C и ЯМР ^1H - спектры 3-меркаптопропинил-5-амино-1,2,4-триазола.

В спектре ЯМР ^{13}C (рисунок 2) присутствуют сигналы при 19,71 м.д., соответствующие углероду C_7 метиленовой группы пропаргильного заместителя. Сигналы при 73,89 м.д. и 81,16 м.д. соотносятся с ацетиленовыми углеродами. Сигналы при 154,91 м.д. соответствуют C_5 углероду триазольного кольца. А сигнал в области 158,18 м.д. соотносится с C_3 углеродом триазольного кольца.

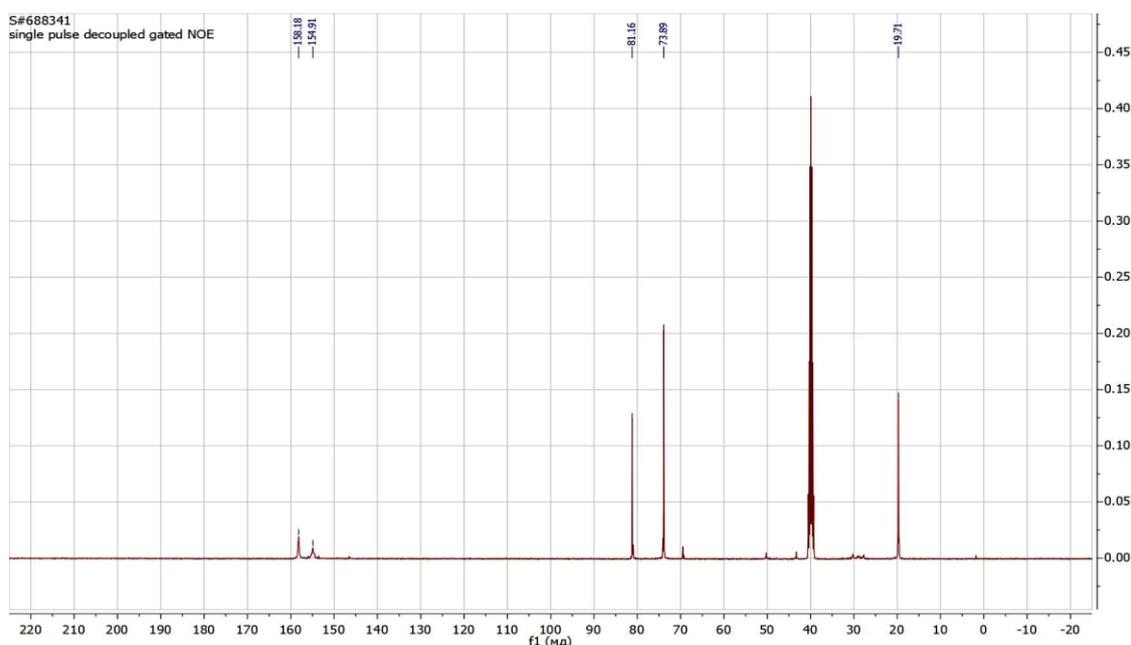


Рис. 2. ЯМР ^{13}C спектр 3-меркаптопропинил-5-амино-1,2,4-триазола

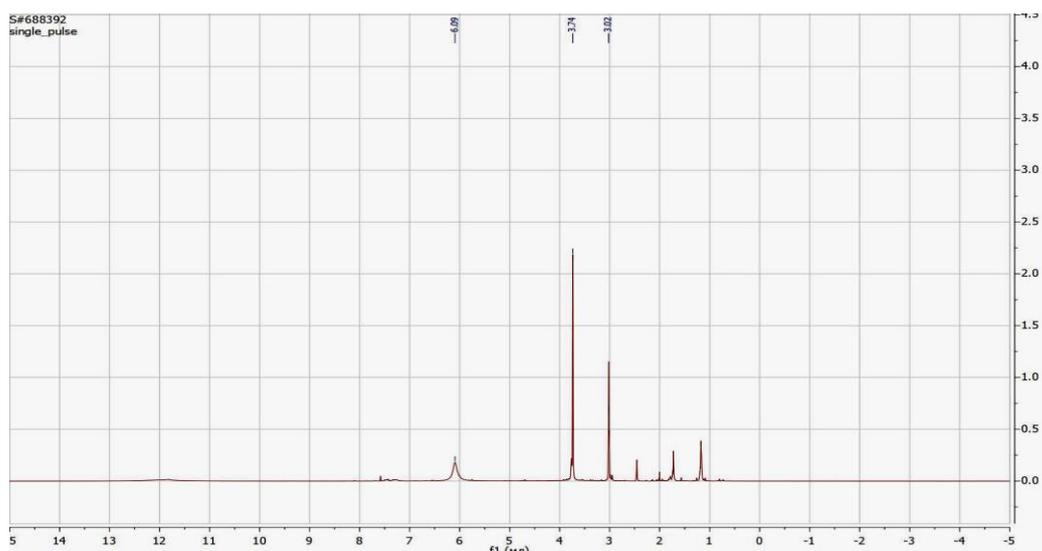


Рис. 3. ЯМР ^1H спектр 3-меркаптопропил-5-амино-1,2,4-триазола

В спектре ЯМР ^1H (рисунок 3) присутствует сигнал в области 3,01 м.д. соответствующий водороду при C_9 углероде ацетиленовой группы. Сигнал при 3,73 м.д. соотносится с водородами метиленовой группы пропаргильного заместителя. Атомы водорода при аминном заместителе N_{10} прописываются в виде уширенного сигнала при 6,09 м.д.. Водород при N_1 в спектрах ЯМР ^1H не прописывается в силу замещения на D растворителя.

На рисунке 4 представлен ИК спектр 2,2-диметил-4-(5'-амино-1'2'4'-триазол-3'-тиопропил)-тетрагидропиран-4-ола.

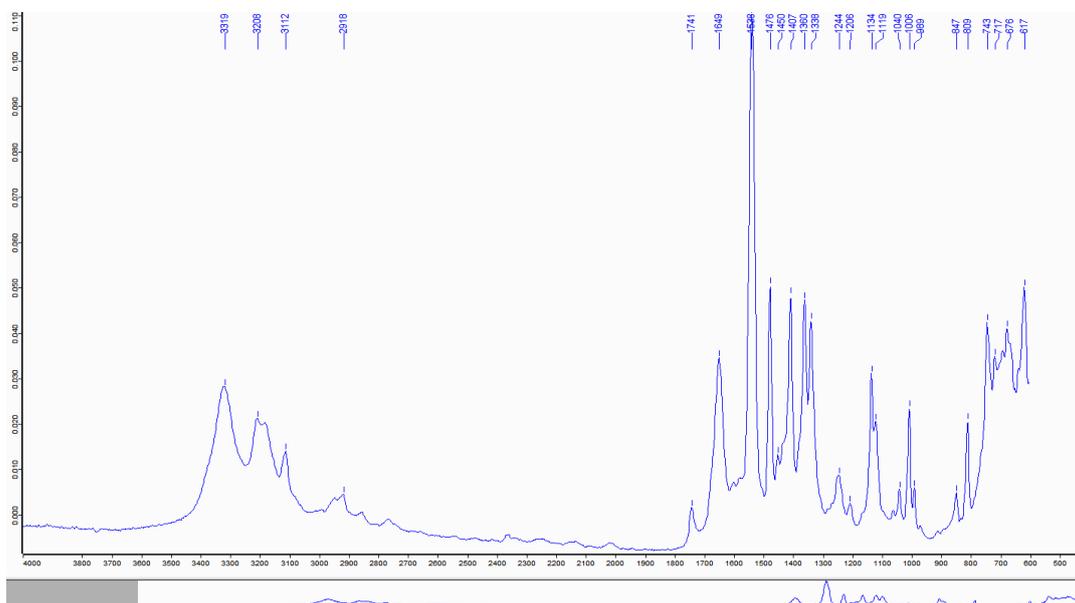


Рис. 4. ИК-спектр 2,2-диметил-4-(5'-амино-1'2'4'-триазол-3'-тиопропил)-тетрагидропиран-4-ола

В ИК-спектре (рисунок 4) 2,2-диметил-4-(5'-амино-1'2'4'-триазол-3'-тиопропил)-тетрагидропиран-4-ола можно наблюдать отсутствие полос поглощения в диапазоне от 1700cm^{-1} до 1600cm^{-1} характерной для карбонильной группы и появление характерной широкой полосы поглощения при 3318cm^{-1} соответствующей гидроксидной группе, позволяет сделать вывод, что реакция этилирования прошла по кетонному карбонилу 2,2-диметилтетрагидропиран-4-она.

На рисунке 5-6 представлены ЯМР ^1H - и ^{13}C -спектры 2,2-диметил-4-(5'-амино-1'2'4'-триазол-3'-тиопропил)-тетрагидропиран-4-ола.

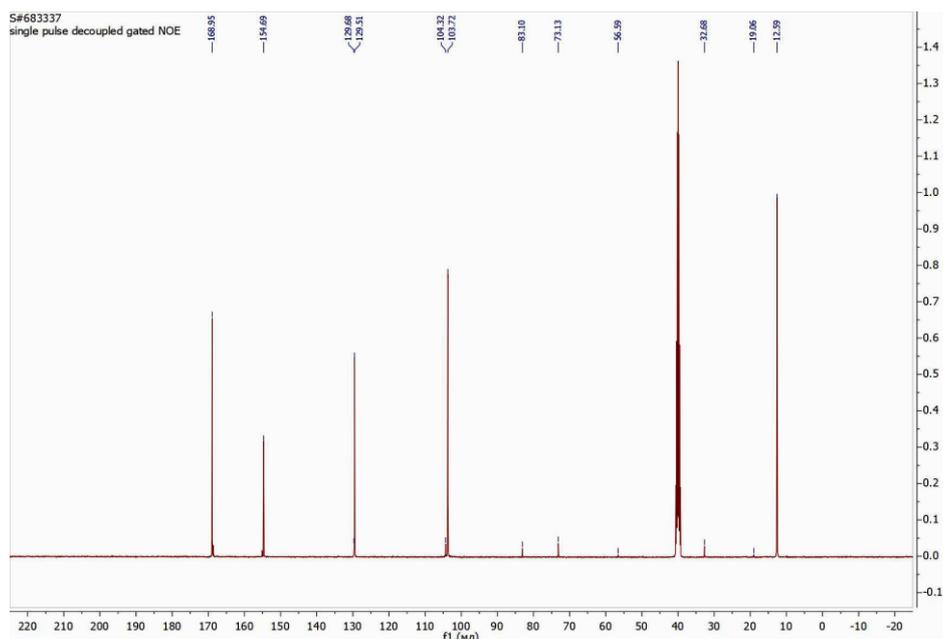


Рис. 5. ЯМР ^{13}C спектр 2,2-диметил-4-(5'-амино-1'2'4'-триазол-3'-тиопропинил)-тетрагидропиран-4-ола

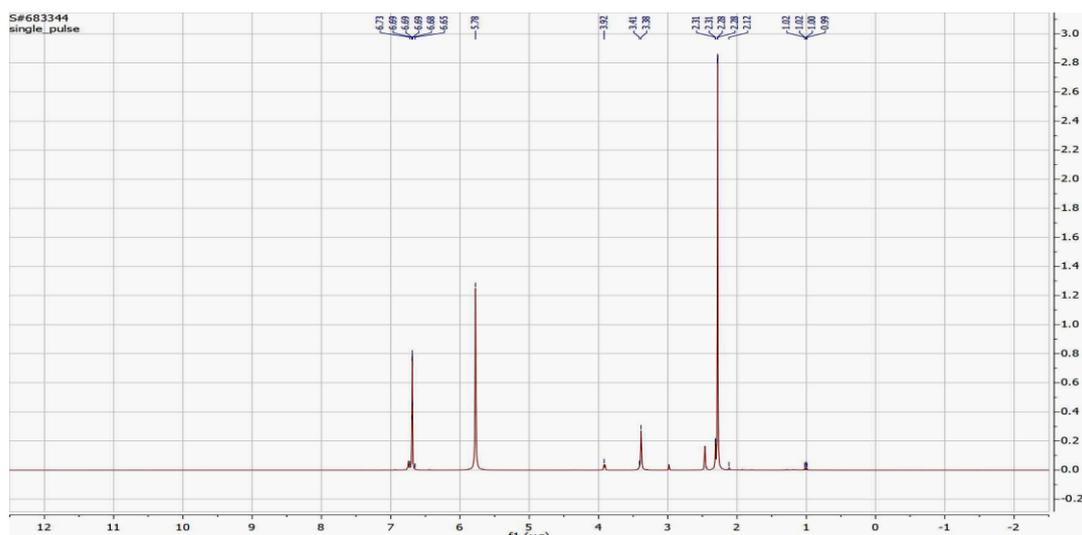


Рис. 6. ЯМР ^1H спектр 2,2-диметил-4-(5'-амино-1'2'4'-триазол-3'-тиопропинил)-тетрагидропиран-4-ола

В спектре ЯМР ^{13}C (рисунок 5) присутствует сигнал при 12,59 м.д., соответствующий углероду C_7 пропаргильного заместителя. При 19,06 м.д. прописывается сигнал соответствующий углеродам метильных заместителей C_{18} и C_{19} . Сигналы при 32,68 м.д. и 56,59 м.д. соотносятся с углеродами тетрагидропиранольного кольца C_{16} и C_{12} соответственно. Сигнал при 73,10 м.д. и 83,1 м.д. соответствует углеродам C_8 и C_9 соответственно. Углерод C_{15} тетрагидропиранноного кольца прописывается 103,72 м.д.. Сигнал при 104,32 м.д. соответствует углероду C_{11} . Углерод C_{13} прописывается в области 129,68 м.д.. Углероды C_3 и C_5 триазольного кольца прописываются в области 168,95 м.д. и 154,69 м.д. соответственно.

В спектре ЯМР ^1H (рисунок 6) присутствуют сигналы в виде мультиплета при 0,99 м.д. и 1,02 м.д. соответствующие протонам у метильных радикалов C_{18} и C_{19} . Сигналы в виде мультиплета при 2,28 м.д. и 2,31 м.д. соотносятся с водородами метиленовых групп при C_{12} и C_{16} . Сигналы в виде дуплета в области 3,38 м.д. и 3,41 м.д. соотносятся с метиленовой группой при C_{15} . Так же присутствует сигнал соответствующий водороду метиленовой группы C_7 пропаргильного заместителя при 3,92 м.д.. Сигнал при 5,78 м.д. соотносится с водородом гидроксильной группы O_{17} . И сигнал в виде мультиплета при 6,65 м.д. – 6,69 м.д. относящийся к протонам амина группы N_{10} .

Для приготовления 0,1% раствора было взято 0,1 г 2,2-диметил-4-(5'-амино-1'2'4'-триазол-3'-тиопропинил)-тетрагидропиран-4-ола, растворенного в 20% спиртовом растворе (таблица 1). Так же для перевода в водорастворимую форму было проведено гидрохлорирование 2,2-диметил-4-(5'-амино-1'2'4'-триазол-3'-тиопропинил)-тетрагидропиран-4-ола.

Для приготовления 0,1% раствора было взято 0,1 г 2,2-диметил-4-(5'-амино-1'2'4'-триазол-3'-тиопропинил)-тетрагидропиран-4-ола, растворенного в 100 мл воды (таблица 2). Все последующие концентрации приготавливались методом разбавления, а именно с более концентрированного $1 \cdot 10^{-1}\%$ раствора были приготовлены растворы с концентрациями $1 \cdot 10^{-2}\%$, $1 \cdot 10^{-3}\%$, $1 \cdot 10^{-4}\%$, $1 \cdot 10^{-5}\%$. В качестве объекта для модельных испытаний полученного нами 2,2-диметил-4-(5'-амино-1'2'4'-триазол-3'-тиопропинил)-тетрагидропиран-4-ола использовались семена яровой пшеницы. Был произведен отбор семян в контрольные группы по 25 штук. Данные семена были замочены на 2 часа в растворе 2,2-диметил-4-(5'-амино-1'2'4'-триазол-3'-тиопропинил) - тетрагидропиран-4-ола при следующих концентрациях: $1 \cdot 10^{-1}\%$, $1 \cdot 10^{-2}\%$, $1 \cdot 10^{-3}\%$, $1 \cdot 10^{-4}\%$, $1 \cdot 10^{-5}\%$, в чистой дистиллированной воде в качестве эталона использовался регулятор роста растений КН-2 официально зарегистрированный в списке разрешенных к применению ядохимикатов и пестицидов Республики Казахстан, концентрацией $1 \cdot 10^{-3}\%$. После замачивания семена были выложены на влажную фильтровальную бумагу в чашки Петри и укрыты увлажненной фильтровальной бумагой. Чашки Петри были выложены под прямыми солнечными лучами на подоконник. Температура помещения во время испытания находилась в пределах 20-22°C. В течении 5 дней велось наблюдение за ходом развития семян пшеницы, измерялись общая длина корней и побегов.

Данные измерений экспресс проверки ростстимулирующей активности 2,2-диметил-4-(5'-амино-1'2'4'-триазол-3'-тиопропинил)-тетрагидропиран-4-ола представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты экспресс проверки ростстимулирующей активности 2,2-диметил-4-(5'-амино-1'2'4'-триазол-3'-тиопропинил) - тетрагидропиран-4-ола.

Наименование и концентраций, %	День 1		День 2		День 3		День 4		День 5	
	Корень, см	Стебель, см								
Вода	0	0	0,5	0	0,8	0,4	3,7	3,0	3,8	3,2
КН-2 (0,001%)	0,8	0,9	1,7	1,2	2,8	1,8	3,0	2,1	3,6	2,7
ДМАТТПТ (0,1%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ДМАТТПТ (0,01%)	0	0	0	0	0,4	0,3	1,3	0,7	2,0	1,0
ДМАТТПТ (0,001%)	0	0	0,9	0	1,0	0,3	2,3	1,3	4,2	3,5
ДМАТТПТ (0,0001%)	0	0	0,7	0	1,7	1,1	1,5	2,0	3,9	3,4
ДМАТТПТ (0,00001%)	0	0	0,5	0	1,5	1,1	3,7	3,5	3,6	5,4

Данные измерений экспресс проверки ростстимулирующей активности гидрохлоридной формы 2,2-диметил-4-(5'-амино-1'2'4'-триазол-3'-тиопропинил)- тетрагидропиран-4-ола представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты экспресс проверки ростстимулирующей активности гидрохлоридной формы 2,2-диметил-4-(5'-амино-1'2'4'-триазол-3'-тиопропинил)-тетрагидропиран-4-ола

Наименование и концентраций, %	День 1		День 2		День 3		День 4		День 5	
	Корень, см	Стебель, см	Корень, см	Стебель, см	Корень, см	Корень, см	Стебель, см	Корень, см	Стебель, см	Корень, см
Вода	0	0	0,5	0	0,8	0,4	3,7	3,0	3,8	3,2
КН-2 (0,001%)	0,8	0,9	1,7	1,2	2,8	1,8	3,0	2,1	3,6	2,7
ДМАТТПТ·*НСІ, (0,1%)	0	0	0,6	0	0,6	1,0	1,7	3,0	1,9	3,2
ДМАТТПТ·*НСІ (0,01%)	0	0	0,6	0	1,6	1,3	3,0	3,2	3,5	4,0
ДМАТТПТ·*НСІ (0,001%)	0	0	1,0	0	1,5	0,8	2,5	4,0	3,5	4,7
ДМАТТПТ·*НСІ (0,0001%)	0	0	0,6	0	2,1	1,2	2,5	3,5	2,9	4,1
ДМАТТПТ·*НСІ (0,00001%)	0	0	0,9	0	2,0	1,0	2,0	1,6	2,8	3,1

Анализируя данные таблиц 1 и 2, было установлено что основание показывает более высокую активность над гидрохлоридной формой, и наиболее активной являются концентрации в 0,0001 и 0,00001%. Полученные данные требуют подтверждения планируемыми более детальными исследованиями.

Заключение

Было получен 2,2-диметил-4-(5'-амино-1'2'4'-триазол-3'-тиопропинил) - тетрагидропиран-4-ол проявивший свойства регулятора роста растений. Для получения, данного соединения были синтезированы органические соединения 2,2-диметилтетрагидропиран-4-она и 3-меркаптопропинил-5-амино-1,2,4-триазола с соблюдением основных параметров синтеза.

Строение и структуру полученных органических соединений подтвердили с помощью ИК-спектроскопии, ЯМР ¹H- и ¹³C-спектроскопии.

Полученное соединение 2,2-диметил-4-(5'-амино-1'2'4'-триазол-3'-тиопропинил) - тетрагидропиран-4-ол было протестировано на рострегулирующую активность на семенах яровой пшеницы методом проращивания семян. Из полученных предварительных результатов был сделан вывод, что произрастание семян яровой пшеницы лучше всего идет на основной форме 2,2-диметил-4-(5'-амино-1'2'4'-триазол-3'-тиопропинил) - тетрагидропиран-4-ола.

Работа выполнена в рамках проекта МОН РК (2018-2020 гг.): «Разработка экологически безопасных агропрепаратов пролонгированного действия для повышения урожайности сельскохозяйственных культур и реабилитации почв».

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Gadaginamath G.S., Kavali R.R., Pujar S.R. Synthesis and antimicrobial activity of new 1-n-butyl-3-acetyl-5-(2,4-diamino-1,3,5-triazin-6-yl)methoxy-2-methylindole derivatives//Indian J.Chem. Sect.B. -1999. -V.38. -№10. -P.1226-1228.
- [2] Колдобский Г.И., Островский В.А. Тетразолы//Усп.химии. -1994. –Т. 63. - №10. – С. 847-865.
- [3] Butler R.N. In Book: Comprehensive Heterocycle Chemistry/Tetrazoles. -1984. – Vol. 5. – P. 791-838.
- [4] Чернышев В.М. С-амино-1,2,4-триазолы и конденсированные гетероциклические системы на их основе: синтез, особенности строения и реакционная способность: дис. ... д-ра хим. наук. Ростов н/Д., 2012. 338 с.
- [5] Чернышева А.В., Чернышев В.М., Короленко П.В., Таранушич В.А. Термодинамические и кинетические аспекты реакции амингуанидина с малоновой кислотой в кислых водных растворах//Журн. прикладной химии. 2008. Т. 81, № 10. С. 1690 – 1695.
- [6] Чернышев В.М., Чернышева А.В., Таранушич В.А. Оптимизация синтеза 5-амино-1,2,4-триазол-3-илуксусной кислоты и бис-5-амино-1,2,4-триазол-3-илметана//Журнал прикладной химии. 2009. Т. 82, № 2. С. 282 – 287.
- [7] Тарасова Е.В., Чернышев В.М., Чернышева А.В., Абагян Р.С. Термодинамические и кинетические аспекты однократного синтеза гидрохлорида 5-амино-3-метил-1,2,4-триазола из амингуанидина и уксусной

кислоты//Журнал прикладной химии. 2011. Т. 84, № 3. С. 408 – 414.

[8] Чернышев В.М., Тарасова Е.В., Чернышева А.В., Таранушич В.А. Синтез 3-пиридилзамещенных 5-амино-1,2,4-триазолов из аминогуанидина и пиридинкарбоновых кислот // Журнал прикладной химии. 2011. Т. 84, № 11. С. 1804 – 1810.

UDC 666.9-1

G.A. Kambarova, P.A. Abdurazova, A.M. Makulbayeva, Y.B. Raiymbekov
(M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan, eplusr@bk.ru)

INVESTIGATION OF THE PURIFICATION PROCESS BY SUCCESSIVE RECRYSTALLIZATION OF THE AMMONIUM DIHYDROGEN PHOSPHATE

Abstract. The article is devoted to the study of the physicochemical and technological conditions for the production of ammonium and sodium phosphates, based on the cheaper phosphate-containing raw materials, which is the technical $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ product.

Key words: chemistry, inorganic chemistry, ammonium dihydrogen phosphate.

Introduction. Phosphates of ammonium, sodium, potassium, calcium, purified to reactive brands are widely used in many industries. The total phosphate demand in Kazakhstan is estimated at approximately 5 thousand tons / year. Currently, the production of reactive phosphate grades depends on imports of high-purity phosphoric acid supplied from Belgium, China and Israel.

The technology for obtaining pure phosphates is based on a method based on neutralization of orthophosphoric acid solutions of the reactive brands “pure”, “pure for analysis”, “chemically pure”, food with appropriate amounts of carbonates or hydroxides of alkaline or alkaline-earth metals of appropriate purity, followed by paring the obtained solutions of salts and crystallization of the solid phase of phosphates.

The search for a more affordable and cheap source of raw materials that replaces expensive phosphoric acid, as well as the development of methods for its processing to high-purity phosphates, is an urgent task of great scientific and applied interest. The high cost of the phosphate salts obtained is mainly due to the high cost of reactive grades of orthophosphoric acid qualifications pure, clean for analysis, chemically pure, which is at the level of \$ 1.5–4.5 thousand per ton of 85% H_3PO_4 .

Until recently, in the domestic and foreign literature there was no information about the technology of deep purification of ammonium phosphate and the production of ammonium and sodium phosphates from it. [1] first presented the results of a study on the re-crystallization purification of ammophos (an alternative method without using phosphoric acid) and obtaining from it phosphates of sodium, potassium, calcium by the method of solid-phase interaction of ammonium dihydrogen phosphate with carbonates and alkali metal and potassium hydrogen carbonates.

Research methodology. The main methods of chemical and physicochemical studies in the work were: various analytical methods of chemical analysis, X-ray phase analysis, high-temperature X-ray, differential thermogravimetric analysis, pH-metry. The study of the phase composition of the starting compounds, the products of their interaction or thermal decomposition was carried out using differential thermo gravimetric, X-ray phase analysis and high-temperature X-ray diffraction. Differential-thermo gravimetric analysis was performed using a synchronous thermo analyzer STA 449 C Jupiter in the temperature range 20-100 ° C, weighed 10-30 mg, heating rate 100C / min. The phase composition of the studied samples was controlled using the Guinier FR-552 camera, $\text{CuK}\alpha_1$ radiation, 0.001 g weighed weight, sensitivity 0.5% wt. Simultaneous imaging of three samples made it possible to visually compare the three radiographs on a general scale and reveal their subtle structural differences. Metallic silicon was used as an internal standard. The analysis was carried out using various reference books and a radiograph data bank [2, 3].

Results and discussion. Monosubstituted ammonium phosphate can be a phosphate raw material source, replacing the purified expensive EPA. In the literature, there are practically no data on the purification processes of ammonium phosphate or ammonium phosphate salts, with the exception of [1]. In this work, the process of purification of ammonium dihydrophosphate was investigated by the method of three consecutive recrystallizations with the aim of completing reactive grades $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ of qualifications “pure”, “pure for analysis”, “chemically pure”, which included the following stages. The required amounts of ammophos and water were mixed, to prepare a solution with a concentration of 28.57 wt.% $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$.

After settling, the insoluble impurities were separated from the solution by filtration. Then, with stirring, the required amount of SrCO_3 was introduced into the solution in order to precipitate the sulfates in the form of an insoluble SrSO_4 precipitate. After settling, the solution was separated from the precipitate. The concentration of ions in the solution is reduced from 8 to 0.1 wt.%. The solution was evaporated at $t = 75^\circ\text{C}$ to achieve a concentration of 50 wt. % $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ and cooled at a rate of $7\text{-}10^\circ\text{C/h}$ to ambient temperature. The $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ crystals were filtered from the mother liquor and subjected to two repeated re-crystallizations. The yield of $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ brand "chemically pure" after 3 stages of re-crystallization was 32 wt. % the experiment on the purification of the starting ammonium dihydrogen phosphate was performed in a thermostated reactor equipped with a stirrer. The base 44.3 wt.% Solution was prepared on the basis of technical $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, dissolving it in distilled water. The resulting solution was heated to a temperature of $85\text{-}90^\circ\text{C}$ and evaporated for 1-2 hours with stirring to a concentration of 62.77 wt. % and the ratio of L:S = 1: 1. At the moment of saturation, a chemically pure brand of ammonium dihydrophosphate was added to the evaporated solution in an amount of 0.05% of the initial reaction mass, as a result of which mass crystallization began. Next, the solution for 3-3.5 hours with constant stirring was cooled to a temperature of 25°C . The solid phase was separated by filtration on a Buchner funnel with filter cloth under vacuum at a residual pressure of 0.08 MPa. The obtained transparent needle crystals with a size of 3-4 mm were investigated for the content of impurities according to GOST 3771-74. Figure 1 shows the results of the analysis of the content of impurities in ammonium dihydrogen phosphate after the 1st, 2nd and 3rd re-crystallization.

As can be seen from Figure 1 after the first stage of crystallization, the product does not correspond to the reactive grade "pure" in terms of sulfates. After the second stage, the product corresponds to the brand "pure for analysis".

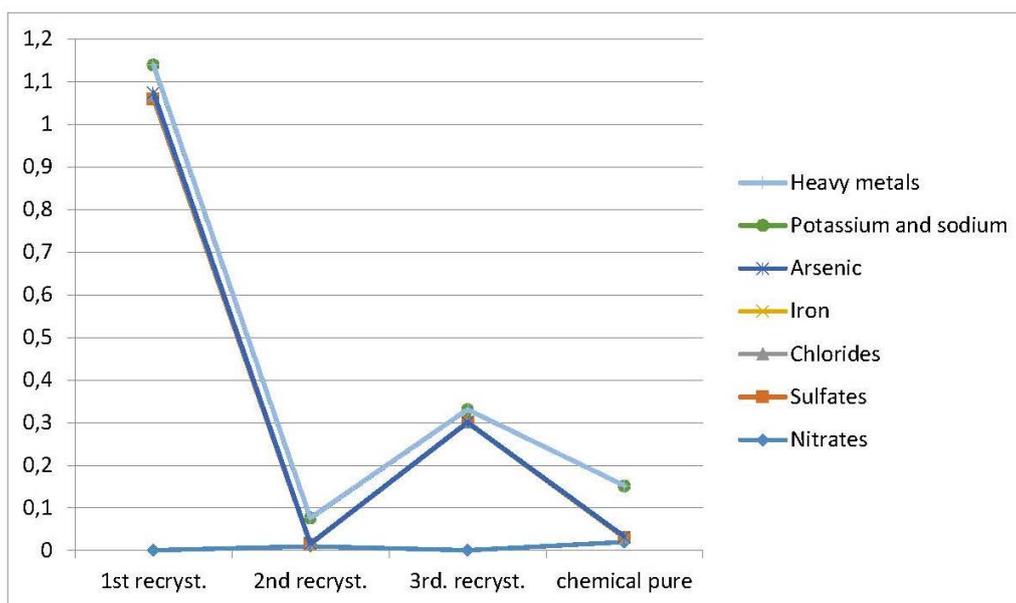


Figure 1. The content of impurities in the original and the obtained experimental samples of ammonium dihydrogen phosphate after the 1st, 2nd and 3rd re-crystallization.

A slight excess of the content of sulfate ions and potassium after the 2nd stage does not allow assigning the product to the mark "chemical pure". This makes it necessary to conduct the 3rd stage of re-crystallization. After the third stage, the product complies with the requirements of the "chemical clean" brand. The content of impurities in monosodium ammonium phosphate after the third re-crystallization compared with the initial decreased: the content of nitrates more than 2 times, sulfates 530 times, chlorides 75 times, iron 300 times, the amount of potassium and sodium 26 times, heavy metals 100 time. The second and third stages of re-crystallization were carried out similarly to the first.

Conclusion. As a result of the studies performed, based on the quality data of the products obtained after the 1st, 2nd and 3rd stages of two-step re-crystallization, presented in fig. 1, it was established that it is possible in principle to carry out an industrial process of deep cleaning of technical to reactive grades "pure", "pure for analysis", "chemically pure". The proposed method is a fairly effective way of deep cleaning ammonium phosphate solutions from virtually all impurity anions and cations.

REFERENCES

- [1] Bushuev N.N., Iskulov V.F., Petropavlovskij I.A. Poluchenie reaktivnyh marok fosfatov ammonija glubokoj ochistkoj ammotofosa i diammonijfosfata. Him. Tehnologija. -2000.-№5, - P.2-7.
[2] International Centre for Diffraction Data, JCPDS, cards 6-125, 10-190, 11-643, 28-1048, 37-334.
[3] Crystallographic properties of fertilizer compoimds. National fertilizer development center. Muscle shoals, Alabama, 1967.

Қамбарова Ғ.Ә., Абдуразова П.А., Мақұлбаева А.М., Райымбеков Е.Б.

Аммоний дигидрофосфатын бірізді қайта кристаллизациялау әдісімен тазарту үрдісін зерттеу

Түйіндеме. Мақала аммоний және натрий фосфаттарының физикалық-химиялық және технологиялық жағдайларын зерттеуге арналған, техникалық $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ өнімі болып табылатын арзан фосфат бар шикізат негізінде қолданылады.

Кілт сөздер: химия, бейорганикалық химия, аммоний дигидрофосфаты.

Камбарова Г.А., Абдуразова П.А., Мақұлбаева А.М., Райымбеков Е.Б.

Исследование процесса очистки методом последовательной перекристаллизации дигидрофосфата аммония

Резюме. Статья посвящена исследованию физико-химических и технологических условий получения фосфатов аммония и натрия, исходя из более дешевого фосфатсодержащего сырья, которым является технический $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ – продукт.

Ключевые слова: химия, неорганическая химия, дигидрофосфат аммония.

УДК 544.653.3

A. Avchukir, B.D. Burkitbayeva

(Al-Farabi Kazakh National University,

Center of Physical Chemical Methods of Research and Analysis, Almaty, Kazakhstan

e-mail: khaisa.avchukir@cfhma.kz)

INDIUM ELECTRODEPOSITION KINETICS ON A TITANIUM ELECTRODE FROM CHLORIDE SOLUTIONS

Abstract. This paper reports a study of the kinetics of the initial stages of electrocrystallization during the electrodeposition of indium on a titanium electrode. The kinetics of electrodeposition of indium on a titanium from chloride electrolytes by the cyclic voltammetry and chronoamperometry methods has been studied. The values of the reaction rate constant (5.1×10^{-4} cm/s) and the heterogeneous charge transport constant (11.3×10^{-4} cm/s) indicate a quasi-reversible character of the process with diffusion control. Diffusion coefficient of In^{3+} ions determined by the cyclic voltammetry method on the basis of the Randles-Ševčík equation is in good agreement with the value determined by the chronoamperometry using the Cottrell law and amount to 5.6×10^{-7} and 5.4×10^{-7} cm^2/s for the concentration of In^{3+} 0.5 mol/L, at 25°C, respectively. The use of the nucleation models developed by Sharifker-Hills showed the instantaneous three-dimensional nucleation mechanism with diffusion control. The number density of active sites at different temperatures and the concentration of the potential-determining ion is calculated, which makes it possible to find the optimal conditions for obtaining dense cathode deposits.

Key words: indium, electrodeposition, reaction rate constant, nucleation, number density of active sites

Х. Авчукир, Б.Д. Буркитбаева

(Казахский национальный университет им. Аль-Фараби,

Центр физико-химических методов исследования и анализа, Алматы, Республика Казахстан

e-mail: khaisa.avchukir@cfhma.kz)

КИНЕТИКА ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЯ ИНДИЯ НА ТИТАНОВОМ ЭЛЕКТРОДЕ ИЗ ХЛОРИДНЫХ РАСТВОРОВ

Аннотация. Исследована кинетика начальных стадий электрокристаллизации при электроосаждении индия на титановом электроде. Кинетика электроосаждения индия на титане из хлоридных электролитов исследована методами циклической вольтамперометрии (ЦВА) и хроноамперометрии (ХА). Значения константы скорости реакции ($5,1 \times 10^{-4}$ см/с) и гетерогенной константы переноса заряда ($11,3 \times 10^{-4}$ см/с) указывают на квазиобратимый характер процесса с диффузионным контролем. Значения коэффициента диффузии In^{3+} ионов,

определенные методами ЦВА на основании уравнения Рендлса-Шевчика и ХА по уравнению Коттрелла мало разнятся и составляют при 25°C и концентрации In^{3+} 0,5 моль/л: $5,6 \times 10^{-7}$ и $5,4 \times 10^{-7}$ см²/с, соответственно. Применение модели Шарифкера-Хиллса позволило установить, что зародышеобразование протекает по механизму мгновенной трехмерной нуклеации с диффузионным контролем. Рассчитана плотность числа активных центров при различной температуре и концентрации потенциалоопределяющего иона, что позволяет найти оптимальные условия получения плотных катодных осадков.

Ключевые слова: индий, электроосаждения, константа скорости реакции, нуклеация, плотность числа активных центров

Введение

При разработке электрохимического рафинирования металлов необходимо исследование процесса электроосаждения, связанного с проблемами кинетики начальных стадий электрокристаллизации и локального осаждения фрагментов новой твердой фазы. Детальное исследование электродных процессов на поверхности раздела металл/электролит позволяет находить оптимальные условия для получения и рафинирования индия, большими минеральными запасами которого обладает Казахстан. Электроосаждение индия изучено на ртутно-капающем и амальгамном электродах [1-3]. Восстановление индия на амальгамных электродах протекает обратимо при малых плотностях тока ($\sim 0,1$ А/см²) и скорость определяющей стадией является присоединение первого электрона $\text{In}^{3+} \rightarrow \text{In}^{2+}$. В работе [4] показано, что разряд ионов индия на ртутно-капающем электроде имеет квазиобратимый характер с преобладанием диффузионного контроля и константа скорости реакции составляет $\sim 10^{-4}$ см/с. Изучено электроосаждение индия из хлоридных, сульфатных и перхлоратных электролитов на различных твердых электродах [5-10]. В предшествующей работе [11] нами исследовано электровосстановление индия на платиновом, стеклоуглеродном и титановом электродах в перхлоратсодержащих хлоридных электролитах. На титановом электроде константа скорости реакции составляет $4,5 \times 10^{-4}$ см/с и значительно выше чем на платиновом и стеклоуглеродном.

Широкое использование хлоридных электролитов связано с малыми значениями перенапряжения при электроосаждении индия в сравнении с нитратными, перхлоратными, сульфатными электролитами. Преимуществом титанового электрода является высокая прочность, инертность и малые значения перенапряжения в процессах осаждения и фазообразования [11]. В данной работе нами исследована кинетика электроосаждения индия на титановом электроде в хлоридных электролитах методами ЦВА и ХА.

Экспериментальная часть

Все электрохимические измерения были проведены в трехэлектродной ячейке с использованием потенциостата-гальваностата Autolab PGSTAT 302 N (производство Metrohm®, Нидерланды). Рабочим электродом служил титановый дисковый электрод марки ВТ1-0, площадь поверхности которого составляла 0,049 см². В качестве вспомогательного электрода использовалась платиновая пластина, а электродом сравнения являлся хлорсеребряный электрод (ХСЭ) производства Metrohm® ($E = 0,197$ В отн. стандартного водородного электрода). Электролитом служил 1,0 моль/л (марки х.ч.) раствор хлорида натрия, содержащий соль индия InCl_3 с рН 1,5. Концентрация хлорида индия (III) составляла: 0,125; 0,250; 0,500 моль/л. Раствор InCl_3 получали при взаимодействии металлического индия марки Ин-2 (99,98%) с 37% раствором соляной кислоты (Sigma Aldrich, 99,99%).

Кинетика электроосаждения индия на титановом электроде в хлоридных электролитах исследована методом циклической вольтамперометрии в условиях нестационарной диффузии с варьированием скорости поляризации электрода в интервале 5 – 80 мВ/с, при различных значениях температуры: 25, 35, 45, 55°C. Хроноамперометрические измерения проводили при потенциалах $-0,75\text{В}$ ($E_{n/2}$) и $-0,95\text{В}$ (отн. ХСЭ), с варьированием концентрации соли индия, перенапряжения и температуры.

Перед каждым измерением титановый электрод подвергали механической обработке микронной шкуркой, обезжировали спиртом и тщательно промывали бидистиллированной водой. Для оценки воспроизводимости результатов каждое измерение проводили не менее трех раз.

Результаты и обсуждения

При исследовании процессов разряда-ионизации индия получены циклические вольтамперограммы на титановом электроде из хлоридных растворов (рис. 1). Увеличение скорости развертки потенциала от 5 мВ/с до 80 мВ/с приводит к росту катодной плотности тока пика ($i_{пк}$) и смещению потенциала пика восстановления ($E_{n(к)}$) индия в катодную область. Зависимость значений плотности тока пиков от корня

квадратного из скорости развертки потенциала (\sqrt{v}) является линейной (рис. 1. врезка) и не проходит через начало координат, что указывает на квазиобратимый характер исследуемого процесса.

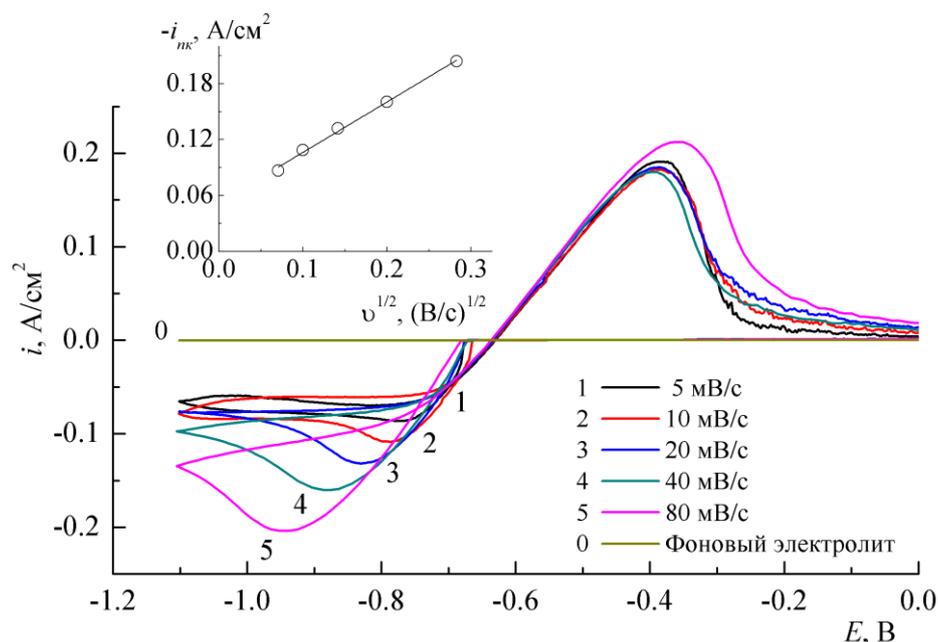


Рис.1. Циклические вольтамперограммы разряда-ионизации индия на титановом электроде в растворе 0,5 моль/л InCl_3 +1,0 моль/л NaCl , при различных скоростях поляризации, $T=25^\circ\text{C}$. Врезка: зависимость i_{pk} от корня квадратного из скорости развертки потенциала.

Для обратимых процессов, взаимосвязь между плотностью тока пика электровосстановления и скоростью развертки потенциала описывается уравнением Рендлса – Шевчика [10]. Из вышепредставленной зависимости i_{pk} от \sqrt{v} на основании уравнения Рендлса – Шевчика были рассчитаны значения коэффициента диффузии ионов индия In^{3+} при концентрации потенциалоопределяющего иона 0,5 моль/л и различной температуре (Таблица 1).

Таблица 1. Значения коэффициента диффузии ионов индия при электровосстановлении индия на титановом электроде в 1,0 М растворе NaCl

Метод	ЦВА	Хроноамперометрия		
$C_{In^{3+}}$, моль/л	0,500	0,250	0,125	
T , °C	$D_{In^{3+}}$, 10^{-6} cm^2/c			
25	0,56	0,54	7,90	13,00
35	0,76	0,71	9,90	15,00
45	1,20	1,10	11,00	17,00
55	1,80	1,60	12,00	19,00

Для определения коэффициента диффузии и константы массопереноса получены хроноамперограммы восстановления ионов индия из хлоридных электролитов при варьировании концентрации соли индия и температуры (рис. 2а). Полнота протекания реакции электровосстановления индия на титановом электроде при хроноамперометрических измерениях обеспечивалась подачей на электрод потенциала -0.95V . Зависимость катодной плотности тока электровосстановления индия от времени для нестационарной диффузии выражается уравнением Коттрелла [12]. Значения коэффициента диффузии In^{3+} ионов, найденные по наклону зависимости $i(t)=f(t^{-1/2})$ представлены в таблице 1. Из таблицы 1 видно отсутствие существенных различий в значениях коэффициента диффузии In^{3+} ионов, найденных методами циклической вольтамперометрии и хроноамперометрии, что свидетельствует о достоверности полученных результатов.

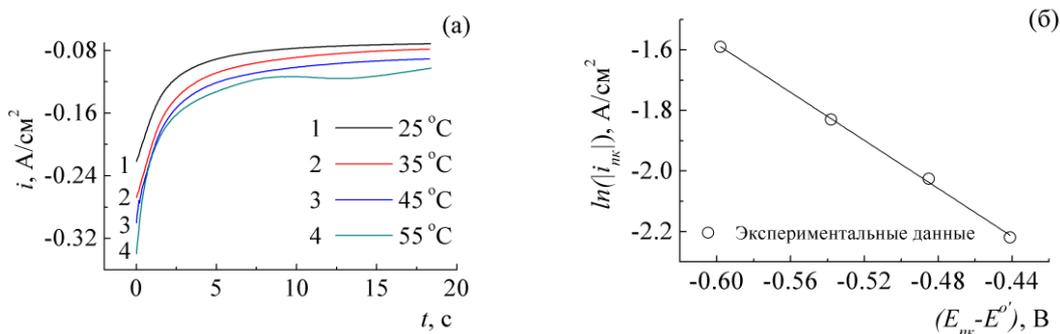


Рис. 2. а) Хроноамперограмма восстановления индия на титановом электроде в растворе 0,5 моль/л InCl_3 +1,0 моль/л NaCl ($E = -0,95\text{В}$) при различной температуре; б) Зависимость логарифма тока пика от разности $E_{\text{нк}}$ и $E^{0'}$

Для диагностики лимитирующей стадии процесса нами рассчитаны константы скорости переноса заряда (k^0) и вещества (m). Из циклических вольтамперограмм (рис. 1) при варьировании скорости развертки потенциала получена зависимость $\ln i_{\text{нк}}$ от $(E_{\text{нк}} - E^{0'})$ (рис. 2 б), позволившая рассчитать константы скорости переноса заряда при восстановлении индия на титановом электроде (таблица 2). Как видно из рис. 2б зависимость $\ln i_{\text{нк}} - (E_{\text{нк}} - E^{0'})$ является линейной. Из значения свободного члена линейной зависимости на основании уравнения 1 были рассчитаны значений измеренной гетерогенной константы переноса заряда – k^0 [12].

$$\ln(i_{\text{нк}}) = \ln(0,227nFC_{\text{In}^{3+}}k^0) - \frac{\alpha nF}{RT} (E_{\text{нк}} - E^{0'}) \quad (1)$$

где $E_{\text{нк}}$ - потенциал пика (В), $E^{0'}$ - формальный электродный потенциал (В), $i_{\text{нк}}$ - плотность катодного тока пика (А), k^0 - измеренная гетерогенная константа скорости стадии переноса заряда (см/с), $C_{\text{In}^{3+}}$ - концентрация ионов индия в объеме раствора (моль/см³).

Константа массопереноса найдена из значений плотности предельного диффузионного тока (рис. 2 а) восстановления индия при варьировании температуры и определена графически из зависимости [13]:

$$i_{\text{np}} = -nF \frac{D_{\text{In}^{3+}}}{\delta_{\text{эф}}} C_{\text{In}^{3+}} = -nFmC_{\text{In}^{3+}} \quad (2)$$

где: m - константа массопереноса (см/с); $D_{\text{In}^{3+}}$ - коэффициент диффузии ионов In^{3+} (см²/с); $\delta_{\text{эф}}$ - эффективная толщина диффузионного слоя (см).

Таблица 2. Константы скорости стадии переноса заряда и массопереноса при электроосаждении индия в 1,0 моль/л растворе NaCl , содержащем 0,5 моль/л InCl_3

$T, ^\circ\text{C}$	25	35	45	55	$E_a, \text{кДж/моль}$
$k^0, (10^{-4}) \text{ см/с}$	11.3	13.8	15.3	16.9	
$m, (10^{-4}) \text{ см/с}$	5.1	5.7	7.0	8.0	

Сравнивая порядки величин найденных констант (таблица 2), исследуемый процесс можно отнести к квазиобратимым с преобладанием диффузионного контроля. Температурная зависимость $\ln(m) - T^{-1}$ позволила рассчитать значение энергии активации процесса, которое составило 12,6 кДж/моль, также свидетельствующее о вышеуказанной природе процесса.

При рафинировании металлов немаловажное значение имеют процессы электрокристаллизации, от которых зависит качество катодных осадков [14-16]. В связи с этим, нами проведено изучение процесса нуклеации при электроосаждении индия на титановом электроде при потенциале $E_{n/2}$.

Для определения механизма нуклеации была использована модель Шарифкера – Хиллса для случая диффузионного контроля [17,18]. Были получены транзисты тока для значений потенциалов полупика восстановления индия при варьировании концентрации потенциалопределяющих ионов и температуры (рис.3).

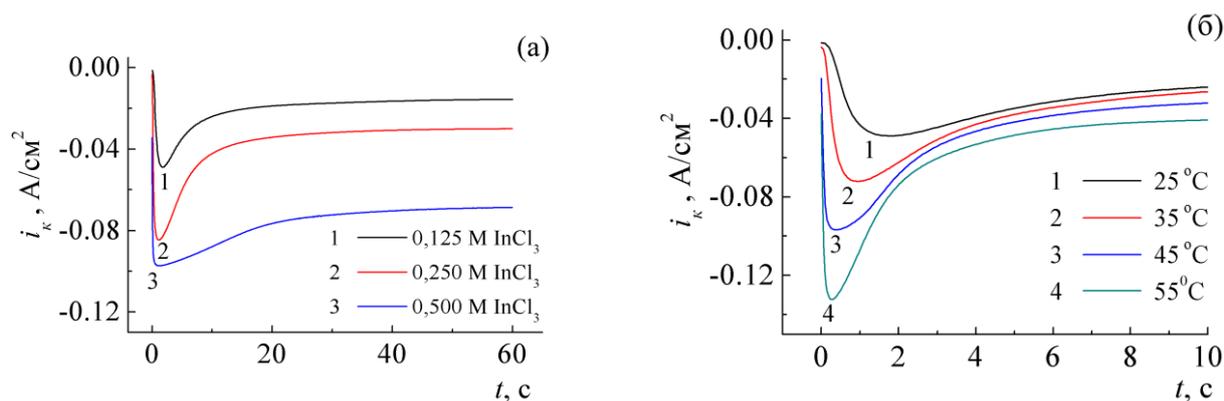


Рис. 3. Хроноамперограммы электровосстановления индия в 1,0 моль/л растворе NaCl на титановом электроде при $E_{n/2} = -0,75\text{В}$, а) при различной C_{InCl_3} , $T=25^\circ\text{C}$; б) при различной температуре, $C_{\text{InCl}_3} = 0,125$ моль/л.

В случаях соответствия практических транзитных кривых в приведенных координатах $((i^2/i_{\text{max}}^2 - t/t_{\text{max}}))$, рассчитанным в рамках использованной модели (рис. 4а) можно определить плотность числа активных центров (N_0) (уравнение 3) [19].

$$N_0 = \left(\frac{1}{8\pi C_{\text{In}^{3+}} V_m} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{nFC_{\text{In}^{3+}}}{i_{\text{max}} t_{\text{max}}} \right)^2 \quad (3)$$

где: N_0 - плотность числа активных центров (см^{-2}), i_{max}^2 - плотность тока пика на хроноамперограмме ($\text{А}/\text{см}^2$), t_{max} - время пика (с), V_m - молярный объем индия ($\text{см}^3/\text{моль}$).

Полученные значения N_0 (таблица 3) свидетельствуют о значительном росте плотности числа активных центров с увеличением температуры и концентрации соли индия. Влияние температуры, по-видимому, объясняется снижением работы образования новой поверхности с ростом этого параметра [16]. Увеличение концентрации ионов индия (III) в растворе способствует образованию новых активных центров, приводящему к торможению процесса дендритообразования.

Таблица 3. Значения плотности числа активных центров и механизм нуклеации при электроосаждении индия на титановом электроде

$T, ^\circ\text{C}$		Механизм нуклеации*				$N_0, \times 10^5, \text{см}^{-2}$			
		25	35	45	55	25	35	45	55
$C_{\text{In}^{3+}}$, моль/л	0,125	+	+	+	+	1,04	1,72	7,04	6,33
	0,250	+	+	+	0	2,46	5,90	10,11	-
	0,500	+	+	0	0	4,73	5,48	-	-

*Примечание: (+) – соответствует мгновенной нуклеации, (0) – не согласуется с моделью Шарифкера – Хиллса

В тех случаях, когда экспериментальные транзисты тока в приведенных координатах не согласуются с выбранной моделью (рис. 4б), расчет N_0 становится невозможным. Превышение наблюдаемого тока над рассчитанным теоретически обусловлено явлениями вторичной нуклеации, т.е. образованием новых зародышей на поверхности зародышей первого слоя [20]. В результате большого числа центров вторичной нуклеации на экспериментальных транзистах наблюдается горизонтальное плато тока.

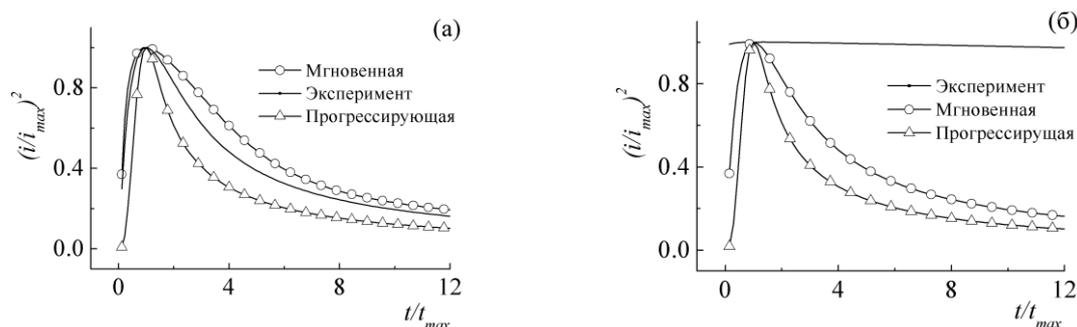


Рис. 4. Экспериментальные и теоретические транзисты тока восстановления иония индия в приведенных координатах а) 0,125 моль/л InCl_3 + 1,0 моль/л NaCl , $T = 55$ °C; б) 0,5 моль/л InCl_3 + 1,0 моль/л NaCl , $T = 55$ °C.

Таким образом, образование новой фазы – зародышей индия на поверхности титана идет по механизму мгновенной 3D нуклеации с диффузионными ограничениями. Варьируя температуру и концентрацию потенциалопределяющих ионов можно создать условия для получения сравнительно плотных катодных осадков.

Выводы

Определен квазиобратимый характер процесса электровосстановления индия из хлоридных растворов на титановом электроде с преобладанием диффузионного контроля из найденных значений констант скорости стадии переноса заряда и массопереноса методами ЦВА и ХА. Значение энергии активации процесса (12,6 кДж/моль), рассчитанное из экспериментальных данных соответствует его диффузионной природе.

Установлен механизм фазообразования при электроосаждении индия на титановом электроде, соответствующий мгновенной трехмерной нуклеации с диффузионными ограничениями. Несоответствие механизма нуклеации модели Шарифкера – Хиллса наблюдается при повышенных температуре и концентрации соли индия. Наблюдаемый рост числа активных центров электроосажденного индия на титане с увеличением вышеупомянутых параметров проведения процесса приводит к получению плотных катодных осадков.

Работа выполнено при поддержке гранта МОН РК (проект № 1580/ГФ4)

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Tanaka N., Takeuchi T., Tamamushi R. The reduction of indium (III) in thiocyanate solutions at the dropping mercury electrode // *Bulletin of the Chemical Society of Japan*. – 1964. – Vol. 37. – Issue 10. – P. 1435-1439.
- [2] Nosal-Wiercinska A., Dalmata G. Studies of the Effect of Thiourea on the Electroreduction of In (III) Ions in Perchloric Acid // *Electroanalysis: An International Journal Devoted to Fundamental and Practical Aspects of Electroanalysis*. – 2002. – Vol. 14. – Issue 18. – P. 1275-1280.
- [3] Kariuki S. et al. Current oscillations of indium (III) at a dropping mercury electrode // *Journal of Electroanalytical Chemistry*. – 2000. – Vol. 486. – Issue 2. – P. 175-180.
- [4] Piercy R., Hampson N. A. The electrochemistry of indium // *Journal of Applied Electrochemistry*. – 1975. – Vol. 5. – Issue 1. – P. 1-15.
- [5] Piercy R., Hampson N. A. The electrochemistry of indium: The metal in relation to other solid metal electrodes // *Surface Technology*. – 1978. – Vol. 6. – Issue 6. – P. 437-446.
- [6] Munoz A. G., Saidman S. B., Bessone J. B. Electrodeposition of indium onto vitreous carbon from acid chloride solutions // *Journal of The Electrochemical Society*. – 1999. – Vol. 146. – Issue 6. – P. 2123-2130.
- [7] Munoz A. G., Bessone J. B. Cathodic Behavior of In in aqueous sodium chloride solutions // *Electrochimica acta*. – 1998. – Vol. 43. – Issue 14-15. – P. 2033-2040.
- [8] Walsh F. C., Gabe D. R. Electrode reactions during the electrodeposition of indium from acid sulphate solutions // *Surface Technology*. – 1978. – Vol. 6. – Issue 6. – P. 425-436.
- [9] Chung Y. H., Lee C. W. Electrochemical behaviors of Indium // *Journal of Electrochemical Science and Technology*. – 2012. – Vol. 3. – Issue 1. – P. 1-13.
- [10] Rakhymbay, G., Nauryzbayev, M. K., Burkitbayeva, B. D., Argimbaeva, A. M., Jumanova, R., Kurbatov, A. P., Vacandio, F. Electrochemical deposition of indium: nucleation mode and diffusional limitation // *Russian Journal of Electrochemistry*. – 2016. – Vol. 52. – Issue 2. – P. 99-105.
- [11] Avchukir Kh., Burkitbayeva, B. D., Argimbaeva, A. M., Rakhymbay, G.S. Kinetics of electrodeposition of indium on solid electrodes from chloride solutions // *Chemical Journal of Kazakhstan*. – 2018. – Vol. 62. – Issue 2. – P. 197-207.

- [12] Bard A. J. et al. Fundamentals and applications // *Electrochemical Methods*. – 2001. – Ed. 2. – P. 482.
- [13] Галюс З., Каплан Б. Я. Теоретические основы электрохимического анализа: Полярография, хроно-вольтамперметрия, хронопотенциометрия, метод вращающегося диска: Пер. с поль. – Мир, 1974.
- [14] Gamburg Y. D., Zangari G. Structure and Microstructure of Electrodeposited Metals and Alloys // *Theory and Practice of Metal Electrodeposition*. – Springer, New York, NY, 2011. – P. 317-333.
- [15] Гамбург Ю. Д., Зангари Д. Теория и практика электроосаждения металлов // М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. – 2015.
- [16] Gamburg Y. D., Zangari G. Thermodynamics and Kinetics of Nucleation // *Theory and Practice of Metal Electrodeposition*. – Springer, New York, NY, 2011. – P. 97-122.
- [17] Scharifker B., Hills G. Theoretical and experimental studies of multiple nucleation // *Electrochimica Acta*. – 1983. – Vol. 28. – Issue 7. – P. 879-889.
- [18] Scharifker B. R., Mostany J. Three-dimensional nucleation with diffusion controlled growth: Part I. Number density of active sites and nucleation rates per site // *Journal of electroanalytical chemistry and interfacial electrochemistry*. – 1984. – Vol. 177. – Issue 1-2. – P. 13-23.
- [19] Matsushima J. T. et al. Electrodeposition of Cu nanoparticles on BDD electrodes: reactions and nucleation mechanism // *Journal of The Electrochemical Society*. – 2012. – Vol. 159. – Issue 4. – P. D246-D252.
- [20] Дамаскин Б. Б., Петрий О. А., Цирлина Г. А. Электрохимия: учеб. пособие для вузов. 2-е изд., испр. и перераб // М.: Химия, Колос. – 2006.

Авчукир Х., Буркитбаева Б.Д.

Индийді хлорид ерітінділерден титан электроды бетінде электртұндыру кинетикасы

Түйіндеме. Аталмыш мақалада индийдің титан электроды бетінде электртұнуы кезіндегі электркристалдану үрдісінің бастапқы сатыларының кинетикасы зерттелінген. Индийді хлорид ерітінділерден титан бетінде электрхимиялық тұндыру кинетикасы циклдік вольтамперметрия (ЦВА) және хроноамперметрия (ХА) әдістерімен зерттелді. Реакция жылдамдығы константасы ($5,1 \times 10^{-4}$ см/с) мен заряд тасымалданудың гетерогенді константасы ($11,3 \times 10^{-4}$ см/с) мәндері үрдістің табиғаты квазикайтымды және диффузиямен шектелгендігін көрсетті. In^{3+} иондарының концентрациясы 0,5 моль/л, температура 25°C жағдайында Рендлс-Шевчик теңдеуі негізінде ЦВА және Коттрелл заңы негізінде ХА әдістерімен анықталған In^{3+} иондарының диффузия коэффициенті мәндері өзара өте жақын, сәйкесінше: $5,6 \times 10^{-7}$ және $5,4 \times 10^{-7}$ см²/с-ті құрайды. Потенциал анықтаушы ионның әртүрлі концентрациясы мен температурада белсенді орталықтардың таралу тығыздығының мәндері есептелді, бұл өз кезегінде тығыз катодтық қаптама алудың оңтайлы шарттарын анықтауға мүмкіндік береді.

Кілт сөздер: индий, электртұндыру, реакция жылдамдығы константасы, нуклеация, белсенді орталықтардың таралу тығыздығы

Avchukir Kh., Burkitbayeva B.D.

Indium electrodeposition kinetics on a titanium electrode from chloride solutions

Summary. This paper reports a study of the kinetics of the initial stages of electrocrystallization during the electrodeposition of indium on a titanium electrode. The kinetics of electrodeposition of indium on a titanium from chloride electrolytes by the cyclic voltammetry and chronoamperometry methods has been studied. The values of the reaction rate constant (5.1×10^{-4} cm/s) and the heterogeneous charge transport constant (11.3×10^{-4} cm/s) indicate a quasi-reversible character of the process with diffusion control. Diffusion coefficient of In^{3+} ions determined by the cyclic voltammetry method on the basis of the Randles-Ševčík equation is in good agreement with the value determined by the chronoamperometry using the Cottrell law and amount to 5.6×10^{-7} and 5.4×10^{-7} cm²/s for the concentration of In^{3+} 0.5 mol/L, at 25°C, respectively. The use of the nucleation models developed by Sharifker-Hills showed the instantaneous three-dimensional nucleation mechanism with diffusion control. The number density of active sites at different temperatures and the concentration of the potential-determining ion is calculated, which makes it possible to find the optimal conditions for obtaining dense cathode deposits.

Key words: indium, electrodeposition, reaction rate constant, nucleation, number density of active sites

U. Besterekov, S.R. Yermekov

(South Kazakhstan State University. M. Auezov. Shymkent. Kazakhstan

E-mail: sajat_78@mail.ru)

CHANGES IN THE CHEMICAL COMPOSITION OF WATER-SALT SYSTEMS IN THE SATURATED SOLUTION RANGE.

Abstract. The article provides information on changes in the chemical composition of water-salt systems based on the NaCl-H₂O system relative to the saturated solution. Currently used halurgy technology in the processing of water-salt systems. When they are obtained by the method of cooling, changes in chemical composition take place. Changes in chemical composition that occur are often ignored.

The article considers the zone of saturated solution for the NaCl-H₂O system as a subject of research, as well as descriptive and quantitative studies of chemical composition changes.

Key words. Halurgy, chemical composition, free and interconnected water, hydrated ions, figurative points, saturated solution.

У. Бестереков, С.Р. Ермеков

(М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті.

Шымкент қаласы. Қазақстан Республикасы. sajat_78@mail.ru)

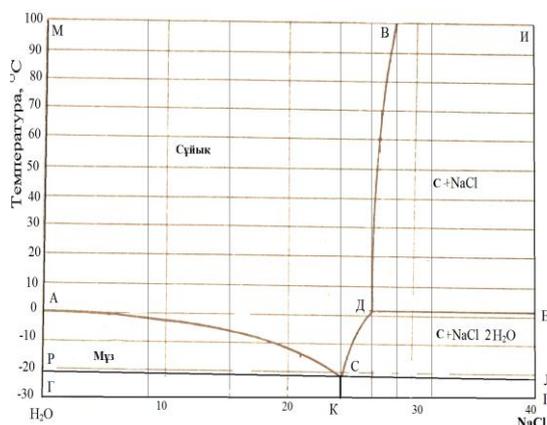
ҚАНЫҚҚАН ЕРІТІНДІ АЙМАҒЫНДА СУЛЫ-ТҰЗДЫ ЖҮЙЕЛЕРДІҢ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМ ӨЗГЕРІСТЕРІ

Андатпа. Мақалада сулы-тұзды жүйелердегі химиялық құрам өзгерістері NaCl-H₂O жүйесіне қатысты қаныққан ерітінді аймағында келтірілген. Қазіргі уақытта сулы-тұзды жүйелерді өңдеу кезінде галургиялық технологиялар қолданылады. Оларды салқындату жолдарымен алуда көптеген химиялық құрамдық өзгерістер орын алады. Ондағы орын алатын химиялық құрамдық өзгерістер көп жағдайда ескерусіз қалуда.

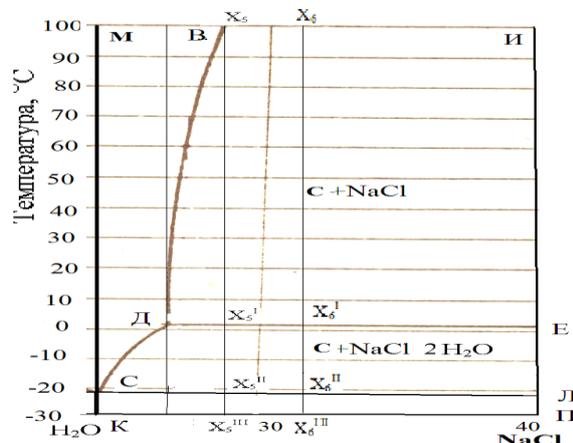
Мақалада NaCl-H₂O жүйесіне қатысты қаныққан ерітінді аймағы зерттеу нысаны ретінде қарастырылып, ондағы орын алатын химиялық құрамдық өзгерістерге сипаттамалық және сандық есептемелік зерттеулер жасалынды.

Кіліт сөздер. Галургия, химиялық құрам, бос және өзара байланысқан су, гидратталған иондар, фигуративті нүкте, қаныққан ерітінді.

Кіріспе. Мақсатты зерттеулерді жүргізу негізінде NaCl-H₂O жүйесінің белгілі ерігіштік күй диаграммасы (1-сурет) пайдаланылып, бастамалық фигуративтік нүктелер – X₅, X₆ қаныққан ерітінді аймағында орналастырылды (2-сурет).



1-сурет. NaCl-H₂O жүйесінің күй диаграммасы



2-сурет. NaCl-H₂O жүйесі күй диаграммасының зерттемелік қимасы

Күй диаграмасы қимасын қанығу сызықтары бірнеше аймақтарға бөледі. Мұнда ВІЕ қаныққан ерітінділер аймағы. СД-ДВ қисықтары, сәйкесінше, NaCl·2H₂O кристаллогидратымен, NaCl тұзымен қанығу қисықтары. КМ осінде температура, КП осінде тұз шоғырының мәндері келтірілген. ДСЕЛ алаңында NaCl тұзының екі сулы кристаллогидраттары тұнбаланылады. СКЛП алаңында қатты күйдегі NaCl тұзы және екі сулы NaCl тұзы кристаллогидраттары қоспасы орналасады.

Зерттеуді жүргізу әдістері. Қарастырып отырған жүйедегі химиялық құрам өзгерістерін сипаттау үшін күй диаграммасы 100⁰С температурада еріген тұз осіне параллел горизонтал түзумен шектелінді. Осы горизонтал түзудің бойынан ерітіндідегі тұздың әртүрлі шоғырларына сәйкес келетін X₅, X₆ бастамалық фигуративтік нүктелер белгіленді. Аталған нүктелерден еріген тұз шоғыры осі КП дейін вертикалдар жүргізілді. Олардың бойынан КП осі бағытында ДЕ, СЛ, КП горизонталдарымен қиылыстарында X₅^I, X₆^I; X₅^{II}, X₆^{II}; X₅^{III}, X₆^{III} нүктелері белгіленді. Зерттеу нысаны болып отырған күй диаграммасы қимасын қолданып NaCl-H₂O жүйесіндегі химиялық құрам өзгерістері X₅ → X₅^{III}; X₆ → X₆^{III} вертикалдары бойында талданды. Осы кезде X₅ → X₅^{III} вертикалы бойында X₅ → X₅^I; X₅^I → X₅^{II}; X₅^{II} → X₅^{III}; X₆ → X₆^{III} вертикалы бойында X₆ → X₆^I; X₆^I → X₆^{II}; X₆^{II} → X₆^{III} кесінділік аралықтарында жеке-жеке қарастырылды.

Зерттеулік сипаттамалар жасауда, оларды сандық есептеулермен дәйектеуде судың, сулы-тұзды жүйелердің құрамы мен қасиеттері туралы заманауи ғылыми жетістіктер ескерілді [1-9]. Зерттеу нәтижелері төмендегі 1,2 кестелерде келтірілген.

NaCl-H₂O жүйесіндегі химиялық құрам өзгерістерін талдау нәтижелері

Талдау бағыттары	Жүйедегі химиялық құрам өзгерістері сипаттамалары
X₅ → X₅^{III} вертикалы бойында	
X ₅ → X ₅ ^I	X ₅ → X ₅ ^I кесіндісі ДВІЕ NaCl тұзының кристалданатын алаңында жатыр. Бұл алаңда жүйе құрамдастары бос және өзара байланысқан су, гидратацияланған натрий және хлор иондарынан және тұнбаға түскен NaCl тұзынан тұрады. X ₅ нүктесінде ерітінді NaCl тұзымен қаныққан. Жүйенің фигуративтік нүктесі X ₅ нүктесінен X ₅ ^I нүктесі бағытында жылжығанда қаныққан ерітіндіден NaCl тұнбаға түседі. Нәтижесінде қаныққан ерітінді шоғыры азаяды оның нүктесі ВД қанығу сызығы бойымен Д нүктесі бағытында қозғалып отырады. Ал тұнбаға түскен NaCl тұзының нүктесі ИП осінің бойында орналасып, И нүктесінен Е нүктесі бағытында қозғалып отырады. Жүйенің фигуративтік нүктесі X ₅ нүктесінен X ₅ ^I нүктесіне жеткенге дейін жүйенің химиялық құрамы төмендегідей өзгереді. Бос су саны азаяды. Олар өзара байланысқан су құрамына енеді. Өзара байланысқан сулар құрамы санды артады. Қаныққан ерітіндідегі NaCl тұзының тұнбалауына байланысты шоғыр кемиді. X ₅ → X ₅ ^I кесіндісі бойындағы фигуративтік нүкте X ₅ ^I нүктесіне жақындағанда жүйеде NaCl·2H ₂ O кристалогидраттарының өзектері пайда бола бастайды. Фигуративтік нүкте X ₅ ^I нүктесіне жеткенде жүйе NaCl·2H ₂ O кристалогидраттарымен қанығады. Осы кезде тұнбаға түскен NaCl тұзының нүктесі Е нүктесінде орналасады, ал NaCl·2H ₂ O кристалогидраттарымен қаныққан ерітінді нүктесі Д нүктесінде орналасады.
X ₅ ^I → X ₅ ^{II}	X ₅ ^I → X ₅ ^{II} кесіндісі ДСЛЕ NaCl·2H ₂ O кристаллогидраттары тұнбаланытын алаңында жатыр. Бұл алаңда NaCl·2H ₂ O кристалогидраттары өзектерімен қаныққан өзара байланысқан сулар, тұнбаға түскен NaCl·2H ₂ O кристалогидраттары жатады. Жүйе NaCl·2H ₂ O кристалогидраттарының өзектерімен қаныққан. NaCl·2H ₂ O кристалогидраттарының өзектерімен қаныққан ерітіндіден NaCl·2H ₂ O кристалогидраттарының тұнбаға түсу нәтижесінде, еріген тұз шоғыры өзгеріске ұшырап - азаяды. X ₅ ^I → X ₅ ^{II} аралығында жүйеде химиялық құрам өзгермейді. Бос су жүйеден жоғалады. Ал өзара байланысқан сулар Na және Cl иондарынан босаған сулар есебінен санды өзгерістерге ұшырап, арттады. Нәтижесінде қарастырылып отырған жүйеде фигуративтік нүкте X ₅ ^I → X ₅ ^{II} нүктесіне жеткенде NaCl·2H ₂ O кристалогидраттары толығымен тұнбаға түседі. Оның нүктесі Л нүктесінде орналасады. Осы кезде қаныққан ерітінді нүктесі С эвтектикалық нүктеге жетеді.
X ₅ ^{II} → X ₅ ^{III}	X ₅ ^{II} → X ₅ ^{III} кесіндісі СКЛП қатты күйдегі NaCl тұзы және NaCl·2H ₂ O кристаллогидраттары қоспасы аймағында жатады. Мұнда химиялық құрам NaCl тұзы мен NaCl·2H ₂ O кристалогидраттынан, қатты күйдегі мұздан тұрады. Жүйенің фигуративтік нүктесі X ₅ ^{II} → X ₅ ^{III} бағытында қозғалғанда жүйеде химиялық құрам өзгермейді. Мұнда аталған қатты қоспаның тек температурасы төмендейді.
Жоғарыда сапалық сипатталған зерттеу нәтижелері судың және сулы- электролитті жүйелердің қасиеттерімен химиялық құрамын анықтауда қол жеткен соңғы ғылыми жетістіктерді [8-10] қолданып санды дәйектелді (1- кесте)	
X₆ → X₆^{III} вертикалы бойында	
X ₆ → X ₆ ^{III} вертикалының бойында жүйедегі химиялық құрам өзгерістері X ₅ → X ₅ ^{III} вертикалы бойындағы химиялық құрам өзгерістері сипатын қайталайды. Мұнда бастамалық фигуративтік нүкте ерітіндінің артықтау шоғырымен сипатталады. Нәтижесінде X ₆ → X ₆ ^{III} вертикалының бойындағы химиялық құрам өзгерістері сандық есептеулері өзге мәнге ие болады. (2- кесте)	

№	Температура, °C	NaCl, %	H ₂ O, %	NaCl моль саны	H ₂ O моль саны	Na иондар саны, 10 ⁻²³	Cl иондар саны, 10 ⁻²³	H ₂ O молекула саны, 10 ⁻²³	Өзара байланысқан су молекула саны, 10 ⁻²³	Бос су молекула саны, 10 ⁻²³	Na иондары мен байланысқан су молекула саны, 10 ⁻²³	Cl иондарымен байланысқан су молекула саны, 10 ⁻²³	Ерітіндідегі қалған бос су молекула саны, 10 ⁻²³	Ерітіндідегі өзара байланысқан су молекула саны, 10 ⁻²³	Тұнбаға түскен өзара байланысқан су молекула саны, 10 ⁻²³	Тұнбаға түскен өзара байланысқан су молекула саны, 10 ⁻²³	Na ⁺ , Cl ⁻ иондар құрамынан шығып тұнбаға түскен су молекула саны, 10 ⁻²³	Тұнбаға түскен өзара байланысқан су молекула саны, 10 ⁻²³	
																			1-кесте
1	100	28,5	71,5	0,487	3,972	2,9335	2,933	23,920	4,305	19,615	9,798	2,963	6,853	4,305	0	0	0	0	0
	60	27,38	71,5	0,468	3,972	2,818	2,818	23,920	6,697	17,223	9,413	2,846	4,962	6,697	0	0	0	0	0,115
	40	27,1	71,5	0,463	3,972	2,789	2,789	23,920	8,611	15,309	9,317	2,817	3,174	8,611	0	0	0	0	0,029
	10	26,82	71,5	0,458	3,972	2,760	2,760	23,920	14,591	9,3291	9,221	2,788	0	11,911	0	0	0	0	0,029
	0	25,72	71,5	0,439	3,972	2,647	2,647	23,920	20,571	3,3489	8,843	2,674	0	12,345	0	0	0	0,058	0,029
2	-10	25,14	71,5	0,429	3,972	2,587	2,587	23,920	23,920	0	8,643	2,613	0	12,374	0	0	0	0,290	0,145
	-20	24	71,5	0,410	3,972	2,470	2,470	23,920	23,920	0	8,251	2,495	0	12,940	0	0	0	0,234	0,117
3	-30	24	71,5	0,410	3,972	2,470	2,470	23,920	23,920	0	0	0	0	12,940	0	0	0	10,980	2,47

№	Температура, °С	NaCl, %	H ₂ O, %	NaCl моль саны	H ₂ O моль саны	Na иондар саны, 10 ⁻²³	Cl ⁻ иондар саны, 10 ⁻²³	H ₂ O молекула саны, 10 ⁻²³	Өзара байланысқан су молекула саны, 10 ⁻²³	Бос су молекулалары саны, 10 ⁻²³	Na иондар мен байланысқан су молекула саны, 10 ⁻²³	Cl ⁻ иондарымен байланысқан су молекула саны, 10 ⁻²³	Ерітіндідегі қалған бос су молекулалары саны, 10 ⁻²³	Ерітіндідегі өзара байланысқан су молекула саны, 10 ⁻²³	Тұнбаға түскен өзара байланысқан су молекула саны, 10 ⁻²³	Na ⁺ , Cl ⁻ иондарының құрамына енгізілген тұнбадан су молекула саны, 10 ⁻²³	2-кесте
1	100	28,5	68	0,487	3,777	2,933	2,933	22,749	4,0949	18,654	9,798	2,963	5,892	4,094	0	0	0,36
	60	27,38	68	0,468	3,777	2,818	2,818	22,749	6,369	16,379	9,413	2,846	4,119	6,369	0	0	0,115
	40	27,1	68	0,463	3,777	2,789	2,789	22,749	8,189	14,559	9,317	2,817	2,424	8,189	0	0	0,029
	10	26,82	68	0,458	3,777	2,760	2,760	22,749	13,877	8,872	9,223	2,788	0	10,740	0	0	0,029
	0	25,72	68	0,439	3,777	2,647	2,647	22,749	19,569	3,184	8,843	2,674	0	11,174	0	0,058	0,029
-10	25,14	68	0,429	3,777	2,587	2,587	22,749	22,749	0	8,643	2,613	0	10,205	0	0,288	0,144	
2	Тұнбаға түскен тұз және қаныққан ерітінді аймағы																
	-20	24	68	0,410	3,777	2,470	2,470	22,749	22,749	8,251	2,495	0	11,193	0	0,81	0,117	
3	Тұнбаға түскен тұз және эвтектикалық құрамды қатты қоспасы аймағы																
	-30	24	68	0,410	3,777	2,470	2,470	22,749	22,749	0	0	0	11,193	0	11,556	2,47	

Қорытынды. Жоғарыда келтірілген нәтижелерге сүйене отырып, қаныққан сулы-тұзды жүйелерде орын алатын химиялық құрамдық өзгерістер туралы төмендегідей қорытындылар жасауға болады:

1. Химиялық өзгерістерді қаныққан сулы-тұзды жүйелердің күй айналары қолданысында айқын зерттеуге болады. Олар кез келген сулы-тұзды жүйелер үшін қаныққан ерітінді аймағынан, қаныққан ерітіндінің тұзбен қанығу қисығынан, эвтектикалық құрам нүктесінен, қаныққан ерітіндінің еріген тұзбен қанығу қисығынан, қаныққан ерітіндіден еріген тұздың тұнбаланатын аймағынан, тек қана қатты күйдегі тұздан, тұнбаланған тұздан және олардың қоспасынан тұратын аймақтардан тұрады. Аталған аймақтар ішінде, қисықтар бойында, нүктелерде жүйе сандық және сапалық өзгерістерге ұшырайды. Осынд ай өзгерістердің нысандары болып сулы-тұзды жүйе құрамдастары еріткіш – су, еріген зат – тұз және олардың негізінде жүйе құрамында пайда болатын тұнбаланған тұз және оның кристаллогидраттары табылады.

2. Сулы– тұзды жүйелердегі химиялық өзгерістерге қанығу қисықтары және эвтектикалық нүкте айрықша әсер етеді. Аталған қисықтар мен нүкте алдында, олардың бойында және олардан өткен соң орын алатын химиялық құрамдық өзгерістер сулы–тұзды жүйелердің екі құрамдасына да – еріткіш суға және еріген тұзға да қатысты орын алады.

3. Кез келген сулы– тұзды жүйедегі химиялық құрамдық өзгерістерді су және сулы– тұзды қоспалардың қасиеттері, құрамы туралы заманауи ғылыми жетістіктерде қол жеткен заңдылықтар мен тұжырымдар негізінде ғылыми сипаттап, санды дәйектеуге болады.

4. Зерттеу нәтижелері жаңа галургиялық үрдістерді дайындау, олардың тиімді технологиялық көрсеткіштерін алдын ала айқындау және белгілі технологиялардың өнімділігі мен тиімділігін, өнімнің сапасын арттыру және тағы басқа іс - әрекеттерде жоғары ілімдік және қолданбалық маңыздылыққа ие.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Самойлов О.Я. Структура водных растворов электролитов и гидратация ионов. – М.: АН СССР, 1987.-343с.
- [2] Антонченко В.Я., Давыдов А.С., Ильин В.В. Основы физики воды. –Киев: Наукова думка, 1991.-672 с.
- [3] Бернал Д., Фаулер Р. Структура воды и ионных растворов //Успехи физ. науки -1994.-№5.- 121с.
- [4] Зацепина Г. Л. Физические свойства и структура воды. — М.: Изд-во Московского университета. -1998.- 185 с.
- [5] Бестереков У., Бишимбаев В.К., Основы кванто-сататических представлений строение обменной водной среды // Химия и химическая технология.-2004. Т. 47, В9. Иваново.-с. 46-50
- [6] Francesco Paesani and Gregory A.Voth. The Properties of Water: Insights from Quantum Simulations. J.Phys. Chem. B 2009, 113. 5702-5719
- [7] Смирнов А. Н. Структура воды: новые экспериментальные данные. // Наука и технологии в промышленности, 2010, № 4, с. 41—45.
- [8] Колотовой Н.А. Структура и свойства воды.- Москва: 2015, -166с.
- [9] Бестереков У., Болысбек А.А., Назарбек У.Б. Состав, структура и свойства воды. Монография - Ш.: ЮКГУ, 2015.-108 с.
- [10] Евдокимова Е.Г. О структуре фазовых разновидностей воды // Вестник Национальной академии науки РК, №6, 2008. с. 125-131

Бестереков У., Ермеков С.Р.

Изменение химического состава водно-солевых систем в насыщенной области раствора.

Резюме. В статье приведена информация об изменении химического состава водно-солевых систем на системе NaCl-H₂O относительно насыщенного раствора. В настоящее время используются галургияческая технология в переработке водно-солевых систем. При получении их способом охлаждения имеет место изменение химического состава, которые происходят, но часто игнорируются.

В статье рассматривается зона насыщенного раствора для системы NaCl-H₂O как предмет исследования, а также описательные и количественные исследования изменений химического состава. Результаты исследования имеют практическое значение при подготовке галургияческих процессов и прогнозировании их эффективных технологических параметров.

Ключевые слова. Галургия, химический состав, свободная и взаимосвязанная вода, гидратированные ионы, фигуративные точки, насыщенный раствор.

Besterekov U., Yermekov S.R.

Changes in the chemical composition of water-salt systems in the saturated solution range.

Summary. The article provides information on changes in the chemical composition of water-salt systems based on the NaCl-H₂O system relative to the saturated solution. Currently used halurgy technology in the processing of water-salt systems. When they are obtained by the method of cooling, changes in chemical composition take place. Changes in chemical composition that occur are often ignored.

The article considers the zone of saturated solution for the NaCl-H₂O system as a subject of research, as well as descriptive and quantitative studies of chemical composition changes. The results of the study are of practical importance in the preparation of halurgical processes and the prediction of their effective technological parameters.

Keywords. Halurgy, chemical composition, free and interconnected water, hydrated ions, figurative points, saturated solution.

UDC 355.01

A.U. Adautov, A.S. Martikyan, B.S. Muhamedjanov
(Academy of Border Guard Service Almaty, Kazakhstan)
E-mail: salii70@mail.ru.

THE MAIN CATEGORIES OF BORDER SCIENCE AND SET UP ITS CONCEPTUAL FRAMEWORK

Abstract. The article presents modern views on the main categories and concepts of border science and the authors' vision on their further formation. New approaches to such concepts as border security, border armed conflict and border area are explained and justified.

Key words: border science, categories and conceptual framework, border security, border armed conflict, border area

УДК 355.01

А.Ю. Адаутов, А.С. Мартикьян, Б.С. Мухамеджанов
(Академия Пограничной службы КНБ Республики Казахстан
г.Алматы, Республика Казахстан)

ОБ ОСНОВНЫХ КАТЕГОРИЯХ ПОГРАНОЛОГИИ И ФОРМИРОВАНИЕ ЕЕ ПОНЯТИЙНОГО АППАРАТА

Аннотация. В статье рассматриваются современные взгляды на основные категории и понятия погранологии и видение авторов по их дальнейшему формированию. Раскрываются и обосновываются новые подходы к таким понятиям, как пограничная безопасность, пограничный вооруженный конфликт и пограничная сфера.

Ключевые слова: погранология, категории и понятийный аппарат погранологии, пограничная безопасность, пограничный вооруженный конфликт, пограничная сфера

Содержание науки определяется в процессе исследования ее объекта и предмета и представляет собой систему научного знания о предмете исследования, включающую в себя категории, понятия, закономерности, служащие источниками разработки практических рекомендаций.

Любая научная дисциплина имеет собственную систему категорий. В этом отношении погранология не исключение. Она имеет свой категориальный аппарат - это наиболее общие понятия, отражающие сущностные стороны процессов и явлений защиты и охраны государственной границы.

Категории (от греч. *katēgoría* — высказывание, обвинение; признак) в философии, наиболее общие и фундаментальные понятия, отражающие существенные, всеобщие свойства и отношения явлений действительности и познания. Категории возникли и развиваются как результат обобщения исторического развития познания и общественной практики [1].

Категории погранологии можно условно разделить на три группы:

- категории, используемые погранологией наравне с другими общественными науками (например, «государство», «политика», «доктрина», «безопасность», «личность», «общество», «принципы», «закономерности» и т. д.);

- категории, используемые погранологией наравне с военной наукой (например «вооруженный конфликт», «боевые действия», «военная безопасность», «угрозы военной безопасности», «тактика», «оперативное искусство», «управление войсками» и т.д.);

- категории собственно погранологии, в основании которых лежат методологические основы, методы ее исследования, определенные концепции (например, «охрана государственной границы», «пограничное пространство», «пограничная политика», «пограничная безопасность», «режим

государственной границы», «пограничный режим», «пограничная зона», «пограничная полоса», «пограничный поиск» и т. д.).

Наличие системы категорий - показатель уровня развития науки. Погранология относительно молодая наука и она развивается, появляются новые категории. В совокупности категориальный аппарат выражает специфику погранологии как науки и способствует получению нового знания о процессах защиты и охраны государственной границы.

Категориальный аппарат - это не просто совокупность научных понятий, а именно система взаимосвязанных категорий. Изменение смыслового наполнения одного понятия неизбежно вызовет изменение других категорий, поэтому трактовка научных понятий менялась от эпохи к эпохе вместе с картиной мира.

Понятийный аппарат пограничной науки формируется достаточно сложно, что обусловлено рядом обстоятельств. Пограничная наука длительное время находилась под воздействием других наук (военной науки, чекистской науки), заимствуя, не всегда оправдано, от них понятийный аппарат. Не является исключением и введение в научный оборот такого понятия как «погранология» в конце XX века в России. До настоящего времени нет единого понимания, во всяком случае, в казахстанском научном сообществе того, что понятия погранология и пограничная наука синонимы? Или они несут различную смысловую нагрузку? Если они синонимы, то зачем два различных термина, являющиеся названием одного и того же понятия в одной области науки?

В монографии «Погранология в Казахстане» говорится, что в данной работе «раскрываются методологические основы развития в Казахстане нового научного направления – погранологии (пограничной науки), изучающей проблемы защиты интересов человека и гражданина, общества и государства в пограничных пространства ...» [2]. Как видно из текста, авторы научного труда используют два термина как синонимы. А корректно ли это?

Идею называть пограничную науку «погранологией» выдвинул в 1990 году российский военный ученый, профессор В.А.Сальников. По его мнению «Погранология - наука, изучающая мир пограничного - особую область общественной жизнедеятельности и государственного функционирования», где по присущим ей законам фиксируются и взаимодействуют проявления конечности одного социального образования и начало другого [3]. Несмотря на витиеватость определения погранологии, здесь отсутствует такая функция, как выработка и теоретическая систематизация знаний о защите и охране государственной границы, что, в конечном счете, и определяет ее как науку. Следовательно, по мнению разработчиков погранология исследует более широкий круг вопросов, чем пограничная наука. Возможны и иные подходы к раскрытию термина «погранология». Это тема или может даже направление является предметом отдельного научного исследования или диспута.

Необходимо отметить, что такие сложности имеются и в раскрытии многих устоявшихся терминов в области теории защиты и охраны государственной границы. Например, определение роли пограничной безопасности в общей системе национальной безопасности для нашей страны особенно актуально, так как она, с принятием под охрану новых участков государственной границы, имеет только 12% обустроенных границ, приспособленных для защиты политических, экономических интересов и обеспечения национальной безопасности.

В современных условиях категория «пограничная безопасность» является одним из базовых понятий пограничной науки. Интерес к ней возрастает в связи с обострением проблем, имеющих трансграничное измерение: региональных конфликтов, нелегальной миграции, деятельности международных террористов и транснациональных преступных группировок. Необходимость обустраивать новые межгосударственные границы также побуждает оперировать понятием «пограничная безопасность» - например, вследствие интенсификации легальных и нелегальных трансграничных потоков товаров, мигрантов, услуг. Часто рост интенсивности таких связей опережает способность государств реагировать на них соответствующим образом.

К сожалению, в основных документах по вопросам защиты и охраны Государственной границы, принятых в Казахстане, понятие «пограничная безопасность» отсутствует. Некоторые политики и ученые относят ее обеспечение к одному из направлений государственной пограничной политики. На самом же деле, как показывает анализ содержания пограничной политики, пограничная безопасность является ее важнейшей составляющей. Она тесно взаимосвязана с национальной безопасностью. И национальная безопасность Казахстана, и ее пограничная безопасность обеспечивают сохранение и укрепление единства государства, целостность территории. Они обеспечивают политическую и экономическую безопасность территории государства.

Впервые в нашей стране понятие «пограничная безопасность» дано в Законе Республики Казахстан «О Государственной границе Республики Казахстан» как составная часть национальной безопасности Республики Казахстан, представляющая собой состояние защищенности политических, экономических, информационных, гуманитарных и иных интересов личности, общества и государства в пограничном пространстве [4].

Во многих нормативных правовых актах Российской Федерации сущность пограничной безопасности также сводится к «состоянию защищенности политических, экономических, информационных, гуманитарных и иных интересов личности, общества и государства на государственной границе и в пограничном пространстве» [5].

Следовательно, содержания пограничной безопасности от национальной сводятся только по месту, что на наш взгляд не верно, ибо состояние защищенности национальных интересов распространяется на всю территорию государства. Поэтому при таком подходе различие национальной и пограничной безопасностями будут размыты.

Анализ существующих определений пограничной безопасности и содержательное его наполнение с учетом функций и задач, возложенных на Пограничную службу КНБ Республики Казахстан в соответствии с Законом Республики Казахстан «О Государственной границе Республики Казахстан» и ее современного статуса, позволяет сформулировать следующее определение: **пограничная безопасность – состояние защищенности пограничного пространства и ее инфраструктуры от реальных и потенциальных угроз, при котором обеспечивается неприкосновенность Государственной границы и территориальная целостность Республики Казахстан.**

В настоящее время имеются различные подходы к терминологическому аппарату, связанному с событиями на государственной границе: «пограничный конфликт», «пограничное столкновение», «пограничный инцидент» и т.д. В чем же причина такого разнообразия подходов к пограничному конфликту? Действительно ли каждому из выше перечисленных терминов присущи своя сущность и характерные черты?

Во-первых, очевидно, что всех объединяет то, что события происходят на государственной границе или вблизи нее. Во-вторых, использование различных терминов для описания одного по характеру события, говорит о том, что используются различные определения данного явления. И, в-третьих, вторая часть терминов характеризуют степень интенсивности конфликтов и в подавляющем большинстве речь идет о пограничных вооруженных конфликтах. Таким образом, пограничные конфликты могут быть по своей сущности вооруженными и невооруженными, а пограничные вооруженные конфликты могут, в свою очередь, различаться по типу противоречий, продолжительности, масштабу и составу вовлеченных в конфликт сторон.

В документах, характеризующих противоправные действия в области защиты и охраны государственной границы используются много терминов, некорректное использования которых приводит к путанице и не правильным толкованиям.

В Военной доктрине Республики Казахстан дано следующее определение – «пограничный вооруженный конфликт - вооруженный конфликт между противостоящими сторонами в пограничном пространстве государства» [6]. На наш взгляд, данное определение не раскрывает сущность пограничного конфликта, ибо здесь акцент делается на район конфликта, а не на состав конфликтующих сторон. В то же время, исторический опыт показывает, что как только в конфликт в пограничном пространстве вступают в действие формирования Вооруженных сил, он перерастает в вооруженный конфликт. В этой связи, на наш взгляд, **пограничный вооруженный конфликт - вооруженное столкновение между пограничными формированиями одного государства с пограничными, войсковыми и иными группами, бандами с сопредельной территории на государственной границе, связанное с нарушением ее неприкосновенности.** Следует отметить, что пограничный конфликт может быть развязан и третьей стороной с использованием территории сопредельного государства.

Ни одна система не сможет появиться и функционировать вне соответствующей ее природе внешней среде, обуславливающей жизнедеятельность данной системы. Для пограничной безопасности средой функционирования является такое понятие как «**пограничное пространство**». В Законе Республики Казахстан «О Государственной границе Республики Казахстан» полно раскрыта суть этого понятия. Необходимость введения понятия «пограничное пространство» вызвано тем, что вдоль Государственной границы Республики Казахстан сложились и реально существуют

специфические социально-экономические области, представляющие достаточно сложное явление, имеющее пограничную природу, не присущую другим регионам страны.

Однако для системного анализа пограничной безопасности необходимо новое понятие, которое раскрывало бы не только географические пределы ее функционирования, но и охватывала общественно-государственные отношения в области защиты и охраны Государственной границы Республики Казахстан. Таковым является понятие «пограничная сфера», которое бы и отражало эти отношения. В самом общем виде пограничную сферу можно представить как комплексную область деятельности государственных уполномоченных органов Республики Казахстан, осуществляющие в пределах своей компетенции защиту Государственной границы. Исходя из вышеизложенного было бы целесообразным определить, что **пограничная сфера - область, в которой существуют, действуют, развиваются, применяются общественно-государственные отношения с целью создания условий для защиты пограничного пространства и ее инфраструктуры от реальных и потенциальных угроз, при котором обеспечивается неприкосновенность Государственной границы и территориальная целостность Республики Казахстан.**

Пограничная сфера включает в себя следующие основные элементы: государственная пограничная политика; пограничные отношения и существующие в них проблемы; формирования Пограничной службы и их служебно-функциональная деятельность (в том числе тактика, оперативное искусство и стратегия); общественно-государственные отношения уполномоченных органов, осуществляемые в интересах защиты Государственной границы Республики Казахстан; пограничная наука и другие мировоззрения по пограничным вопросам.

Таким образом, понятие пограничная сфера по своему содержанию намного шире, чем пограничное пространство и является областью функционирования пограничной безопасности.

Формат настоящей работы не позволяет раскрыть видение авторов по другим вопросам понятийного аппарата погранологии, но она будет продолжена в рамках самостоятельной научно-исследовательской работы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Категории. [Электронный ресурс]: Материал из Большой советской энциклопедии. - Режим доступа: <https://dic.academic.ru/dic.ns>.
- [2] Горячко А.В., Каратаев Р.Г., Мартикьян А.С., Салий С.М. Погранология в Казахстане. Монография. - Алматы: АПС КНБ РК, 2014. – С.2.
- [3] Бондаренко В.А., Василенко А.И., Дмитриев В.А., Кудияров В.А., Молчановский В.Ф., Тепчин В.И. Погранология: методологические вопросы. - М.: Отделение погранологии МАИ, 2001. – 286 с.
- [4] Закон Республики Казахстан «О Государственной границе Республики Казахстан» № 70-V от 16 января 2013 года. // Казахстанская правда. – 2013. – 22.01. – № 22-23 (27296-27297).
- [5] Постановление Межпарламентской Ассамблеи государств – участников Содружества Независимых Государств от 28 октября 2010 года № 35-10 «Об утверждении Модельного закона о пограничной безопасности». [Электронный ресурс]: Информационная система «Параграф». – Режим доступа: http://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30993034#pos=0;228.
- [6] Указ Президента Республики Казахстан от 29 сентября 2017 года № 554 «Об утверждении Военной доктрины Республики Казахстан». [Электронный ресурс]: Информационно-правовая система НПА РК «Әділет». – Режим доступа: <http://adilet.zan.kz/rus/docs/U1700000554>.
- [7] Литвин М. М. Интегрированное управление границами [Текст]: учебник. – Киев: Из-во ГПСУ, 2011. – 542 с.
- [8] Войска пограничной охраны НАТО. [Электронный ресурс].- Режим доступа: http://war1960.ru/vs/voiskapo_natocounrys.shtml.
- [9] Авиация Пограничного комитета Республики Беларусь. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ot-vinta.org/>.
- [10] Трубников Г. Пограничный «ДОЗОР». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://uav.ru>.
- [11]. Адамчик М. Пограничная охрана Республики Польша: Современная Европейская Пограничная Служба / М. Адамчик, А. Ткач. – БДИПЧ ОБСЕ, 2004. – 97.
- [12] Концепция охраны воздушного пространства государств-участников Содружества независимых государств. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.innovbusiness.ru/pravo/DocumShow_DocumID_60726.html.
- [13] Послание Президента Республики Казахстан - Лидера нации Нурсултана Назарбаева народу Казахстана «Стратегия «Казахстан-2050» - новый политический курс состоявшегося государства» от 14.12.2012. Официальный сайт Президента Республики Казахстан. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.akorda.kz>, свободный (дата обращения 10.04.2018).

[14] Стратегический план развития Республики Казахстан до 2020 года. Официальный сайт Президента Республики Казахстан. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.akorda.kz>, свободный (дата обращения 10.04.2018).

[15] Голунов С.В. Проблемы пограничной политики Республики Казахстан [Электронный ресурс]: Регионоведение и международные отношения. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/problem-pogranichnoy-politici-respubliki-kazahstan>.

[16] Закон Республики Казахстан «О Государственной границе Республики Казахстан» № 70-V от 16 января 2013 года. // Казахстанская правда. – 2013. – 22.01. – № 22-23 (27296-27297).

Adautov A.U., Martikyan A.S., Muhamedjanov B.S.

The main categories of border science and set up its conceptual framework

Abstract. The article presents modern views on the main categories and concepts of border science and the authors' vision on their further formation. New approaches to such concepts as border security, border armed conflict and border area are explained and justified.

Key words: border science, categories and conceptual framework, border security, border armed conflict, border area

Адаутов А.Ю., Мухамеджанов Б.С.

Погранологияның негізгі санаттары туралы және тұжырымдамалық аппараттың қалыптасуы

Түйіндеме. Мақалада погранологияның негізгі санаттары мен тұжырымдамалары туралы заманауи көзқарастар мен авторлардың болашақта қалыптасуы туралы ойлары қарастырылған. Шекара қауіпсіздігі, шекарадағы қарулы қақтығыстар мен шекаралас аймақ сияқты ұғымдарға жаңа көзқарастар ашылып негізделген.

Тірек сөздер: погранология, погранологияның санаттары мен тұжырымдамалық аппараты, шекара қауіпсіздігі, шекарадағы қарулы қақтығыс, шекаралық аумақ.

UDC 355.01

S.M. Salii

(Academy of Border Guard Service Almaty, Kazakhstan)

E-mail: salii70@mail.ru.

**BORDER POLICY OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN AT THE PRESENT STAGE
AND WAYS TO IMPROVE IT**

Abstract: The article identifies key aspects to be included in the sphere of the border policy of the Republic of Kazakhstan. It reveals some problematic issues affecting the formation of Kazakhstan's border policy at the present stage. It justifies the necessity of including free economic zones and external borders of the CIS countries in the definition of the border area of the Republic of Kazakhstan. It is established that public and religious associations, political organizations, and citizens remained outside the legal field of the border policy. The content of the internal and external vectors of the border policy is detailed. The conclusion is made about the need for a systematic approach to the development of framework documents regulating the implementation of the border policy of the Republic of Kazakhstan.

Key words: state's borders, border policy, subjects of border policy, national security, concept, border security, border area

С.М. Салий

(Академия Пограничной службы КНБ Республики Казахстан, г. Алматы, Республика Казахстан)

**ПОГРАНИЧНАЯ ПОЛИТИКА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН НА СОВРЕМЕННОМ
ЭТАПЕ И ПУТИ ЕЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ**

Аннотация: В статье определены ключевые аспекты, которые необходимо включить в сферу пограничной политики Республики Казахстан. Раскрываются некоторые проблемные вопросы, влияющие на формирование пограничной политики Казахстана на современном этапе. Обоснована необходимость включения в определение пограничного пространства Республики Казахстан свободных экономических зон и внешних границ стран-участниц СНГ. Установлено, что вне правового поля пограничной политики остались общественные и религиозные объединения, политические организации, граждане. Детализировано содержание

внутреннего и внешнего векторов пограничной политики. Сделан вывод о необходимости системного подхода к разработке основополагающих документов, регламентирующих вопросы осуществления пограничной политики Республики Казахстан.

Ключевые слова: Государственная граница, пограничная политика, субъекты пограничной политики, национальная безопасность, Концепция, пограничная безопасность, пограничное пространство.

Обеспечение защиты интересов страны на Государственной границе и в пограничном пространстве является одной из ключевых задач пограничной политики. На современном этапе новой глобальной реальности «переход к многополярной модели идет в неуправляемом режиме и сопровождается кризисом глобальных институтов. В условиях дестабилизации глобального порядка возрастает роль национальных государств и национальных экономик» [1]. Это объективно влияет на сущность пограничной политики, на всю систему пограничных и иных мер по ее реализации, детерминирует включение в сферу пограничной политики таких значимых аспектов, как:

проблемы, связанные с земельным правом иностранных государств, иностранных юридических лиц, международных организаций, с вопросами государственных земельных прав Казахстана за рубежом;

формирование у гражданского населения и должностных лиц понимания значимости своей роли в обеспечении безопасности на национальном, региональном и субрегиональном уровнях;

вопросы экологической безопасности в пограничном и трансграничном пространствах;

перспективы развития научного, культурного сотрудничества;

проблемы этнопсихологического, конфессионального плана и пути их решения в целях обеспечения национальной безопасности, противодействие сепаратистским настроениям и тенденциям и многое другое.

Западная наука при разработке проблем пограничной политики основной упор также делает на междисциплинарном исследовании, относя вопросы обеспечения безопасности государства к сфере политологической, социологической [2]. По мнению авторов, пограничная политика, как деятельность потестарных институтов по регулированию функционирования границ, состоит из двух составляющих: обеспечение внутренней и внешней безопасности (таможня, органы юстиции, военная защита страны, борьба с терроризмом) и обеспечение политической безопасности (беженцы, мигранты, визовые вопросы). Аналитическая характеристика границ включает в себя свойства границ и ее функции, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Состав аналитической характеристики границ

Свойства границы	Функции границы
Территориальное единство	Территориальный барьер
Линейность границы	Разделение внутреннего и внешнего пространства
Неподвижность границы	Контроль и защита
Плотность границы	Специальный контроль и защита
Постоянство границы	Создание стабильности государства
Закрытость границы	Защита хозяйственной территории

Принимая во внимание невозможность прямого копирования понятий, научных категорий, научных подходов, анализ зарубежного опыта, несомненно, дает значительную теоретико-методологическую базу для казахстанских исследователей проблемы пограничной политики, в частности, и обеспечения национальной безопасности, в целом. Отечественная историография вопроса в настоящее время находится в стадии своего становления и осмысления и представлена рядом статей, коллективных монографий и учебных пособий [3], [4], [5].

В статье 4 Закона «О Государственной границе Республики Казахстан» от 16 января 2013 г. №70-V дано определение пограничной политики как согласованной, скоординированной деятельности Правительства Республики Казахстан и уполномоченных органов, направленной «на обеспечение пограничной безопасности, предупреждение и пресечение посягательств на суверенитет, целостность и неприкосновенность территории Республики Казахстан, защиту ее Государственной границы ... Пограничная политика реализуется путем:

- 1) международного сотрудничества;

- 2) мирного разрешения пограничных вопросов;
- 3) согласованных действий уполномоченных органов» [6].

В статье 2 этого же Закона, содержащей толкование основных используемых понятий, пограничная безопасность определяется как «составная часть национальной безопасности Республики Казахстан, представляющая собой состояние защищенности политических, экономических, информационных, гуманитарных и иных интересов личности, общества и государства в пограничном пространстве». Пограничное пространство включает в себя Государственную границу и примыкающую к ней территорию «Республики Казахстан до внешних пределов пограничной зоны с имеющимися территориальными водами (морем) и внутренними водами Республики Казахстан, а также территории пунктов пропуска через Государственную границу, континентальный шельф и воздушное пространство над ними, в пределах которых уполномоченными органами осуществляется пограничная деятельность» [6, С.2]. Из определения следует, что в пограничное пространство не включены свободные экономические зоны. Данное решение не только спорно с точки зрения обеспечения национальной безопасности, но и вступает в противоречие с действующей Концепцией согласованной пограничной политики государств-участников Содружества Независимых Государств от 25 августа 2005 года (I. Общие положения) [7]. Следует учитывать, что, например, объектами пограничной политики сопредельной Российской Федерации являются ее национальные интересы, в том числе и на внешних границах стран-участниц СНГ. Казахстан имеет с сопредельными государствами разные степени доверия и открытости в сферах политического, экономического сотрудничества, дифференцированные визовые режимы, сами государства отличаются по уровню и стабильности социально-экономического, политического положения. И в данном контексте также возможно ставить вопрос и о защите национальных интересов республики на внешних рубежах стран-участниц СНГ, ЕврАзЭС.

Таким образом, законодательно закреплено правовое поле пограничной политики – пограничное пространство Республики Казахстан, объектом пограничной политики выступают национальные интересы государства в контексте обеспечения пограничной безопасности, предупреждения и пресечения посягательств на суверенитет, целостность и неприкосновенность территории Казахстана, защиту его рубежей. Субъектами пограничной политики, исходя из текста Закона, являются Правительство Республики Казахстан и уполномоченные органы.

Данная формулировка вне зоны внимания оставляет общественные и религиозные объединения, политические организации, граждан и не отвечает изменившемуся характеру вызовов: третье тысячелетие определяют угрозы, преимущественно, невоенного плана, а, следовательно, обеспечение национальной безопасности, государственного суверенитета не должно ограничиваться лишь Правительством и уполномоченными органами. Сутью проводимой пограничной политики должно стать формирование в пограничной зоне буфера благонадежности и стабильности и, в целом, соответствовать потребностям общезначимых для государства, общности и личности интересов и обеспечении своей безопасности.

В пограничной политике как имманентной составной государственной внутренней и внешней политики логически обусловлено выделение двух векторов деятельности: внешний и внутренний. Внешний вектор направлен на решение задач:

- делимитации и демаркации границ и соответствие их нормам международного права, собственному законодательству и национальным законодательствам сопредельных государств, совершенствование международно-правового оформления государственной границы;
- установления дипломатических, политических, экономических, научных, культурных и иных связей с сопредельными странами с позиций мира и добрососедства, невоенного разрешения возникающих межгосударственных кризисов и конфликтов;
- недопущение попыток международной изоляции Республики Казахстан со стороны иных государств и военно-политических блоков, исходя из национальных интересов государства в пограничном пространстве;
- обеспечение государственных интересов и национальной безопасности Республики Казахстан на внешних границах государств-участников СНГ на основе взаимно признанных международных договоров;
- совместного противостояния терроризму, экстремизму, незаконной миграции, незаконному обороту наркотических средств, контрабанде и браконьерству, другим вызовам и угрозам современного мира;

- совместное обеспечение экологической безопасности и рационального природопользования в своем пограничном и трансграничном пространствах.

Внутренний вектор пограничной политики решает задачи:

- обеспечения суверенитета государства, его территориальной целостности, незыблемости государственных границ, пограничной безопасности;
- создания благоприятных условий социально-экономического развития приграничных территорий, роста благосостояния и духовного подъема населения, что является важнейшими условиями обеспечения национальной безопасности Казахстана;
- формирования у гражданского населения и должностных лиц понимания значимости своей роли в обеспечении безопасности на национальном, региональном и субрегиональном уровнях;
- экологической безопасности в пограничном пространстве;
- этнопсихологического, конфессионального плана и пути их решения в целях обеспечения национальной безопасности и многое другое.

Практические проблемы эволюции пограничной политики объективно актуализируют фундаментальные теоретико-методологические исследования в целях формирования единой комплексной системы научного знания в сфере обеспечения национальных интересов и безопасности Казахстана в пограничном пространстве и, с этой точки зрения, представляется целесообразным определение пограничной политики в широком и узком смыслах. В первом случае пограничная политика является частью общегосударственного курса. Несмотря на глубокие исторические корни и значительный практический опыт в обеспечении территориальной целостности, государственной независимости, следует констатировать, что пограничная политика Казахстана в этом понимании и сегодня не получила должного четкого структурирования и теоретико-методологического обоснования. Являясь, по сути дела, закономерным явлением в генезисе и эволюции любого общества и государства пограничная политика занимает особое место в сложном механизме многовекторного разнообразия политики как таковой и требует адекватного этому статусу уровня ее научного обеспечения с позиций трансдисциплинарного подхода, используя имеющийся категориальный аппарат и концепты политической лимологии, геополитики, политологии и т.д.

В узком смысле пограничная политика является инструментом специальных потестарных институтов – Пограничной службы КНБ Республики Казахстан, в первую очередь. Исходя из принятой в лимологии классификации функций границ: контактная и барьерная, в пограничной политике ряд исследователей выделяет следующие функции:

- регулятивно-контрольная: деятельность пунктов пропуска;
- сдерживания: создание условий, при которых потенциальные правонарушители отказываются от совершения противоправных деяний;
- интегрирования информации: совместное использование разведывательной информации разными правоохранительными структурами;
- информационного управления;
- профилактическая [8].

Таким образом, подводя итог можно сделать следующие выводы:

1) Выработать научно-обоснованное мнение, о таком многогранном понятии как пограничная политика, возможно на основе разумного баланса между интересами страны, по обеспечению всех составляющих национальной безопасности, территориальной целостности, суверенитета и национального богатства Казахстана и интересами интеграции страны в международное пространство многополярного мира.

2) Системный подход в вопросах государственной политики настоятельно детерминирует скорейшее принятие основополагающих документов – Концепций Пограничной службы Республики Казахстан и строительства системы обеспечения национальных интересов Республики Казахстан в пограничной сфере, Основы пограничной политики Республики Казахстан, а также разработку целевых государственных (межгосударственных) комплексных программ по формированию систем обеспечения пограничной безопасности на региональном (с сопредельными государствами) и субрегиональном (Средняя Азия, Центральная Азия, Евразийское сообщество) уровнях.

3) Стратегия пограничной политики как системы крупномасштабных общегосударственных мер должна быть направлена на комплексное разрешение существующих в пограничной сфере противоречий, противостояние существующим и потенциальным угрозам и вызовам национальной безопасности, создание наиболее благоприятных условий для реализации целей и задач пограничной политики Республики Казахстан.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Назарбаев Н.А. Эра независимости. – Алматы: Казакпарат, 2017 – 508 с. – С.498.
- [2] F.Arndt, C.Dege, C.Ellermann, M.Mayer, D.Teller, L.Zimmermann. Ordnungen im Wandel: Globale und lokale Wirklichkeiten im Spiegel transdisziplinärer Analysen. – 2015, 386 p. (Изменяющийся порядок: глобальная и локальная действительность в зеркале междисциплинарного анализа).
- [3] Голунов С.В. Проблемы пограничной политики Республики Казахстан // Регионоведение и международные отношения – cyberleninka.ru/article/n/problem-pogranichnoy-politici-respubliki-kazahstan
- [4] Горячко А.В., Каратаев Р.Г., Салий С.М., Мартикьян А.С. Погранология в Казахстане. – Алматы, АПС КНБ РК, 2014. – 118 с.
- [5] Асылыов Н.Ж., Утяпов Ш.С., Абраимов Д.К., Горячко А.В., Салий С.М., Мартикьян А.С., Джупказиев С.Д. Проблемы пограничной политики Республики Казахстан и пути их решения. – Алматы, АПС КНБ РК, 2015. – 136 с.
- [6] Закон Республики Казахстан «О Государственной границе Республики Казахстан» №70-V от 16 января 2013 года. // Казахстанская правда.-2013.-22.01. - № 22-23 (27296-27297).
- [7] Решение Совета глав государств СНГ О Концепции согласованной пограничной политики государств-участников Содружества Независимых Государств (Принято в г. Казани 26.08.2005). [Электронный ресурс]: Сайт по международному праву. - Режим доступа: http://www.conventions.ru/view_base.php?id=10702.
- [8] Шумов В.В. Введение в методiku погранологии и погранометрики. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. – 200 стр. – С. 85-89.
- [9] Назарбаев Н.А. Эра независимости. – Алматы: Казакпарат, 2017 – 508 с. – С.297.
- [10] Голунов С.В. Проблемы пограничной политики Республики Казахстан [Электронный ресурс]: Регионоведение и международные отношения. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/problem-pogranichnoy-politici-respubliki-kazahstan>.
- [11]. Закон Республики Казахстан «О Государственной границе Республики Казахстан» № 70-V от 16 января 2013 года. // Казахстанская правда. – 2013. – 22.01. – № 22-23 (27296-27297).
- [12] Решение Совета глав государств СНГ О Концепции согласованной пограничной политики государств-участников Содружества Независимых Государств (Принято в г. Казани 26.08.2005). [Электронный ресурс]: Сайт по международному праву. - Режим доступа: http://www.conventions.ru/view_base.php?id=10702.
- [13] Литвин М. М. Интегрированное управление границами [Текст]: учебник. – Киев: Из-во ГПСУ, 2011. – 542 с.
- [14] Войска пограничной охраны НАТО. [Электронный ресурс].- Режим доступа: http://war1960.ru/vs/voiskapo_natocounrys.shtml.
- [15] Стратегический план развития Республики Казахстан до 2020 года. Официальный сайт Президента Республики Казахстан. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.akorda.kz>, свободный (дата обращения 10.04.2018).
- [16] Адамчик М. Пограничная охрана Республики Польша: Современная Европейская Пограничная Служба / М. Адамчик, А. Ткач. – БДИПЧ ОБСЕ, 2004. – 97.

Салий С.М.

Қазіргі кезеңдегі Қазақстан Республикасының шекаралық саясаты және оны жетілдіру жолдары

Түйіндеме Мақалада Қазақстан Республикасының шекаралық саясатының аясына кіретін негізгі аспектілер анықталған. Қазіргі кезеңде Қазақстанның шекара саясатын қалыптастыруға әсер ететін кейбір проблемалық мәселелер анықталды. Қазақстан Республикасының шекаралас аумағын анықтау кезінде ТМД елдерінің еркін экономикалық аймақтарын және сыртқы шекараларын қосу қажеттілігі негізделген. Қоғамдық және діни бірлестіктердің, саяси ұйымдар мен азаматтардың шекара саясатының құқықтық саласынан тыс қалғандығы анықталды. Шекаралық саясаттың ішкі және сыртқы векторларының мазмұны егжей-тегжейлі. Қазақстан Республикасының шекаралық саясатын жүзеге асыруды реттейтін негізгі құжаттарды әзірлеуге жүйелі түрде қарау қажеттілігі туралы қорытынды жасалды.

Түйінді сөздер: Мемлекеттік шекара, шекара саясаты, шекаралық саясат субъектілері, ұлттық қауіпсіздік, тұжырымдама, шекара қауіпсіздігі, шекара кеңістігі.

Salii S.M.

Border policy of the Republic of Kazakhstan at the present stage and ways to improve it

Abstract: The article identifies key aspects to be included in the sphere of the border policy of the Republic of Kazakhstan. It reveals some problematic issues affecting the formation of Kazakhstan's border policy at the present stage. It justifies the necessity of including free economic zones and external borders of the CIS countries in the definition of the border area of the Republic of Kazakhstan. It is established that public and religious associations, political organizations, and citizens remained outside the legal field of the border policy. The content of the internal and external vectors of the border policy is detailed. The conclusion is made about the need for a systematic approach to the development of framework documents regulating the implementation of the border policy of the Republic of Kazakhstan.

Key words: state's borders, border policy, subjects of border policy, national security, concept, border security, border area

UDC 623:658.2.016

G.P. Rysbayeva

(Academy of Border Guard Service Almaty, Kazakhstan)

E-mail: rgp_81@mail.ru.

**THE ANALYSIS AND CALCULATION OF CONTOUR OF ELASTIC STRESSES
CONCENTRATION TAKING INTO ACCOUNT THE TECTONIC FORCES OF MILITARY
UNDERGROUND CONSTRUCTION**

Abstract. The article presents the research of stress-strain state of horizontally layered array structure of the military underground contraction vaulted structure, established patterns of appearance and direction of propagation of the elastic stresses in the array at different depths with the laying of tectonic forces.

Key words: stress-strain state, elastic stresses, tectonic forces, the military underground construction, destruction, contour direct stress, finite element method, underground array, analysis, stress diagram.

Г.П. Рысбаева

(Академия Пограничной службы КНБ Республики Казахстан

Алматы, Республика Казахстан)

**АНАЛИЗ И РАСЧЕТ КОНЦЕНТРАЦИИ КОНТУРНЫХ УПРУГИХ
НАПРЯЖЕНИЙ С УЧЕТОМ ТЕКТНИЧЕСКИХ СИЛ
ВОЕННЫХ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Аннотация. В статье приводятся исследования напряженно-деформируемого состояния (далее НДС) массива горизонтально слоистого строения военного подземного сооружения сводчатого строения, установлены закономерности появления и направления распространения упругих напряжений в массиве военного подземного сооружения при различных глубинах заложения с учетом тектонических сил.

Ключевые слова: напряженно-деформируемое состояние, упругие напряжения, тектонические силы, военные подземные сооружения, разрушение, нормальные напряжения, метод конечных элементов, анализ, эпюры.

Во всех странах военные инженерные сооружения расположены в основном под землей. Это склады взрывчатых и других боеприпасов, новейшие секретные вооружения, стрельбища для испытания новых ракетно-артиллерийских и других огневых средств, военные заводы (рис. 1).

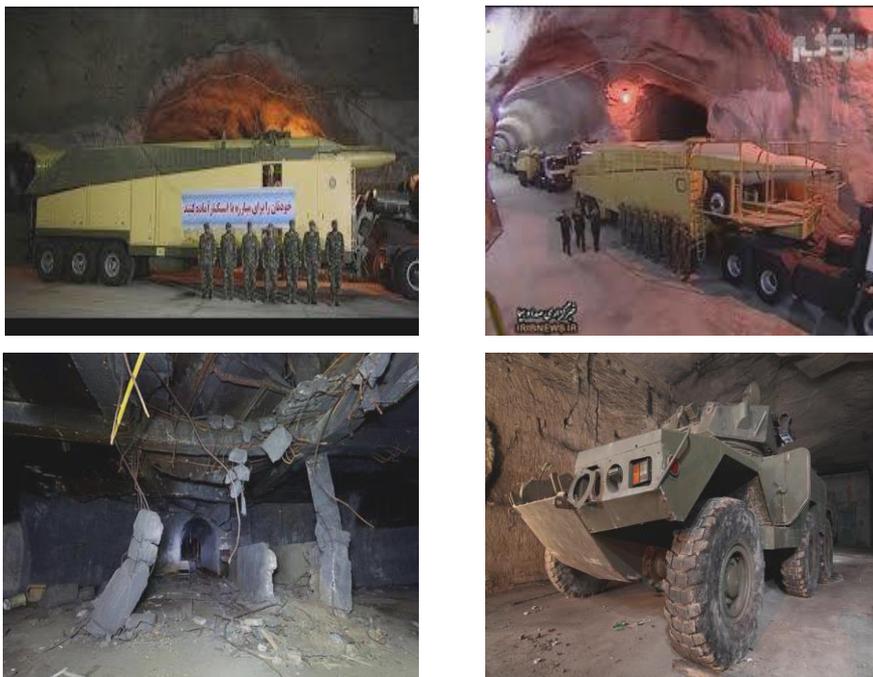


Рис. 1. Военные подземные сооружения различного назначения

Великая Отечественная война дает много примеров широкого и умелого использования советскими войсками подземных сооружений. Они применялись при обороне Одессы, Севастополя, Керчи, Сталинграда и в других операциях (укрытие от средств поражения личного состава войск, боеприпасов, запасов продовольствия, воды).

В настоящее время в связи с появлением ядерного оружия внимание военных специалистов к подземным сооружениям значительно возросло.

Применение методов расчета предложенные в статье позволяют оценить устойчивость и прочность таких подземных сооружений еще в предпроектной стадии.

Проведение расчетов на прочность, учитывающих все многообразие поведения реальных свойств горного массива неоднородного и анизотропного строения вокруг подземного сооружения, становится все более актуальным. Поэтому изучение закономерностей процесса разрушения массива подземного сооружения с трещинообразованиями имеет большое значение для многих отраслей горного производства. [1]

В связи с теоретическими трудностями анализа НДС тел с трещинами аналитические решения были получены для ограниченных типов задач. В связи с бурным развитием компьютерных технологий в последнее время возрастает роль численных методов решения. Среди них наибольшее распространение получил метод конечных элементов (МКЭ).

В целом характер распределения сжимающих нормальных тангенциальных компонентов напряжений (рис. 2) остается, как и при геостатической нагрузке. Из-за влияния тектонических сил действующих в горизонтальном направлении величина сжимающих напряжений увеличивается от $\sigma_{\theta}^n = -41,8$ Мпа до $\sigma_{\theta}^n = -44,27$ Мпа. [2].

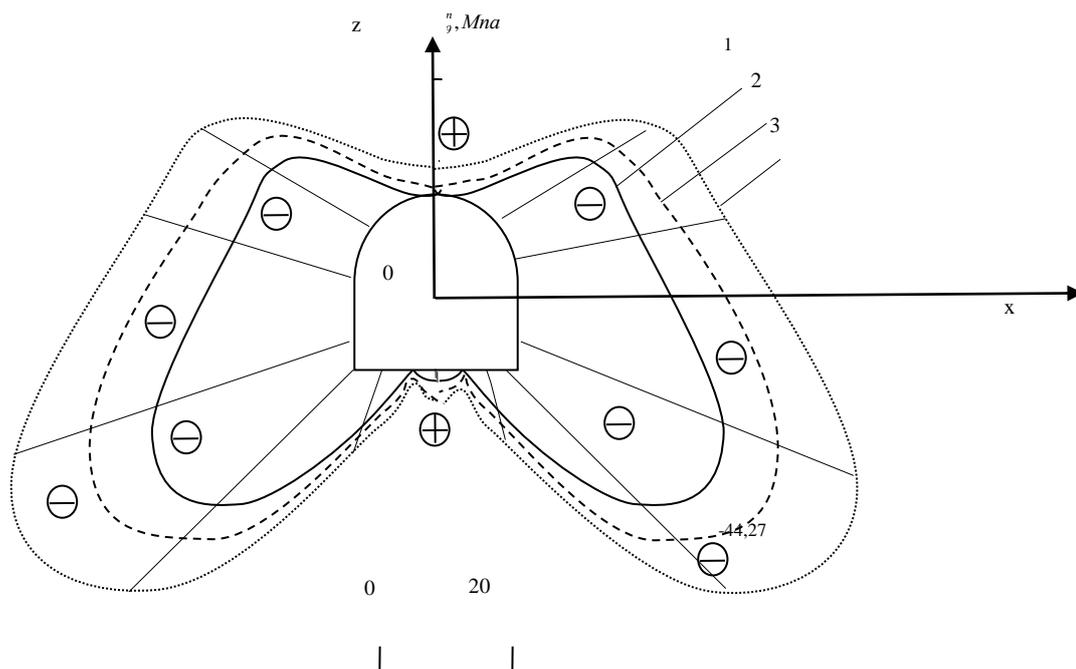


Рис. 2. Эпюры σ_{θ}^n на контуре незакрепленной выработки в угольном пласте размером 6x6 для глубин заложения: 1-h=500м; 2- h=700м; 3- h=1000.

Сравнение эпюр σ_{θ}^n при тектонике (рис. 3) с эпюрами от геостатической нагрузки показывает, что величины напряжения на внутренних и внешних породных контурах увеличиваются. Особенно на внутреннем и внешнем контурах крепи наблюдается увеличение концентрации напряжений почти в 2 раза. Следует отметить, что здесь глубина заложения выработки находится на уровне 1000м от земной поверхности. Заметим также, что на этой же глубине в области кровли выработки растягивающее напряжение отсутствует[2,3].

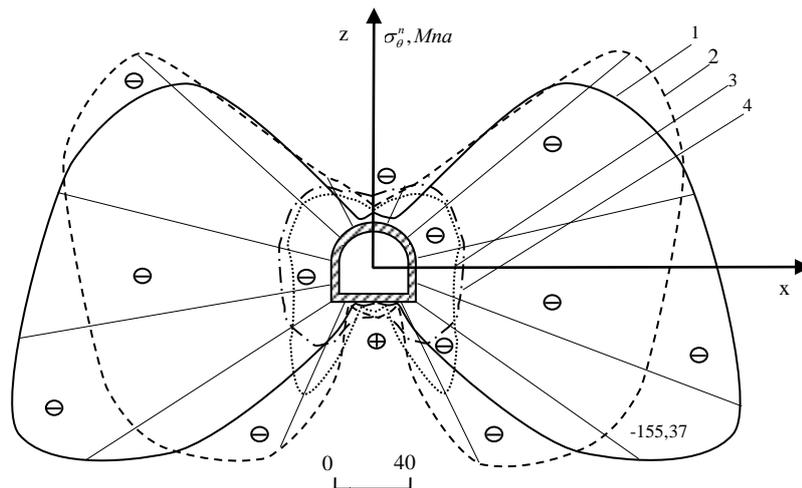


Рис. 3. Эпюры σ_{θ}^n на внутреннем и внешнем контурах крепи и породном контуре в угольном пласте размером 6х6м, для глубины заложения 1000м. Линии соответствуют: 1,2-внутреннему и внешнему контуру крепи; 3,4- внутреннему и внешнему контуру угольного пласта.

Проанализируем концентрацию напряжений вокруг выработки находящуюся в угольном пласте значительно большего размера 20х20м (рис.4). При геостатической нагрузке заметили, что с увеличением размеров угольного пласта величина концентрации напряжений на контурах уменьшается. Здесь наблюдается такая же закономерность. Максимальное значение σ_{θ}^n незначительно уменьшается от - 83,46 Мпа до -81,35Мпа. В области нижних углов выработки наблюдается шероховатость во внутреннем контуре крепи. Такое отличие, связано с размерами угольного пласта[2,3,4].

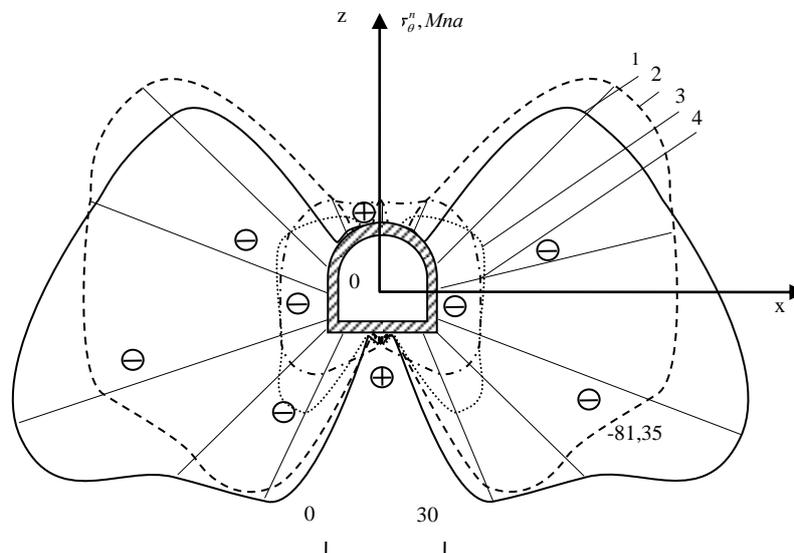


Рис. 4. Эпюры σ_{θ}^n на внутреннем и внешнем контурах крепи и породы контуре в угольном пласте размером 20х20м, для глубины заложения 500м. Линии соответствуют: 1,2-внутреннему и внешнему контуру крепи; 3,4- внутреннему и внешнему контуру угольного пласта.

С увеличением глубины заложения выработки концентрация напряжений увеличивается. Если на глубине 500м $\sigma_{\theta}^n=-81,35$ Мпа (рис. 5), то здесь на глубине 700м, $\sigma_{\theta}^n=-108,84$ Мпа. Сравнивая с геостатическим напряжением и рис.2 заметим, что в висячих областях крепи величины σ_{θ}^n всегда больше по величине, чем на внутреннем контуре.

Рассматривая случай для глубины заложения выработки 1000м, заметим, что характер распределения концентрации напряжений по форме почти не отличается от предыдущих. Главное отличие в том, что величина сжимающих напряжений увеличивается до $\sigma_{\theta}^n = -140,48$ Мпа.

При незакрепленной выработке в угольном пласте высотой 20м и шириной 200м (рис.5.) на глубинах: 500, 700, 1000м, выявляем следующие закономерности: характерно растягивающее напряжение на кровле и почве выработки на протяжении до глубины 1000м остается. В висячих боках выработки наблюдается резкое увеличение величины напряжения по сравнению с величиной растягивающего напряжения, но наибольшее значение достигает в угловых областях выработки[2].

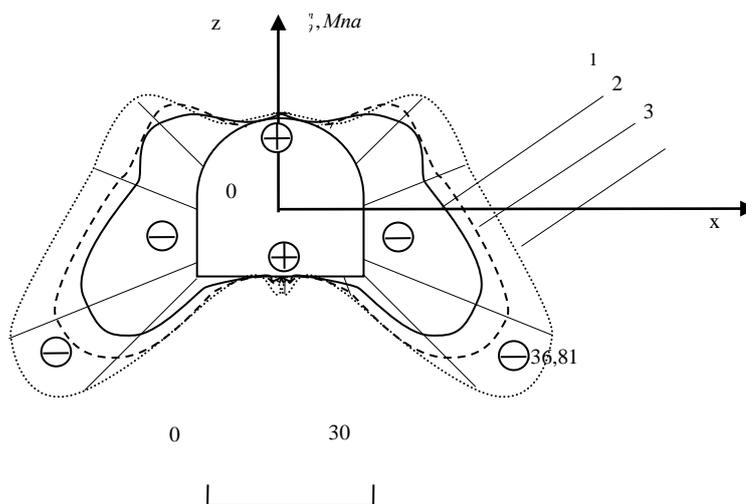


Рис. 5. Эпюры σ_{θ}^n на контуре незакрепленной выработки в угольном пласте высотой 20м и шириной 200м в горизонтально бесконечной протяженности, для глубин заложения: 1- $h=500$ м; 2- $h=700$ м; 3- $h=1000$.

Для сравнения влияния размеров угольного пласта на величину концентрации напряжений на контур выработки, в отличие от размеров на рис. 2, рассмотрим размер пласта 20x200м (рис. 6). Когда породный контур закреплен крепью характер распределения и величина напряжений почти не отличается[2].

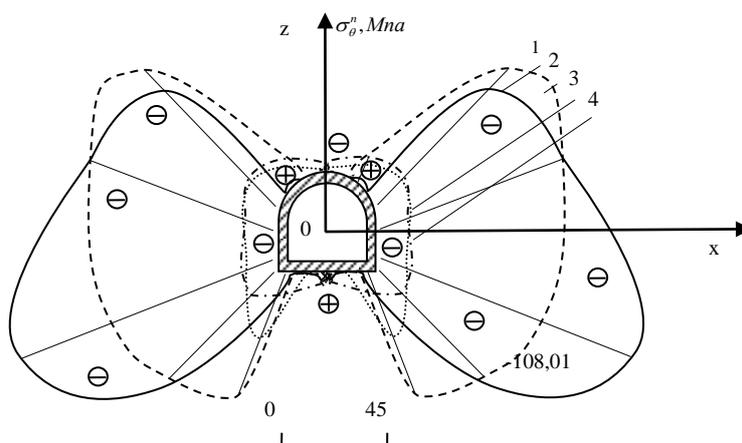


Рис. 6. Эпюры σ_{θ}^n на внутреннем и внешнем контурах крепи и породном контуре в угольном пласте высотой 20м и шириной 200м, для глубины заложения 700м. Линии соответствуют: 1,2-внутреннему и внешнему контуру крепи; 3,4- внутреннему и внешнему контуру угольного пласта.

Отсюда следует, что при одинаковой высоте и разных ширинах угольного пласта величина концентрации напряжений практически не изменяется.

Таким образом, установлены закономерности распределения упругих концентраций напряжений σ_{θ}^n , на породном контуре подземного сооружения в зависимости: от размеров рудного тела, глубины заложения, условия закрепления крепью и влияния тектонических сил.

В целом, отметим, что основные концентрации упругих напряжений наблюдаются в боковых областях контура подземного сооружения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Турчанинов И.А., Иофис М.В., Каспарьян Э.В. Основы механики горных пород. – Л: Недра, 1977. - 503с.
[2] Баймахан Р.Б., Рысбаева Г.П. Закономерности трещинообразования в массиве вблизи контура подземного сооружения в анизотропном массиве. Монография. – Бишкек, 2016.- 177с.
[3] Баймахан Р.Б., Рысбаева Г.П., Кожоголов К.Ч. К математическому моделированию процесса разрушения массива вблизи контура подземного сооружения // Напряженное состояние породного массива и наведенная геодинамика недр. Труды Международной научной конференции. Бишкек: Изд. ИФМГП НАН КР. - Бишкек, Кыргызстан, - 2009.
[4] Vaimakhan R.B., Altynbekov Sh., Rysbayeva G.P., Avdarsolkyzy S., Kozhebayeva A.S., Takishov A.A., Abdikalikov K.A. Research of the seismo-stressed condition of a complex system of the underground construction taking place in the anisotropic ground // Proceedings of the International conference. - Japan, Tokyo, 2009.- P. 1107-1112.

Рысбаева Г.П.

Эскери жерасты құрылыстарының тектоникалық күштерін ескере отырып серпінді кернеулерін концентрациясын есептеу және талдау

Түйіндемe. Мақалада эскери жерасты құрылымдарының көлденеңінен орналасқан қабатты массив құрылымының деформацияланған кернеу күйін зерттеуі қарастырылған, тектоникалық күштерін ескере отырып әр түрлі орналасу тереңдігіне байланысты эскери жерасты құрылымдарының серпінді кернеулерінің таратылу бағыты мен пайда болу заңдылығы орнатылған.

Тірек сөздер: кернеулі деформацияланатын күйі, серпінді кернеулер, тектоникалық күштер, эскери жерасты құрылымдары, қирау, қалыпты кернеулер, шекті элементтер әдісі, талдау, эпюралар.

Rysbayeva G.P.

The analysis and calculation of contour of elastic stresses concentration taking into account the tectonic forces of military underground construction

Summary. The article presents the research of stress-strain state of horizontally layered array structure of the military underground contraction vaulted structure, established patterns of appearance and direction of propagation of the elastic stresses in the array at different depths with the laying of tectonic forces.

Key words: stress-strain state, elastic stresses, tectonic forces, the military underground construction, destruction, direct stress, finite element method, analysis, stress diagram.

МАЗМҰНЫ

Жер туралы ғылымдар

<i>Омирсериков М.Ш., Исаева Л.Д., Асубаева С.К., Кембаев М.К., Тогизов К.С.</i> ПЕРСПЕКТИВТІ АЙМАҚТАРДЫҢ РЕСУРСТАРЫН ТАҢДАУДА ЖӘНЕ БАҒАЛАУДА КЕНОРЫННЫҢ ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ ЖАҒДАЙЛАРЫНЫҢ ҚАЛЫПТАСУЫ МЕН ҮШӨЛШЕМДІ МОДЕЛЬДЕРІНІҢ РӨЛІ.....	3
<i>Жасымбеков Б.Е., Кембаев М.К.</i> ТӨРТКҮДЫҚ КЕН ОРНЫНЫҢ УРАН КЕНДЕРІН ГЕОЛОГИЯЛЫҚ-ҚҰРЫЛЫМДЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІНЕ ҚАРАЙ ОРНАЛАСТЫРУ ЖӘНЕ ҚАЛЫПТАСТЫРУ ШАРТТАРЫ	10
<i>Джаналеева К.М., Мажитова Г.З., Кабиев Е.С.</i> ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ АГРОЛАНДШАФТТАРЫН АНЫҚТАУ ЖӘНЕ КАРТОГРАФИЯЛАУДЫҢ ӘДІСТЕМЕЛІК ТӘСІЛДЕРІ МЕН ПРИНЦИПТЕРІ.....	14
<i>Өзгелдинова Ж.О., Усалинов Е.Б., Мұқаев Ж.Т.</i> ПАВЛОДАР ОБЛЫСЫ АУМАҒЫНЫҢ ЛАНДШАФТТЫҚ АЛУАНТҮРЛІЛІГІН БАҒАЛАУ.....	22

Техникалық ғылымдар

<i>Абделі Д.Ж., Ысқақ А.С., Бай В., Новриансиях А.</i> СҰЙЫҚ ШЫНЫНЫ ПАЙДАЛАНУ АРҚЫЛЫ МҰНАЙ ҰҢҒЫНЫҢ ТҮБІН СУДАН ОҚШАУЛАУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН МОДЕЛЬДЕУ	29
<i>Жаникулов Н., Джанмулдаева Ж., Таймасов Б., Аязбеков М., Масатбаев А.</i> ҚАБЫРҒАЛЫҚ КЕРАМИКА КІРПІШ АЛУДА ЛЕНГЕР ШАХТАСЫНЫҢ КӨМІР ӨНДІРІС ҚАЛДЫҒЫН ҚОЛДАНЫЛУЫН ЗЕРТТЕУ.....	35
<i>Бикешев А.З., Казагачев В.Н.</i> ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС ARDUINO СТУДЕНТТЕРІ ҮШІН " ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ПАРКІНДЕ	40
<i>Сагинтаева А.К., Адырбайқызы Р.</i> ВЕШЕНКАНЫ КУЛЬТИВИРЛЕУ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ.....	44
<i>Келаманов Б. С., Жумагалиев Е. У., Самуратов Е. К., Акуов А. М., Абілберікова А.А.</i> Mn-Fe-Si-C ЖҮЙЕСІНІҢ ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ-ДИАГРАММАЛЫҚ ТАЛДАНУЫ.....	47
<i>Сакибаева С.А., Суйгенбаева А.Ж., Абдуразова П.А., Сериков А. С., Коньсбек Ж. К.</i> ТҮРЛЕНДІРІЛГЕН ЦЕОЛИТТИ ТОЛТЫРҒЫШТЫҢ РЕЗЕҢКЕГЕ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	53
<i>Секербаев К.С., Таурбаев Е.Т., Чирвоний В.С., Мартинес-Пастор Х.П., Тимошенко В.Ю., Таурбаев Т.И.</i> ЖҰҚА ҚАБЫҚШАЛЫ МЕТАЛ-ГАЛОИДТІК ПЕРОВСКИТТЕР ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯСЫНЫҢ КИНЕТИКАЛЫҚ СӨНУІН МОДЕЛЬДЕУ: БЕТТІК СӘУЛЕЛЕНУСІЗ РЕКОМБИНАЦИЯСЫНЫҢ РӨЛІ.....	58
<i>Байкенжеева А. С.</i> ТАЛДАУ ЖӘНЕ ҚАУІПСІЗДІГІН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ҚЫЗМЕТКЕРЛЕРДІҢ ЖЕКЕ ҚОРҒАНУ ҚҰРАЛДАРЫМЕН.....	64
<i>Сатпаев Д.А., Полтавцева В.П., Дегтярева А.С., Партыка Я.</i> КСЕНОН ИОНДАРНЫҢ ЖӘНЕ КҮЙДІРУ ӘСЕРІНЕН Ti-Sr-N ЖАБЫНДАРЫ ҚҰРЫЛЫМЫНЫҢ ӨЗГЕРУІ ЖӘНЕ БЕРІКТЕЛУІ.....	69
<i>Рахимбеков С.М.</i> ТАУ-КЕН ТЕХНОЛОГИЯСЫН ДАМУДЫҢ ИННОВАЦИЯЛЫҚ БАҒЫТЫ.....	73
<i>Муратов А.Д., Қырықбаева Ә.А., Таипова Б.Г.</i> ПОЛИИМИД ҮЛБІРЛЕРНІҢ ДЕФОРМАЦИЯСЫНА ЭЛЕКТРОНДЫҚ СӘУЛЕЛЕНДІРУ МЕН ТЕМПЕРАТУРАНЫҢ ӘСЕРІ	79
<i>Омарова А.Б., Түлемисова Ж.К., Бекенова М.Т., Курбанова Г.В., Зетбек Г.С.</i> ҚАЗАҚСТАННЫҢ СҮТҚЫШҚЫЛДЫ ӨНІМДЕРІНЕН БӨЛІНІП АЛЫНҒАН МИКРОАҒЗАЛАРДЫ ЗЕРТТЕУ	84
<i>Бахтаев Ш.А., Тергеусизова А.С., Тойгожинова А.Ж.</i> ДИЭЛЕКТРЛІК ЖІПТЕРДЕ ҚОЗҒАЛАТЫН СЫЗЫҚТЫ ПАРАМЕТРЛЕРДІ ӨЛШЕУ ӘДІСТЕРІН ӨҢДЕУ.....	90
<i>Зәуірбек А., Джурунтаев Д. З.</i> VERILOG ТІЛІН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ САПР QUARTUS II ОРТАСЫНДА ТАҚТАҒА СЫЗЫҚТЫҚ КЕРІ БАЙЛАНЫСЫ БАР ЖЫЛЖУ РЕГИСТРІН ФУНКЦИОНАЛДЫҚ МОДЕЛДЕУ.....	97
<i>Нуржанов Ч., Найзабаева Л.</i> ТОПЫРАҚТЫҢ АУЫР МЕТАЛДАРМЕН ЛАСТАНҒАН КЕЗІНДЕГІ ЖАҢА ФИТОРЕМЕДИАНТ MISCANTHUS X GIGANTEUS-ТІҢ (АЛЫП МИСКАНТУС) ӨСУ КИНЕТИКАСЫНЫҢ МОДЕЛІ....	105

<i>Джомартова Ш.А., Зиятбекова Г.З., Исимов Н.Т., Мазакова А.Т., Болатханова Ж.А., Саметова А.А.</i> КӨП КРИТЕРИЙЛІ ОҢТАЙЛАНДЫРУ ӘДІСТЕРІНІҢ НЕГІЗІНДЕ ТҰЛҒАНЫҢ БЕТІ БОЙЫНША БИОМЕТРИЯЛЫҚ СӘЙКЕСТЕНДІРУДІ ЗЕРТТЕУ.....	110
<i>Дуйсенов Н.Ж., Кошкинбаева М.Ж., Кожабекова П.А., Тастемір Д.Б., Маханова З.А.</i> КРИПТОГРАФИЯЛЫҚ ТҮРЛЕНДІРУ АЛГОРИТМДЕРІН ҚОЛДАНЫП БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ӨНІМ ЖАСАУ ӘДІСТЕРІ.....	115
<i>Бектурсунова А.К., Ботабаев Н.Е., Арипбаева А.Е.</i> БАКТЕРИАҒА ҚАРСЫ ҚҰРЫЛЫМЫ БАР ТОҚЫМА МАТЕРИАЛДАРЫН АЛУ.....	121
<i>Ермуханова Н.Б., Таңжарықов П.А., Керімбекова З.М.</i> МҰНАЙ-ГАЗ КЕНОРЫНДАРЫНЫҢ ТОПЫРАҒЫНА РАДИОНУКЛИДТЕРДІҢ ТЕХНОГЕНДІК ӨСЕРІН БАҒАЛАУ.....	125
<i>Даркенбаев Д. К.</i> ҮЛКЕН КӨЛЕМДІ ДЕРЕКТЕРДІ ТАЛДАУДАҒЫ ЖӘНЕ ӨНДЕУДЕГІ РЕГРЕССИЯЛЫҚ МОДЕЛЬДІҢ САНДЫҚ ШЕШІМІ.....	132
<i>Сембиев О.З., Кемельбекова Ж.С., Махатова А.Х.</i> АСИНХРОНДЫ ТАСЫМАЛДАУ ЖЕЛІ ТҮЙІНДЕРІНДЕ КАНАЛДАР КОММУТАЦИЯСЫ РЕЖИМІНДЕГІ ЖҮКТЕМЕНІ ҮЛЕСТІРУІ.....	139
<i>Акашева Ж.К., Асилбеков Б.К., Кудайкулов А.А.</i> МҰНАЙДЫҢ ҰНҒЫҒА АҒЫП КЕЛУІН ИНТЕНСИФИКАЦИЯЛАУДЫҢ ҚОЛАЙЛЫ ӘДІСІН АВТОМАТТЫ ТАҢДАУҒА АРНАЛҒАН STIMDESIGN БАҒДАРЛАМАЛЫҚ МОДУЛІ.....	146
<i>Боранбаев А.С., Боранбаев С.Н., Нурушева Ә.М., Ерсаханов К.Б.</i> АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕСІНІҢ ФУНКЦИЯЛАРЫНЫҢ СЕНІМДІЛІКТІ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТҮ ҮШІН ӘДІСТЕРІ, ТӘСІЛДЕРІ ЖӘНЕ АСПАПТЫҚ ҚҰРАЛДАРЫ.....	153
<i>Боранбаев С.Н., Боранбаев А.С., Нурушева Ә.М., Слабкевич В.Н.</i> АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІ ТӘУЕКЕЛДІК ӘДІСТЕРДІ ТАЛДАУ.....	159
<i>Сырманова К.К., Ковалева А.Е., Хинриксен К.-О., Калдыбекова Ж.Б., Белобородов Б.Е.</i> ПАЙДАЛАНЫЛҒАН МОТОР МАЙЫНЫҢ ЖАҒЫМСЫЗ КОМПОНЕНТТЕРІНЕ УЛЬТРАДЫБЫСТЫҢ ӨСЕРІН АНЫҚТАУ.....	165
<i>Сырманова К.К., Ковалева А.Е., Хинриксен К.-О., Сакибаева С.А., Белобородов Б.Е.</i> ПАЙДАЛАНЫЛҒАН МОТОР МАЙЫН ВЕРМИКУЛИТТИ СОРБЕНТПЕН АДСОРБЦИЯЛЫҚ ТАЗАЛАУ.....	171
<i>Омарбекова А.С., Закирова А.Б., Нургазинова Г.</i> АЛГЕБРА БІЛІМ БАЗАСЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН СҰРАҚТАР МЕН ЖАУАПТАР ЖАСАУ.....	177
<i>Елемесов К. К., Бортебаев С. А., Сыдыкбекова С. Т., Утянов А. Н.</i> КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДАРДЫ ПАЙДАЛАНУ СОРҒЫЛАРДЫҢ КОРПУСТАРЫН ДАЙЫНДАУ.....	181
<i>Генбач А.А., Бондарцев Д.Ю.</i> ЖЫЛЖЫМАЛЫҚ ЖАБДЫҚТАРДЫҢ ПОРОГИЯЛЫҚ ҚҰРАЛДАРЫНЫҢ ЖОҒАРЫ ТЕРМЕЙДІК СТРЕССТЕРІН МОДЕЛЬ ТУРБИНАЛЫҚ ЖАБДЫҚ.....	185
<i>Абдрахманов Р., Сапарходжаев Н., Рустамов Е., Мукашева А</i> ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДЕ ФРАКТАЛДЫҚ БІЛІМДЕР БАЗАСЫН ҚҰРУДЫҢ АЛГОРИТМДІК НЕГІДЕРІ.....	192
<i>Сапарходжаев, Н. П. Мукашева А.К.</i> ПАРАМЕТРЛЕРДІ ЖӘНЕ ҰСЫНЫСТАРДЫ БАҒАЛАУ ҮШІН АҚПАРАТТЫҚ РЕСУРСТАРДЫ ПАЙДАЛАНУҒА ЖӘНЕ ҚАЛЫПТАСТЫРУҒА АРНАЛҒАН АҚПАРАТ ЖҮЙЕСІН ҚҰРАСТЫРУ: BIGDATA ҚҰРАЛДАРЫ НЕГІЗІНДЕ MONGODB-МЕН ЖҰМЫС.....	198
<i>Надиров К.С., Садырбаева А.С., Отарбаев Н.Ш., Туребекова А.М., Айкенова С.Ж., Байботаева С.Е.</i> ПАРАФИНДІ МҰНАЙДЫ СУСЫЗДАНДЫРУҒА АРНАЛҒАН РЕАГЕНТ- ДЕЭМУЛЬГАТОРЛАРДЫҢ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ.....	204
<i>Голубев В.Г., Садырбаева А.С., Туребекова А.М., Байботаева С.Е.</i> СІЛТІЛІ ӨСЕР ЕТУ ӘДІСІМЕН МҰНАЙ ҚАБАТЫ ҮЛГІСІНЕН МҰНАЙДЫ ЫҒЫСТЫРУ ПРОЦЕСІН ЗЕРТТЕУДІҢ КЕЙБІР ЗАҢДЫЛЫҚТАРЫ.....	209
<i>Голубев В.Г., Садырбаева А.С., Бесбаева Н.А., Касимова Ж.Ж., Айкенова С.Ж.</i> СІЛТІ ЖӘНЕ ПОЛИАКРИЛАМИДТІҢ СУЛЫ ЕРІТІНДІСІНІҢ МҰНАЙ КЕРНІНІҢ БЕТІН СУЛАУДЫҢ ШЕТКІ БҰРЫШЫНА ӨСЕРІ.....	213
<i>Артыкбаев Д.Ж.</i> ДИНАМИКАЛЫҚ ӨСЕРЛЕРДІҢ ӨСЕРІНЕН ЕҢІСТІ ГРУНТТАРДЫҢ БЕРІКТІГІНІҢ ӨЗГЕРУІН ЗЕРТТЕУ.....	217
<i>Тусупова Б.Х., Кулбаев Т.Т., Сарман М.А.</i> ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ ҚҰРЫЛЫС ПЕН ОЛАРДЫ БҰЗУ ЖҰМЫСТАРЫНЫҢ ҚАЛДЫҚТАРЫН БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІНІҢ МӘСЕЛЕЛЕРІНЕ ШОЛУ: ЖАСЫЛ ҚҰРЫЛЫСҚА ҚОЛДАНУ РЕТІНДЕ ҚҰРЫЛЫС ҚАЛДЫҚТАРЫН ҚАЙТА ӨНДЕУ.....	221

<i>Батаев Н.А., Шуватов Т.Т., Кузыргалиев А.Р.</i> ГАЗ-ТУРБИНАЛЫҚ КОМПРЕССОР ҚОНДЫРҒЫСЫНЫҢ ЖҰМЫС РЕЖИМДЕРІН МОДЕЛЬДЕУ.....	227
<i>Скаков М.К., Мухамедова Н.М., Wieleba W.</i> КАРБИДОКРЕМНИЙ КЕРАМИКАСЫНЫҢ МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ.....	235
<i>Смақанов Б.С., Увалиева И.М.</i> ЫҚТИМАЛДЫ-ЛОГИКАЛЫҚ ӘДІСКЕ НЕГІЗДЕЛГЕН КӨЛІКТЕРДЕГІ МЕХАНИКАЛЫҚ КЕМШІЛІКТЕРДІ ДИАГНОСТИКАЛАУ.....	240
<i>Манап Қ.Р., Нурмат М., Серикқызы М.С.</i> ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНДА САТЫЛАТЫН ҚЫЗЫЛ ҚҰРҒАҚ ШАРАПТЫҢ САПАСЫН БАҒАЛАУ.....	248
<i>Пазылова Д.Т., Шевко В.М., Тлеуов А.С., Тлеуова С.Т.</i> ҚОРҒАСЫН, МЫРЫШ, МЫС ҚОСЫЛЫСТАРЫНЫҢ ДИСТИЛЛЕРЛІК СҰЙЫҚТЫҚТАҒЫ НАТРИЙ ЖӘНЕ КАЛЬЦИЙ ХЛОРИДТЕРІМЕН ӘСЕРЛЕСУІНІҢ ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ МОДЕЛІ.....	253
<i>Қалдыбаев Р.Т., Қалдыбаева Г.Ю., Темиришиков К.М., Махмудова М.А.</i> МАҚТА-ЦЕЛЛЮЛОЗАНЫ АҒARTУ БАРЫСЫНДА СУТЕГІ ПЕРОКСИДІН ҮДЫРАУДЫ ТҰРАҚTАНДЫРУ МҮМКІНДІГІН ЗЕРТТЕУ.....	261
<i>Арипбаева А.Е., Қалдыбаев Р.Т., Степанов С.Г., Қалдыбаева Г.Ю., Мирзамуратова Р.Ш.</i> ҚЫСЫМДЫ ӨРТ СӨНДІРУ ТҮТІКТЕРІНІҢ КОНСТРУКЦИЯСЫНА ТЕХНИКАЛЫҚ ТАЛАПТАРЫН ТАЛДАУ.....	266
<i>Кенжегулов А.К., Мамаева А.А., Паничкин А.В.</i> ЖЖ МАГНЕТРОНДЫ ТОЗАҢДАНДЫРУ ӘДІСІМЕН АЛЫНҒАН КАЛЬЦИЙ-ФОСФАТТЫҚ ЖАБЫНДЫЛАРДЫ ЗЕРТТЕУ.....	271
<i>Қалдыбаев Р.Т., Қалдыбаева Г.Ю., Төлеш Ж.</i> БИКОМПОНЕНТТІ ЖӘНЕ МАҚТА ИРІЛГЕН ЖІПТЕРДІҢ САПА КӨРСЕТКІШТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	276
<i>Жұманбаева Н., Балбекова Б.</i> МАРТЕНСИТ ЖӘНЕ ПЕРЛИТ КЛАСТЫ ДӨНЕКЕРЛЕНГЕН ҚОСЫЛЫСТАРДЫҢ ҚАСИЕТТЕРІ МЕН ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ.....	280
<i>Омарова А.Б., Төлемісова Ж.К., Кауменова А.Е., Сүлейменова Ж.М.</i> ПРОБИОТИКАЛЫҚ ӨНІМДЕР ӨНДІРІСНІҢ НОРМАТИВТІК ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰЖАТТАРЫН ӨЗІРЛЕУ.....	284
<i>Нугман Е.З., Абекова А.Ж., Мустафа А.Қ., Төлебаев Н.С., Бекбосынова Б. А.</i> ЖАҢА РАДИАЛЬДЫ-ЫҒЫСТЫРУ ОРНАҒЫНЫҢ АЙНАЛДЫРЫҚТЫ ҚОСЫЛЫСТАРЫНЫҢ ӨЛШЕМДЕРІН АНЫҚТАУ.....	288
<i>Байкенжеева А. С.</i> ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ТЕМІР ЖОЛ КӨЛІГІНІҢ ЖЕР ТӨСЕМІНІҢ ЖҰМЫС ҚАБІЛЕТТІЛІГІ МЕН ҚАУІПСІЗДІГІН АРТТЫРУДЫҢ ОҢТАЙЛЫ ЖАЙ-КҮЙІ МЕН ЖОЛДАРЫ..	295
<i>Болатбек М.А., Мусиралиева Ш.Ж.</i> ЭКСТРЕМИСТІК МӘТІНДЕРДІ МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІ АРҚЫЛЫ АНЫҚТАУ.....	299
<i>Азанов Н.П., Манас Ж.Б.</i> ЭЛЛИПТИКАЛЫҚ ҚИСЫҚТАРДЫҢ КРИПТОБЕРІКТІГІ ЖӘНЕ КРИПТОБЕРІКТІК МӘСЕЛЕЛЕРІ.....	304
<i>Камбатьров М.Б., Назарбек У.Б., Абдуразова П.А.</i> ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНДАҒЫ ЖЕМДІК ҚОСПАЛАР НАРЫҒЫН ЗЕРТТЕУ.....	309
<i>Бурумбаева Р. М. Дюсова, Г. Р. Г. Ж. Сейтенова, Е. Н. Ивашкина</i> МОДЕРНИАЦИЯ ОРНАТУ ПРОЦЕСІНІҢ КАТАЛИТИКАЛЫҚ КРЕКИНГ.....	314
<i>Дюсова Р.М., Бурумбаева Г.Р., Сейтенова Г.Ж., Иванчина Э.Д.</i> ТИІМДІЛІГІН АНЫҚТАУ ӘР ТҮРЛІ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ИЗОМЕРЛЕУ ПРОЦЕСІНІҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ ӘДІСІМЕН.....	320
<i>Мостовой А.С., Нуртазина А.С^{1,2}, Кадыкова Ю.А.</i> ЖОҒАРҒЫ КОМПЛЕКСТІ ЭКСПЛУАТАЦИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ИЕ ӨРТКЕ ҚАУІПСІЗДІК ЭПОКСИДТІ КОМПОЗИТТЕР.....	327
<i>Касекеева А.Б.</i> АҚПАРАТТЫҚ-ІЗДЕСТІРУ ТЕЗАУРУСЫН ҚҰРУ КЕЗІНДЕГІ ТУЫНДАЙТЫН МӘСЕЛЕЛЕР.....	333
<i>Савинкин В.В., Ратушина Т.Ю., Кузнецова В.Н.</i> ПЛАЗМАЛЫҚ ЭНЕРГИЯ КӨЗІ ҚАЛПЫНА КЕЛТІРІЛГЕН ЖЭО ТУРБИНАЛАРЫ ҚАЛАҚТАРЫНЫҢ МЕХАНИКАЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	337
<i>Абдураимова Б.К., Закирова А.Б., Омарбекова А.С.</i> КРИПТОГРАФИЯЛЫҚ АЛГОРИТМДЕРДІҢ КОМБИНАЦИЯСЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН БҰЛТҚА ДЕРЕКТЕРДІ ҚАУІПСІЗ ТАСЫМАЛДАУ МОДЕЛІН ӨЗІРЛЕУ.....	345
<i>Скаков М.К., Иркимбеков Р.А., Вурим А.Д., Витюк Г.А., Мурзагалиева А.А.</i> ИГР ЭКСПЕРИМЕНТТЕРІНДЕ КЕҢІСТІК КИНЕТИКА МОДЕЛІН ҚОЛДАНУ.....	357

<i>Скаков М.К., Витюк Г.А., Витюк В.А., Котов В.М., Жанболатов О.М.</i> ИМПУЛЬСТІК ГРАФИТТІК РЕАКТОРДАҒЫ СЫНАҚТАР КЕЗІНДЕ ГЕТРОГЕНДІ ТВЭЛДЕ ЭНЕРГИЯ БӨЛУ САЛАСЫН ЖҮЗЕГЕ АСЫРУ.....	351
<i>Өскенбаева Р.Қ., Сатыбалдиева Р.Ж., Бектемысова Г.У., Молдағұлова А.Н., Әйтiм А.</i> ХАТУ МЫСАЛЫН ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП УНИВЕРСИТЕТТЕГІ БИЗНЕС-ПРОЦЕСТЕРДІ МОДЕЛЬДЕУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ.....	364
<i>Ахметова Г.Е., Ахмедова Т.Ш., Вяткина А.К., Смағұлов Д.Ұ., Кудря А.В.</i> ҚҰБЫРЛЫ БОЛАТТАРДЫҢ САПАСЫН БАҚЫЛАУ ҮШІН ҚҰРЫЛЫМДАРДАҒЫ ГЕОМЕТРИЯЛЫҚ АЙЫРМАШЫЛЫҚТАРДЫ ӨЛШЕУ.....	371

Физика-математика ғылымдары

<i>Ербай М.Қ., Мурадов А.Д.</i> ПОЛИИМИДТІҢ ҚАБЫРШАҒЫНЫҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТІНЕ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТ ТОЛЫҚТЫРҒЫШЫ МЕН ЭЛЕКТРОНДЫ СӘУЛЕЛЕНДІРУДІҢ ӘСЕРІ.....	377
<i>Мұрадов А.Д., Бержанова Ж. М.</i> ГАММА СӘУЛЕЛЕНДІРУ ДОЗАСЫНЫҢ «ПОЛИИМИД – ШЫНЫ» ЖҮЙЕСІНІҢ МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІ.....	381
<i>Шайхова Г.Н., Тулегалиева Г.Г., Сыздықова А.М.</i> ХИРОТА ТИПТІ СЫЗЫҚТЫ ЕМЕС ИНТЕГРАЛДЫ ТЕНДЕУЛЕРІН САҚТАЛУ ЗАҢДАРЫ.....	386
<i>Жұмабеков М.Е., Мухтарова М.Н., Нұрғалиева К.Е., Мауленова Н.У., Данлыбаева А.К.</i> ЖЕКЕ КҮН ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРЫН ТИІМДІ ҚОЛДАНУ.....	393
<i>Корынбаева Л.А., Шокобаева Г.Т., Мурзахметова У.А.</i> 17ГІС ҚҰБЫРЛЫҚ БОЛАТЫНЫҢ ӘР ТҮРЛІ ТЕМПЕРАТУРАДАҒЫ ҚЫШҚЫЛДАНУ ДӘРЕЖЕСІНІҢ КИНЕТИКАСЫН ЗЕРТТЕУ.....	398
<i>Аджан Б.З., Инкарбеков М.К.</i> ТУРБУЛЕНТТІ АҒЫСТАРДАҒЫ ІРІ ҚҰЙЫНДАРДЫ МОДАЛЬДІ ҮЗІЛІСТІ ГАЛЕРКИН ӘДІСІМЕН МОДЕЛЬДЕУ.....	405
<i>Оразбаев Б.Б., Каменов Н.М., Женисбекулы Ж., Касенова Л.Г.</i> АЙҚЫН ЕМЕС ОРТАДА МҰНАЙ ҚҰБЫРЫНЫҢ НЕГІЗГІ АГРЕГАТТАРЫНЫҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕРІН ҚҰРУ.....	411
<i>Нұрғабыл Д.Н., Кауһарова Р.Ш.</i> ТУЫНДЫЛАРЫНЫҢ ЖАНЫНДА КІШКЕНЕ ПАРАМЕТРЫ БАР ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕНДЕУЛЕР ЖҮЙЕСІ ҮШІН ЖАЛПЫ ШЕКАРАЛЫҚ ЕСЕП.....	418
<i>Нұрғабыл Д.Н., Жүрімбай Г.А.</i> ШЕКАРАЛЫҚ ШАРТТАРЫ ШЕКТЕЛМЕГЕН ШЕКАРАЛЫҚ ЕСЕПТІҢ ШЕШІМІ.....	416
<i>Сарманбетов С.А., Сағатбаева А., Туқан А.</i> ЫҚТИМАЛДЫҚ ТЕОРИЯСЫНЫҢ НЕГІЗІНДЕГІ НЕЙРОНДЫҚ ЖЕЛЛЕРДІҢ СЫЗЫҚТЫҚ КЛАССИФИКАТОРЫ.....	426
<i>Ускенбаева Р.К., Куандықов А.А., Бейсембекова Р.Н., Каримжан Н.Б., Қожамжарова Д.Х.</i> РОБОТТЫҢ ОБЪЕКТІНІ КОНСТРУКЦИЯЛАУ МІНДЕТТЕРІНІҢ БІР КЛАСЫН ТҰЖЫРЫМДАУ ЖӘНЕ ШЕШУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ.....	431
<i>Мұстафин М.А., Макашов Н.К.</i> ЕСЕПТЕУШІ ГЕОМЕТРИЯНЫҢ КЕЙБІР ЕСЕПТЕР.....	438
<i>Тукенова Л.М.</i> БІР МҰХИТ ШЕКАРАЛЫҚ ЕСЕБІНЕ ЖУЫҚТАУ ШЕШІМ ҚАБЫЛДАУ.....	440

Химия-металлургия ғылымдары

<i>Бестереков У., Ермеков С.Р.</i> СУЛЫ-ТҰЗДЫ ЖҮЙЕЛЕРДЕГІ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМ ӨЗГЕРІСТЕРІ БАСТАМАЛЫҚ ФИГУРАТИВТІК НҮКТЕЛЕР ҚАНЫҚПАҒАН ЕРІТІНДІ АЙМАҒЫНДА.....	447
<i>Айнабеков И., Буркитбаева Б.Д., Авчукир Х.</i> ФОСФОРҚЫШҚЫЛ ОРТАДАҒЫ ТОТ БАСПАЙТЫН БОЛАТ ИНГИБИТОРЫ-БЕНЗИЛХЛОРИД МОНОАЦЕТИЛДИАКРИЛОНИТРИЛТРИЭТАНОЛАМИН.....	454
<i>Кенжалиев Б.К., Беркинбаева А.Н., Суркова Т.Ю., Досымбаева З.Д., Чукманова М.Т.</i> УРАНЫҢ ТАБИҒИ СОРБЕНКЕ СОРБЦИЯЛАНУЫН ЗЕРТТЕУ.....	460
<i>Асылханов Ж.С. Маркина Д. Б., Кішібаев К. К., Нечипуренко С. В., Атишабаров, А. А. Тоқпаев Р. Р., Ефремов С. А., Калугин С. Н.</i> НЕГІЗІНДЕ РОСТСТИМУЛЯТОРДЫ АЛУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ 2,2-ДИМЕТИЛ-4-(5'-АМИНО-1'2'4'- ТРИАЗОЛ-3'-ТИОПРОПИНИЛ)-ТЕТРАГИДРОПИРАН-4-ОЛА.....	466

<i>Қамбаров Ф.Ә., Абдуразова П.А., Мақұлбаева А.М., Райымбеков Е.Б.</i> АММОНИЙ ДИГИДРОФОСФАТЫН БІРІЗДІ ҚАЙТА КРИСТАЛЛИЗАЦИЯЛАУ ӘДІСІМЕН ТАЗАРТУ ҮРДІСІН ЗЕРТТЕУ	473
<i>Авчукир Х., Буркитбаева Б.Д.</i> ИНДИЙДІ ХЛОРИД ЕРІТІНДІЛЕРДЕН ТИТАН ЭЛЕКТРОДЫ БЕТІНДЕ ЭЛЕКТРТҮНДЫРУ КИНЕТИКАСЫ.....	475
<i>Бестереков У., Ермеков С.Р.</i> ҚАНЫҚҚАН ЕРІТІНДІ АЙМАҒЫНДА СУЛЫ-ТҰЗДЫ ЖҮЙЕЛЕРДІҢ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМ ӨЗГЕРІСТЕРІ.....	482

Әскери ғылымдары

<i>Адаутов А.Ю., Мухамеджанов Б.С.</i> ПОГРАНОЛОГИЯНЫҢ НЕГІЗГІ САНАТТАРЫ ТУРАЛЫ ЖӘНЕ ТҰЖЫРЫМДАМАЛЫҚ АППАРАТТЫҢ ҚАЛЫПТАСУЫ.....	488
<i>Салий С.М.</i> ҚАЗІРГІ КЕЗЕҢДЕГІ ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ШЕКАРАЛЫҚ САЯСАТЫ ЖӘНЕ ОНЫ ЖЕТІЛДІРУ ЖОЛДАРЫ.....	492
<i>Рысбаева Г.П.</i> ӘСКЕРИ ЖЕРАСТЫ ҚҰРЫЛЫСТАРЫНЫҢ ТЕКТОНИКАЛЫҚ КҮШТЕРІН ЕСКЕРЕ ОТЫРЫП СЕРПІНДІ КЕРНЕУЛЕРІН КОНЦЕНТРАЦИЯСЫН ЕСЕПТЕУ ЖӘНЕ ТАЛДАУ.....	497

СОДЕРЖАНИЕ

Науки о Земле

<i>Омирсериков М.Ш., Исаева Л.Д., Асубаева С.К., Кембаев М.К., Тогизов К.С.</i> РОЛЬ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ЕГО ФОРМИРОВАНИЯ ПРИ ВЫДЕЛЕНИИ И ОЦЕНКЕ РЕСУРСОВ ПЕРСПЕКТИВНЫХ УЧАСТКОВ.....	3
<i>Жасымбеков Б.Е., Кембаев М.К.</i> ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ УРАНОВЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТОРТКУДУК.....	10
<i>Джаналеева К.М., Мажитова Г.З., Кабиев Е.С.</i> МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ И ПРИНЦИПЫ ВЫЯВЛЕНИЯ И КАРТОГРАФИРОВАНИЯ АГРОЛАНДШАФТОВ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН.....	14
<i>Озгелдинова Ж.О., Усалинов Е.Б., Мукаев Ж.Т.</i> ОЦЕНКА ЛАНДШАФТНОГО РАЗНООБРАЗИЯ ТЕРРИТОРИИ ПАВЛОДАРСКОЙ ОБЛАСТИ.....	22

Технические науки

<i>Абделл Д.Ж., Ыскак А.С., Бай В., Новриансиях А.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВОДОИЗОЛЯЦИИ ЗАБОЯ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН С ПРИМЕНЕНИЕМ ЖИДКОГО СТЕКЛА.....	29
<i>Жаникулов Н., Джанмулдаева Ж., Таймасов Б., Аязбеков М., Масатбаев А.</i> ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПОЛУЧЕНИЮ СТЕНОВОГО КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ УГЛЕДОБЫЧИ ЛЕНГЕРСКИХ ШАХТ.....	35
<i>Бикешев А.З., Казагачев В.Н.</i> ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ НА ARDUINO ДЛЯ СТУДЕНТОВ В ПАРКЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	40
<i>Сагинтаева А.К., Адырбайқызы Р.</i> ТЕХНОЛОГИИ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ВЕШЕНКИ.....	44
<i>Келаманов Б. С., Жумагалиев Е. У., Акуов А. М., Абилберикова А.А.</i> ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИ-ДИАГРАММНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМЫ Mn-Fe-Si-C.....	47
<i>Сакибаева С.А., Суйгенбаева А.Ж., Абдуразова П.А., Сериков А. С., Коньсбек Ж. К.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МОДИФИЦИРОВАННОГО ЦЕОЛИТОВОГО НАПОЛНИТЕЛЯ НА СВОЙСТВА РЕЗИН.....	53
<i>Секербаев К. С., Таурбаев Е. Т., Чирвоный В. С., Мартинес-Пастор Х. П., Тимошенко В. Ю., Таурбаев Т. И.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕТИКИ ЗАТУХАНИЯ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ МЕТАЛ-ГАЛОИДНЫХ ПЕРОВСКИТОВ: РОЛЬ ПОВЕРХНОСТНОЙ БЕЗЫЗЛУЧАТЕЛЬНОЙ РЕКОМБИНАЦИИ.....	58
<i>Байкенжеева А.С.</i> АНАЛИЗ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТНИКОВ СРЕДСТВАМИ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ.....	64
<i>Сатпаев Д.А., Полтавцева В.П., Дегтярева А.С., Партыка Я.</i> ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ И УПРОЧНЕНИЯ ПОКРЫТИЙ Ti-Cr-N ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ИОНОВ КСЕНОНА И ОТЖИГА.....	69
<i>Рахимбеков С.М.</i> ИННОВАЦИОННОЕ НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ ГОРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ.....	73
<i>Мурадов А.Д., Қырықбаева Ә.А., Таипова Б.Г.</i> ВЛИЯНИЕ ДОЗЫ ЭЛЕКТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ НА ДЕФОРМАЦИЮ ПОЛИИМИДНЫХ ПЛЕНОК.....	79
<i>Омарова А.Б., Тулемисова Ж.К., Бекенова М.Т. Курбанова, Г.В., Зетбек Г.С.</i> ИЗУЧЕНИЕ МОЛОЧНОКИСЛЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ В КАЗАХСТАНЕ.....	84
<i>Бахтаев Ш.А., Тергеусизова А.С., Тойгожинова А.Ж.</i> РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖУЩИХСЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НИТЕЙ.....	90
<i>Заурбек А., Джурунтаев Д.З.</i> ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕГИСТРА СДВИГА С ЛИНЕЙНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ НА ПЛИС В СРЕДЕ САПР QUARTUS II С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯЗЫКА VERILOG.....	97
<i>Нуржанов Ч., Найзабаева Л.</i> МОДЕЛЬ КИНЕТИКИ РОСТА НОВОГО ФИТОРЕМЕДИАНТА <i>MISCANTHUS X GIGANTEUS</i> (МИСКАНТУС ГИГАНТСКИЙ) НА ПОЧВЕ, ЗАГРЗНЕННОЙ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ	105

<i>Джомартова Ш.А., Зиятбекова Г.З., Исимов Н.Т., Мазакова А.Т., Болатханова Ж.А., Саметова А.А.</i>	
БИОМЕТРИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЧЕЛОВЕКА ПО ЛИЦУ НА ОСНОВЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ.....	110
<i>Дуйсенов Н.Ж., Кошкинбаева М.Ж., Кожобекова П.А., Тастемір Д.Б., Маханова З.А.</i>	
МЕТОДЫ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМОВ КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ.....	115
<i>Бектурсунова А.К., Ботабаев Н.Е., Арипбаева А.Е.</i>	
ПОЛУЧЕНИЕ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ....	121
<i>Ермуханова Н.Б., Танжарыков П.А., Керимбекова З.М.</i>	
ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ РАДИОНУКЛИДОВ НА ПОЧВУ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ.....	125
<i>Даркенбаев Д. К.</i>	
ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ РЕГРЕССИОННОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ АНАЛИЗА И ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ.....	132
<i>Сембиев О.З., Кемельбекова Ж.С., Махатова А.Х.</i>	
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗКИ В РЕЖИМЕ КОММУТАЦИИ КАНАЛОВ НА УЗЛАХ АСИНХРОННОЙ СЕТИ.....	139
<i>Акашева Ж.К., Асилбеков Б.К., Кудайкулов А.А.</i>	
ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ STIMDESIGN ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫБОРА ПОДХОДЯЩЕГО МЕТОДА ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРИТОКА НЕФТИ К СКВАЖИНЕ.....	146
<i>Боранбаев А.С., Боранбаев С.Н., Нурушева А.М., Ерсаханов К.Б.</i>	
ПОДХОДЫ, МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ.....	153
<i>Боранбаев С.Н., Боранбаев А.С., Нурушева А.М., Слабкевич В.Н.</i>	
АНАЛИЗ МЕТОДИК РИСКОВ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ.....	159
<i>Сырманова К.К., Ковалева А.Е., Хинриксен К.-О., Калдыбекова Ж.Б., Белобородов Б.Е.</i>	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ УЛЬТРАЗВУКА НА НЕЖЕЛАТЕЛЬНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ОТРАБОТАННОГО МОТОРНОГО МАСЛА.....	165
<i>К.К. Сырманова, А.Е. Ковалева, К.-О. Хинриксен, Ж.Б. Калдыбекова, С.А. Сакибаева</i>	
АДСОРБИЦИОННАЯ ОЧИСТКА ОТРАБОТАННОГО МОТОРНОГО МАСЛА ВЕРМИКУЛИТОВЫМ СОРБЕНТОМ.....	171
<i>Омарбекова А.С., Закирова А.Б., Нургазинова Г.</i>	
ГЕНЕРАЦИЯ ВОПРОСОВ И ОТВЕТОВ НА ОСНОВЕ БАЗЫ ЗНАНИЙ ПО АЛГЕБРЕ.....	177
<i>Елемесов К. К., Бортебаев С. А., Сыдыкбекова С. Т., Утянов А. Н.</i>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРПУСОВ НАСОСОВ.....	181
<i>Генбач А.А., Бондарцев Д.Ю.</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ, РАЗРУШАЮЩИХ ПОРИСТЫЕ ПОКРЫТИЯ ТЕПЛООБМЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ КОТЛО-ТУРБИННОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	185
<i>Абдрахманов Р.Б., Сапарходжаев Н.П., Рустамов Е.Н., Мукашева А.К.</i>	
АЛГОРИТМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФРАКТАЛЬНЫХ БАЗ ЗНАНИЙ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ.....	192
<i>Сапарходжаев Н., Мукашева А.</i>	
РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ И ОЦЕНКИ РЕКОМЕНДАЦИЙ НА ОСНОВЕ ИНСТРУМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ BIG DATA: РАБОТА С MONGODB.....	198
<i>Надиров К.С., Отарбаев Н.Ш., Садырбаева А.С., Туребекова А.М., Айкенова С.Ж., Байботаева С.Е.</i>	
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАГЕНТОВ - ДЕЭМУЛЬГАТОРОВ ДЛЯ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ПАРАФИНИСТОЙ НЕФТИ.....	204
<i>Голубев В.Г., Садырбаева А.С., Туребекова А.М., Байботаева С.Е.</i>	
НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ВЫТЭСНЕНИЯ НЕФТИ ИЗ МОДЕЛИ НЕФТЯНОГО ПЛАСТА МЕТОДОМ ЩЕЛОЧНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ.....	209
<i>Голубев В.Г., Садырбаева А.С., Бесбаева Н.А., Касимова Ж.Ж., Айкенова С.Ж.</i>	
ВЛИЯНИЕ ВОДНОГО РАСТВОРА ЩЕЛОЧИ И ПОЛИАКРИЛАМИДА НА КРАЕВОЙ УГОЛ СМАЧИВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ НЕФТЯНОГО КЕРНА	213
<i>Артыкбаев Д.Ж.</i>	
ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЧНОСТИ ГРУНТА В ТЕЛЕ ОТКОСА ПРИ ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ.....	217

<i>Тусупова Б.Х., Кулбаев Т.Т., Сарман М.А.</i> ОБЗОР ПРОБЛЕМ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ СТРОИТЕЛЬСТВА И СНОСА В КАЗАХСТАНЕ: РЕЦИКЛИНГ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ КАК ПЕРЕХОД К ЗЕЛЕНОМУ СТРОИТЕЛЬСТВУ.....	221
<i>Батаев Н.А., Шуватов Т.Т., Кузыргалиев А.Р.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ГАЗОТУРБИННОЙ КОМПРЕССОРНОЙ УСТАНОВКИ.....	227
<i>Скаков М.К., Мухамедова Н.М., Wieleba W.</i> МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КАРБИДОКРЕМНИЕВОЙ КЕРАМИКИ.....	235
<i>Смаканов Б.С., Увалиева И.М.</i> ДИАГНОСТИКА МЕХАНИЧЕСКИХ НЕИСПРАВНОСТЕЙ АВТОМОБИЛЯ НА ОСНОВЕ ВЕРОЯТНОСТНО-ЛОГИЧЕСКОГО МЕТОДА.....	240
<i>Манат К.Р., Нурмат М., Сериккызы М.С.</i> ОЦЕНКА КАЧЕСТВА КРАСНОГО СУХОГО ВИНА В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН.....	248
<i>Пазылова Д.Т., Шевко В.М., Тлеуов А.С., Тлеуова С.Т.</i> ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СОЕДИНЕНИЙ СВИНЦА, ЦИНКА, МЕДИ С ХЛОРИДАМИ НАТРИЯ И КАЛЬЦИЯ, ПРИСУТСТВУЮЩИХ В ДИСТИЛЛИРНОЙ ЖИДКОСТИ.....	253
<i>Қалдыбаев Р.Т., Қалдыбаева Г.Ю., Темиршиқов К.М., Махмудова М.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СТАБИЛИЗАЦИИ РАЗЛОЖЕНИЯ ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА ПРИ ОТБЕЛИВАНИИ ХЛОПКОВОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ	261
<i>Арипбаева А.Е., Қалдыбаев Р.Т., Степанов С.Г., Қалдыбаева Г.Ю., Мирзамуратова Р.Ш.</i> АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К КОНСТРУКЦИИ ПОЖАРНЫХ НАПОРНЫХ РУКАВОВ.....	266
<i>Кенжегулов А.К., Мамаева А.А., Паничкин А.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ КАЛЬЦИЙ-ФОСФАТНЫХ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ВЧ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ.....	271
<i>Қалдыбаев Р.Т., Қалдыбаева Г.Ю., Төлеш Ж.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА БИКОМПОНЕНТНОЙ ШЕЛКОВОЙ И ХЛОПКОВОЙ ПРЯДЕНОЙ НИТИ.....	276
<i>Жуманбаева Н., Балбекова Б.</i> ОСОБЕННОСТИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И СВОЙСТВА СТАЛЕЙ МАРТЕНСИТНОГО И ПЕРЛИТНОГО КЛАССОВ.....	280
<i>Омарова А.Б., Төлемісова Ж.К., Кауменова А.Е., Сүлейменова Ж.М.</i> РАЗРАБОТКА НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ ПРОИЗВОДСТВА ПРОБИОТИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ.....	284
<i>Нугман Е., Абекова А., Мустафа А., Төлебаев Н., Бекбосынова Б.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРА ШПИНДЕЛЬНОГО СОЕДИНЕНИЯ НОВОГО РАДИАЛЬНО-СДВИГОВОГО СТАНА.....	288
<i>Байкенжеева А.С.</i> ОПТИМАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН.....	295
<i>Болатбек М.А., Мусиралиева Ш.Ж.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКСТРЕМИСТСКИХ ТЕКСТОВ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	299
<i>Азанов Н.П., Манас Ж.Б.</i> ПРОБЛЕМЫ КРИПТОГРАФИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ КРИВЫХ.....	304
<i>Камбатыров М.Б., Назарбек У.Б., Абдуразова П.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ РЫНКА КОРМОВЫХ ДОБАВОК В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН.....	309
<i>Бурумбаева Г.Р., Дюсова Р.М., Сейтенова Г.Ж., Иваикина Е.Н.</i> МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТАНОВКИ ПРОЦЕССА КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА.....	314
<i>Дюсова Р.М., Бурумбаева Г.Р., Сейтенова Г.Ж., Иванчина Э.Д.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОЦЕССА ИЗОМЕРИЗАЦИИ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	320
<i>Мостовой А.С., Нуртазина А.С., Кадыкова Ю.А.</i> ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫЕ ЭПОКСИДНЫЕ КОМПОЗИТЫ С ПОВЫШЕННЫМ КОМПЛЕКСОМ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ.....	327
<i>Касекеева А.Б.</i> ПРОБЛЕМЫ ПРИ ПОСТРОЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ПОИСКОВОГО ТЕЗАУРУСА.....	333
<i>Савинкин В.В., Ратушина Т.Ю., Кузнецова В.Н.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛОПАТОК ТУРБИН ТЭЦ, ВОССТАНОВЛЕННЫХ ПЛАЗМЕННЫМ ИСТОЧНИКОМ ЭНЕРГИИ.....	337

<i>Абдураимова Б.К., Закирова А.Б., Омарбекова А.С.</i> РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ БЕЗОПАСНОЙ МИГРАЦИИ ДАННЫХ В ОБЛАКО НА ОСНОВЕ КОМБИНИРОВАНИЯ КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ.....	345
<i>Скаков М.К., Иркимбеков Р.А., Вурум А.Д., Витюк Г.А., Мурзагалиева А.А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ КИНЕТИКИ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ НА ИГР	357
<i>Скаков М.К., Витюк Г.А., Витюк В.А., Котов В.М., Жанболатов О.М.</i> РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОФИЛЯ ЭНЕРГОВЫДЕЛЕНИЯ В ГЕТЕРОГЕННОМ ТВЭЛЕ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ В ИМПУЛЬСНОМ ГРАФИТОВОМ РЕАКТОРЕ.....	351
<i>Ускенбаева Р.К., Сатыбалдиева Р.Ж., Бектемысова Г.У., Молдагулова А.Н., Айтим А.</i> ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ В УНИВЕРСИТЕТЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИМЕРА МУИТ.....	364
<i>Ахметова Г.Е., Ахмедова Т.Ш., Вяткина А.К., Смагулов Д.У., Кудря А.В.</i> ИЗМЕРЕНИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ СТРУКТУР ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ТРУБНЫХ СТАЛЕЙ.....	371

Физико-математические науки

<i>Ербай М.К., Мурадов А.Д.</i> ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ И НАПОЛНИТЕЛЯ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИИМИДА.....	377
<i>Мурадов А.Д., Бержанова Ж.М.</i> ВЛИЯНИЕ ДОЗЫ ГАММА ОБЛУЧЕНИЯ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СИСТЕМЫ «ПОЛИИМИД – СТЕКЛО».....	381
<i>Шайхова Г.Н., Тулегалиева Г.Г., Сыздыкова А.М.</i> ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ИНТЕГРИРУЕМЫХ УРАВНЕНИЙ ТИПА ХИРОТЫ.....	386
<i>Жумабеков М.Е., Мухтарова М.Н., Нургалиева К.Е., Мауленова Н.У., Данлыбаева А.К.</i> ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ.....	393
<i>Корынбаева Л.А., Шокобаева Г.Т., Мурзахметова У.А.</i> КИНЕТИКА ОКИСЛЕНИЯ ТРУБНОЙ СТАЛИ 17Г1С ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ.....	398
<i>Аджан Б.З., Инкарбеков М.К.</i> МОДАЛЬНЫЙ МЕТОД РАЗРЫВНОГО ГАЛЕРКИНА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ КРУПНЫХ ВИХРЕЙ ТУРБУЛЕНТНЫХ ТЕЧЕНИЙ.....	405
<i>Оразбаев Б.Б., Каменов Н.М., Женисбекулы Ж., Касенова Л.Г.</i> РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ОСНОВНЫХ АГРЕГАТОВ НЕФТЕПРОВОДА В НЕЧЕТКОЙ СРЕДЕ.....	411
<i>Нургабыл Д.Н., Каухарова Р.Ш.</i> ОБЩАЯ КРАЕВАЯ ЗАДАЧА ДЛЯ СИСТЕМЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С МАЛЫМ ПАРАМЕТРОМ ПРИ ПРОИЗВОДНЫХ.....	418
<i>Нургабыл Д.Н., Журимбай Г.А.</i> ПОСТРОЕНИЕ РЕШЕНИЯ ВОЗМУЩЕННОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ С НЕОГРАНИЧЕННЫМИ ГРАНИЧНЫМИ УСЛОВИЯМИ.....	416
<i>Сарманбетов С.А., Сагатбаева А., Тукан А.</i> ЛИНЕЙНЫЙ КЛАССИФИКАТОР НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТИ.....	426
<i>Ускенбаева Р.К., Куандыков А.А., Бейсембекова Р.Н., Каримжан Н.Б., Кожамжарова Д.Х.</i> ФОРМУЛИРОВКА И ОСОБЕННОСТИ РЕШЕНИЯ ОДНОГО КЛАССА ЗАДАЧ КОНСТРУИРОВАНИЯ ОБЪЕКТА РОБОТОМ.....	431
<i>Мустафин М.А., Макашов Н.К.</i> НЕКОТОРЫЕ ЗАДАЧИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ.....	438
<i>Тукенова Л.М.</i> ПРИБЛИЖЕННОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ ОДНОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ОКЕАНА.....	440

Химико-металлургические науки

<i>Бестереков У., Ермеков С.Р.</i> ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОДНО-СОЛЕВЫХ СИСТЕМ. НАЧАЛЬНЫЕ ФИГУРАТИВНЫЕ ТОЧКИ В ОБЛАСТИ НЕНАСЫЩЕННОГО РАСТВОРА	441
<i>Айнабеков И., Буркитбаева Б.Д., Авчук Х.</i> ИНГИБИТОР КОРРОЗИИ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ В ФОСФОРНОКИСЛОЙ СРЕДЕ – БЕНЗИЛХЛОРИД МОНОАЦЕТИЛДИАКРИЛОНИТРИЛТРИЭТАНОЛАМИН.....	448

<i>Кенжалиев Б.К., Беркинбаева А.Н., Суркова Т.Ю., Досымбаева З.Д., Чукманова М.Т.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИИ УРАНА ПРИРОДНЫМ СОРБЕНТОМ.....	454
<i>Асылханов Ж.С., Маркина Д.Б., Кишибаев К.К., Нечипуренко С.В., Атчабарова А.А., Токпаев Р.Р., Ефремов С.А., Калугин С.Н.</i> ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ РОСТСТИМУЛЯТОРА НА ОСНОВЕ 2,2-ДИМЕТИЛ-4-(5'- АМИНО-1'2'4'-ТРИАЗОЛ-3'-ТИОПРОПИНИЛ)-ТЕТРАГИДРОПИРАН-4-ОЛА.....	460
<i>Камбарова Г.А., Абдуразова П.А., Макулбаева А.М., Райымбеков Е.Б.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ МЕТОДОМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ ДИГИДРОФОСФАТА АММОНИЯ.....	467
<i>Авчукир Х., Буркитбаева Б.Д.</i> КИНЕТИКА ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЯ ИНДИЯ НА ТИТАНОВОМ ЭЛЕКТРОДЕ ИЗ ХЛОРИДНЫХ РАСТВОРОВ.....	469
<i>Бестереков У., Ермеков С.Р.</i> ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОДНО-СОЛЕВЫХ СИСТЕМ В НАСЫЩЕННОЙ ОБЛАСТИ РАСТВОРА.....	476

Военное дело

<i>Адаутов А.Ю., Мартикьян А.С., Мухамеджанов Б.С.</i> ОБ ОСНОВНЫХ КАТЕГОРИЯХ ПОГРАНОЛОГИИ И ФОРМИРОВАНИЕ ЕЕ ПОНЯТИЙНОГО АППАРАТА.....	488
<i>Салий С.М.</i> ПОГРАНИЧНАЯ ПОЛИТИКА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ И ПУТИ ЕЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ.....	492
<i>Рысбаева Г.П.</i> АНАЛИЗ И РАСЧЕТ КОНЦЕНТРАЦИИ КОНТУРНЫХ УПРУГИХ НАПРЯЖЕНИЙ С УЧЕТОМ ТЕКТОНИЧЕСКИХ СИЛ ВОЕННЫХ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ.....	497

CONTENTS GEOSCIENCES

<i>Omirsirikov M.Sh., Isayeva L.D., Asubayeva S.K., Kembayev M.K., Togizov K.S.</i> THE ROLE OF THREE-DIMENSIONAL MODELS OF DEPOSIT AND THERMODYNAMIC CONDITIONS OF ITS FORMATION AT SELECTING AND EVALUATING RESOURCES OF PERSPECTIVE SITES.....	3
<i>Zhassymbekov B., Kembayev M.</i> GEOLOGICAL AND STRUCTURAL FEATURES OF THE LOCATION AND CONDITIONS FOR THE FORMATION OF URANIUM ORE AT THE TORTKUDUK DEPOSIT.....	10
<i>Janaleyeva K.M., Mazhitova G.Z., Kabiev Y.S.</i> METHODOLOGICAL APPROACHES AND PRINCIPLES FOR IDENTIFICATION AND MAPPING OF AGROLANDSCAPES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN.....	14
<i>Ozgeldinova Zh., Ussalinov Y., Mukayev Zh.</i> LANDSCAPE DIVERSITY EVALUATION OF THE TERRITORY OF PAVLODAR REGION.....	22
Technical sciences	
<i>Abdeli D.Zh., Yskak A.S., Bae W., Novriansyah A.</i> MODELING OF WATER SHUT-OFF TECHNOLOGY IN THE BOTTOM HOLE OF OIL WELLS USING LIQUID GLASS.....	29
<i>Zhanikulov N., Dzhanmuldaeva Zh., Taimasov B., Ayazbekov M., Masatbayev A.</i> RESEARCHES FOR A WALL CERAMIC BRICK OUTPUT USING COAL PRODUCTION WASTES OF LENGER MINES.....	35
<i>Bekyashev A. 3, Kazagachev V. N.</i> LABORATORY RESEARCHES USING ARDUINO FOR THE STUDENTS IN INNOVATION TECHNOLOGY PARK.....	40
<i>Sagyntayeva A.K., Adyrbaykyzy R.</i> THE CULTIVATION TECHNOLOGY OF OYSTER MUSHROOM.....	44
<i>Kelamanov B.S., Zhumagaliev E.U., Samuratov E.K., Akuov A.M., Abilberikova A.A.</i> THERMODYNAMIC-DIAGRAM ANALYSIS OF MN-FE-SI-C SYSTEM.....	47
<i>Sakibayeva S.A., Suigenbayeva A.Zh., Abdurazova P.A., Serikov A. S., Konysbek Zh. K.</i> STUDY OF THE EFFECT OF MODIFIED ZEOLITE FILLER ON THE RUBBER PROPERTIES.....	53
<i>Sekerbayev K. S., Taurbayev Ye. T., Chirvony V. S., Martinez-Pastor J. P., Timoshenko V. Yu., Taurbayev T. I.</i> MODELING OF PHOTOLUMINESCENCE TRANSIENTS IN THIN FILMS OF METAL-HALIDE PEROVSKITES: A ROLE OF SURFACE NONRADIATIVE RECOMBINATION.....	58
<i>Baikenzheyeva A.S.</i> ANALYSIS AND SAFETY PROTECTION OF EMPLOYEES BY INDIVIDUAL MEANS OF PROTECTION.....	64
<i>Satpayev D.A., Poltavtseva V.P., Degtyaryova A.S., Partyka J.</i> Ti-Cr-N COATINGS STRUCTURE AND HARDNESS ALTERATION UNDER THE IMPACT OF XENON IONS AND ANNEALING.....	69
<i>Rakhimbekov S.M.</i> INNOVATIVE COURSE OF MINING TECHNOLOGY DEVELOPMENT.....	73
<i>Muradov A.D., Kyrykbayeva A.A., Taipova B.G.</i> EFFECTS OF ELECTRON IRRADIATION AMOUNT AND TEMPERATURE ON THE DEFORMATION OF POLYIMIDE FILMS.....	79
<i>Omarova A.B., Tulemisova Zh.K., Bekenova M.T., Kurbanova G.V., Zetbek G.S.</i> STUDY OF LACTIC ACID MICROORGANISMS SEPARATED FROM FERMENTED MILK PRODUCTS OF KAZAKHSTAN	84
<i>Bakhtaev Sh.A., Tergeusizova A.S., Toigozhinova A.Zh.</i> METHODS DEVELOPMENT FOR LINEAR PARAMETERS MEASURING OF MOVING NONCONDUCTING STRINGS.....	90
<i>Zaurbek A., Dzhuruntayev D. Z.</i> FUNCTIONAL MODELING OF THE LINEAR FEEDBACK SHIFT REGISTER ON THE FPLD IN A CADSYSTEM QUARTUS II USING THE VERILOG LANGUAGE.....	97
<i>Nurzhanov Ch., Naizabayeva L.</i> A MODEL OF THE GROWTH KINETICS OF A NEW PHYTO-REMEDY PLANT MISCANTHUS X GIGANTEUS ON THE HEAVY METALS CONTAMINATED SOIL.....	105
<i>Jomartova Sh., Ziyatbekova G., Issimov N., Mazakova A., Bolatkhanova Zh., Sametova A.</i> BIOMETRIC BIOMETRIC IDENTIFICATION OF THE MAN FACE ON THE BASIS OF MULTICRITERIA OPTIMIZATION.....	110

<i>Duissenov H.J., Koshinbaeva M.J., Kozhabekova P.A., Tastemir D.B., Makhanova Z.A.</i> METHODS OF SOFTWARE DEVELOPMENT USING CRYPTOGRAPHIC CONVERTING ALGORITHMS.....	115
<i>Bektursunova A.K., Botabayev N.E., Aripbayeva A.E.</i> OBTAINING TEXTILE MATERIALS WITH ANTIBACTERIAL PROPERTIES.....	121
<i>Ermukhanova N.B., Tanzharykov P.A., Kerimbekova Z.M.</i> ASSESSMENT OF THE TECHNOGENIC IMPACT OF RADIONUCLIDES ON THE SOIL OF OIL AND GAS DEPOSITS.....	125
<i>Darkenbayev D.K.</i> NUMERICAL SOLUTION OF THE REGRESSION MODEL FOR ANALYSIS AND PROCESSING OF BIG DATA.....	132
<i>Sembiyev O.Z., Kemelbekova Zh.S., Mahatova A.H.</i> LOAD BALANCING IN THE CIRCUIT SWITCHING MODE ON THE NODES OF AN ASYNCHRONOUS NETWORK.....	139
<i>Akashva Zh.K., Assilbekov B.K., Kudaikulov A.A.</i> STIMDESIGN SOFTWARE MODULE FOR AUTOMATIC SELECTION OF A SUITABLE METHOD FOR OIL FLOW STIMULATION TO THE WELL.....	146
<i>Boranbayev A.S., Boranbayev S.N., Nurusheva A.M., Yersakhanov K.B.</i> APPROACHES, METHODS AND TOOLS TO ENSURE THE RELIABILITY OF THE INFORMATION SYSTEM FUNCTIONING.....	153
<i>Boranbayev S.N., Boranbayev A.S., Nurusheva A.M., Slabkevich V.N.</i> ANALYSIS OF RISK METHODS IN INFORMATION SYSTEMS.....	159
<i>Syrmanova K., Kovaleva A., Hinrichsen K.-O., Kaldybekova Zh., Beloborodov B.</i> DETERMINATION OF ULTRASOUND INFLUENCE ON UNDESIRABLE COMPONENTS OF USED MOTOR OIL.....	165
<i>Syrmanova K., Kovaleva A., Hinrichsen K.-O., Sakibayeva S., Beloborodov B.</i> ADSORPTION TREATMENT OF USED MOTOR OIL BY VERMICULITE SORBENT.....	171
<i>Omarbekova A. S., Zakirova A. B., Nurgazinova G.</i> SET QUESTIONS AND ANSWERS WITHIN THE SCOPE OF ALGEBRA KNOWLEDGE BASE.....	177
<i>Yelemesov K., Bortebaev S., Sydykbekova S., Utyanov A.</i> COMPOSITE MATERIALS APPLICATION TO PRODUCE PUMP CASES	181
<i>Genbach A.A., Bondartsev D.Yu.</i> MODELING OF THERMAL STRESSES THAT DEplete POROUS COATINGS OF HEAT EXCHANGE SURFACES BOILER-TURBINE EQUIPMENT.....	185
<i>Abdrakhmanov R., Saparkhojayev N., Rustamov E., Mukasheva A.</i> ALGORITHM BASES OF FRACTAL KNOWLEDGE BASES DESIGNING IN INTELLECTUAL SYSTEMS.....	192
<i>Saparkhojayev N., Mukasheva A.</i> INFORMATION SYSTEM DEVELOPMENT OF INFORMATION RESOURCES DESIGN AND USE FOR EVALUATION OF PARAMETERS AND RECOMMENDATIONS BASED ON BIG DATA TECHNOLOGY TOOLS: OPERATING MONGODB.....	198
<i>Nadirov K. S., Otarbayev N.Sh., Sadyrbaeva A.S., Turebekova A.M., Aikenova S.Zh., Baibotayeva S.E.</i> IMPROVING THE DEMULSIFIER REAGENTS EFFICIENCY TO PARAFFIN OIL DEHYDRATION.....	204
<i>Golubev V.G., Sadyrbayeva A.S., Turebekova A.M., Baibotayeva S.E.</i> SOME REGULARITIES OF THE PROCESS STUDY OF OIL DISPLACEMENT FROM THE OIL RESERVOIR MODEL BY THE METHOD OF ALKALINE EXPOSURE.....	209
<i>Golubev V.G., Sadyrbaeva A.S., Besbaeva N.A., Kasimova Zh.Zh. Aikenova S.Zh.</i> THE INFLUENCE OF AQUEOUS ALKALI AND POLYACRYLAMIDE ON THE WETTING ANGLE OF THE OIL CORE SURFACE	213
<i>Artykbayev D.Zh</i> THE CHANGE IN THE SOIL STRENGTH PARAMETERS IN THE SLOPE BODY UNDER DYNAMIC INFLUENCES.....	217
<i>Tusupova B.Kh., Kulbayev T.T., Sarman M.A.</i> AN OVERVIEW OF CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE MANAGEMENT ISSUES IN KAZAKHSTAN: RECYCLING OF DEMOLITION WASTES AS A TRANSITION TO GREEN CONSTRUCTION.....	221
<i>Batayev N.A., Shuvatov T.T., Kuzrygaliyev A.R.</i> MODELING OF GAS TURBINE COMPRESSOR UNIT OPERATING MODES.....	227
<i>Skakov M.K., Mukhamedova N.M., Wieleba W.</i> MECHANICAL PROPERTIES OF SILICON CARBIDE CERAMICS	235

<i>Smakanov B., Uvaliyeva I.</i> DIAGNOSTICS OF MECHANICAL VEHICLE DEFECTS BASED ON A PROBABILITY LOGIC METHOD.....	240
<i>Manap K.R., Nurmat M., Serikkyzy M.S.</i> QUALITY ASSESSMENT OF RED DRY WINE IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN.....	248
<i>Pazylova D.T., Shevko V.M., Tleuov A.S., Tleuova S.T.</i> THERMODYNAMIC MODEL OF LEAD, ZINC, COPPER COMPOUNDS INTERACTION WITH SODIUM AND CALCIUM CHLORIDES CONTAINED IN A STILL WASTE LIQUID.....	253
<i>Kaldybayev R.T., Kaldybaeva G.Yu., Temirshikov K.M., Mahmudova M.A.</i> INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF STABILIZING THE DECOMPOSITION OF HYDROGEN PEROXIDE DURING THE BLEACHING OF COTTON CELLULOSE.....	261
<i>Aripbayeva A.E., Kaldybayev R.T., Stepanov S.G., Kaldybayeva G.Yu., Mirzamuratova R.Sh.</i> ANALYSIS OF TECHNICAL REQUIREMENTS FOR THE DESIGN OF FIRE PRESSURE HANDS.....	266
<i>Kenzhegulov A.K., Mamayeva A.A., Panichkin A.V.</i> INVESTIGATION OF CALCIUM-PHOSPHATE COATINGS OBTAINED BY HF MAGNETRON SPUTTERING.....	271
<i>Kaldybayev R.T., Kaldybayeva G.Yu., Tolesh Z.</i> INVESTIGATION OF QUALITY INDICATORS BY BICOMPONENT AND COTTON STRETCH NEEDS.....	276
<i>Zhumanbayeva N., Balbekova B.</i> WELDED JOINTS FEATURES AND STEEL PROPERTIES OF MARTENSITIC AND PEARLITIC CLASSES.....	280
<i>Omarova A.B., Tulemisova Zh.K., Kaumenova A.E., Suleimenova Zh.M.</i> DEVELOPMENT OF REGULATORY TECHNICAL DOCUMENTS FOR THE PRODUCTION OF PROBIOTIC PRODUCTS.....	284
<i>Nugman E.Z., Abekova A.Zh., Mustafa A.K., Tulebaev N.S., Bekbosynova B.A.</i> SIZE DETECTION OF SPINDLE CONNECTIONS OF NEW RADIAL SHEAR SET.....	288
<i>Baikenzheyeva A.S.</i> APPROPRIATE STATE AND WAYS TO INCREASE SERVICE EFFICIENCY AND SAFETY OF THE RAILWAY TRANSPORT ROAD WAY OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN.....	295
<i>Bolatbek M.A., Mussiraliyeva Sh.Zh.</i> DETECTION OF EXTREMIST TEXTS USING MACHINE LEARNING METHODS.....	299
<i>Azanov N.P., Manas Zh.B.</i> THE SECURITY PROBLEMS AND CRYPTOGRAPHIC STRENGTH OF ELLIPTIC CURVES.....	304
<i>Kambatyrov M.B., Nazarbek U.B.</i> MARKET ANALYSIS OF SUPPLEMENT FEED IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN.....	309
<i>Burumbayeva G. R., Dyussova R. M., Seitenova G. Zh., Ivashkina E. N.</i> UNIT RENOVATION OF THE CATALYTIC CRACKING PROCESS.....	314
<i>Dyussova R. M., Burumbayeva G. R., Seitenova G. Zh., Ivanchina E. D.</i> THE EFFICIENCY DETERMINATION OF VARIOUS ISOMERIZATION PROCESS TECHNOLOGIES BY METHOD OF MATHEMATICAL MODELING.....	320
<i>Mostovoi A.S., Nurtazina A.S., Kadykova Yu.A.</i> FIRE-PROOF EPOXY COMPOSITES WITH HIGHER COMPLEX OF OPERATIONAL PROPERTIES..	327
<i>Kassekeyeva A.B.</i> DIFFICULTIES TO CONSTRUCT IR THESAURUS.....	333
<i>Savinkin V. V., Ratushnaya T. Yu., Kyznetsova V. N.</i> RESEARCH OF MECHANICAL PARAMETERS OF TURBINE BLADES OF CHP RESTORED BY PLASMA ENERGY SOURCE.....	337
<i>Skakov M.K., Vityuk G.A., Vityuk V.A., Kotov V.M., Zhanbolatov O.B.</i> IMPLEMENTATION OF SET ENERGY RELEASE PROFILE IN THE HETEROGENEOUS FUEL ELEMENT UNDER THE TESTS IN THE IMPULSE GRAPHITE REACTOR.....	345
<i>Skakov M.K., Irkimbekov R.A., Vurim A.D., Vityuk G.A.</i> APPLICATION OF SPATIAL KINETICS MODEL AT IGR REACTOR EXPERIMENTS.....	357
<i>Abduraimova K., Zakirova A.B., Omarbekova A.S.</i> DEVELOPING A MODEL OF SECURE DATA MIGRATION TO THE CLOUD ON THE BASE OF A COMBINATION OF CRYPTOGRAPHIC ALGORITHMS.....	351
<i>Uskenbayeva R., Satybaldiyeva R., Bektemysova G., Moldagulova A., Aitim A.</i> PECULIARITIES OF MODELING BUSINESS PROCESSES IN THE UNIVERSITY USING THE EXAMPLE OF IITU.....	364
<i>Akhmetova G. E., Akhmedova T. Sh., Vyatkina A. K., Smagulov D. U., Kudrya A.V</i> MEASURING THE GEOMETRIC DIFFERENCES IN STRUCTURES FOR CONTROLLING THE QUALITY OF PIPE STEELS.....	371

Physical and mathematical sciences

<i>Yerbay M.K., Muradov A.D.</i>	
EFFECT OF ELECTRON IRRADIATION AND FILLER POLYETHYLENE TEREPHTHALATE ON THE PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF POLYIMIDE.....	377
<i>Muradov A., Berzhanova Zh.M.</i>	
THE EFFECT OF GAMMA IRRADIATION FILLER CONCENTRATION AND DOSE ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF THE «POLYIMIDE – GLASSY» SYSTEM.....	381
<i>Shaikhova G.N., Tuleugaliyeva G.G., Syzdykova A.M.</i>	
CONSERVATION LAWS FOR NONLINEAR INTEGRABLE EQUATIONS OF HIROTA TYPE.....	386
<i>Zhumabekov M.E., Mukhtarova M.N., Nurgaliyeva K.E., Maulyenova N.U., Danlybayeva A.K.</i>	
THE EFFECTIVE USE OF INDIVIDUAL SOLAR POWER STATIONS.....	393
<i>Korunbayeva L.A., Shokobaeva G.T., Myrzakhmetova U.A.</i>	
KINETICS OF OXIDATION OF PIPE STEEL 17G1S AT VARIOUS TEMPERATURES.....	398
<i>Ajan B., Inkarbekov M.</i>	
MODAL DISCONTINUOUS GALERKIN METHOD FOR LARGE EDDY SIMULATION OF TURBULENT FLOWS.....	405
<i>Orazbayev B.B., Kamenov N.M., Zhenisbekuly Zh., Kassenova L.G.</i>	
DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODELS OF THE MAIN OIL PIPELINE ASSEMBLIES IN A FUZZY ENVIRONMENT.....	411
<i>Nurgabyl D.N., Kauharova R.Sh.</i>	
GENERAL BOUNDARY VALUE PROBLEM FOR A SYSTEM OF DIFFERENTIAL EQUATIONS WITH SMALL PARAMETERS FOR DERIVATIVES.....	418
<i>Nurgabyl D.N., Zhurimbay G.A.</i>	
MAKING RESULT OF A DISTURBED BOUNDARY VALUE PROBLEM WITH UNBOUNDED BOUNDARY CONDITIONS.....	416
<i>Sarmanbetov S.A., Sagatbayeva A., Tukan A.</i>	
LINEAR CLASSIFICATOR OF NEURAL NETWORKS ON THE BASIS OF PROBABILITY THEORIES.....	426
<i>Uskenbayeva R.K., Kuandykov A.A., Beisembekova R.N., Karimzhan N.B., Kozhamzharova D.Kh.</i>	
DEFINITIONS AND SPECIFICS SOLUTION OF ONE CLASS TASKS OF CONSTRUCTING OBJECT BY ROBOT UNIT.....	431
<i>Mustafin M.A., Makashov N.K.</i>	
SEVERAL TASKS OF COMPUTATIONAL GEOMETRY.....	438
<i>Tukenova L. M.</i>	
APPROACH DECISION FOR ONE LOCAL PROBLEM OF THE OCEAN.....	440

Chemical and metallurgical sciences

<i>Besterekov U., Ermekov S.R.</i>	
CHANGES IN THE CHEMICAL COMPOSITION OF WATER-SALT SYSTEMS. THE INITIAL FIGURATIVE POINTS IN THE UNSATURATED SOLUTION AREA	441
<i>Ainabekov I., Burkitbayeva B., Avchukir Kh.</i>	
BENZYL CHLORIDE MONOACETYL DIACRYL TRI-ETANOL AMINE CORROSION INHIBITOR OF STAINLESS STEEL IN PHOSPHORIC MEDIUM.....	448
<i>Kenzhaliev B.K., Berkinbayeva A.N., Surkova T.Yu., Dosymbayeva Z.D., Chukmanova M.T.</i>	
STUDY OF URANIUM SORPTION BY NATURAL SORBENT.....	454
<i>Asylhanov J. S., Markina D. B., Kishibaev K. K., Nechipurenko S. V., Atshabarov A. A., Tokaev R. R., Efremov S. A., Kalugin S. N.</i>	
OBTAINING AND RESEARCH OF THE GROWTH STIMULATOR ON THE BASIS OF 2,2-DIMETHYL-4- (5'-AMINO-1'2'4'-TRIAZOLE-3'-THIOPROPYNYL) - TETRAHYDROPYRAN -4-OLEFINS.....	460
<i>Kambarova G.A., Abdurazova P.A., Makulbaeva A.M., Raiymbekov Y.B.</i>	
INVESTIGATION OF THE PURIFICATION PROCESS BY SUCCESSIVE RECRYSTALLIZATION OF THE AMMONIUM DIHYDROGEN PHOSPHATE.....	467
<i>Avchukir Kh., Burkitbayeva B.D.</i>	
INDIUM ELECTRODEPOSITION KINETICS ON A TITANIUM ELECTRODE FROM CHLORIDE SOLUTIONS.....	469
<i>Besterekov U., Yermekov S.R.</i>	
CHANGES IN THE CHEMICAL COMPOSITION OF WATER-SALT SYSTEMS IN THE SATURATED SOLUTION RANGE.....	476

Military sciences

Adautov A.U., Martikyan A.S., Muhamedjanov B.S.

THE MAIN CATEGORIES OF BORDER SCIENCE AND SET UP ITS CONCEPTUAL
FRAMEWORK..... 488

Salii S.M.

BORDER POLICY OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN AT THE PRESENT
STAGE AND WAYS TO IMPROVE IT..... 492

Rysbayeva G.P.

THE ANALYSIS AND CALCULATION OF CONTOUR OF ELASTIC STRESSES
CONCENTRATION TAKING INTO ACCOUNT THE TECTONIC FORCES OF
MILITARY UNDERGROUND CONSTRUCTION 497

Редакторы:

Н.Ф. Федосенко

Верстка на компьютере:

Л. Касжанова

Подписано в печать 25.11.2018 г.

Формат 60x84 1/8. Усл. п.л 32,0.

Тираж 500 экз. Заказ № 219.

Адрес редакции:

ул. Сатпаева, 22, КазНИТУ каб. 616, тел. 292-63-46 ,Nina.Fedorovna. 52 @ mail.ru

Департамент маркетинга и коммуникаций КазНИТУ

Казахского национального исследовательского технического университета имени К.И. Сатпаева