



НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ■ ФЫЛЫМЫ ЖУРНАЛ

Д. Серікбаев
атындағы

Шығыс Қазақстан
мемлекеттік техникалық
университетінің

ХАБАРШЫСЫ



ВЕСТНИК

Восточно-Казахстанского
государственного технического
университета
имени
Д. Серикбаева

4

Регистрационный № 145-ж

№ 4 (86), декабрь, 2019

Основан в 1998 году

Выходит 4 раза в год

Фылыми журнал

Д. Серікбаев атындағы
Шығыс Қазақстан мемлекеттік техникалық
университетінің

ХАБАРШЫСЫ



ВЕСТНИК

Восточно-Казахстанского
государственного технического университета
им. Д. Серикбаева

Научный журнал



Бас редакторы – Главный редактор

Ж.К. Шаймарданов

доктор биологических наук, профессор

Редакция алқасы – Редакционная коллегия:

Заместитель главного редактора:
О.Д. Гавриленко, канд. геол.-мин. н.
Ответственный секретарь – О.Н. Николаенко

Члены коллегии:

Абрахам Атта Огву, профессор (Великобритания)
Д.Л. Алонцева, к.ф-м н., профессор (Казахстан)
Ю.В. Баталов, д.э.н., профессор (Казахстан)
Бешо Масахико, Dr.PhD, профессор (Япония)
Е.В. Блинаева, к.т.н., доцент (Казахстан)
Ю.А. Веригин, д.т.н., профессор (Казахстан)
М.В. Дудкин, д.т.н., профессор (Казахстан)
Б.А. Дьячков, д.г.-м.н., профессор (Казахстан)
Н.К. Ердыбаева, д.ф-м.н. (Казахстан)
Т.Т. Ипалаков, д.т.н., профессор (Казахстан)
В.А. Кескинов, к.т.н., доцент (Россия)
Е.А. Колос, д.э.н., доцент (Казахстан)
В.П. Колпакова, д.т.н., доцент (Казахстан)
К.К. Комбаев, Dr.PhD (Казахстан)
Н.А. Куленова, к.т.н., асс. профессор (Казахстан)
Г.В. Кустарев, к.т.н., профессор (Россия)
С.В. Мамяченков, д.т.н., профессор (Россия)
О.А. Манцуров, полковник (Казахстан)
М.А. Мизерная, к.г.-м.н., доцент (Казахстан)
С.И. Миргородский, к.т.н., доцент (Казахстан)
М. Млынчак, Dr. hab, профессор (Польша)
Ж.С. Оналбаева, Dr.PhD (Казахстан)
С.В. Плотников, д.ф.-м.н., профессор (Казахстан)
А.Д. Погребняк, д.ф.м.н., профессор (Украина)
Н.В. Прохоренкова, Dr.PhD (Казахстан)
М.А. Саденова, к.х.н., доцент (Казахстан)
Я. Стырчек, Dr. hab, профессор (Польша)
Б.В. Сырнев, д.т.н., профессор (Казахстан)
З.К. Тунгушбаева, к.т.н. (Казахстан)
Г.К. Уазырханова, Dr.PhD (Казахстан)
Н.А. Чарыков, д.х.н., профессор (Россия)
В.Ю. Чернавин, к.т.н., профессор (Казахстан)
Ю.Н. Шапошник, д.т.н., профессор (Россия)

ISSN 1561-4212

© Восточно-Казахстанский
государственный технический
университет им. Д. Серикбаева,
2019



МРНТИ 52.13.17

А.И. Ананин¹, В.В. Проходов¹, Г.Т. Нуршайыкова², З.К. Тунгушбаева²¹Филиал НЦ КПМС РК ВНИИцветмет, г. Усть-Каменогорск²Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

ПЛАНИРОВАНИЕ ГОРНЫХ РАБОТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОБЪЁМНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В статье рассматривается использование возможностей объемного моделирования в геоинформационных системах для календарного планирования отработки месторождений открытым способом.

Мақалада ашық өдіспен кенорның қазылдау кезінде күнтізбелік жоспарлау үшін геоакпараттық жүйелердің көмегімен көлемді модельдеу мүмкіндіктерін қолдану қарастырылады.

The article discusses about applying of volumetric modeling opportunities in geoinformation systems for open pit mining scheduling.

Одним из этапов проектирования отработки месторождений полезных ископаемых является разработка календарного плана развития горных работ. Использование в практике проектирования современных программных средств, оснащенных развитым инструментарием для поддержки проектных работ, позволяет проводить достоверное календарное планирование практически с любой степенью детализации.

При разработке календарного плана отработки Шорского медно-молибденового месторождения с использованием геоинформационной системы была выполнена следующая последовательность действий:

- разработана модель фактического состояния горных работ и прилегающей к существующему положению карьера поверхности;
- разработаны каркасные модели рудных тел;
- разработаны поверхности раздела руды по выделенным типам (для Шорского месторождения это окисленные, полуокисленные и сульфидные руды);
- выполнен геостатистический анализ распределения основного металла в пределах выделенной рудной зоны;
- разработана блоковая модель месторождения, содержащая информацию о характерных показателях по отдельным участкам реального трехмерного пространства;
- определен вариант конечного контура карьера;
- разработаны промежуточные стадии развития карьера, набор которых стал основой для календарного планирования.

Объемная модель дневной поверхности разрабатывалась на основе данных геодезической съемки до начала отработки месторождения и результатов маркшейдерских замеров в ходе опытно-промышленной разработки карьера.

При разработке каркасной модели месторождения использовались контуры рудных тел по разрезам и горизонтам. Разработаны каркасные модели рудной зоны и даек (рис. 1).

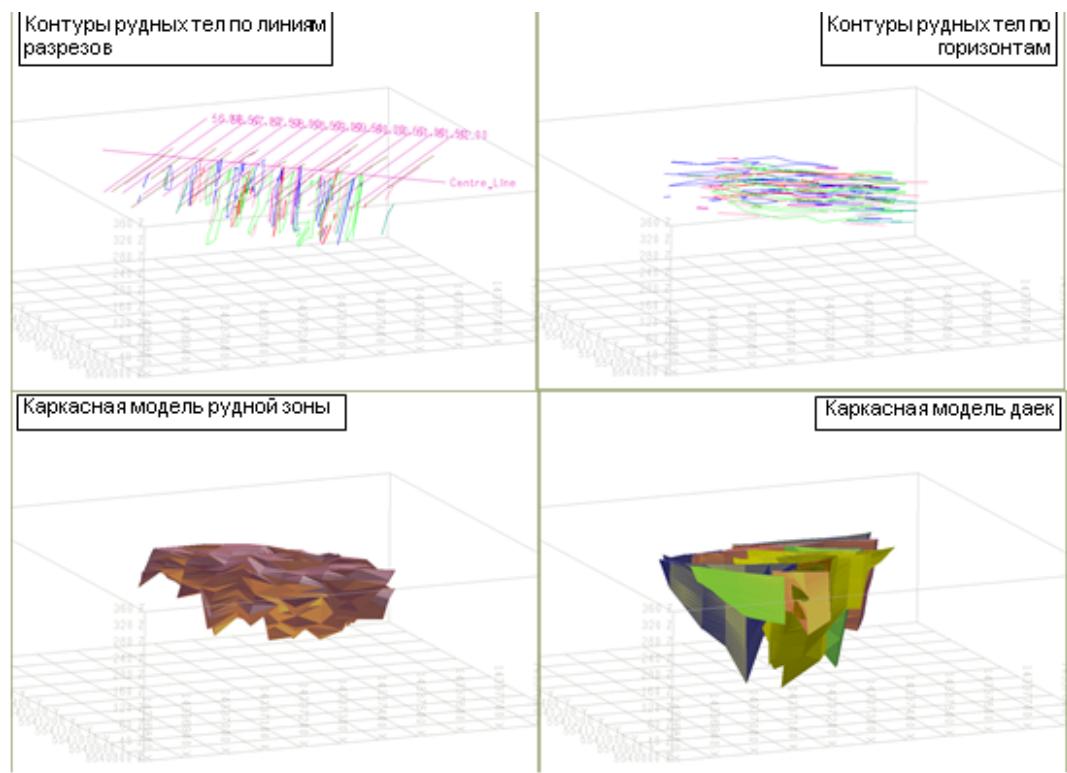


Рисунок 1 – Контуры рудных тел и объемные модели рудной зоны и даек

В ходе выполнения геостатистического анализа были задействованы данные по основному металлу. На основе выполненного анализа определена главная ось анизотропии месторождения по содержанию основного металла и ее основные параметры.

Базовая блоковая модель месторождения разрабатывалась с учетом покрытия всей отрабатываемой зоны. Основная блоковая модель определена в границах каркасной модели рудной зоны за вычетом блоков, лежащих внутри каркасной модели даек и выше дневной поверхности.

Определение конечного контура карьера велось на основе вариантового проектирования. Разработано четыре варианта конечного контура карьера (рис. 2). Основное различие вариантов заключается в конфигурации транспортного съезда, что позволяет варьировать параметрами карьера. Сравнительные характеристики вариантов приведены в табл. 1.

Таблица 1
Сравнительные характеристики вариантов конечного контура карьера

Параметр	Номер варианта			
	1	2	3	4
Горная масса, тыс. м ³	31375	28369	27673	27054
Руда, тыс. м ³	5146	5163	5159	5156
Руда, тыс. тонн	13895	13940	13929	13922
Металл, тонны	14016	14055	14032	14028
Коэффициент вскрыши	5,09	4,49	4,36	4,25

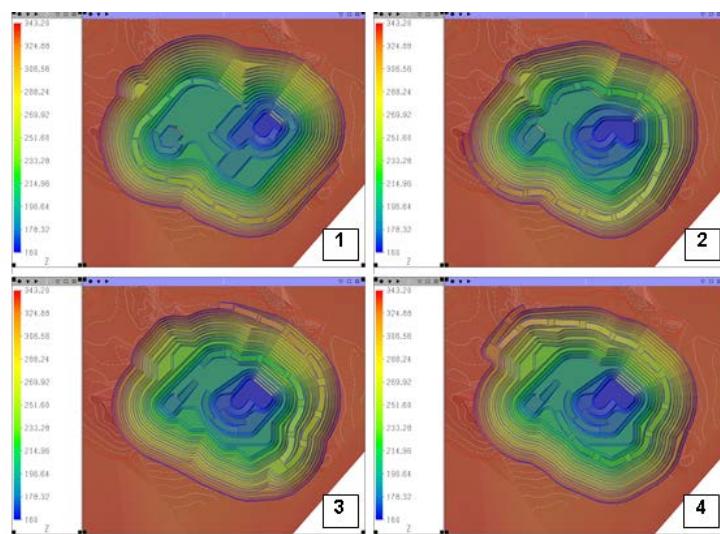


Рисунок 2 – Варианты конечного контура карьера

На основе анализа приведенных характеристик в качестве базового для дальнейшей работы был принят вариант № 4. Распределение руды и породы по горизонтам выбранного варианта конечного контура карьера показано на рис. 3.

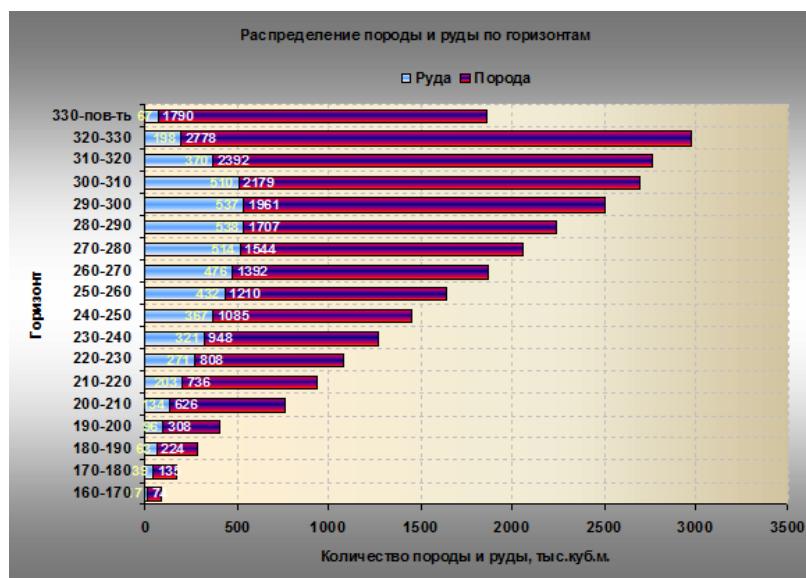


Рисунок 3 – Распределение руды и породы по горизонтам базового варианта

Для разработки календарного плана развития горных работ отстроено несколько промежуточных состояний карьера (рис. 4), на основе которых и проведено окончательное планирование.

При разработке принят принцип равномерного погашения карьера как по горной массе, так и по руде.

Для каждого этапа по каждому горизонту были рассчитаны следующие показатели: количество горной массы, количество руды с разделением по типам, среднее содержание молибдена, количество металла в руде. В качестве примера в табл. 2 показана добыча горной массы в ходе предлагаемого развития карьера.

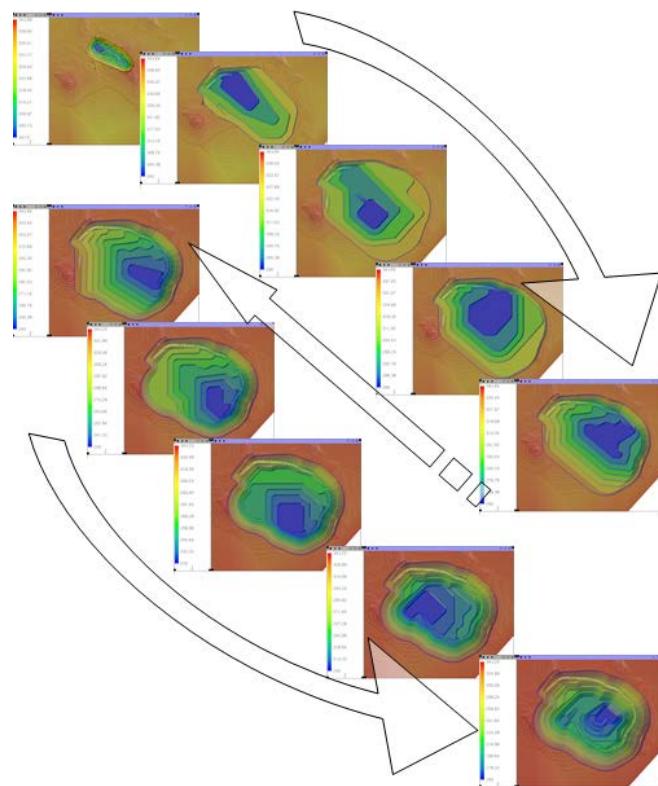


Рисунок 4 – Развитие карьера в ходе отработки месторождения

Таблица 2

Добываемая горная масса по этапам развития карьера, тыс.м³

Горизонт	Номер этапа									Всего по горизонту
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
330-пов-ть	1132	565			64	96				1857
320-330	1136	1001	470		212	158				2977
310-320	587	747	636	276	274	241				2761
300-310	307	575	641	473	355	338				2689
290-300		226	881	518	368	505				2498
280-290			562	668	356	352	308			2246
270-280				803	410	373	494			2080
260-270				407	456	356	670			1889
250-260					512	242	617	272		1643
240-250					202	256	385	580		1423
230-240						197	330	706		1233
220-230							282	665	132	1079
210-220								649	290	939
200-210								290	471	761
190-200									404	404
180-190									288	288
170-180									175	175
160-170									92	92
Всего по этапу	3162	3114	3190	3145	3209	3114	3086	3162	1852	

Окончательный календарный план развития горных работ с разбивкой по годам получен методом интерполяции расчетных данных по выделенным этапам развития карьера с учетом заданной годовой производительности.

Таким образом, на примере Шорского медно-молибденового месторождения показывается использование возможностей объемного моделирования в геоинформационных системах для календарного планирования отработки месторождений открытым способом.

Список литературы

1. Правила обеспечения промышленной безопасности для опасных производственных объектов, ведущих горные и геологоразведочные работы, 2014.
2. John Read, Peter Stacey. Guidelines for open pit slope design. ISBN: 9780415874410. Print: Large Hard cover – CSIRO Publishing, 2009.
3. Макаров А.Б. Практическая геомеханика: Пособие для горных инженеров. – М.: Издательство «Горная книга», 2006. – 391 с.
4. Проходов В.В., Ананин А.И. Прогнозирование опасных по устойчивости зон карьеров на стадии проектирования их развития: Материалы VI Международной научно-практической конференции // ГЕОТЕХНОЛОГИЯ-2013: Проблемы и пути инновационного развития горнодобывающей промышленности. – Алматы: ГМК ТОО «Корпорация «Казахмыс», 2013. – С. 9-11.

Получено 18.10.2019

МРНТИ 87.15.91

Ш.Ж. Арынова¹, Л.П. Рихванов², Б.Х. Шаймарданова³, Н.П. Корогод⁴

¹Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г. Павлодар, Казахстан

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

³Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Казахстан

⁴Павлодарский государственный педагогический университет, г. Павлодар, Казахстан

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОСОБЕННОСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УРАНА В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ ПАВЛОДАРСКОЙ ОБЛАСТИ

В работе представлены результаты исследования по содержанию урана в питьевой воде на территории Павлодарской области. Содержание радиоэлемента в воде достаточно высокое при его предельно-допустимой концентрации, согласно нормативному документу, принятому в России и в США.

Жұмыста Павлодар облысы аумағындағы ауыз судағы уранның құрамын зерттеу нәтижелері көлтірілген. Ресейде және АҚШ-та қабылданған нормативтік құжатқа сәйкес судағы радиоэлементтің мөлшері оның рұқсат етілген шоғырлануына байланысты өтє жоғары.

The paper presents the results of a study on the uranium content in drinking water in the Pavlodar region. The content of the radioelement in the water is quite high beyond its maximum permissible concentration, according to the regulatory document adopted in Russia and the USA.

Ключевые слова: питьевая вода, радиоэлемент, геохимия, Павлодарская область.

Постановка проблемы. В настоящее время одной из острых проблем человечества является обеспечение качественной питьевой водой. Достаточно большое количество исследователей занимается изучением ее гигиенических показателей, химического состава и влияния на состояние здоровья человека. Так, растворенный в воде уран, главным образом, особенно опасен из-за его высокой химической токсичности и в меньшей степени радиотоксичности [1,2].

В работе рассмотрены аналитические данные по уровню содержания урана в питьевой воде Павлодарской области.

Поступление урана в верхние и глубинные горизонты происходит по-разному. В одном случае влияние могут оказывать атмосферные осадки, поступление с поверхностными источниками, которые зачастую находятся под воздействием техногенных факторов. В другом случае уран извлекается из вмещающих пород. Содержание урана в водах зависит от ее минерализации, растворенных в ней веществ, проницаемости пород, состояния среды в целом, а миграция радиоэлемента зависит от формы его содержания в природных водах.

Материалы и методы исследований

Отбор проб питьевой воды осуществлялся в соответствии с ГОСТ Р 51593-2000 [3]. В городах (Павлодар, Аксу, Экибастуз) пробы отбирали преимущественно в благоустроенных квартирах прямо из крана путем слива воды в течение 2-3 минут.

Поскольку в питьевой воде определяли содержание урана, для отбора проб использовали емкости, изготовленные из полимерных материалов, которые разрешены для контакта с водой. Пробы консервировали при помощи концентрированной азотной кислоты из расчета 7 см³ на 1 дм³ [4]. Объем отбираемой пробы – 0,5 л. Всего в городах было отобрано 63 пробы.

В сельских населенных пунктах питьевую воду отбирали как из индивидуальных колодцев, так из колонок и скважин. Глубина залегания колодцев колебалась в пределах от 6 до 20 метров, количество проб составляло 95 % от общего числа отобранных проб воды. Глубина скважин, на долю которых приходилось небольшое количество проб воды, составляло 200-600 м. С 11 районов Павлодарской области собрано 136 проб питьевой воды, которые в последующем проанализированы в учебно-научной лаборатории микроэлементного анализа Международного инновационного научно-образовательного центра «Урановая геология» Национального исследовательского Томского политехнического университета и исследованы на спектрофотометре «Флюорат – 02 Панорама».

Результаты исследований и обсуждение.

Полученные аналитические данные по содержанию радиоэлемента в воде показали следующие особенности, по которым формируются такие группы сельских районов:

- 1) >20 мкг/л - Павлодарский (51,4 мкг/л), Успенский (36,8 мкг/л) и Аккулинский (22,7 мкг/л);
- 2) 10-20 мкг/л - Аксуский (12,9 мкг/л), Майский (12,1 мкг/л), Экибастузский (11,8 мкг/л), Акторгайский (11,5 мкг/л), Баянаульский (10,4 мкг/л), Иртышский (10,3 мкг/л);
- 3) <10 мкг/л – Щарбактинский (8,1 мкг/л), Железинский (7,7 мкг/л) районы.

Коэффициент вариации широко варьируется в пределах от 25 до 276, при этом большая часть районов относится к группе с V до 50 %, что указывает на однородное распределение радиоэлемента на изученной площади.

Полученный анализ содержания урана в воде населенных пунктов, измеренный лазерно-люминесцентным методом, показал, что в среднем его концентрация по 136 пробам составляет 17,7 мкг/л и колеблется от 7,7 до 51,4. Такие высокие показатели превышают установленные предельно-допустимые концентрации в России (0,015 мг/дм³) и США (0,032 мг/дм³). Максимальное значение урана в воде выявлено в с. Набережное Павлодарском района (436,2 мг/кг).

Таким образом, районы с высоким содержанием урана в воде расположены преимущественно на правобережье Павлодарской области.

Содержание урана в питьевой воде в черте городов, как выяснилось, значительно меньше: в 7,4 раза относительно г. Павлодара, в 2,7 – г. Аксу. В населенных пунктах питьевое водоснабжение осуществляется через централизованные источники (водозаборы), а в частном секторе через скважины и колодцы, поэтому, возможно, что преимущественное попадание элемента в воду зависит от геолого-металлогенических особенностей территории, чего нельзя сказать о городских территориях. Следует отметить, что городское водоснабжение базируется на поверхностном источнике – главной реке Иртыш, при этом в г. Аксу превышение урана в воде составляет более, чем в 2 раза по сравнению с г. Павлодаром.

На основе геохимических данных была построена карта пространственного распределения урана в питьевых водах Павлодарской области.

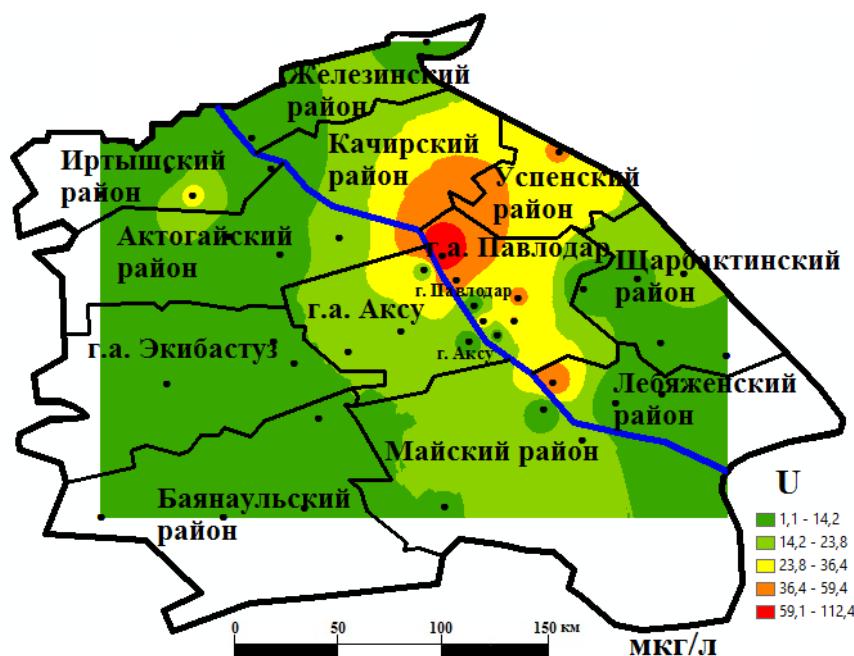


Рисунок 1 – Карта распространения U в питьевых водах территории исследования

На карте зафиксировано преимущественное накопление урана в питьевых водах правобережья реки Иртыш с несколькими эпицентрами в районе Павлодарского, Аккулинского (бывшее Лебяженское), Теренкольского (бывшее Качирское) и Успенского районов. Такое распределение урана в воде связано с вхождением Павлодарского и Теренкольского районов в Ертис-Кулундинскую территорию – потенциально радиоэкологическую опасную зону [5]. Здесь также обращает на себя внимание тот факт что в северо-восточной части области в палеогеновых толщах в долине реки Иртыш локализуются циркон-ильменитовые россыпи, которые обладают повышенной радиоактивностью. Кроме этого, поверхностные воды изученной территории являются транзитной зоной для вод Восточно-Казахстанской области, в которые осуществляется сброс сточных вод ряда промышленных предприятий metallurgического характера.

Список литературы

1. Kurttio P. Kidney toxicity of ingested uranium from drinking water / P. Kurttio, A. Harmoinen, I. Saha, L. Salonen, Z. Karpas, H. Komulainen, A. Auvinen // American journal of kidney diseases. – 2006. – Рр. 972-982.
2. Hodgson A. Influence of Nephrotoxicity on Urinary Excretion of uranium / A. Hodgson, P.G.D. Pel-low, G.N. Stradling. – Chilton: HPA, 2007. – 32 pp.
3. ГОСТ Р 51593-2000. Вода питьевая. Отбор проб. – М.: Изд-во стандартов, 2000. – С. 8.
4. ГОСТ Р 54499-2011. Вода питьевая. Люминесцентный метод определения содержания урана. – М.: Стандартинформ, 2012. – С. 16.
5. Изучение радиационной обстановки на территории Республики Казахстан (результаты работ за период 2004-2008 гг.): Отчет о НИР / АО Волковгеология. – Алматы, 2008. – С. 23-24.

Получено 18.10.2019

МРНТИ 53.37.35

Б.К. Балбекова, А.Р. Толеуова

Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОТЕКАНИЯ ПРОЦЕССОВ КИСЛОТНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

В статье рассматриваются данные энергий кристаллических решеток редкоземельных металлов, минералов и термодинамические величины процессов их взаимодействия с растворами кислот, позволяющих прогнозировать процесс химического обогащения редкоземельного сырья.

Мақалада сирек кездесетін металдардың кристалдық торлы энергиялардың, минералдар және олардың қышыл ерітінділерімен өзара әрекеттесу процестерінің термодинамикалық шамаларды, сирек кездесетін шикізаттың химиялық байыту үдерісін болжауга мүмкіндік беретін мәліметтер келтірілген.

This article discusses the data on the crystal lattice energies of rare-earth metals, minerals, and the thermodynamic magnitudes of the processes of their interaction with acid solutions, which make it possible to predict the process of chemical enrichment of rare-earth raw materials.

Ключевые слова: редкоземельные элементы, свойства, энергия, кристаллическая решетка.

В настоящее время стремительно растет применение редкоземельных металлов (РЗМ) и их соединений в различных отраслях науки и техники. Основными из них являются катализ и химические производства, стекольная промышленность и производство керамики, металлургия, электроника и атомная энергетика.

Потребление РЗМ в стекольной промышленности составляет 31%. Небольшие добавки оксидов лантаноидов используется для обесцвечивания стекол или для придания им окраски, а также для окраски фарфора, глазури, эмали. Оксиды лантана и неодима входят в состав многих оптических стекол. Стекло, содержащее церий, не тускнеет под действием радиоактивных излучений и применяется в атомной технике.

В металлургии потребление РЗМ составляет около 22 %. Они применяются в производстве стали, чугуна и сплавов цветных металлов. При этом используется главным образом мишметалл – сплав с преобладающим содержанием церия и лантана. Добавка малых количеств РЗМ повышает качество нержавеющих и жаропрочных сталей.

Общее содержание РЗМ в земной коре относительно велико. По содержанию в земной коре они не уступают таким элементам, как В, Сu, Со, Zn и Ni. Так, по данным А.Е. Ферсмана, суммарный кларк РЗМ составляет 0,0146 % [1].

В природном сырье РЗМ обычно присутствуют в виде различных минералов и образуют свыше 200 минеральных видов. Минералы РЗМ можно разделить на две группы: минералы, в которых РЗМ являются основным или одним из основных компонентов (моноцит, ксенотит, бастнезит и др.), и минералы, в которых РЗМ играют подчиненную роль (апатит, минералы циркония, урана и др.). Минералов, в которых содержится более 5-8 % оксидов РЗЭ (Ln_2O_3), всего около 60.

Рассеянность редкоземельных элементов (РЗЭ) в природе, а также истощение запасов богатого редкоземельного сырья неизбежно приводят к тому, что в переработку вовлекаются труднообогащимые и некондиционные руды. Особенностью таких руд и основными причинами трудности применения традиционных способов обогащения являются низкое содержание РЗМ в рудах, сложный минеральный состав, тонкая вкрапленность РЗМ в породообразующие минералы, различная степень флотируемости РЗМ в рудах, весьма переменный состав пустой породы.

В связи с этим для ускорения научно-технических разработок по переработке минерального сырья, с целью экономии материальных средств, энергии, рабочей силы, времени и т.д. необходимо проведение исследований по прогнозированию, т.е. управлению процессом.

Широкое использование в технологии и при научных исследованиях находят термодинамические расчеты, дающие возможность анализировать различные физико-химические процессы.

Очень важными минералогическими критериями прогнозирования обогатимости руд являются свойства минералов.

Основными критериями оценки физических, химических и технологических свойств минералов являются такие свойства, как структурные и термодинамические характеристики их кристаллической решетки, в частности величина ее энергии. Энергия кристаллической решетки РЗМ минералов описывает не только энергию кристалла, но и его механическую прочность и в некотором приближении энергию химической реакции (химическую устойчивость) и растворимость.

Расчеты энергий кристаллических решеток минералов проводили по формуле А.Е. Ферсмана, используя рассчитанные им значения энергетических констант анионов и катионов (EK), составляющих минералы. Следовательно, EK есть та доля энергии, которую вносит в решетку каждый ион:

$$U_{kp} = 256,1 \cdot (EK_K + EK_A),$$

где: EK_K – энергетическая константа катионов, EK_A – энергетическая константа анионов.

Полученные значения энергий кристаллических решеток наиболее распространенных минералов представлены в табл. 1.

Таблица 1
Энергия кристаллических решеток наиболее распространенных РЗМ минералов

Минерал	Формула	U_{kp} , кДж/моль
Сложные оксиды		
Кнопит	(Ca, Ln)TiO ₃	8328,47
Лопарит	(Na, Ca, Ln) ₂ (Ti, Nb) ₂ O ₆	8810,19
Самарскит	(Ln)(Nb, Ta) ₂ O ₆	11026,13
Фергюсонит	(Ln, Fe)(Nb, Ta, Ti)O ₄	14655,11
Эшинит	(Ln, Ca, Fe ²⁺ , Th)(Ti, Nb) ₂ O ₆	18878,23
Поликраз	(Ln, Ca, U, Th)(Ti, Nb, Ta) ₂ O ₆	23092,32
Эвксенит	(Ln, Ca, U, Th)(Nb, Ta, Ti) ₂ O ₆	23101,34
Фосфаты		
Ксенотим	LnPO ₄	5834,19
Апатит	Ca ₅ (PO ₄) ₃ (F, Cl, OH)	6412,28
Монацит	(Ln, Th)PO ₄	12983,00
Гидрофосфат РЗМ	LnPO ₄ · nH ₂ O	13771,00
Рабдофанит	LnPO ₄ · H ₂ O	13945,00
Черчит	YLn(PO ₄) ₂ · 2H ₂ O	19610,00
Фторкарбонаты		
Бастнезит	Ln(CO ₃)F	5309,68
Паризит	Ln ₂ Ca(CO ₃) ₃ F ₂	6936,82
Иттропаризит	Ln ₂ Ca(CO ₃) ₃ F ₂	7334,12
Иттросинхизит	LnCa(CO ₃) ₃ F	9109,90
Синхизит	LnCa(CO ₃) ₃ F	10715,68
Силикаты		
Ортит	(Ca, Ln) ₂ (Al, Fe) ₃ Si ₃ O ₁₂ (O, OH)	18266,26
Ловчоррит	Na ₂ Ca ₄ LnTi(Si ₄ O ₁₅)(F, OH) ₃	18753,98
Ринколит	Na ₂ Ca ₄ LnTi(Si ₄ O ₁₅)(F, OH) ₃	20171,21
Иттриалит	(Ln, Th, U, Fe) ₂ Si ₂ O ₇	23809,28
Гадолинит	Ln ₂ Fe ²⁺ Be ₂ Si ₂ O ₁₀	50662,00

Анализ полученных расчетных данных по энергиям кристаллических решеток позволяет сказать, что в каждой группе минералов РЗМ есть минералы как менее, так и более устойчивые. Например, значения энергий кристаллических решеток фторкарбонатов лежат в пределах от 5300-10700 кДж/моль.

Сравнение величин энергий кристаллических решеток фосфатных минералов РЗМ показывает, что наиболее устойчивым в этом ряду является черцит (19610 кДж/моль), а наименее – ксенотит (5834,19 кДж/моль).

Сравнивая U_{kp} куприта со значением энергий кристаллических решеток эвксинита можно сказать, что в химическом отношении у сложных оксидов последний более устойчив.

Наименее устойчивым, т.е. более легко разрушаемым является фторкарбонат РЗМ – бастнезит (5309,68 кДж/моль), а наиболее трудно разрушаемым минералом, устойчивым, является силикат РЗМ – гадолинит, энергия кристаллической решетки которого на один порядок выше и составляет 50662 кДж/моль, по-видимому, это связано со структурными особенностями силикатных минералов [2].

Таким образом, условно можно расположить минералы РЗМ по возрастанию энергии кристаллической решетки, а следовательно, и устойчивости в ряд: фторкарбонаты РЗМ < фосфаты РЗМ < сложные оксиды РЗМ < силикаты РЗМ.

Проблема переработки труднообогатимых редкоземельных руд может быть решена при использовании методов химического обогащения, заключающихся в выщелачивании ценных компонентов в раствор (в результате чего достигается максимальное извлечение РЗЭ) и последующего выделения их из растворов.

Для теоретического обоснования возможности протекания процессов кислотного выщелачивания минерального сырья представляется необходимым провести термодинамический анализ реакций взаимодействия с растворами минеральных кислот минералов РЗЭ.

Однако в литературе в недостаточном количестве представлены значения стандартных термодинамических функций для РЗМ минералов. В связи с этим необходимо проведение соответствующих расчетов с получением достаточного массива термодинамических характеристик, с помощью которых возможен расчет изменения энергии Гиббса реакций, т.е. оценка возможности протекания процесса кислотного выщелачивания [3].

Стандартные энталпии и энтропии образования минералов рассчитывались на основании закона Гесса с учетом принципа аддитивности и с применением соответственно ионных энталпийных инкрементов и ионных энтропийных инкрементов Кумока. Полученные значения приведены в табл. 2.

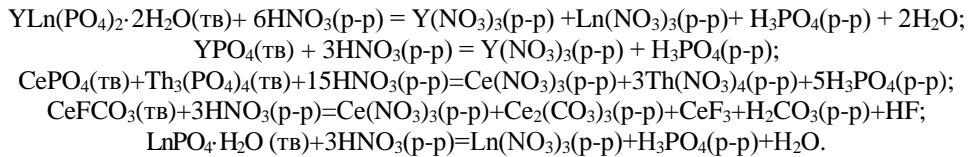
Таблица 2
Значения термодинамических функций некоторых редкоземельных минералов

Наименование	$-\Delta_f H^\circ(298,15)$, кДж / моль	$S^\circ(298,15)$, Дж / моль · К
Черцит	4206,00	299,00
Ксенотит	1748,00	139,00
Монацит	2666,76	229,00
Бастнезит	2339,48	125,00
Гидрофосфат РЗЭ	2171,00	160,00

Возможность протекания реакций взаимодействия минералов с растворами кислот оценивалась путем расчета изменения энергии Гиббса продуктов реакции относительно исходных веществ. Для этого использовали соответствующие литературные и расчетные значения термодинамических величин. Расчет энергии Гиббса проводили по уравнению:

$$\Delta_r G(298,15) = \Delta_r H^\circ(298,15) - 298,15 \cdot \Delta_r S^\circ(298,15).$$

Например, основными реакциями процесса азотнокислого выщелачивания редкоземельного сырья являются:



В таблице 3 приведены результаты расчета энергии Гиббса для реакций взаимодействия некоторых минералов РЗМ с растворами минеральных кислот.

Таблица 3

Термодинамические функции процессов взаимодействия РЗМ минералов с кислотами

Минерал	YLn(PO ₄) ₂ ·2H ₂ O	YPO ₄	(Ce, Th)PO ₄	CeFCO ₃	LnPO ₄ ·H ₂ O
	$-\Delta_f G^\circ(298,15)$, кДж/моль				
H ₂ SO ₄	825	447	1038	3323	403
HNO ₃	435	217	1778	2977	207
HCl	405	214	905	906	222

Для всех исследованных реакций взаимодействия минералов с растворами кислот потенциалы Гиббса имеют отрицательные величины. Этот факт указывает на принципиальную возможность самопроизвольного протекания процесса в прямом направлении в стандартных условиях.

Таким образом, полученные данные энергий кристаллических решеток РЗМ минералов и термодинамические величины процессов их взаимодействия с растворами кислот (серной, азотной, соляной) позволяют прогнозировать процесс химического обогащения редкоземельного сырья.

Список литературы

1. Ферсман А.Е. Очерк по минералогии и геохимии. – М.: Наука, 1977. – 198 с.
2. Кумок В.Н. Проблема согласования методов оценки термодинамических характеристик // Прямые и обратные задачи химической термодинамики. – 1987. – С. 108-123.
3. Касенов Б.К. Алдабергенов М.К., Пашинкин А.С. Термодинамические методы в химии и металлургии. – Алматы: Руан, 1994. – 256 с.

Получено 18.10.2019

МРНТИ 52.01

А.Т. Беристенов, Т.Т. Жагипарова

Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, г. Нур-Султан

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ЗЕМЕЛЬНОГО БАЛАНСА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

В статье рассматривается структура утвержденного земельного баланса Республики Казахстан. Статья отражает недостатки структуры земельного баланса, при которой часть земельных участков остается не учтенной во время составления статистического отчета использования земельных ресурсов. Авторами предлагаются конкретные предложения по совершенствованию структуры земельного баланса РК.

Бұл мақалада Қазақстан Республикасының жер балансының құрылымы қарастырылады. Мақалада жер ресурстарын пайдалану кезінде статистикалық есепті құрастыру барысындағы кейбір жер участкерінің жер балансына кірмей қалуы жайындағы көмілліктерді анықтайды. Мақаланың авторлары Қазақстан Республикасының құрылымын жетілдіруде нақты ұсыныстарды ұсынады.

The article discusses the structure of the approved land balance of the Republic of Kazakhstan. The article reflects the deficiencies in the land balance structure, in which part of the land plots remain unaccounted for while compiling the statistical report on land use. The authors propose specific proposals to improve the structure of the land balance of Kazakhstan.

Ключевые слова: категория земель, земельный баланс, земли лесного фонда, земли сельскохозяйственного назначения, отгонное животноводство, пастбища скота, сенокошение, огородничество, земли лесхозпредприятий, частное и долгосрочное лесоразведение.

Республика Казахстан занимает территорию на стыке двух континентов в центре Евразийского материка, площадь которой составляет 272,5 млн га. Земельным законодательством Республики Казахстан установлено разделение всех земель на определенные категории.

Категория земель – это часть земельного фонда, выделяемая по основному целевому назначению и имеющая определенный правовой режим использования и охраны [1].

Согласно Земельному Кодексу РК земли нашей страны подразделяются на 7 категорий:

- земли сельскохозяйственного назначения;
- земли населенных пунктов (городов, поселков и сельских населенных пунктов);
- земли промышленности, транспорта, связи, для нужд космической деятельности, обороны, национальной безопасности и иного несельскохозяйственного назначения;
- земли особо охраняемых природных территорий, земли оздоровительного, рекреационного и историко-культурного назначения;
- земли лесного фонда;
- земли водного фонда;
- земли запаса [1].

Казахстан входит в десятку крупнейших государств мира, а по уровню землеобеспеченности на душу населения занимает третье место в мире, после Австралии и Канады. Поэтому вопрос рационального использования и контроля за использованием земельных ресурсов является одним из важных в развитии экономики нашей страны.

Развитие сельского хозяйства, несомненно, зависит от использования земель сельскохозяйственного назначения, иначе его называют главным средством производства. Из всей площади Республики Казахстан они занимают 100,8 млн га, то есть 36,9 %. Основными субъектами использования земель сельскохозяйственного назначения являются сельскохозяйственные предприятия.

Учет и контроль за использованием земель на сегодняшний день ведется на основании данных земельного баланса, которые впоследствии являются официальными статистическими данными.

Правила заполнения земельного баланса и его структура определены приказом Председателя Комитета по статистике Министерства национальной экономики Республики Казахстан [2].

Правилами предусмотрен следующий порядок:

1. Районные и городские уполномоченные органы управления земельными отношениями (ГУ «Отдел земельных отношений городов и районов») предоставляют данные в областное управление земельных отношении (ГУ «Областные земельные отношения»);
2. Областные управления земельных отношений предоставляют данные в Комитет по управлению земельных ресурсов при Министерстве Сельского хозяйства РК.

Отделы земельных отношений районов, городов и областей при составлении годового отчета использования земельных ресурсов строго придерживаются утвержденной формы земельного баланса. И каждый раз специалисты сталкиваются с такой проблемой: из земель запаса и земель специального земельного фонда во временное краткосрочное безвозмездное пользование земельные участки предоставляются, а в отчете эти земельные участки не учитываются, так как в балансе нет соответствующей строки.

В утвержденной форме земельного баланса в разделе 1 «Земли сельскохозяйственного назначения» отражены следующие виды земель (рис. 1):

- в строке 1.1 «земли граждан для ведения садоводства и дачного строительства»;
- в строке 1.2 «земли граждан для ведения крестьянского хозяйства»;
- в строке 1.3 «земли негосударственных сельскохозяйственных юридических лиц»;
- в строке 1.4 «земли государственных сельскохозяйственных юридических лиц».

Признак строки	Наименование категорий земель, собственников земельных участков и землепользователей (постоянное и временное пользование)	Номер строки
I.	Земли сельскохозяйственного назначения (стр. 02+03+04+08)	01
I.1	Земли граждан для ведения садоводства и дачного строительства	02
I.2	Земли граждан для ведения крестьянского хозяйства	03
I.3	Земли негосударственных сельскохозяйственных юридических лиц (стр. 05+06+07)	04
I.3.1	в т.ч. хозяйственных товариществ и акционерных обществ	05
I.3.2	сельскохозяйственных кооперативов	06
I.3.3	других предприятий	07
I.4	Земли государственных сельскохозяйственных юридических лиц (стр. 09+10+11)	08
I.4.1	в т.ч. с/х НИИ, учреждений и учебных заведений	09
I.4.2	подсобных с/х предприятий	10
I.4.3	других предприятий	11

Рисунок 1 – Фрагмент земельного баланса, отражающий земли сельскохозяйственного назначения

Земли сельскохозяйственного назначения используются только для ведения сельского хозяйства. Помимо крестьянских хозяйств и агроформирований, согласно статье № 36,48 Земельного Кодекса РК земельные участки предоставляются гражданам для отгонного животноводства и для выпаса скота и сенокошения. Данные участки выделяются во временное и безвозмездное использование. На момент предоставления они, то есть земельные участки, числятся в категории земель запаса.

С момента принятия Земельного Кодекса РК земельные участки с категорией запаса вовлекаются в сельскохозяйственный оборот, то есть используются в отгонном животноводстве для выпаса скота, сенокошения и огородничества.

Дальнейший учет этих земельных участков невозможно отразить в земельном балансе, так как в структуре баланса нет подходящей для этих участков строки. На основании этого они не вошли ни в категорию земель сельскохозяйственного назначения, ни в земли запаса.

Согласно закону земельные участки выданы для вышеуказанных нужд субъектам, но в балансе не зарегистрированы. Таким образом, при составлении ежегодного земельного баланса статистические данные не соответствуют реальности, то есть данные об использовании земельных ресурсов искажаются.

На практике в каждом регионе гражданам и негосударственным юридическим лицам представляются земельные участки для ведения отгонного животноводства (сезонные пастища), а также для выпаса скота населения, сенокошения и огородничества.

Исследования выявили недостатки и по учету земель и лесного фонда.

Земли лесного фонда распределяются согласно:

- статьи № 48, подпункту 14-1 «для частного лесоразведения»;
- статьи № 128, пункту 2 «земли лесного фонда состоят из земель государственного и частного лесных фондов»;
- статьи № 128, пункту 4 «к землям частного лесного фонда относятся земли, предоставленные физическим и негосударственным юридическим лицам в частную собственность или долгосрочное землепользование в соответствии с настоящим Кодексом с целевым назначением для лесоразведения, занятые:
 - искусственными насаждениями;
 - насаждениями естественного происхождения, возникшими семенным и (или) вегетативным путем;
 - частными лесными питомниками и т.д.».

В утвержденном земельном балансе в разделе V «Земли лесного фонда» отражены только следующие виды (рис. 2):

- в строке V.1 «земли заповедников национальных природных парков, дендрологических и зоологических парков, ботанических садов»;
- в строке V.2 «кроме того, земли лесхозпредприятий, находящихся во временном пользовании, учтенные в строке 01».

IV	Земли особо охраняемых природных территорий	33	IV
IV.1	в т.ч. лечебно-оздоровительного назначения	34	IV.1
IV.2	заповедников, национальных природных парков, дендрологических и зоологических парков, ботанических садов	35	IV.2
IV.3	кроме того, земли заказников, памятников природы, лесных резерватов и земли с природными комплексами и объектами, учтенные в других категориях	36	IV.3
V	Земли лесного фонда	37	V
V.1	заповедников, национальных природных парков, дендрологических и зоологических парков, ботанических садов	38	V.1
V.2	кроме того, земли лесхозпредприятий, находящиеся во временном пользовании, учтенные в стр. 01	39	V.2

Рисунок 2 – Фрагмент земельного баланса, отражающий земли особо охраняемых территорий и земли лесного фонда

Земельные участки, которые отражены в статье № 48, подпункте 14-1 и статье № 128, пункте 2, не отражены в земельном балансе. Между тем, земли в строке V.1 повторяются в строке IV.2.

Поэтому, требуется пересмотреть структуру утвержденного земельного баланса в целях правильного ведения учета использования земельных участков категории «земли сельскохозяйственного назначения» и «земли лесного фонда».

Проведенный анализ выявил, что в разделе I необходимо внести дополнительную строку 1.3 «Земли граждан и негосударственных юридических лиц для отгонного животноводства (сезонные пастища) и для выпаса скота населения и сенокошения» (рис. 3).

Признак строки	Наименование категорий земель, собственников земельных участков и землепользователей (постоянное и временное пользование)	Номер строки
I.	Земли сельскохозяйственного назначения (стр. 02+03+04+05+09)	01
I.1	Земли граждан для ведения садоводства и дачного строительства	02
I.2	Земли граждан для ведения крестьянского хозяйства	03
I.3	Земли граждан и негосударственных юридических лиц для отгонного животноводства (сезонные пастища); для выпаса скота населения, сенокошения и огородничества	04
I.4	Земли негосударственных сельскохозяйственных юридических лиц (стр. 05+06+07)	05
I.4.1	в т.ч. хозяйственных товариществ и акционерных обществ	06
I.4.2	сельскохозяйственных кооперативов	07
I.4.3	других предприятий	08
I.5	Земли государственных сельскохозяйственных юридических лиц (стр. 09+10+11)	09
I.5.1	в т.ч. с/х НИИ, учреждений и учебных заведений	10
I.5.2	подсобных с/х предприятий	11
I.5.3	других предприятий	12

Рисунок 3 – Проектная структура земельного баланса раздела I «Земли сельскохозяйственного назначения»

В разделе V требуется следующие изменения:

- исключить строку V.1, так как он уже отражен в строке IV.2;
- переименовать название строки V.2 на «Земли лесхозпредприятий»;
- добавить новую строку «Земли для граждан и негосударственных юридических лиц, предназначенные для частного и долгосрочного лесоразведения» (рис. 4).

IV	Земли особо охраняемых природных территорий	34
IV.1	в т.ч. лечебно-оздоровительного назначения	35
IV.2	заповедников, национальных природных парков, дендрологических и зоологических парков, ботанических садов	36
IV.3	кроме того, земли заказников, памятников природы, лесных резерватов и земли с природными комплексами и объектами, учтенные в других категориях	37
V	Земли лесного фонда (стр. 39+40)	38
V.1	Земли лесхозпредприятий	39
V.2	Земли для граждан и негосударственных юридических лиц, предназначенные для частного и долгосрочного лесоразведения	40

Рисунок 4 – Проектная структура земельного баланса раздела IV «Земли особо охраняемых природных территорий» и раздела V «Земли лесного фонда»

Предлагаемая структура земельного баланса в перспективе позволит учитывать все находящиеся в обороте земли, отражая реальное положение использования земельных ресурсов, повысить качество статистических данных по состоянию земельных ресурсов и, соответственно, достоверность предоставляемых для налогообложения сведений.

Список литературы

1. Земельный кодекс РК, 2003 г.
2. Приказ Председателя Комитета по статистике Министерства национальной экономики Республики Казахстан от 12 марта 2015 года № 46 «Об утверждении статистических форм ведомственных статистических наблюдений и инструкций по их заполнению по балансу земель Республики Казахстан» / Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 14 апреля 2015 года № 10717.

Получено 18.10.2019

МРНТИ 38.21.01

Б.А. Дьячков, Б.Б. Амралинова, О.В. Фролова, Н.А. Зимановская, С.С. Айтбаева
Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

РУДОНОСНОСТЬ ИНТРУЗИВНО-ДАЙКОВЫХ ПОЯСОВ ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА

В статье рассматриваются особенности рудоносности интрузивно-дайковых поясов карбон-пермского возраста Восточного Казахстана.

Мақалада Шығыс Қазақстанның карбон-пермь жасты интрузиевтік-дайкалық белдемдерінің көндөн ерекшеліктері қарастырылады.

The article shows the ore-bearing features of the intrusive-dyke belts of the carbonate-Permian age of East Kazakhstan.

Ключевые слова: пояса, малые интрузии, дайки, месторождения, Восточный Казахстан.

Рассматриваемая территория охватывает геологические структуры Калбинского региона, входящего в общую геоструктуру Большого Алтая (БА) Центрально-Азиатского пояса. Современное глубинное строение региона характеризуется многослойной земной корой (мощностью до 50-55 км) с гетерогенными линейно-мозаичными блоками, что отражено в работах Г. Н. Щербы, В. Н. Любецкого, М. Ш. Омирсерикова, Г. П. Наутигалия и других исследователей [1]. Расслоенные астеносферные зоны верхней мантии, очевидно, оказали решающую роль в металлогенической специализации геологических структур БА. Одним из главных региональных критериев прогноза является установление поясового размещения месторождений БА, сосредоточенных в четырех рудных поясах: 1) Рудноалтайском медно-полиметаллическом, 2) Калба-Нарымском редкометалльном, 3) Западно-Калбинском золоторудном и 4) Жарма-Саурском многометалльном [2].

Научное и практическое значение имеет оценка рудоносности гипабиссальных малых интрузий и дайковых поясов, широко проявленных на золоторудных и рудкометалльных полях Калбинского региона и являющихся реперными объектами при обосновании схемы гранитоидного магматизма карбон-пермского времени. Особое значение имеет изучение рудоносности щелочных гранитов Жарма-Саура. Изучаемые дайковые пояса существенно различаются по геотектонической позиции, возрасту, особенностям петрографического состава, минералого-геохимической и металлогенической специализации. Традиционно они рассматриваются в составе кунушского и миролюбовского комплексов.

Рудоносность кунушского комплекса. Кунушский комплекс представлен малыми интрузиями преимущественно гранодиоритового и плагиогранитового состава и дайками порфирового облика. С интрузиями и дайками кунушского комплекса генетически связано золотое оруденение, образующее промышленные типы месторождений: сузальский, кулуджунский, бакырчикский и др. [3,4]. Основные доказательства заключаются в следующем: 1) пространственная сближенность магматических образований и золоторудных кварцевых жил, прожилков лестничного типа и минерализованных золото-сульфидных зон (Жерек, Кедей, Кулуджун, Бакырчик, Лайлы, Балажал, Манка и др.); 2) близкие геолого-структурные условия формирования интрузивных и рудных тел (разрывные нарушения, надвиговые структуры, флексураобразные изгибы складчатости, благоприятные литолого-стратиграфические горизонты и др.); 3) минералогическое родство золоторудных кварцевых жил и золото-сульфидных зон с метасоматически измененными гранитоидами (пирит, арсенопирит, сидерит-анкерит, шеелит и золото); 4) одинаковая ассоциация сопутствующих элементов – Ag, As, Sb, Bi, Cu, Pb, Zn и др.; 5) геохимическая специализация плагиогранитов на Au и сопутствующие элементы (Ag, Sb, As, Pd).

Месторождение Жерек, расположенное в Мукурской рудной зоне Западной Калбы, является одним из примеров пространственной и генетической связи золото-сурьмянного оруденения с плагиогранитами кунушского комплекса. Индикаторы оруденения – зоны золото-сульфидной минерализации, кварцевые жилы, прожилки и гнезда золотоносного антимонита, проявленные в самой дайке и на ее выклинивании в зонах экзоконтакта.

По результатам масс-спектрометрического анализа, в березитах выявлены содержания (г/т): Au (0,27), Ag (1,85), Sb (11,73), Bi (2,08). Сопутствующие элементы представлены Cu (36,13), Zn (48,78), Pb (48,78), Ba (574,8) и др. Среди редких земель преобладают элементы легкой группы (La, Ce, Nd). Антимонит образует сплошные зернистые агрегаты темно-серого цвета и прожилки мощностью до 10-15 см, содержит примеси золота (1,96 г/т) и сопутствующие элементы: As (2850), Ag (6,24), Cu (665), Zn (119,2) Pb (119,2), Th (15,11).

По результатам электронной микроскопии обнаружены также микровключения антимонита и его окисленной разновидности валентинита – Sb_2O_3 (рис.1). Кроме того, отмечены тонкодисперсные включения галенита и самородноговольфрама, широко развиты гидроокислы железа.

Как видно, процессы березитизации плагиогранитов сопровождались золото-сурьмяной минерализацией, которая, вероятно, относится к поздней стадии рудообразования и проявлена на других золоторудных объектах Калбы (Сузальское, Алимбет, Суурлы и др.). Выявленные минералы (антимонит, галенит, лимонит, золото и др.) аналогичны минералам в рудных телах месторождения, что наряду с геолого-структурными признаками подчеркивает генетические связи золото-сульфидной минерализации и плагиогранитов.

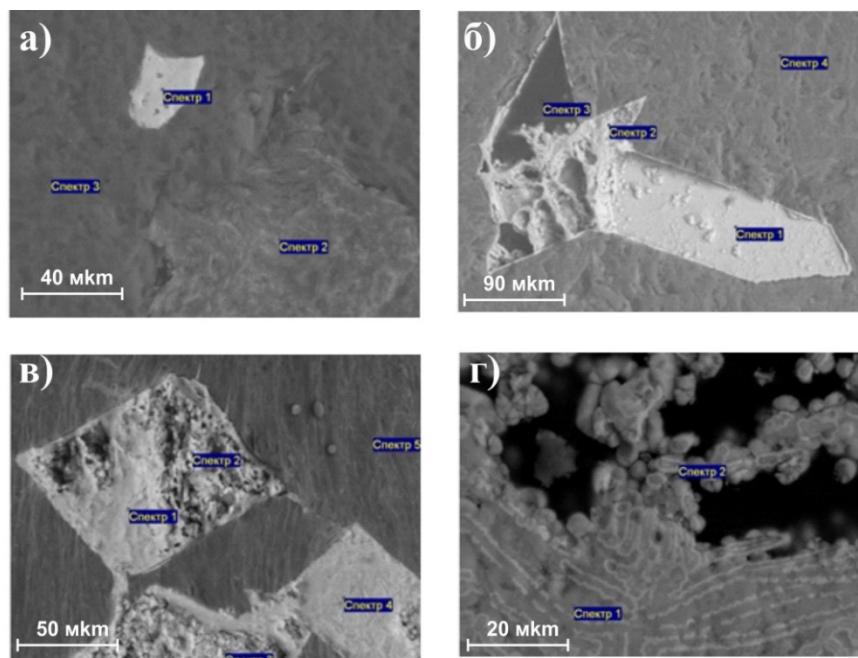


Рисунок 1 – Микровключения сурьмянистых минералов в березитах зоны окисления. Месторождение Жерек. Исполнитель А.С. Садибеков: а – микровключения антимонита компактной формы; б – сростки кристаллов антимонита; в – призматические кристаллы валентинита; г – скрытокристаллическая масса сурьмянистого минерала (валентинита)

Малые интрузии и дайки кунушского комплекса, кроме золоторудной специализации, подверглись контактово-метасоматическим преобразованиям под воздействием более поздних гранитоидных массивов калбинского комплекса (P_1) с наложением отделяющихся от них рудоносных флюидпотоков (H_2O , F, B, Cl, Ta, Sn, W и др.). Модель рудообразования отражает проникновение редкometаллоносных растворов, генетически связанных с калбинскими очаговыми зонами, в более ранние плагиограниты и дайки, которые рассматриваются в качестве благоприятной тектонически подготовленной физико-химической среды для осаждения и концентрации редких металлов [5,6].

На ряде редкometалльных объектов (Медведка, Точка, Чердояк, Кара-Аяк, и др.) воздействие калбинских гранитов сопровождалось активацией в дайках автономной трещиноватости, проявлением катаклаза, оgneйсования, графитизации, альбитизации и окварцевания. В результате этих процессов в Калба-Нарымской зоне образовались месторождения и рудопроявления с наложенным типом редкometалльного оруденения: пегматитовые (Ta, Nb, Be, Li), альбитит-грейзеновые (Ta, Li, Sn), грейзено-кварцевожильные (W, Sn) и гидротермальные кварцевожильные (Sn, W). Большой вклад в изучение указанных объектов внесли Г. Н. Щерба, П. И. Синишин, А. Р. Бутко, В. Ф. Кащеев, В. В. Лопатников, Т. К. Кашапов, А. Е. Степанов, В. П. Астраханцев, О. Н. Навозов и другие.

Рудоносность Керегетас-Эспинского щелочногранитового комплекса. Формирование комплекса Керегетас-Эспе проходило в следующем порядке: (1) дайковая фаза - мелкозернистый рибекит и рибекит-эгирин гранит порфир; (2) основная фаза - крупнозернистый эгирин-рибекит гранит с постепенным переходом к пегматиту, как и порфировый гранит; (3) дополнительная фаза - мелкозернистый рибекит гранит; (4) жилы пегматоидных гранитов и пегматитов.

Щелочные граниты и гранит порфиры интрузивного комплекса Керегетас-Эспе моложе граносиенитов и гранитов Жарминского комплекса (P), но старше лейкогранитов от Каракольского комплекса (P_2).

Редкometальная минерализация на месторождении Верхнее Эспе связана с зонами изменённых щелочных гранитов с минералами Nb, Ta, Zr, TR и др. в северной апикальной части гранитного

массива Акжайляу. В северном контакте массива выделяются два (Большой и Малый) массива. Вмещающие породы представлены тонко-слоистыми серыми песчаниками, алевролитами, туффирами.

По петрохимическим данным рибекитовые граниты относятся к щелочному ряду ($K_2O+Na_2O=8,6\%$) калиево-натриевой серии, высокоглиноземистые ($a_{Fe}=6,8$) и умеренной основности, высоко и средне-калиевые, отвечающие седьмой группе по квалификации А.А. Маракушева (1976 г.).

Принадлежность пород Верхнеэспенского массива к различным генетическим комплексам подчеркивается различием минерального состава и разными геохимическими характеристиками.

Рудоносность Миролюбовского дайкового комплекса. Комплекс объединяет дайки габбро-диабазов, диоритовых и монцонитовых порфиритов, гранит-порфиров, кварцевых порфиров и альбитофиров. Они образуют протяженные дайковые пояса северо-восточного направления (Миролюбовский, Чечекский, Нарымский и др.) и рассекают все более ранние гранитоиды калбинского и монастырского комплексов, включая связанные с ними рудные тела. По нашим данным дайки Чечекского и Ахмировского поясов бедны редкими землями ($\Sigma=19,39\text{ г/т}$). Распределение Li в них неравномерное (от 32 до 1151 г/т). В онгонитоподобных дайках кварцевых альбитофиров (отношение K/N 1:196), рассекающих габброиды массива Карапузек определены повышенные содержания (г/т): Та (13,05), Nb (39,14), Sn (16,29), W (133,87) и Mo (7,98). В Чечекском поясе даек также выявлены аномальные значения (г/т): Та (13,05), Nb (137), Be (30,5), Sn (39) и W (207). Однако в Миролюбовском комплексе рудная продуктивность не реализовалась, очевидно, в связи с кристаллохимическим рассеянием редких элементов и низким энергетическим потенциалом мало мощных даек.

Список использованной литературы

1. Большой Алтай (геология и металлогения). Кн.1: Геологическое строение. – Алматы. Фылым, 1998. – 304 с.
2. Большой Алтай (геология и металлогения). Кн.2: Металлогения. – Алматы. РИО ВАК РК, 2000. – 400 с.
3. Дьячков Б. А., Кузьмина О. Н., Зимановская Н. А., Мизерная М. А., Черненко З. И., Амралинова Б.Б. Типы золоторудных месторождений Восточного Казахстана. – Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2015. – 204 с.
4. Рафаилович М.С. Золото недр Казахстана: геология, металлогения, прогнозно-поисковые модели. – Алматы, 2009. – 304 с.
5. Safonova I. The Russian-Kazakh Altai orogen: An overview and main detatable issues. Geoscience Frontiers 5 (2014), pp. 537-552.
6. Куйбida М.Л., Крук Н.Н., Владимиров А.Г., Полянский Н.В., Николаева И.В. U-Pb-изотопный возраст, состав и источники плагиогранитов Калбинского хребта (Восточный Казахстан) // Доклады Академии Наук. – Т. 424. – №1. – С. 84-88.
7. Buslov M. M., Watanabe T., Fujiwara Y., et. al. Late Paleozoic faults of the Altai region, Central Asia: tectonic pattern and model of formation. Journal of Asian Earth Science, 2004. – 23, pp. 655-671.
8. Khromykh, S.V., Tsygankov, A.A., Kotler, P.D., et. Al. Late Paleozoic granitoid magmatism of Eastern Kazakhstan and Western Transbaikalia: Plume model test // Russian Geology and Geophysics. Vol. 57. – Issue 5. – Year 2016, pp. 773-789.

Получено 18.10.2019

MFTAA 34.35.15;70.03.07;31.17.15

Г.А. Жетпісбай

А. Байтұрсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университеті, Қостанай қ.

СУ АЙДЫНДАРЫНДАҒЫ АУЫР МЕТАЛЛ – МЫСТАН КЕЛЕТИН ҚАТЕРЛЕРДІң ӘСЕРЛЕРИ

Ауыр металдар өте қауіпті токсиканттарға жатады. Металдың әр көрсеткіші судың бұзылуына алып келмейтіні анық, бірақ, оның шектен тыс көрсеткіші қауіпті улануды түдіруды. Табиғи судың құрамындағы аса қауіпті ауыр металдардың бірі мыстың Қостанай облысы Аят өзені сүйндегі концентрациясы анықталынды. Жұмыста металдың шектік көрсеткіштері деңгейлері көрсетілген.

Тяжелые металлы – очень опасные токсические вещества. В наши дни, мониторинг уровня разных таких веществ особо важен в промышленных и городских районах. В статье приведены результаты исследования загрязнения тяжелыми металлами реки Аята в Костанайской области. Воды реки Аята загрязнена медью, концентрация которых в ряде случаев превышала ПДК.

Heavy metals are very dangerous toxic substances. Nowadays, monitoring the level of various such substances is especially important in industrial and urban areas. The article presents the results of an investigation of the pollution of the Kostanai region with heavy metals. The waters of the Ayat river are contaminated with copper, the concentration of which in some cases exceeded the MPC.

Түйін сөздер: табиғи су, ауыр металдар, мыс, судың ластануы, тікелей ластану, жанама ластану.

Жер бетіндегі айналымдарды анықтайтын маңызды факторлардың бірі – су екені баршаға мәлім. Су табиғатта химиялық таза күйінде кездеспейді. Ластанған сулардың ең қауіптісі – ластаушы заттардың алуан түрлілігі. Ең қауіпті ластағыштар – мұнай өнімдері, ауыр металдар, фенолдар, күкірт қосылыстары. Олар суды және ондағы бүкіл тіршілікті улады. Судың табиғи тазаруы ұзақ уақытты талап етеді. Көрсетілген заттардың көбісі табиғатқа жат емес, олар табиғи су құрамында да кездеседі. Табиғатта су әрқашан әртүрлі заттармен байланыста, сол себепті оның құрамы да құрделі болып келеді. Судың еріткіштік қабілеті оның жер бетін түрлендірудегі рөлін айқындаиды. Ластану мінездемесіне сәйкес оны болашактағы салдарын сарапай отырып, ластаушыларды екі топқа бөлуге болады. Оларды *tіke* және *жанама* деп атайды [1]. *Тікелей ластану* – су айданына ағын сулардың тікелей түсі. Бұл ластаушылардың тікелей түсі жаңбыр мен кардың еруін тездедеді. Арнайы ауылдардан, қалалардан, жеке өнеркәсіптерден, жануарлар кешендерінен жинақталынып алған ағын сулар маңызды рөл атқарады. Тікелей ластану табиғатқа орасан зор зардал тигізеді, бірақ оның көзі бірден анықталынбайды. Ластанған суларды төгетін ұйымдастырылған құбырлар жүйесі, су түбінде терен орналасырылған. Көп жағдайда елді мекендердің шалғай жерлеріне төгеді. *Жанама ластаушылар* бірден байқалады. Көл жағалауындағы ормандарды кесу арқылы жағалаудың табиғи сүзгі болу және су реттеуіш рөлінен жоютындығы оның айқын мысалы. Нәтижесінде көлдер салаларының тәртібі бұзылып, бұлақтар тартылып, су алаптарына түсетін табиғи су көлемі азаяды. Сонымен қатар көл, су қоймаларының жағажайларын игеру де жағымсыз жағдай туғызады.

Тығыздығы $\rho > 5 \text{ г/см}^3$ асатын барлық металдарды «ауыр металдар» деп атайды. Оларға Cu, Zn, Fe, Ni, Cr, Pb, Ag, Au, тағы басқа металдарды жатқызамыз [2]. Ауыр металдарды коршаган ортаны ластайтын: ауаны, топырақты суды ластайтын экотаксиканттарға жатқызамыз. Осы жағдаймен байланысты олардың ауаның, топырақтың, судың құрамындағы сандық көрсеткішін бақылап отыру қажеттілігі туындаиды. Коршаган орта объектілерінде ауыр металдарды анықтайтын әртүрлі әдістемелер бар: гавиметриялық, физикалық-химиялық, химиялық [3].

Табиғи су құрамында мыс элементінің (II) валентті қосылыстары жиі кездеседі. Олар суда жақсы ериді $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$; CuCl_2 ; CuSO_4 . Мыстың (I) қосылыстары қын еритін қосылыстар: Cu_2O ; Cu_2S ; CuCl_2 – бұларды судың беткі қабатынан көру мүмкін емес. Мыс басқа металдармен де кешенді байланыс түзеді.

Табиғи сулардағы мыстың концентрациясы 0,5-1,0 мкг/л аралығында, қалалық жерлерде 2 мкг/л. Мыстың өсімдіктер әлемінде сінірлі оның судағы бастапқы көрсеткішіне байланысты.

Сорбция натрий мен магний қатысында жөніл, сутек ионы бұл процесті тежелтеді. Ең басты ескеретін жәйтір әр өсімдік өзіне керек мөлшерде ғана мыс қолемін сіңірге қабілетті. Мыс өсімдік жасуша қабаттарының өткізгіштік қасиетін жоғарлатып, өсімдікті өте сезімтал қүйге түсереді. Мыстың ең көп қолемін бойында ұстайтын омыртқасыз жануарлар. Мүмкін олардың белоктарында және тері жамылғыларында металдардың болуы оның айқын дәлелдемесі. Ортаның төмен температурасы омыртқасыздардың мысты сіңіру қабілетін төмендетеді. Сонымен қатар, әсер етуші факторларға тұздылығы және судағы басқа металдар алуан түрлілігі жатады. Мыс табиғатынан үлкен дисперсиялық топырақ бөлшектерімен, жақсы сорбцияланады. Тұщы су ортасындағы балықтардың бұлшық еттерінде мыс 1 мг/кг шикізат салмағынан аспайды. Бірақ теніздердегі балықтарға бұл көрсеткіш 0,5-2,0 мг/кг, ал өте ластанған аудандарда концентрация 3-6 мг/кг. Мыстың коректік тізбекте таралуына байланысты көптеген жұмыстар бар. Зерттеулерде Жерорта теңізіндегі жыныстарда және балдырларда жалпы мыстың қолемі құрғақ салмақты 3,7 мкг/л, 1,6-5,4 мг/кг құраса, ен кең таралған балық түрінде құрғақ салмағы 3,8 мг/кг-ға жеткен. Мыстың салмағы бұлшық еттерге қарағанда бауырда көп жиналады. Мыс балықтар организміне түсінің басты жолы су ортасынан емес, тамақпен түседі. Сондықтан балықтың құрамындағы мыстың қолемі судың ластану деңгейіне нұсқауышы. Судан мыстың сіңірілу жылдамдығы, онда хелаттардың және бейорганикалық иондардың болуымен кері байланыста, ал байланыс ұзактығымен және концентрациямен тікелей байланыста өрбиді. Бірақ бұлшық еттердегі мыс қолемі жас ұлгайған сайын азаяды, ал қолем өсken сайын ұлғаяды.

Зерттеу мәні мен мақсаты су құрамындағы ауыр металл – мыстың алып келетін зардалтарын түсіндіру.

Зерттеуде қолданылған әдістер – тәжірибе фотометриялық әдіс қолданылды. Фотометриялық әдіспен мыстың концентрациясын анықтау суда қорғасын диэтилдитиокарбаматымен мыс иондарының әрекеттесуі барысында, сары түсті мыс диэтилдитиокарбаматы пайда болуына және соңғы заттың экстракциясына негізделген. Абсолютті оптикалық тығызыздық 436 нм толқын ұзындығында байқалады. Мыстың қолемін анықтауга висмут (30 мкг/дм³) кедергі келтіреді, бірақ табиғи суларда ол кездесе бермейді. Зерттеудің РМК «Қазгидромед» талдама жасау барысына қырқүйек айында жеке басым қатысып, тамыз айының сынама суларына қорытынды жасады.

Тәжірибелік сынамалардагы мыстың сандық көрсеткішін анықтау әдістемесі.

Тәжірибелік сынамаларды мембранның сұзғы арқылы өткізіп, оған 0,25 г персульфат аммоний және 6 қалыпты тұз қышқылынан 10 мл құмбыз.

Содан соң 20 мин қайнауга қоямыз. Сынама сұып болған кезде 5 мл аммоний гидоксидін қосып аммиак арқылы бейтарап күйге түсірдім.

Бейтараптанған сынамаларға әркайсысына бірдей үш реактив қосамыз. 10 мл-ден – Ca-Na талтамасы, ацетатты буфер, қорғасын диэтилдитиокарбоматын қосамыз.

Осы жұмыстар аяқталған соң «экстракция», яғни экстракция процесі жүргізіледі. Ол үшін воронкадағы сынаманы 3 мин шайқаймыз сол кезде тубіне хлороморфты қабат түседі. Хлороморфты қабатты пробиркаға бөліп алып 10 мл-ға жеткенше хлороформ қосамыз. КФК-да алдын ала дайындалған кесте бойынша мыстың оптикалық тығызыздығы 440 нм толқын ұзындығында анықталады.

Зерттеуді талдау. Балық шаруашылығы үшін ШРК мәні 0,001 мг/л. Осы көрсеткішке сай кестені айлық көрсеткіштермен талқылайтын болсақ ШРК-ң бұзылу тұрақтылығын байқауға болады. 2015 жылдың өзінде қантар және қараша айында ғана балық аулауға тиімді кезең болған. 2016 жылы тамыз, қырқүйек, қараша, желтоқсан айларында, ал 2017 жылы ақпан айында суда мыстың қалыпты деңгейі болған (1-кесте).

Зерттеуді талдау. Балық шаруашылығы үшін ШРК мәні 0,001 мг/л. Осы көрсеткішке сай кестені айлық көрсеткіштермен талқылайтын болсақ ШРК-ң бұзылу тұрақтылығын байқауға болады. 2015 жылдың өзінде қантар және қараша айында ғана балық аулауға тиімді кезең болған. 2016 жылы тамыз, қырқүйек, қараша, желтоқсан айларында, ал 2017 жылы ақпан айында суда мыстың қалыпты деңгейі болған (1-кесте).

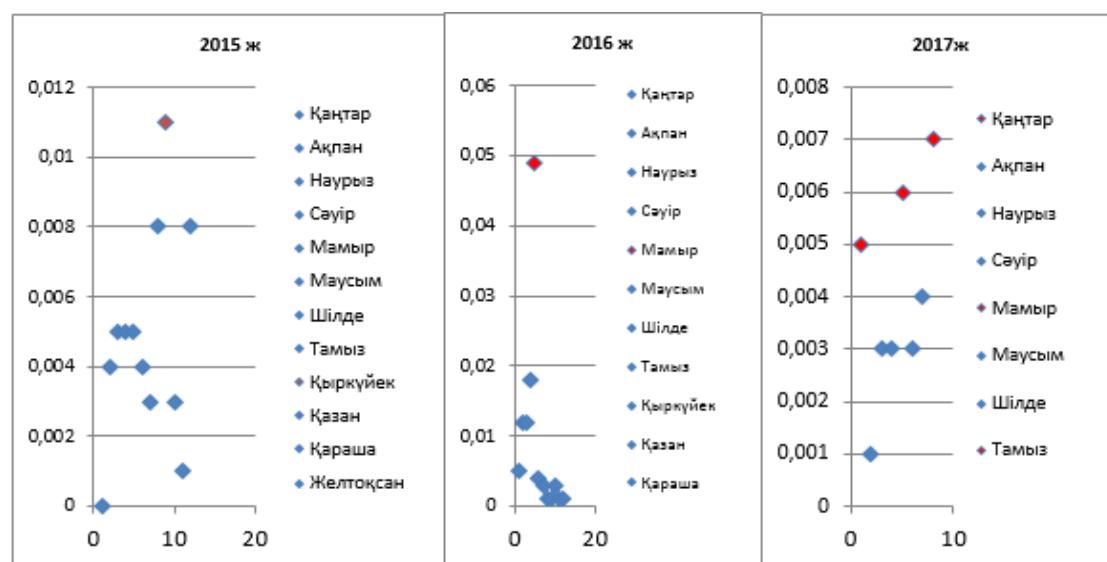
1 - кесте

*PMK «Казгидромед» мәліметтері бойынша 2015-2017 жылдар аралығындағы
Қостанай облысы Аят өзеніндегі мыс деңгейі*

Ай атаулары	2015 ж.	2016 ж.	2017 ж.
Кантар	0,003	0,005	0,005
Ақпан	0,004	0,012	0,001
Наурыз	0,005	0,012	0,003
Сәуір	0,005	0,018	0,003
Мамыр	0,005	0,009	0,006
Маусым	0,004	0,004	0,003
Шілде	0,003	0,003	0,004
Тамыз	0,008	0,001	0,007
Қыркүйек	0,011	0,001	
Қазан	0,003	0,003	
Қараша	0,001	0,001	
Желтоқсан	0,008	0,001	

Ең басты мыспен су айдындарын ластаушылар Қостанай облысы өндірістік қалдықтар шығарындылары, ағын сулар, көліктер, мыс құрамды пестицидтер, дәнекерлеу процесі, әртүрлі салаларда жанармай жануынан туследі. Аят өзенінің бойында мыстың көзі болатында өндірістік орын «Варваренко» акционерлік қоғам 2009 жылдан бастап жұмыс жасап жатыр. Өзенге тым жақын орналасқан карьердің бос табигат жиыны ретінде ашық жатқан жерлерінен қалған қалдықтардан жел арқылы ұшу және жанбыр сияқты үздіксіз климаттық әсерлерден Аят өзеніне мыстың тұрақты көлемі түсіп отырады деген болжам жасауга болады. Немесе мысты өндіру ошагынан табиги және техногендік әсерлерден Аят өзенінде мыстың жоғары көлемі сакталуы мүмкін.

Уш жылдық мәліметтер Аят өзенінде мыстың деңгейі жоғары деген қорытындыға мүмкіндік береді. Себебі, мыс барлық теніз және тұщы су омыртқасыздары үшін уытты деп айтса болады. 50 % особытердің жойылуын қамтамасыз ететін мыс көлемі 0,006- \geq 225,0 мг/л, ал тұщы су балықтар үшін мыстың уыттылығы басқа ауыр металдарға қарағанда өте жоғары (1-сурет).



*1-сурет – 2015-2017 жылдар аралығында Аят өзенінде шектік рүқсат етілген
көрсеткіші деңгейін бұзған айлар*

Қазіргі кезде тұрғындарға балық аулауга тиым салыну керек, ал болашақта мыстың қолемін түсіретін шаралар жасалынуы керек. Себебі, мыс барлық теңіз және тұщы су омыртқасыздары үшін уытты деп айтса болады. 50 % особытердің жойылуын қамтамасыз ететін мыс қолемі 0,006- \geq 225,0 мг/л. Мыстың уыттылығы судың кермектілігіне байланысты. Мысалы, CaCO_3 0,1-ден 261 мг/л-га жоғарласа *Tubifex tubifex* олигохеті үшін Аса уыттылық мәні 150 есе ұлғаяды.

Тұщы су балықтар үшін мыстың уыттылығы басқа ауыр металдарға қарағанда өте жоғары. Аса уыттылық көрсеткіші 0,017-1,0 мг/л аралығы. Бірақ судың ерекше кермектілігі Аса уыттылық көрсеткішін 3,0 мг/л-ға дейін жоғарылатуы мүмкін. Судың тұздылығы мыс иондарының кешендік байланыс құру мүмкіндігін арттырып теңіз балықтары үшін мыстың уыттылығын азайтады. Мысалы фундулюса особыне литріне 8,0 мг мыс 96 сағат әсер еткенде 30 % жойылған. Тұщы судағы мыстың уыттылығы судың кермектілігіне байланысты. Мыс иондары (Cu^{2+}) және иондалған гидроксидтер (CuOH^+ , $\text{Cu}_2(\text{OH})_2^{2+}$) басқа қосылыстарға қарағанда уыттылау. Судың кермектілігі (12 мг/л) тәмен болса мыстың бастапқы уытты көрсеткіші оның сілтілік көрсеткішіне бағынышсыз 10-50 мг/л [4]. Бірақ кермек судың сілтілігінің өзгеруі бастапқы мыстың уытты көрсеткішін 1,8 есе ұлғайтады.

Мыс көп өсімдіктер үшін жоғары уытты металл болып табылады. Өсімдік түріне тәуелсіз концентрация \leq 0,1 мг/л болса өсу процесі тежеледі. Мыстың көрсеткіші 0,003-0,03 мг/л болса көмір қышқыл және кремний қолданысы тәмендейтіндігі байқалған. Өсімдіктер үшін ең уытты металдарға сынақ, екінші орында мыс. Өсімдіктердің мыспен уланғанын жасуша қабықшаларының үлкейіүі салдарынан, кадмийден айырылуынан байқауға болады. Бұл фотосинтез процесін тәмендетіп, оттек шығаруды бәсендедеті. Мыс пен қорғасынның, мыспен кадмидің катар әсер етуінен антогнізм, ал мыс пен никель қатар өсімдікке әсер етсе синергизм ауруы тән және бұл әсерлер мыс және фтор, мыс және марганец, мыс және мырыш жағдайында да болады. Мыстың жоғары көрсеткішінің болуы су айдындарында ұзакқа созылса (0,02-0,2 мг/л) балықтардың тіршілік үшін құресі, өсуі қебеюі бәсендедейді. Жұмсақ суда мыстың 0,004 мг/л көрсеткішінің өзі уылдырықтардың жетілуін тежелтеді. Кейбір балықтар организмінде мыс деңгейінің өсуі гемотокритке альп келеді. Балықтардың тамактануға зауқы болмай, бірақ оттекке, қан pH-ы және энергия шығындау деңгейі көтеріліп кетуі мүмкін. Ақырғысы балық өзінің іс әрекетін дұрыс басқару қабілетінен айрылады, өзін-өзі бағыттау тағы басқа қызметтері нашарлап депрессияға ұшырайды. Осының бәріне коса су ортасының балықтарға қолайлы температура, тұз деңгейі болмаса особытердің жойылатыны айқын.

Осындағы «ластанған» деген категория алуына өндірістік орындардың экологиялық ережелерді сақтамауы да себепкер. Мысалы, «Костанайские новости» газетінің 2017 жылдың 10 тамызда шыққан басылымында экологтар «Север-Птица» АҚ-н жазалағаны жазылған. Жазалау себебі, құс еті фабрикасы Аят өзенінен аяқ аттам жерде орналасқан. «Север-Птица» АҚ-ның ағын суларды коршаган ортага шығаруға рұқсаты жок екен. Ағын суларды жинау жүйесіде құрылмаған болып шыққан. Құс еті фабрикасы Аят өзенінеге ағын суларын жасырын жіберген жерінен ұсталынған. Осы ластау үлкен дыбыспен өзінен хабарлап жатсада, жауыпты адамдар табиғат міндеттерін дұрыс атқармаған. Лас судың тікелей өзенге түсіүі қазіргі таңда өте үлкен сауатсыздық. Тәжірибеден алынған сорбенттердің мүмкіндіктерін фотометриялық әдіспен адсорбцияға дейін және кейін мыстың концентрациясының өзгерісі арқылы анықталынды. Зерттеу жүргізу үшін көлемі 500 мл колбада құрамында 1 мг/мл мыс иондары бар жасанды ластанған су дайындалды. Сорбенттермен талданатын су сынамасын тазалау тәжірибесі АВУ 6С электромагниттік араластырышты пайдалану арқылы конустық колбада жүргізілді. Әрбір тәжірибе үшін жасанды ластанған мыс су иондарымен белгілі бір көлем (50-100 мл) алынды. Тәжірибе үшін алынған ластанған судың жалпы көлемі 100 мл құрады. Егер бастапқы судың көлемі аз болса, көлемі тазартылған суды қосып, 100 мл-ге дейін жеткізілді.

Тәжірибе ұзақтығы 1, 2 және 3 сағатты құрады. 2-кестеде талдамадағы сынаманың сорбентпен тазарту уақытын есепке ала отырып, мыс массасының өзгеруі бойынша тәжірибелік деректер келтірілген.

2-кесте

Сорбенттермен тазалау уақытын есепке ала отырып судағы мыс массасының өзгерүі

Сорбент	1сағат	2 сағат	3 сағат
Цеолит	4,86	4,00	0,49
Асбест	5,00	2,35	0,50
Көк балшық	7,80	6,70	4,25
Қызыл балшық	14,00	9,00	8,50

2-кестеде берілген деректерден мыс иондарына қатысты ең үлкен адсорбциялаушы қабілеті цеолит пен асбест көрсетті. 3 сағаттық тазартудан кейін тазартылған судағы мыстың иондарының көлемі цеолит жағдайында 23 мг-дан 0,49 мг-га дейін және асбест жағдайында 0,50 мг-га дейін төмөндеді. Көк және қызыл балшық орташа адсорбциялық қабілеттерін көрсетті.

Қорытындылай келе Аят өзенінің мыспен жағдайына бақылау жүргізілді. Жасалған барлық зерттеулер мен шолулардан кейін мыс өте қауіпті ауыр металға жатады деген қорытындыға келдік. Оның судағы биотага келтірер зиянкес кеселдері болжанылды және мысалдармен дәлелденілді. Жыл сайын қарқын алып келе жатқан Аят өзенінің ластануы балықтарға, өсімдіктеге, омыртқасыздарға көрі әсерлері тұрақты жалғастырыла берсе, болашакта зардабы зор болары сөзсіз. Зерттеу барысында берілген деректер цеолит пен асбест артықшылығын басқа сорбенттермен салыстырғанда көрсетеді. Цеолит пен асбест адсорбциялық қабілеті бойынша көк және қызыл балшықтардан 1,5 есе асып түседі. Қостанай облысы топырағынан алынған балшықтардың баяу турде адсорбциялық процесс жүргізетінін дәлелдедік.

Әдебиеттер тізімі

1. Эбілмәжінова С.Ә. Жалпы жертану: Оқулық. – М: Алматы, 2012. – 240 б.
2. Мамбетқазиев Е. Табигатты қорғау: Оқулық. – Қайнар баспасы, 1190. – 195 б.
3. Кудасов В.И. Характеристика загрязнения тяжелыми металлами вод Кольского залива по данным исследования 2001-2004 гг. [Электронды оқулық]. – URL: http://vestnik.mstu.edu.ru/v09_5_n25/articles/22_kuda.pdf (қаралған күні 28.09.2017).
4. Мур Дж.В. Тяжелые металлы в природных водах / Дж.В. Мур, С. Рамамурти. – Москва: «МИР», 1987. – 238 б.

Қабылданды 18.10.2019

УДК 539.261

Св.С. Квон, В.И. Нестерова, Е.П. Щербакова

Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ПОРОШКОВОЙ ДИФРАКТОМЕТРИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА МЕДНЫХ РУД**

В работе проведено исследование минерального состава образцов медных руд и концентратов методом порошковой дифрактометрии. На основании полученных данных сделан вывод о доминирующем характере представленных образцов.

Жұмыста мысты көндердің және концентраттар үлгілерінің минералды құрамын ұнтақты дифрактометрия әдісімен зерттеу келтірілген. Алынған мағлұмматтар негізінде көрсетілген үлгілерді басым сипатты деп қорытындалауға болады.

The study of the mineral composition of samples of copper ores and concentrates by powder diffractometry. On the basis of the data obtained, a conclusion was made about the dominant character of the samples presented.

Ключевые слова: порошковая дифрактометрия, медная руда, минеральный состав, дифрактограммы

Производство меди является одним из стратегических факторов, определяющих экономику Республики Казахстан. По данным официального сайта KazMineralsPLC [1] компания произвела в 2016 г. 144 тыс. тонн меди, в 2017 г. – 259 тыс. т, в 2018 г. – 295 тыс. т. Компания намерена продолжать увеличивать производство меди за счет вовлечения новых ресурсов, оптимизации технологии и утилизации отходов.

Проблема заключается в том, что в переработку вовлекаются все более бедные руды, причем это является мировой тенденцией. Если в 2007 г. среднее содержание меди в руде, по данным ТОО «Корпорация Казахмыс», составляло 1,22 %, то в 2017 г этот показатель снизился уже до 0,93 % [2]. Например, в перспективном медном руднике Бозшаколь среднее содержание меди составляет всего 0,35 %, и разработка этого месторождения является приоритетной. Учитывая эти обстоятельства, процесс обогащения медной руды является ключевым фактором, определяющим как технологию, так и себестоимость катодной меди в целом.

Для выбора оптимальной технологии обогащения необходимо точное знание минерального состава руды. Кроме того, минеральный состав медной руды определяет состав шлаков при плавке на штейн и конвертации, влияет на стойкость футеровки, определяет технико-экономические параметры процесса. Иными словами, знание минерального состава медной руды является исходной точкой для выбора и оптимизации технологии производства меди в целом.

Медь в составе медной руды может присутствовать в различных минералах: чаще всего в виде сернистых соединений – медный колчедан или халькопирит CuFeS_2 , халькозин Cu_2S , ковелин CuS ; может встречаться в виде окислов – куприт Cu_2O , тенорит CuO ; входить в состав гидрокарбонатов – малахит $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$, азурит $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$.

Пустая порода руд состоит из пирита FeS_2 , кварца SiO_2 , карбонатов магния и кальция (MgCO_3 и CaCO_3), а также из различных силикатов, содержащих Al_2O_3 , CaO , MgO и оксиды железа наряду с SiO_2 . В зависимости от состава пустой породы руды разделяют на сульфидные, окисленные и смешанные. Сульфидные руды обычно бывают первичного происхождения, а окисленные руды образовались в результате окисления минералов сульфидных руд. В сульфидных рудах медь находится в виде сернистых соединений, в этих рудах всегда много пирита FeS_2 . Окисленные руды состоят главным образом из оксидов [3].

Как видно, минеральный состав медных руд и сопутствующей пустой породы очень многообразен и сложен. Степень раскрытия минерального зерна, а следовательно, и эффективность последующего обогащения будут определяться минеральным составом.

Минеральный состав руды можно определять несколькими способами: петрографическим, химическим, комплексной микроскопией.

Метод химического фазового анализа основан на селективном разложении минералов и описывается в различных трудах [4], а также в методиках выполнения измерений НСАМ 372-Ф.

Исследование минерального состава петрографическим методом с применением микроскопов (поляризационных, атомно-силовых и т.д.) обычно проводят с предварительной подготовкой шлифов – тонкой пластины образца, толщиной 0,02 - 0,03 мм. Подготовка шлифа является крайне важной частью проведения анализа, поскольку плохое качество шлифа может привести к ухудшению передачи цвета и поляризации минералов.

В последнее время популярны исследования минерального состава руды мультимодальной микроскопией, т.е. сочетанием оптической и электронной микроскопии [5-8]. Используя оптические характеристики минералов (цвет, коэффициенты отражения и преломления) в сочетании с интенсивностью электронных пиков, получаемых от различных фаз, возможно получение комплексной картины, позволяющей достаточно подробно идентифицировать минеральный состав руды.

Все перечисленные методы требуют достаточно большого количества времени для проведения анализа, зависят от профессионального уровня эксперта и качества поверхности образца. Поэтому наиболее распространенным и точным является метод порошковой рентгеновской дифракции.

Порошковая рентгеновская дифракция (PDF) – метод исследования структурных характеристик материала при помощи дифракции рентгеновских лучей (рентгеноструктурный анализ) на порошке или поликристаллическом образце исследуемого материала. Результатом исследования является зависимость интенсивности рассеянного излучения от угла рассеяния. Преимуществом

метода является то, что рентгенограмма для каждого вещества уникальна и позволяет определить вещество даже тогда, когда его структура не известна.

Рентгенофазовый анализ путем PDF проводится для измельченных образцов (размер 0,05 мм и менее) и может быть применен для небольшого количества пробы (менее 1 г).

Для каждого вещества при заданной длине волны набор интенсивностей отражений и соответствующих им межплоскостных расстояний оказывается характеристичным, что позволяет провести идентификацию фаз в образце (качественный анализ).

Рентгенофазовый анализ на рентгеновском дифрактометре методом PDF технически является наиболее простым и быстрым. Он практически не требует пробоподготовки (подходит проба, подготовленная к рядовому химическому анализу), процесс получения дифрактограммы занимает от 1 до 5 часов, а ее расшифровка грамотным специалистом может занимать от 30 минут (в случае, если образец является рядовым) до 5-6 часов.

К недостаткам данного метода можно отнести необходимость в ряде случаев данных предварительного химического количественного анализа, а также относительно низкий предел обнаружения фазы – не менее 1 %.

Целью данного исследования было изучение минерального состава представленных образцов для определения характера руды. В качестве объектов анализа были использованы:

- руда медная, проба № 868 (содержание меди 7,25 %);
 - руда медная, проба № 745 (содержание меди 8,10 %);
 - концентрат медный, проба № 688 (содержание меди 35,88 %);
 - концентрат медный, проба № 681 (содержание меди 31,66 %).

Рентгенофазовый анализ на рентгеновском дифрактометре D2 PHASER проводили со следующими техническими характеристиками:

- материал анода: стандартная отпаянная рентгеновская трубка CuKa;
 - детектор отраженных рентгеновских лучей: твердотельный позиционно-чувствительный детектор LYNXEYE;
 - размер фокуса – 0,4 x 12 мм;
 - номинальный режим работы источника рентгеновского излучения: 30 кВ /10 мА;
 - вертикальный Theta / Theta гониометр, радиус 140 мм;
 - метод сканирования θ_s/θ_d связанные;
 - диапазон углов сканирования 20: от 3 до 80°;
 - шаг сканирования 0,01°;
 - время шага сканирования 5 секунд.

После проведения анализа были получены следующие дифрактограммы (рис. 1-4) образцов. Дифрактограммы были интерпретированы в программном обеспечении DIFFRAC.EVA и DIFFRAC.TOPASS.

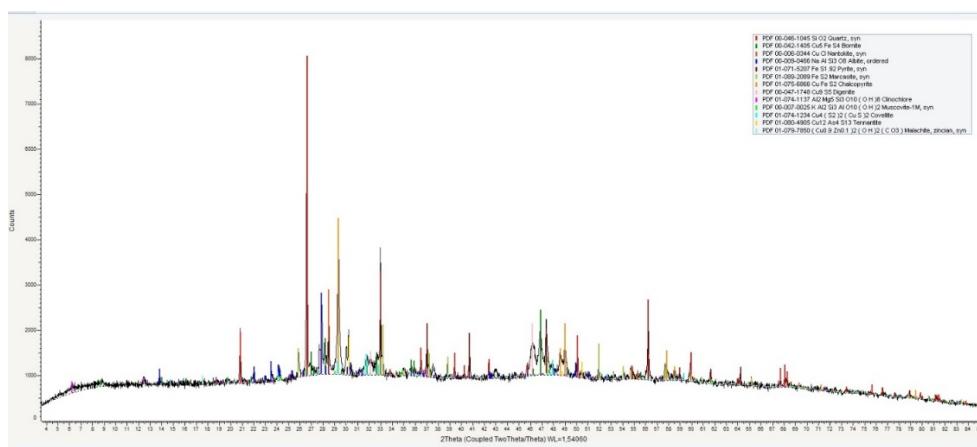


Рисунок 1 – Дифрактограмма пробы 681

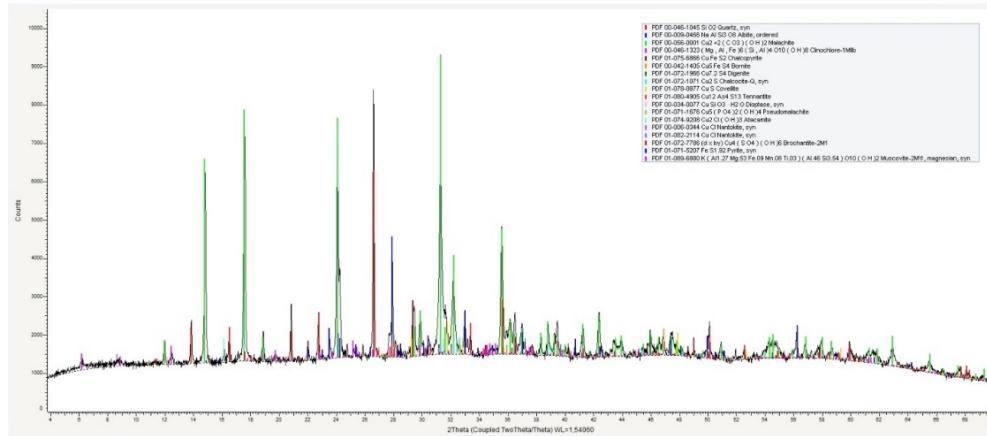


Рисунок 2 – Дифрактограмма пробы 688

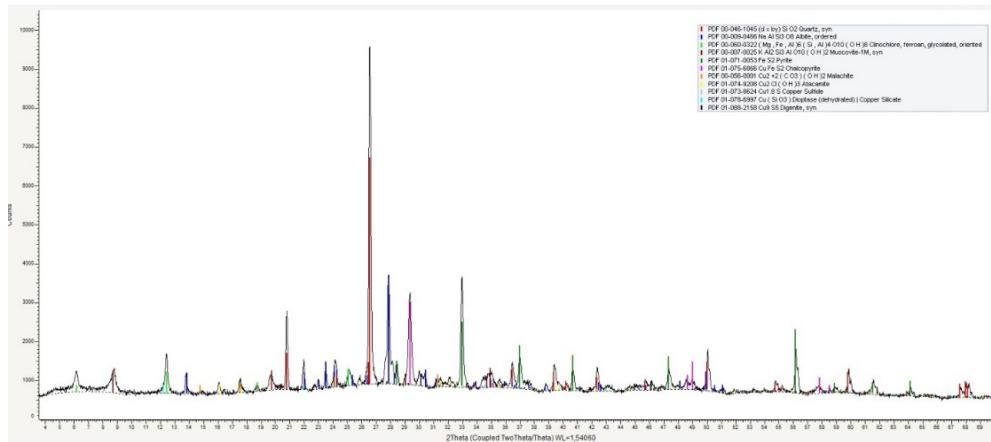


Рисунок 3 – Дифрактограмма пробы 745

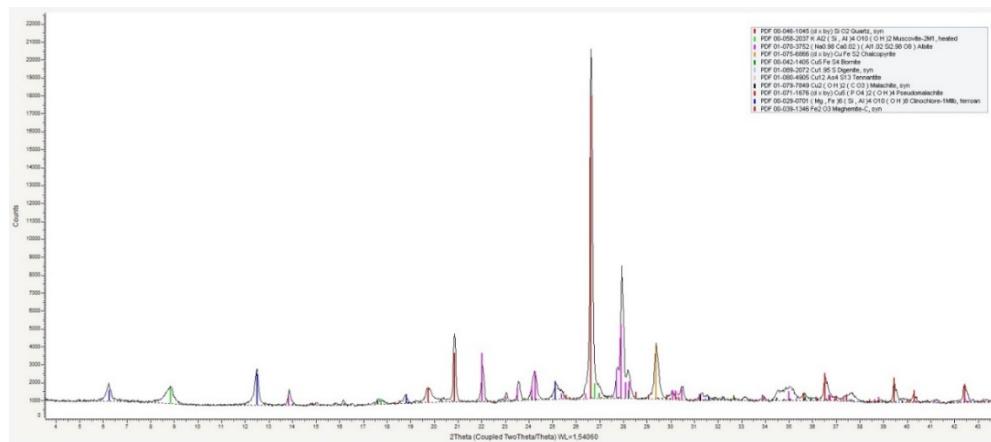


Рисунок 4 – Дифрактограмма пробы 868

Результаты фазового состава образцов, полученные рентгенофазовой дифрактометрией, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Минеральный состав исследуемых проб

Минеральная фаза	Содержание фазы в пробе, %			
	868	745	688	681
Альбит	34,9	21,5	11,6	10,1
Атакамит	-	1,7	2,2	-
Борнит	4,6	1,1	1,4	16,8
Брошантит	-	-	9,1	-
Дигенит	2,2	1,1	2,0	5,2
Диоптаз	-	0,8	0,6	-
Кварц	28,1	28,4	16,6	24,4
Клинохлор	13,8	12,5	5,3	3,2
Ковеллин	-	-	2,0	1,6
Маггемит	1,6	-	-	-
Малахит	1,2	3,0	-	2,7
Марказит	-	-	-	5,5
Мусковит	8,1	15,4	6,3	3,0
Нантокит	-	-	1,1	11,0
Пирит	-	9,9	3,0	9,6
Псевдомалахит	2,9	-	0,6	-
Теннантит	0,4	-	0,2	1,6
Халькантит	-	-	1,1	-
Халькопирит	2,2	4,7	1,5	5,4

Для определения характера руды необходимо суммировать данные рентгенофазового анализа в соответствии с табл. 2.

Таблица 2

Составляющие минералы окисленной и сульфидной руды

Группа минералов меди	Составляющие минералы
Окисленные	Куприт, тенорит, малахит, псевдомалахит, азурит, атакамит, хризаколла, диоптаз, халькантит и др.
Сульфидные	Халькопирит, кубанит, борнит, халькозин, ковеллин, дигенит, теннантит и др.

Сопоставление данных метода PDF и табл. 2 позволяет сделать вывод о характере (окисленный или сульфидный) медных минеральных составляющих каждой из представленных проб (табл. 3).

Таблица 3

Данные о характере минеральных составляющих проб

№ пробы	Группа минералов меди	Рентгенофазовый анализ, %
868	Окисленные	2,08
	Сульфидные	5,63
745	Окисленные	2,99
	Сульфидные	5,17
688	Окисленные	28,50
	Сульфидные	6,29
681	Окисленные	1,89
	Сульфидные	29,9

На основании полученных данных (табл. 3) сделать вывод о доминирующем характере медных минеральных составляющих и на основании этого рекомендовать схему обогащения руды и последующего передела.

Список литературы

1. www.kazminerlas.com.
2. <http://www.kazakhmys.kz/ru/news/id/120/> Официальный сайт ТОО «Казахмыс».
3. Учебник для вузов / Воскобойников В. Г., Кудрин В. А., Якушев А. М. - 6-изд., перераб. и доп. - М.: ИКЦ «Академкнига», 2005 - 768 с: 253 ил.
4. ГОСТ 33207 Руды медесодержащие и полиметаллические и продукты их переработки. Методы измерений массовой доли меди в минеральных формах.
5. Cheng, H.D.; Jiang, X.H.; Sun, Y. & Wang, J. (2001). Color image segmentation: advances and prospects. Pattern Recognition, Vol. 34, No. 12, (December 2001), pp. 2259-2281, ISSN 0031-3203.
6. Criddle, A.J. & Stanley, C.J. (1993). Quantitative Data File for Ore Minerals (3rd Edition).
7. Chapman & Hall, ISBN 041246750X, London, UK Craig, J.R. & Vaughan, D.J. (1994). Ore microscopy and ore petrography (2nd Edition), John Wiley & Sons, ISBN 0471551759, New York, USA Crum, W.R.
8. Hartkens, T. & Hill, D.L.G. (2004). Non-rigid image registration: theory and practice. The British Journal of Radiology, Vol. 77 (December 2004), pp. S140-S153, ISSN 0007-1285.

Получено 18.10.2019

МФТАА 34.29.25

А.А. Китапбаева, Г.К. Комекова, Ж.К. Кабатаева

С Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік университеті, Өскемен қ.

**ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАН ОБЛЫСЫ ЖАГДАЙЫНДА КАРТОП ДаҚЫЛДАРЫНЫҢ
ВИРУСТЫҚ ИНФЕКЦИЯМЕН ЗАҚЫМДАНУЫ**

Мақалада ШҚО жағдайында өсірілпі жатқан картоп сұрыптарының вирустық инфекциямен зақымдануын иммуноферменттік талдау әдісі арқылы анықтау нәтижелері берілген. ИФТ Шығыс Қазақстан облысының жазық даласында өсірілген және бастапқы түкім материалдары ретіндегі *in vitro* жағдайында өсірілген картоптың сұрыптарының жапырақ үлгілеріне жүргізілген. Зерттеу нәтижелері бойынша жазық далада өсірілген картоптың сұрыптарының жапырақ үлгілерінде S, M, Y вирустары анықталған.

В статье представлены результаты проведения иммуноферментного анализа на зараженность вирусными инфекциями сортов картофеля, выращиваемых в условиях ВКО. ИФА произведен на листовые образцы сортов картофеля выращенных в полевых условиях ВКО и *in vitro*. По результатам исследования выявлены вирусы S, M, Y в листовых образцах сортов картофеля, выращенных в полевых условиях.

The article presents the results of enzyme immunoassay for infection with viral infections of potato varieties grown in East Kazakhstan region. ELISA is produced on leaf samples of potato varieties grown in the field of East Kazakhstan region and in vitro. The results of the study revealed viruses S, M, Y in leaf samples of potato varieties grown in the field.

Кілт сөздер: картоп, вирус, иммуноферменттік талдау, *in vitro*, сұрып.

Картоп – алқалар түкімдасына жататын көп жылдық бағалы азықтық дақыл. Әлемдегі тағам мәселесін шешуде оның тұтынушылық және қоректік құндылығының рөлі өте жогары.

Түйнегінде адамға қажетті барлық қоректік заттар бар. Энергетикалық құндылығы жағынан бидай, жүгері, күріш пен арпадан кейін картоп бесінші орынды алады. Оның құрамында С, В1, В2, В6, РР, К дәрүмендері бар.

Ауыл шаруашылық дақылдарының өнімін көбейтуге арналған іс-шаралар жүйесінде түкім шаруашылығы басты орында. Кез келген мәдени дақылдардың түкім шаруашылығы сұрыптар өндірісіне енгізілетін жана, жогары сапалы сұрыптың түкімдарын көбейту, сұрыптық өнімінің сапаларын және басқа да шаруашылықтық биологиялық пайдалы белгілерін сактау мәселені шешу керек.

Картоп тұқым шаруашылығында бастапқы тұқым материалын сауықтыру маңызды рөл аткарады. Картоп өзінің биологиялық ерекшелігіне қарай басқа дақылдарға қарағанда вирустық инфекциялармен жылдам зақымданады. Вирустық аурулар картоптың өнімділігін айтарлықтай мөлшерде төмендетіп, егу сапасы мен түсімін сактауга аса қаупі тудырады. Қазақстан Республикасында картоптың өнімін жоғарылатып, өндіруді ары қарай ұлғайту халықшаруашылықтық міндет болып табылады.

Қазіргі уақытта картоп өсімдігін зақымдайтын вирустардың 50-ге жуық түрлері белгілі. Картоптың -L, -Y, -X, -S, -M вирустары бойынша иммуноферментативтік талдау (ИФТ) жүргізілді.

Вирустық аурулардың басты қаупі олардың жұғуы және тараптуы жасырын (латентті) түрде болуы мүмкін. ШҚО-да картоптың вирустық ауруларының белгілері жасырын түрде отуі де мүмкін.

Картоптың Y вирусы (PVY) картоп өнімінің төмендеуіне әкеледі. Қоршаған орта жағдайына, картоп сұрыптына, басқа вирустармен қатар кездесуіне байланысты зақымдалған өсімдіктің өнімі 70 % төмендеуі мүмкін [1]. Алғашқы зақымдану кезінде жапырактың қою-қара бұрышты некроздары, дақтануы, сарғауы, түсі болады және өсімдік уақытынан бұрын солады. Екінші рет зақымданған кезде өсімдіктің ергежейлігі, жапырактарының әжімденуі мен дақтануы байқалады. Картоптың Y вирусымен зақымдануы бүкіл өсімдіктің немесе бірнеше жапырактардың, өркеннің деңгейінде көріні мүмкін. Жұғу жолы: өсімдік бітелері арқылы немесе ауру өсімдікпен жанасу арқылы.

Картоп X (PVX) вирусымен зақымданған кезде жапырак тектасында ашық-жасыл дақтар пайда болады. Осы белгілер жас өсімдіктерде жақсы байқалады да кейін әлсізденіп жойылып кетеді. Картоптың көптеген сұрыптарында X және S вирустары латентті түрде байқалады. Картоп егістігінің X вирусымен жаппай зақымдануы өнімді 20-40 %-ға төмендетеді [2]. X вирусы сау өсімдіктің ауру өсімдікпен жанасуы, топырақ саңырауқұлақтары (*Synchitrium endobioticum*), картоп бітесі арқылы немесе механикалық жолмен жұғуы мүмкін.

S және M вирустарының белгілері онша байқалмайды және өнімділікке қатты әсер етпейді. Алайда бұл вирустар басқа вирустардың негативті эффектілерін қүштейтеді [3].

Картоптың L вирусы – (PVL) жапырактардың бұралуын туындалады, сондықтан картоп жапырағын бұрау вирусы деп аталады. Бастапқы инфекция белгілері жас жапырактардан, өсімдіктің ұшынан байқалады, олар сортына қарай сұрғылт-сары, күлгіннемесе қызығылт түске ие болады. Кейде жапыракты түйік түтікшеге айналдыратын жапырактарының оралуы байқалады. Төменгі жапырактары ерекше қатты және қатпарлы крахмалдың құшті жиналуын көрсетеді. Кейбір сорттарда жапырақ тектасында катты некрозы байқалады. L вирусымен зақымдалған бастапқы тұқым материалы өнімді – 70 %-ға төмендетеді.

Картоптың вирустық аурулары емделмейді. Олар бунақденелілер арқылы, өсімдік биттері арқылы және ауру өсімдіктермен жанасу кезінде жүргеді [4].

Вирустармен құресу шараларының негізі – вируссыз тұқымдық материалды колдану, картоптың тұқымдық материалын сапалық талдауын үақытында жүргізіп отыру, ауру өсімдікті жұлу, тұқымды үлескені 3 реттік фитотазалаудан өткізу, арамшөптерден, бунақденелілерден (әсіресе өсімдік биттерінен) тазалау.

Зерттеу жұмысымыздың максаты ШҚО жағдайында өсіріліп жатқан картоп сұрыптарының вирустық инфекциямен зақымдануын иммуноферменттік талдау әдісі арқылы анықтау. Осыған орай, Шығыс Қазақсан облысының жазық даласында өсірілген және бастапқы тұқым материалы ретінде *in vitro* жағдайында өсірілген картоптың сұрыптарының жапырақ үлгілеріне ИФТ жүргізілді. Зерттеу жұмыстары С. Аманжолов атындағы ШҚМУ биотехнология лабораториясында жүргізілді.

Зерттеу жұмысына қажетті жапырақ үлгілері картоп сұрыптарының толық гүлдеу кезеңінде таңғы үақытта жиналды, олардың вирустық инфекциямен зақымдануын анықтау үшін ИФТ жасалды (1-сурет).



1-сүрет – Картоп сұрыптарының жасырақ үлгілері бойынша жүргізген зерттеу нәтижелері

1-кестеге сәйкес үлгілерді талдау нәтижесі бойынша S вирусымен – Улан, Белоснежка сұрыптары; M вирусымен – Ароза, Улан, Санте, Аксор, Латона, Белоснежка, Жуковский ранний, Ред Леди, Розара сұрыптары; Y вирусымен – Ред Леди сұрыптың зақымдалғаны анықталды. Алайда картоп сұрыптары X және L вирустары бойынша таза болды. Сонымен қатар, Ред Скарлет сұрыптың ешбір вируспен зақымдалмағаны анықталды.

1-кесте
Картоп сұрыптарының жасырақ үлгілері бойынша жүргізген зерттеу нәтижелері

№	Сұрып	ИФТ нәтижесі, %				
		PVX	PVS	PVM	PVY	PVL
1	Ароза	-	-	+	-	-
2	Улан	-	+	+	-	-
3	Санте	-	-	+	-	-
4	Аксор	-	-	+	-	-
5	Латона	-	-	+	-	-
6	Белоснежка	-	+	+	-	-
7	Жуковский ранний	-	-	+	-	-
8	Розара	-	-	+	-	-
9	Ред Скарлет	-	-	-	-	-
10	Ред Леди	-	-	-	+	+

Қантар айында картоп сұрыптарының *in vitro* жағдайында өсірілген өсімдіктеріне ИФТ жасалды (2-сүрет).



2-сүрет – In vitro жағдайында өсірілген картоп өсімдіктерінің үлгілеріне жасалған ИФТ нәтижелері

2-кестеге сәйкес үлгілерді талдау нәтижесі бойынша S вирусымен – Улан сұрыпты; M вирусымен – Улан, Аксор сұрыптары зақымданған. Барлық картоп сұрыптары X, Y және L вирустары бойынша таза болды.

2-кесте

In vitro жағдайында өсірілген картоп өсімдіктерінің үгілеріне жасалған ИФТ нәтижелері

№	Сұрып	ИФТ нәтижелері, %				
		PVX	PVS	PVM	PVY	PVL
1	Ароза	-	-	-	-	-
2	Улан	-	+	+	-	-
3	Санте	-	-	-	-	-
4	Аксор	-	-	+	-	-
5	Латона	-	-	-	-	-
6	Белоснежка	-	-	-	-	-
7	Жуковский ранний	-	-	-	-	-
8	Розара	-	-	-	-	-
9	Ред Скарлет	-	-	-	-	-
10	Ред Леди	-	-	-	-	-

Екі кесте нәтижелерін салыстыратын болсақ *in vitro* өсімдіктері бойынша тек Улан және Аксор сұрыптары S және M вирустарымен зақымдалған. Ал, далалық жағдайда өсірілген картоп сұрыптарында M вирусы жаппай таралған, S және Y вирустары 3 сұрыптаған кездеседі. Жоғарыда атап еткендегі S және M вирустары өнімділікке қатты әсер етпейді. Тек басқа вирустардың негативті эффектілерін күштейді. Біздің жағдайымызда Ред Леди сұрыптында M және Y вирустары қатар кездесті.

Біздің пайымдауымызша *in vitro* өсімдіктерінің вирустық инфекциямен зақымдануының себептерінің бірі қалемшелеп көбейту ережелері дұрыс сақталмағандығын көрсетеді. Картоп сұрыптары далалық жағдайда басқа зақымданған өсімдіктермен жанасқан кезде вирустық инфекцияны өзіне жүктырады. Себептердің тағы бірі вирустық инфекцияларды бунақденелілер, әсіресе картоп бітелері, дала қандалалары тарататыны.

Әдебиеттер тізімі

1. Копейкина У.А. Размножение безвирусного исходного материала при ведени первичного семеноводства картофеля в условиях Восточного Казахстана / автореферат. – Усть-Каменогорск, 2004. – 27 с
2. Справочник картофелеводство. – М.: Агропромиздат, 1986. – 95 с.
3. Лигай Г.Л. Селекция картофеля на устойчивость к вирусным болезням в Казахстане // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 1999. – №6. – С. 30-36.
4. Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства им. А.Г. Лорха / Инструкция по применению иммуноферментного диагностического набора для определения вирусов картофеля. – М.: Коренево, 2016.

Қабылданды 18.10.2019

МНРТИ 34.31.27

А.А. Китапбаева¹, Ж.К. Идришева², К.Б. Алипина¹

¹Восточно-Казахстанский государственный университет им. С. Аманжолова, г.Усть-Каменогорск

²Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, г.Усть-Каменогорск

**ВЛИЯНИЕ СЕЛЕНОСОДЕРЖАЩИХ ПРЕПАРАТОВ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ
PHLOX NIVALIS И CELOSIA ARGENTEA VAR. CRISTATA**

В настоящее время большое внимание уделяется вопросу о роли в растениях микроэлемента селена. Основная цель научной статьи исследовать влияние селено содержащих препаратов на рост и развитие растений. Для проведения исследований использовались семена

Phlox nivalis и *Celosia argentea* var. *Cristata*. За время исследовательской работы проанализирована динамика развития растений за каждый месяц.

Қазірін таңда селеннің өсімдіктердің өсу қарқыны мен дамуына өте жақсы өсері бары зерттелінуде. Ғылыми мақаланың негізгі мақсаты таңдал алынған *Phlox nivalis*, *Celosia argentea* var. *Cristata* өсімдіктерінің өсіп-өнүне селенде препараттан дайындалған ерітінділердің ықпалын зерттеу. Зерттеу жұмысында *Phlox nivalis* және *Celosia argentea* var. *Cristata* гүлдерінің тұқымдары алынған. Әртүрлі концентрациядагы ерітінділердің өсімдіктердің өсу динамикасына өсері зерттелінген және ай сайнаны көрсеткіштері өлшеніп, салыстырмалы түрдө динамикасы түргезылып, талдау жасалынды.

Currently much attention is paid to clarifying the role of selenium in plants. The main purpose of scientific article is to investigate the effect of selenium containing drugs to *Phlox nivalis* and *Celosia argentea* var. *Cristata* plants' growth and development. The seeds of the *Phlox nivalis* and *Celosia argentea* var *Cristata* were used for the research. During the research work, the plants growth dynamics were analyzed for each month.

Ключевые слова: биологические активные добавки, активный препарат селен, гербициды, фитогормоны, антиоксиданты

Проблема изучения действия микроэлементов в растительном мире всегда занимала одно из центральных мест в физиологии и биохимии растений. В настоящий момент большое внимание уделяется выяснению роли микроэлемента селена в высших растениях. Это обусловлено тем, что прогрессирующий дефицит данного элемента в растительных кормах и пище человека является причиной нескольких десятков тяжелых заболеваний, включая инфаркт миокарда, инсульт и диабет, тяжелые поражения печени и расстройства половой системы, иммунодефицит и т.д. Масштабной коррекции дефицита селена в пище человека и рационах животных препятствует недостаток знаний о функциях селена в мире высших растений.

Мы предположили, что в растительном мире селен выполняет ту же основную роль, что и в животном мире – адаптивно-защитную и способен благоприятно влиять на рост и развитие растений. Для проведения исследований использовали семена *Phlox nivalis* (флокс снежный) и *Celosia argentea* var. *Cristata* (целозия гребенчатая). Были отобраны лучшее по внешнему виду семена без внешних повреждений. Посадки проводили в сентябре 2016 года. Изучение действия сelenосодержащих препаратов выполнялось на кафедре «Биология» ВКГУ.

Цель исследований - изучение возможности использования сelenосодержащих препаратов при выращивании *Phlox nivalis* и *Celosia argentea* var. *cristata*. Предполагается, что обработка семян сelenосодержащими препаратами позволит частично или полностью решить проблемы выращивания этих культур, и в частности всхожести семян.

Опыт 1. Изучение влияния сelenосодержащих растворов на всхожесть семян *Phlox nivalis*.

Результаты опыта показали, что обработка семян сelenосодержащим раствором приводит к увеличению их всхожести, по сравнению с контрольными растениями. Данные по результатам всхожести семян *Phlox nivalis* в зависимости от концентрации сelenосодержащих растворов и времени проращивания, представленные на рис. 1, свидетельствуют о положительном влиянии обработки семян сelenосодержащим раствором на период их посевной всхожести.

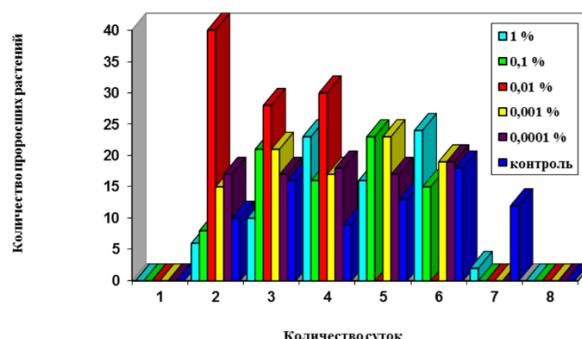


Рисунок 1 – Влияние сelenосодержащих растворов на всхожесть семян *Phlox nivalis*

В контроле период появления проростков растянулся до 7 дней, а количество всходов наблюдали в 78 случаях.

Процент всхожести семян при обработке раствором 0,01 % концентрации составил 99 %, в контроле – 89 %.

*Опыт 2. Изучение влияния селеносодержащих растворов на всхожесть семян *Celosia argentea var. cristata*.*

Данные рис. 2 показывают, что обработка семян селеносодержащим раствором оказывает положительное влияние на период посевной всхожести семян *Celosia argentea* var. *cristata*.

Обработка семян 0,01 % раствором селена привела к появлению первых ростков (38) на 3 сут. после посадки, а весь период появления всходов занял 5 сут. Число проросших семян равно 96. Данная концентрация является самой эффективной для стимуляции всхожести семян *Celosia argentea* var. *cristata*.

В контроле период появления проростков равен 8 дням, количество всходов наблюдали в 76 случаях.

Процент всхожести семян при обработке раствором 0,01 % концентрации составил 98 %, в контроле – 88 %.

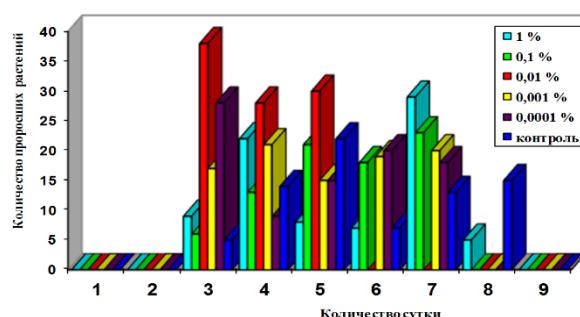


Рисунок 2 – Влияние селеносодержащих растворов на всхожесть семян *Celosia argentea* var. *cristata*

Опыт 3. Изучение влияния селеносодержащих растворов на динамику развития растений через 30 после высадки семян в грунт.

Для изучения влияния селеносодержащих растворов на прирост биомассы растений их выкапывали из грунта, промывали водой, определяли их массу путем взвешивания и вычисляли среднюю массу одного растения.

Результаты исследования, представленные на рис. 3, свидетельствуют о позитивном влиянии обработки семян селеносодержащим раствором на рост и развитие *Phlox nivalis*.

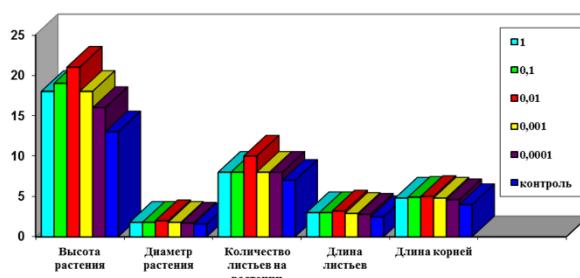


Рисунок 3 – Влияние селеносодержащих растворов на рост и развитие *Phlox nivalis*

При обработке семян 0,01 % раствором селена растение обладало наибольшими показателями роста в высоту, диаметра, длины листьев и корней. Средние параметры растений оказались следующие: высота растений – 21 см, диаметр – 2,0 мм, длина листьев – 3,2 см, корней – 5 см. Данная концентрация является самой результативной для роста и развития *Phlox nivalis*.

В контроле растения имели более низкие характеристики вегетативного развития. Средние показатели были равны: высота растений – 13 см, диаметр – 1,6 мм, длина листьев – 2,5 см, длина корней – 4 см.

О положительном влиянии обработки семян *Phlox nivalis* селеносодержащими растворами на прирост биомассы растений можно судить по данным рис. 7. Наиболее эффективной оказалась 0,01 % концентрация предлагаемого раствора - средняя масса одного растения составила 0,875 г. В контроле средняя масса растения была равна 0,35 г, т.е. в 2,5 раза меньше.

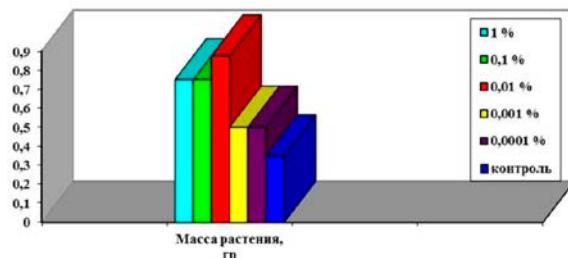


Рисунок 4 – Влияние селеносодержащих растворов на прирост биомассы *Phlox nivalis*

При изучении влияния селеносодержащих растворов на динамику развития *Celosia argentea var. cristata* было выявлено, как свидетельствуют данные рис. 5, что обработка семян раствором селена активировала рост растения.

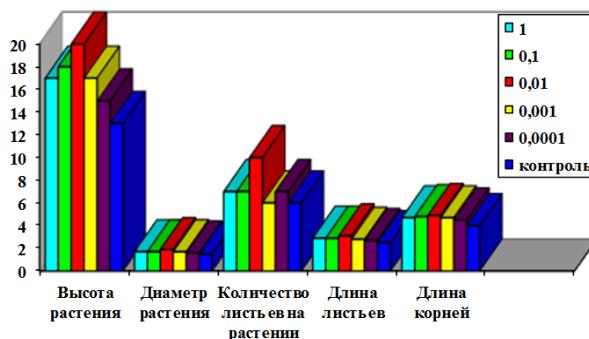


Рисунок 5 – Влияние селеносодержащих растворов на рост и развитие *Celosia argentea var. cristata*

При обработке семян раствором селена 0,01 % концентрации растение имело большую высоту, диаметр, длину листьев и корней. Средние параметры следующие: высота растений – 20 см, диаметр – 1,9 мм, длина листьев – 3,1 см, длина корней – 4,9 см. Данная концентрация является самой эффективной для стимулирования роста и развития *Celosia argentea var. cristata*.

В контроле растения обладали меньшей высотой, диаметром, длиной листьев и корней. Средние показатели равны: высота растений – 13 см, диаметр – 1,6 мм, длина листьев – 2,5 см, корней – 4 см.

Сравнительный анализ развития *Celosia argentea var. cristata*, обработанной селеном 0,01 % концентрации, и контрольного растения показывает значительное превосходство обработанного растения над контрольным (рис. 6).



Рисунок 6 – Сравнение обработанного селеном 0,01 % концентрации и контрольного растений

Опыт 4. Изучение влияния селеносодержащих растворов на прирост биомассы растений через 60 дней после высадки семян в грунт.

Результаты исследований подтвердили положительное влияние обработки семян селеном на прирост биомассы растений, при этом наиболее эффективной оказалась 0,01 % концентрация предлагаемого раствора.

Из данных рис. 7 видно, что при обработке семян *Phlox nivalis* 0,01 % раствором селена растение обладает большей способностью к вегетации. Средние параметры растений следующие: высота – 65 см, диаметр – 5,6 мм, длина листьев – 9 см и корней – 14 см. Данная концентрация является наиболее оптимальной для развития *Phlox nivalis*.

В контроле у растений указанные размеры были меньше. Средние показатели составили: высота растений – 53 см, диаметр – 4,5 мм, длина листьев – 7 см, корней – 11,2 см.

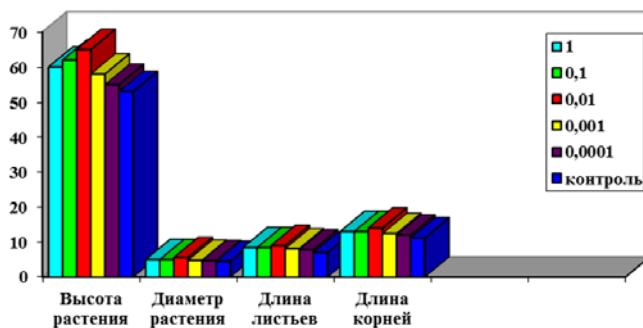


Рисунок 7 – Влияние селеносодержащих растворов на динамику развития *Phlox nivalis*

Результаты исследований *Celosia argentea var. cristata*, приведенные на рис. 8, показывают, что обработка семян раствором селена положительно влияет на динамику развития растений. Средние параметры растений составили: высота – 64 см, диаметр – 5,3 мм, длина листьев – 8,7 см и корней – 13,7 см. Контрольные растения имели меньшие показатели: высота растений – 53 см, диаметр – 4,5 мм, длина листьев – 7 см и корней – 11,2 см.

Наиболее эффективной является 0,01 % концентрация предлагаемого раствора – средняя масса одного растения составила 3,762 г. В контроле средняя масса растения – 1,505 г, т.е. в 2,5 раза меньше.

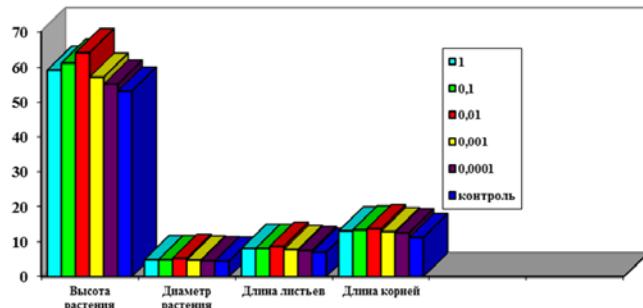


Рисунок 8 – Влияние селеносодержащих растворов на рост и развитие *Celosia argentea var. cristata*

Таким образом, использование селеносодержащих растворов способствует повышению динамики роста и развития растений. Их применение позволит увеличить всхожесть семян садово-парковых культур до 98 % и увеличить биомассу растений в 2,3-3 раза.

В целях повышения всхожести семян садово-парковых культур, ускорения динамики роста растений и увеличения их биомассы в практике садово-паркового хозяйства следует использовать экологически безопасные и эффективные селеносодержащие препараты и другие фиторегуляторы с содержанием селена.

Список литературы

1. Вихрева В.А., Хрянин В.Н., Козлова Н.П., Блинохватов А.Ф. Селен и солевой стресс растений. Проблемы сельскохозяйственного производства в изменяющихся экологических и экономических условиях XXI века: Материалы Международной научно-производственной конференции. – Пенза, 2000. - С. 255-257.
2. Блинохватов А.Ф., Вихрева В.А., Денисова Г.В., Иванов А.И., Клименко Т.Л., Лебедев Е.Л., Сашенкова С.А., Толченов Г.Е. Основы общей экологии: Учебное пособие. – Пенза, 2000. - 157 с.
3. Блинохватов А.Ф., Вихрева В.Н., Хрянин В.Н. Селен – адаптоген и стимулятор роста растений // Регуляторы роста и развития растений в биотехнологиях: Материалы VI Международной конференции. - М.: МСХА, 2001. - С.82.
4. Вихрева В.А., Хрянин В.Н., Блинохватов А.Ф. Селен в растительном мире. Селен в биосфере: Монография. – Пенза: РИО ПГСХА, 2001. – 154 с.
5. Влинохватов А.Ф., Иванов А.И., Хрянин В.Н., Вихрева В.А., Ильин Д.Ю., Денисова Г.В. Значение элемента селена для объектов биосферы // Эколого-экономическое развитие России (анализ и перспективы). - М., 2000. - С.145-152.
6. Влинохватов А.Ф., Иванов А.И., Хрянин В.Н., Вихрева В.А., Ильин Д.Ю., Денисова Г.В. Универсальная роль элемента селена в объектах биосферы // Эколого-экономические проблемы лесостепных регионов: Всероссийская научно-практическая конференция. – Пенза, 2000. – С.8-13.
7. Гусев Ю.Д. Семейство амарантовые (Amaranthaceae) // Жизнь растений / Под ред. А.Л. Тахтаджяна: В 6 т. - М.: Просвещение, 1980. - Т. 5. - Ч. 1. - С. 371-374.
8. Головкин Б.Н. и др. Декоративные растения СССР. - М.: Мысль, 1986. - С. 229-232.
9. Дьякова Г.М. Флоксы. - М.: Кладезь-Букс, 2006. – 96 с.
10. Константинова Е.А. Флоксы. - М.: Фитон, 2002. – 192 с.
11. Мартынова М. Флокс сибирский в Хакасии // Цветоводство. - 2009. - №3. - С. 10-11.
12. Полетико О.М. // Ульяновск - Франкфорт. - М.: Советская энциклопедия, 1977. – 340 с.
13. Чижиков Д.М., Счастливый В. П. Селен и селениды. - М.: Наука, 1964. – 320 с.
14. Проблемы биогеохимии и геохимической экологии: Сб. науч. тр. / Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского. - М.: Наука, 1999. – С.160-166.
15. Обухова Т.И. Значение определения селена в диагностике // Микроэлементы в биологии и их применение в сельском хозяйстве и медицине. – Самарканд, 1990. – С. 479-480.

Получено 18.10.2019

МРНТИ 86.21.00

Е.Ж. Отаров¹, Т.К. Исабек², Е.А. Абеуов², Е.Е. Орынбек¹

¹Карагандинский областной филиал РГКП «Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан», г. Караганда.

²Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда

АНАЛИЗ ПОВТОРНОЙ ОТРАБОТКИ НА ПОДЗЕМНЫХ РУДНИКАХ

В этой статье приводится краткий анализ способов повторной отработки, снижающих общие потери по месторождению в целом.

Бұл мақалада көнтіреуіштердің қайта өңдеу барысында қалдықтардың жалпы көлемін азайтатын өңдеу әдістеріне қысқаша талдау берілген.

This article provides a brief overview of processing methods that reduce the total amount of waste in the field as a whole.

Ключевые слова: повторная обработка, междукамерные целики, подземные рудники.

Повторная разработка, в отличие от первой стадии разработки, осуществляется в специфических горнотехнических условиях. Объектами повторной разработки могут быть участки, расположенные

ложенные за пределами шахтных полей, представляющие маломощные залежи рудных тел, которые находятся под промышленными объектами, коммунально-бытовыми зданиями, водоемами и транспортными коммуникациями, а также различного рода целики, которые поддерживали очистное пространство в стадии первичной отработки. Все это вызывает необходимость проведения дополнительных вскрышных и подготовительных выработок и переноса на новые места инженерных коммуникаций, зданий и сооружений с дополнительными затратами. В результате постоянного и длительного давления налегающих пород увеличивается трещиноватость и склонность пород к самообрушению, возрастает деформация ранее пройденных выработок, оставленных целиков и потолочин.

Эти обстоятельства требуют качественной оборки и усиленного крепления подготовительных и нарезных выработок, постоянного и квалифицированного надзора за состоянием и безопасностью горных работ.

При повторной разработке мощных залежей часто требуется усиленное крепление подготовительных и нарезных выработок монолитным или сборным железобетоном, возведение в очистных пространствах бетонных целиков. Возникает необходимость проведения новых этажных и подэтажных, преимущественно полевых подготовительных и нарезных выработок. Эффективность повторной разработки в основном определяется себестоимостью добычи руды, одними из главных составляющих которой являются затраты на ремонт старых и проведение новых выработок, на поддержание очистных забоев в ходе работ и создание безопасных условий труда. Как правило, повторная разработка осуществляется в непосредственной близости или в пределах старых разработок.

Повторная разработка руд производится из открытого выработанного пространства в подземных условиях, полевыми выработками, а также геотехнологическими методами.

Сущность полевой отработки состоит в том, что при повышенном горном давлении и неустойчивой кровле целики отрабатывают из полевых выработок, пройденных в породах почвы. Полевые штреки (орты) располагаются на 6-8 м ниже подошвы камер, из них оборудуются ниши и разделяются выпускные воронки под целиками или между ними. Целики обрушают восстающими скважинами, пробуренными из ниш под выпускными воронками. Руду из воронок выпускают в ниши и самоходным ПДМ доставляют к стволу шахты или капитальному рудоспуску.

Основными объектами повторной разработки являются барьерные, панельные и междукамерные целики. Применяются два основных способа выемки междукамерных целиков:

- 1) частичной подработкой их и обрушением налегающих пород;
- 2) разрушением из полевых выработок, пройденных в породах почвы.

Основным недостатком повторной отработки из полевых выработок является то, что не окупаются затраты на проведение полевых выработок, т.к. эти выработки проводятся по пустым породам.

При повторной отработке добываются ранее списанные в потери балансовые и забалансовые запасы, оставленные в различных целиках. Общими заботами извлекаются междуэтажные, междублочные и междукамерные целики, прослойки и маломощные залежи в кровле и почве отработанных выемочных единиц, отбитая, но недовыпущенная из блоков рудная масса. Непременным условием безопасности повторной отработки является то, чтобы на поверхности не было зданий, сооружений и других важных объектов, т.к. обрушение может выйти на земную поверхность.

Повторная разработка широко применяется на многих рудниках Алтая, Жезказгана, Кривбасса, Никитовского ГОКа и других.

В условиях радикальных экономических преобразований в Казахстане и перехода к рыночным отношениям большую роль в экономике страны продолжают играть драгоценные металлы. Экономический кризис лишний раз подтвердил мировую роль меди в качестве надежного средства защиты от обесценивания денежных средств в экстремальных ситуациях. Именно этим обусловлена необходимость развития или, по крайне мере, поддержания на таком же уровне, как в лидирующих странах, рудодобывающей промышленности и ее сырьевой базы. Поэтому на казахстанских рудниках, а именно на подземных рудниках, применяют способы повторной отработки междукамерных целиков, в которых содержание меди почти в 2 раза больше, чем в оставшихся балансовых запасах. Разработка их в настоящее время продолжается камерно-столбовой системой разработки. В условиях экономического кризиса, когда мировые цены на цветные металлы упали в 2-

3 раза, повторная разработка способна поддержать конкурентоспособность рудников ТОО «Корпорация Казахмыс» [1].

Традиционный подход к извлечению МКЦ с полевой подготовкой и обрушением налегающей толщи из-за высоких затрат на проходку выработок по породе рентабелен только на отдельных участках с большой выемочной мощностью и высоким (более 2 %) содержанием меди. Поэтому разработка технологии извлечения междукамерных целиков из открытого выработанного пространства без полевой подготовки является актуальной задачей. Половина потерянных запасов руды (46 %) сосредоточена в десятках тысяч столбчатых междукамерных целиков (МКЦ). Со временем, а также под влиянием горных работ в МКЦ накапливаются хрупкие разрушения и они разрушаются, что приводит к внезапным обрушениям налегающей толщи. Постепенное ухудшение геомеханической обстановки на месторождении выражается в росте числа разрушенных целиков, площадей зон обрушений [1].

Примером больших, достигающих почти 40 %, потерь руды в междукамерных целиках (МКЦ) является месторождение Жаман-Айбат, расположенное в 200 км от г. Жезказган. Залежи медистых песчаников мощностью 2-12 м залегают на глубинах 500-800 м. Поэтому последующая выемка целиков необходима для сокращения потерь руды. При этом совмещаются в одной выемочной единице (панели) первичная разработка камерных запасов и повторная разработка МКЦ с обрушением налегающей толщи. Очистное пространство поддерживается только в призабойной части панели несколькими рядами целиков. По мере подвигания горных работ после оформления еще одного ряда МКЦ ближний к зоне обрушения ряд целиков извлекается, и выработанное пространство погашается обрушением. При такой технологии добычи руды исключаются недостатки, присущие камерно-столбовой системе разработки. Для безопасности горных работ необходимо обеспечить устойчивость кровли очистных камер и МКЦ в поддерживаемой (призабойной) части выработанного пространства. Перед началом повторной отработки комиссия в составе главных специалистов проводит обследования панелей на предмет геомеханической обстановки для выявления обрушенных и ослабленных участков, чтобы не произошло несчастных случаев. После этого только комиссия дает выводы и рекомендации по повторной отработке.

Далее проводится геотехнический мониторинг, включающий в себя следующее: сейсмический мониторинг процессов деформации и разрушения пород массивов; инструментальный мониторинг за состоянием кровли; визуальный осмотр состояния очистных забоев и примыкающих горных выработок [2].

Вышеперечисленное делается для того, чтобы повторная отработка велась эффективно, без сверхнормативных потерь и разубоживания, а также для соблюдения правил безопасности.

Из вышеизложенного можно сделать следующие выводы: анализ повторной отработки рудных месторождений показывает необходимость соблюдения проектных решений при оставлении междукамерных целиков, чтобы не происходило преждевременных разрушений, что приводит к потерям и разубоживанию руды и может снизить эффективность повторной отработки; также необходимо соблюдать правила безопасности труда при подземной разработке рудных месторождений.

Список литературы

1. Юн, А. Б. Обратный расчет прочности междукамерных целиков по факту их разрушения // Горный журнал, 2005. – N 3. – С. 45-51.
2. Концепция повторной отработки запасов месторождения Жаман-Айбат рудник «Жомарт-1». – Алматы, 2012.
3. Технологическая инструкция по повторной разработке Жезказганского месторождения с обрушением налегающей толщи парод. С дополнением и изменениям. – И.: Жезказган, 2008.

Получено 18.10.2019

МРНТИ 50.41.25

С.Ж. Рахметуллина, О.Е. Бакланова, А.Ж. Бугубаева

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

**ВЛИЯНИЕ АТМОСФЕРНЫХ УСЛОВИЙ НА ПОВЕДЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ
В АТМОСФЕРЕ РЕГИОНА**

В данной статье описывается влияние атмосферных условий на поведение концентрации вредных веществ в атмосфере, рассматриваются категории устойчивости атмосферы. Описаны характеристики турбулентного переноса, масштабы переноса примеси. Произведен расчет дисперсионных параметров для г. Усть-Каменогорска.

Бұл мақалада атмосфералық жағдайдың атмосферадағы зиянды заттардың концентрациясының мінез-құлқына әсері қарастырылады, атмосфералық тұрақтылық категориялары мен турбуленттің көліктің сипаттамалары мен қоспаның тасымалдану аукыны арасындағы байланыс қарастырылады, дисперсиялық параметрлер Өскемен қаласы үшін есептелген.

This article describes the influence of atmospheric conditions on the concentration of harmful substances in the atmosphere, discusses the relationship between the categories of atmospheric stability and the characteristics of turbulent transport, and the scale of transport of impurities, calculated dispersion parameters for the city of Ust-Kamenogorsk.

Ключевые слова: атмосферное загрязнение, концентрация вредных веществ, перенос примеси, категории устойчивости атмосферы, дисперсионные параметры.

В настоящее время во всём мире уделяется большое значение улучшению экологической обстановки в промышленных городах. В связи с этим, расчёты, показывающие уровень загрязнения окружающей среды от промышленного предприятия, являются актуальными и позволяют оценить ущерб, возникающий от выбросов вредных веществ. Для проведения таких расчётов необходимо учитывать географическое положение населённого пункта, особенности земной поверхности около населённого пункта, а также категории стабильности атмосферы.

Решение задачи нахождения концентрации вредных веществ от точечного источника выбросов требует нахождения коэффициентов дисперсии для определённого населённого пункта, в нашем случае для г. Усть-Каменогорска, где имеется большая концентрация промышленных предприятий.

В данной статье рассмотрен новый подход к расчёту концентрации вредных выбросов от точечного источника, учитывающий особенности состояния атмосферы для г. Усть-Каменогорска. В частности, предложена методика вычисления коэффициентов дисперсии для г. Усть-Каменогорска на основе nomogramm «Гиффорда-Паскуилла» по всем категориям стабильности атмосферы. Такой подход позволяет более качественно рассчитать концентрации вредных веществ от выбросов промышленного предприятия.

Описание проблемы, пути решения.

В теории современной газовой динамики существует сложная задача расчёта турбулентного переноса примесей и их рассеивания в атмосфере. Основные работы [1-7] дают общий подход по методике расчёта для конкретного региона. При выбросах токсиканта размеры зоны токсической опасности зависят как от мощности выброса, так и от характеристик атмосферного переноса, а именно от скорости ветра и от категории (класса) устойчивости (стабильности) атмосферы. В основном категории различаются интенсивностью вертикального перемешивания воздуха.

В литературе нет общепринятого критерия определения категорий стабильности, однако большинство исследователей пользуются простейшей классификацией (Паскуилла) по вертикальному градиенту температур (табл. 1) [8].

Таблица 1
Классификация классов устойчивости по Паскуиллу

Градиент температуры ($\Delta T/\Delta Z$), град./100 м	Класс устойчивости
$<-1,9$	A – сильная конвекция
$-(1,9+1,7)$	B – конвекция
$-(1,7+1,5)$	C – умеренная конвекция
$-(1,5+0,5)$	D – нейтральная
$-0,5+1,5$	E – инверсия
$+(1,5\div4,0)$ и более	F – сильная инверсия

Поскольку состояние устойчивости атмосферы, по существу, определяется интенсивностью вертикальных конвективных течений, оно может существенно измениться и в течение суток. Характерное распределение стабильности атмосферы в течение дня для средних широт представлено на рис. 1. Как видно, распределение состояний устойчивости атмосферы в холодное и теплое время года весьма отличаются. Так, в холодное время года доминируют нейтральное и стабильное состояния атмосферы, а в теплое время года ночью – стабильное, днем – неустойчивое.

Для мощных вертикальных высокоскоростных выбросов или высокотемпературных выбросов, а также в случаях расположения источника выброса на значительной высоте от поверхности земли весьма важным является учет зависимости слоя перемешивания (приземный слой атмосферы с примерно постоянным касательным напряжением сдвига) от состояния атмосферы. По данным зарубежных исследователей, высота слоя перемешивания в среднем изменяется от 100 м ночью до 2000 м в дневное время [8]. При этом максимальное значение высоты слоя перемешивания достигается через 3–4 часа после восхода солнца.

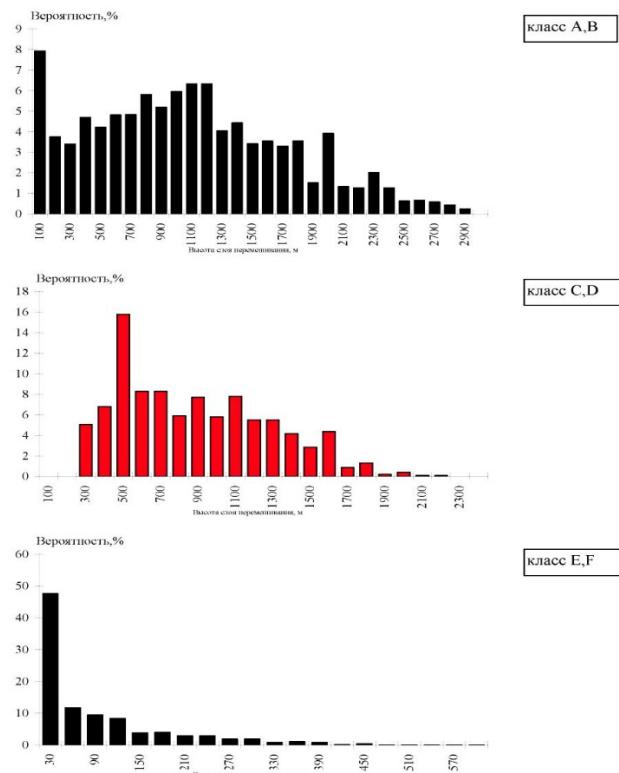


Рисунок 1 – Распределение частоты реализации различной высоты слоя перемешивания для различных атмосферных условий

Для описания зависимости реализации того или иного класса устойчивости атмосферы от скорости ветра « U » были проанализированы данные станций наблюдений в США [9-10] и в Российской Федерации [11]. Результаты представлены на рис. 2 и в табл. 2. Значительное их различие свидетельствует о необходимости использования только «местной» метеоинформации, строго соответствующей определенному типу земной поверхности (равнинная, холмистая и т.д.).

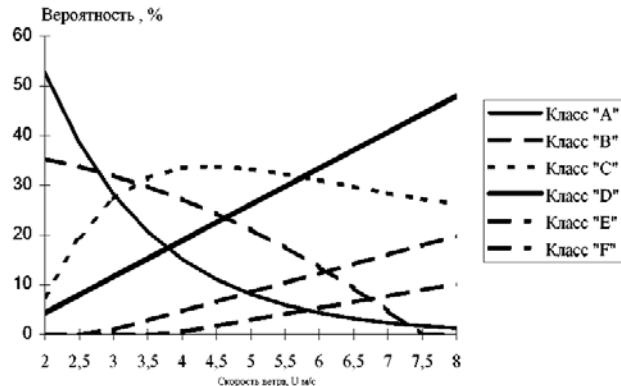


Рисунок 2 – Распределение классов устойчивости в зависимости от скорости ветра по данным Р. Макнаут

Таблица 2

Распределение классов устойчивости в зависимости от скорости ветра
по данным Бызовой

Um/c	апрель-сентябрь (IV-IX)						октябрь-март (X-III)					
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
0-1	1,4	7,0	29,8	23,7	4,0	34,1	0,0	0,1	5,3	17,2	20,8	56,6
2-3	3,2	10,5	36,5	28,7	3,8	17,3	0,0	0,0	5,8	23,0	26,0	45,2
4-5	2,2	12,4	39,6	31,0	3,7	11,1	0,0	0,1	6,4	26,0	28,1	39,4
6-7	4,3	11,9	39,4	31,5	3,4	9,5	0,1	0,2	6,7	27,3	29,0	36,7
8-10	4,3	12,2	40,4	32,8	3,7	6,6	0,0	0,2	5,9	26,0	27,2	49,7

Известно, что скорость ветра существенно изменяется с высотой. В прикладных исследованиях наиболее часто используется степенная зависимость вида:

$$U(z) = U_0(z/z_0)^p, \quad (1)$$

где U_0 – скорость ветра на «стандартной» высоте z_0 (обычно $z_0 = 10$ м). Значения показателя « p » также зависят от класса устойчивости атмосферы и «шероховатости» поверхности Δ_0 (табл. 3).

Таблица 3

Зависимость параметра « p » от величины шероховатости поверхности
для различных классов устойчивости атмосферы

Категория стабильности атмосферы	Параметр шероховатости Δ_0 , м			
	0,01	0,1	1	3
A	0,05	0,08	0,17	0,27
B	0,06	0,09	0,17	0,28
C	0,06	0,11	0,20	0,31
D	0,12	0,16	0,27	0,37
E	0,34	0,32	0,38	0,47
F	0,53	0,54	0,61	0,69

Решение задачи.

Из [12] распределение концентрации примеси на оси следа ($y=0$) на поверхности земли ($z=0$) от точечного источника постоянной мощности G_0 равно:

$$C(x,0,0) \approx \frac{G_0}{2\pi \cdot U \cdot \sigma_y(x) \cdot \sigma_z(x)}. \quad (2)$$

Обычно коэффициенты дисперсии в горизонтальном и вертикальном направлении σ_y и σ_z вычисляют по эмпирическим соотношениям. Наиболее известны номограммы «Гиффорда-Паскуилла» [8], составленные по наблюдениям концентрации на равнинной местности и поэтому называемые «сельскими» (рис. 3). Кривые, представленные на рис. 3, могут быть аппроксимированы формулой:

$$\sigma_i = \exp[a_i + b_i \ln x + c_i (\ln x)^2], \quad (3)$$

где x – расстояние, м ($10^2 \leq x \leq 10^4$); $i = y, z$.

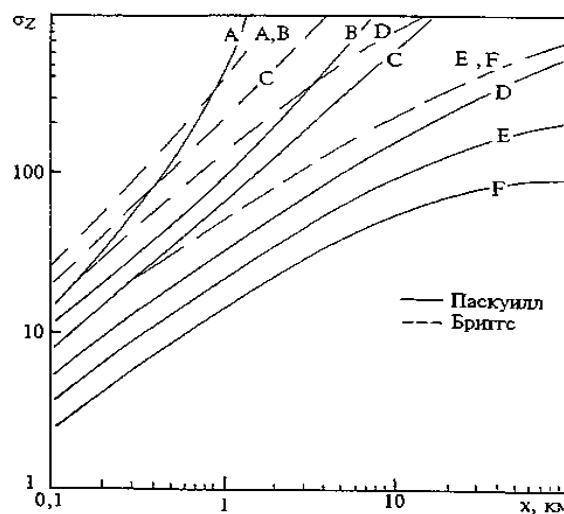


Рисунок 3 – Изменение дисперсионного коэффициента σ

Бриггс провел аналогичные наблюдения в городской местности, иногда называемые «городскими». Для нестабильной атмосферы коэффициенты a_y выше сельских приблизительно до 5 км, но потом существенно снижаются [12]. На основе рис. 1-3 и табл. 3 были рассчитаны коэффициенты аппроксимации a_i , b_i и c_i для г. Усть-Каменогорска (табл. 4).

Таблица 4
Коэффициенты формул

Коэффициенты	Категория стабильности атмосферы					
	A	B	C	D	E	F
a_y	-1,104	-1,634	-2,054	-2,555	-2,754	-3,143
b_y	0,9878	1,0350	1,0231	1,0423	1,0106	1,0148
c_y	-0,0076	-0,0096	-0,0076	-0,0087	-0,0064	-0,0070
a_z	4,679	-1,999	-2,341	-3,186	-3,783	-4,490
b_z	-1,7172	0,8752	0,9477	1,1737	1,3010	1,4024
c_z	0,2770	0,0136	-0,0020	-0,03116	-0,0450	-0,0540

На сегодня в литературе [1-7] имеется обширная информация о построении как сложных (трехмерных), так и более простых моделей переноса, основанных на эмпирических данных.

Для прогноза распределения концентраций токсиканта вокруг источника используем модель Гаусса турбулентной диффузии. Математическое выражение для концентрации вещества от точечного источника с постоянной мощностью – Q_* (кг/с) записывается в следующем виде:

$$C(x, y, z, t) = \frac{f(A) \cdot Q_*}{2\pi\sigma_y\sigma_z U} \cdot \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \cdot \left[\exp\left(-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right)\right], \quad (4)$$

где Q_* – мощность источника (кг/сек); σ_y и σ_z – дисперсионные параметры, зависящие от устойчивости атмосферы и расстояния от источника «x» (м); U – скорость ветра (м/сек); H – высота источника (м); x, y, z – осевая, поперечная и вертикальная координаты; $f(A)$ – доля примеси в слое перемешивания («A» – высота слоя перемешивания).

Эта зависимость применительно к реальным условиям выброса с концентрацией C_0 корректируется введением понятия виртуального источника. В этом случае вычисляют x_0 таким образом, чтобы в точке ($x = 0, y = 0, z = H$) соблюдалось равенство:

$$C_0 = \frac{f(A) \cdot Q_*}{2\pi \cdot \sigma_y(x_0) \sigma_z(x_0) \cdot U}. \quad (5)$$

В дальнейших расчетах параметры дисперсии корректируются с учетом значения x_0 , т.е. $\sigma_y = \sigma_y(x+x_0)$; $\sigma_z = \sigma_z(x+x_0)$. Как правило, для относительно небольших значений высот ($H < 100 \div 200$ м) принимается $f(A)=1$ [12].

На рис. 4 показаны результаты моделирования процесса распределения концентрации по координатам от одного источника (УК ТЭЦ). Данные получены по формуле (3) с подстановкой рассчитанных нами коэффициентов аппроксимации a_i , b_i и c_i для вычисления параметров дисперсии (табл. 4).

Концентрация вредных веществ, отображенных на трехмерном графике, изменяется в зависимости от цвета – от красного к темно-синему. Видно, что по направлению ветра со скоростью $U = 1$ м/сек, совпадающего с осью X, при высоте трубы $H = 50$ м на расстоянии 1000 м концентрация уменьшается на 45 %. Шаг по изменению цвета составляет 3 %, весь диапазон составляет 30 цветов. Это позволяет визуально понять функцию изменения концентрации и выделить область наибольшей концентрации вредных веществ, в данном случае это область светло-голубого оттенка.

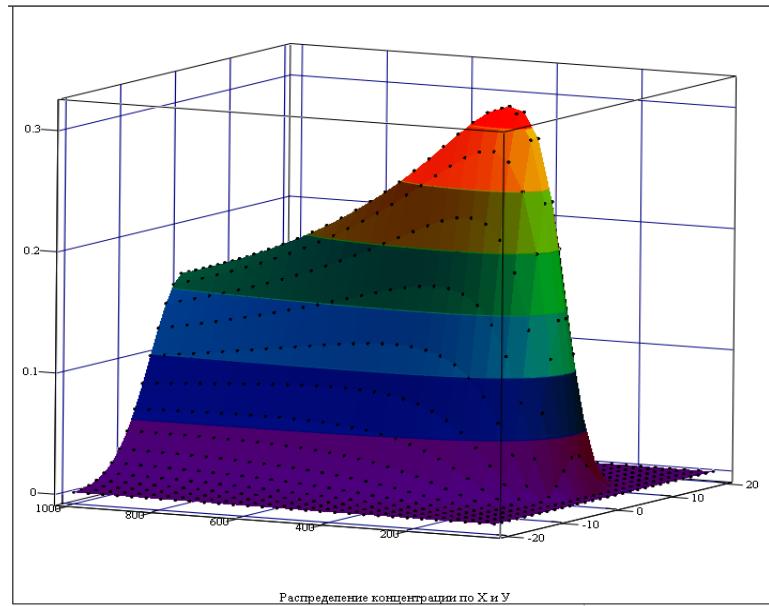


Рисунок 4 – Распределение концентрации по оси X в пределах от 10 метров до 1000 метров, по оси Y от -20 до 20 метров

На рис.5 показана картина реального распространения шлейфа от УКТЭЦ, сфотографированного в мае 2019 года. Точками отмечены результаты расчета (рис. 4).



Рисунок 5 – Фотография распространения шлейфа от УК ТЭЦ с наложением расчетных значений

Видно достаточно хорошую согласованность расчетных данных с реальным поведением выбросов от данного источника. Такое совпадение расчетных и практических данных говорит о правильном расчёте дисперсионных параметров для г. Усть-Каменогорска.

Приведённые в работе расчёты коэффициентов дисперсии позволили рассчитать концентрацию вредных веществ, возникающую от выбросов промышленного предприятия. В дальнейшем коэффициенты дисперсии можно использовать при расчётах среднегодовой накопленной концентрации различных вредных веществ в г. Усть-Каменогорске, а также рассчитать риски возникновения опасности для человеческой жизни и определить влияние экологической обстановки в г. Усть-Каменогорске на здоровье населения.

Работа поддержана грантом научного проекта МОН РК по договору №132 от 12 марта 2018 (№AP05135992).

Список литературы

1. Доброчеев О.В. Рассеяние тяжелых газов в атмосфере. Физический механизм. Математические модели. М.: РНЦ «Курчатовский институт», 1993.
2. Едигаров А.С. Метод расчета зоны поражения при аварийных выбросах токсичного газа // Российский химический журнал. – 1995. – Т. 39. – №2. – С. 94-100.
3. Едигаров А.С. Численный анализ различных моделей турбулентного переноса в задаче диффузии тяжелого газа // Инженерно-физический журнал. – 1991. – Т. 61. – № 3. – С. 501-503.
4. Едигаров А.С. Численный расчет турбулентного течения холодного тяжелого газа в атмосфере // Журнал вычисл. Математики и мат. физики. – 1991. – Т. 31. – № 9. – С.1369-1380.
5. Детков С.П., Детков В.П., Астахов В.А. Охрана природы нефтегазовых районов. – М.: Недра, 1994.
6. Турганбаев Е.М., Бугубаева А.Ж. Разработка информационно-моделирующей технологии для мониторинга атмосферного загрязнения // Вестник ВКГТУ им. Д. Серикбаева. – Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2011. – №4. – 199 с.
7. Рахметуллина С.Ж., Бугубаева А.Ж. Разработка математического обеспечения системы мониторинга атмосферного загрязнения // Вестник ВКГТУ им. Д. Серикбаева. – Усть-

- Каменогорск: ВКГТУ, 2012. – №2. – 107 с.
8. Аверин Л.В., Кондрашков Ю.А., Щевяков Г.Г. Исследование процесса перемешивания на участке взаимодействия струи с поперечным сносящим потоком // Инженерно-физический журнал. – 1985. – Т.Х IX. – № 5. – С. 751-756.
 9. Ley B., Bloxam R., Misra P. Atmospheric Model Development Unit Air Quality and Meteorology. – Section Air Resources Branch, 1986.
 10. McNaughton D.J. Errors Inherent in Wind Inputs to Unlikely Source and Dispersion Models. – J. Air Waste Manage. Assoc. – No. 7. – Pp. 1018-1020.
 11. Бызова Н.Л., Гаргер Е.К., Иванов В.Н. Экспериментальные исследования атмосферной диффузии и расчеты рассеяния примеси. – Л.: Гидрометеоиздат, 1991.
 12. Швыряев А.А., Меньшиков В.В. Оценка риска воздействия загрязнения атмосферы в исследуемом регионе: Учебное пособие для вузов. – М.: МГУ, 2004. – 124 с.

Получено 18.10.2019

МРНТИ 669.213

Г.А. Реутова, Г.К. Даумова, Н.В. Серая

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

**ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ И ФАКТОРНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ В ПРАКТИКЕ
ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ПОЛУЧЕНИЯ ЗОЛОТА ИЗ СУЛЬФИДНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ
И ОКИСЛЕННЫХ РУД В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН**

В предлагаемой статье на конкретных примерах практики переработки золотосодержащих труднообогатимых руд и концентратов подтверждается роль научных работоспособных теорий как инструмента оптимизации модельных экспериментов и их результатов, внедряемых в практику.

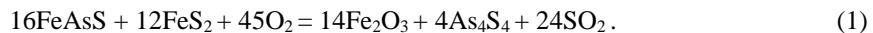
Берілген мақалада нақты мысалдармен алтын қосылыстары бар ауыр байытылатын кендерді және концентраттарды өңдеу тәжірибелі өндіріске ендірілетін модельді эксперименттер мен олардың нәтижелерін оңтайландыру құралы ретінде ғылыми жұмысқа қабілетті теориялардың рөлі расталады.

The suggested article proves the role of scientific efficient theories as an instrument for optimization of model experiments and their results implemented in practice by providing definite examples of processing gold containing rebellious ores and concentrates.

Ключевые слова: термодинамический анализ, сульфидные концентраты, оптимальные параметры, факторный эксперимент, окисленные руды, математическая модель.

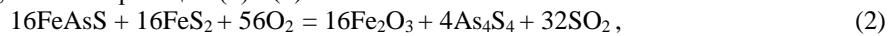
Термодинамические исследования сульфидных полиметаллических руд. Современный подход к решению инновационных направлений при исследовании практического решения проблем в металлургической отрасли связан с использованием термодинамического метода, определяющего параметры практического осуществления изучаемого процесса. Термодинамическое исследование практической реализации предлагаемой новой технологии металлургического процесса, решающей существующие проблемы, требует рассматривать исследуемый объект как сложную вероятностно-детерминированную систему [1]. На основе минимизации термодинамических потенциалов при условии постоянства их естественных переменных, что эквивалентно максимизации энтропии в изолированной системе, определяются рабочие оптимальные параметры термодинамически возможного процесса.

Химико-металлургическим институтом разработан окислительно-сульфидизирующий обжиг золото-, мышьяксодержащих концентратов [2]. В частности, в лабораторном эксперименте при расчете состава шихты, исходя из рационального состава концентрата для удаления мышьяка, использовалось соотношение арсенопирита и пирита в соответствии со стехиометрическими коэффициентами реакции:



Результаты эксперимента обжига шихты, состав которой отвечал указанной реакции, показали недостаточность количества пирита для сульфидирования арсенопирита, в связи с чем итерацией добавляли пирит в шихту (метод проб и ошибок) с получением удовлетворительных результатов.

Термодинамическое исследование реакции окислительно-сульфидизирующего обжига учитывает реакционную схему сложной системы (пирит, арсенопирит, кислород, гематит, тетрасульфид тетрамышьяка, диоксид серы) с термодинамической возможностью при температурах 773-873 К не только реакции (1), но также реакций (2) - (4):



Гетерогенные системы (1) – (4): конденсированные FeAsS , FeS_2 и газообразные As_4S_4 , O_2 и SO_2 . Практически разная степень вывода мышьяка в виде сульфидных возгонов на одно и то же количество арсенопирита связана с разным расходом пирита и разной термодинамической возможностью протекания реакций; оценка оптимального количества пирита на максимальную степень перевода мышьяка в сульфидную форму связана с наиболее термодинамически вероятной реакцией, которая определяется минимальным значением энергии Гиббса, определяемой энталпийным и энтропийным факторами реакции.

Термодинамический анализ реакций (1) – (4) указывает на возможность самопроизвольного протекания реакций при условии превалирования энталпийного фактора (экзотермические реакции, протекающие с уменьшением энталпии) над энтропийным фактором (уменьшение энтропии, препятствующее термодинамической возможности процесса), так как знаки факторов различны. Особую роль при термодинамическом исследовании выполняет энтропийный фактор, обеспечивающий самопроизвольное протекание эндотермических процессов без подвода энергии при условии увеличения энтропии системы. В случае преобладания энтропийного фактора над энталпийным по абсолютной величине уменьшение энтропии определяет невозможность экзотермического процесса. Именно этот вариант определяет указанные реакции (1) - (4) и позволяет оценить наиболее термодинамически возможную из них (минимизация свободной энергии Гиббса).

Наибольшее значение энталпийного фактора имеет реакция (2), учитывая, что расход пирита на моль арсенопирита в 1,33 раза больше, чем в реакции (1), в 4 раза больше, чем в реакции (3) и в 2 раза больше, чем в реакции (4).

Эти данные подтверждают наиболее термодинамически возможную реакцию (2), определяющую расход пирита, который авторы [1] получили экспериментально последовательной итерацией расхода пирита.

Таким образом, используя термодинамический анализ реакций (1) - (4), учитывая реакционную схему в исследуемой системе не однозначной (1), при термодинамически возможных реакциях (2) - (4) с меньшим в верхнем пределе расходом пирита обоснована оптимальная реакция (2), как наиболее вероятная из указанных для расчета состава шихты с указанием соотношения реагирующих компонентов обжига арсенопирита к пириту ($1/1$ = арсенопирит/пирит), обеспечивающая оптимальные параметры перевода мышьяка в сульфиды, не выполняя опытного экономически затратного поиска этого состава. Термодинамический анализ выполнил роль научного инструмента для оптимизации последующих как лабораторных, так и внедренных результатов в практику переработки золото –, мышьякодержащих концентратов.

Факторный эксперимент как научный инструмент оптимизации металлургических процессов на примере процесса аммиачно-цианидного растворения золота окисленной золотосодержащей руды. Основной причиной, ограничивающей применение цианирования к рудам окисленного типа, содержащих медь и железо, является значительная потеря растворителя – цианида на образование комплексов меди и железа. Медь и железо в зависимости от реакции среды (водородного показателя) находятся в разных формах, что обеспечивает разный показатель последующего комплексообразования в цианистых растворах, определяющий потерю цианида. Комплексные соединения меди и железа оказывают неблагоприятное влияние на растворение золота в цианиде и его дальнейшую сорбцию из растворов. Эта проблема решается на практике золотодобывающих фабрик

переработкой окисленной руды с использованием аммиачно-цианидного растворения золота [3]. Исследованиями установлено, что комплексные соединения меди с общей формулой $\text{Na}_{(n)}[\text{Cu}(\text{CN})_{(n+1)}]$ при аммиачно-цианидном растворении золота в растворах образуют комплексы меди с аммиаком и цианидом, являясь источником цианида при вступлении этих комплексов в реакцию с золотом по реакциям (5) и (6), тем самым, регенерируя потерянный цианид.



Результаты исследования по извлечению золота из окисленной руды с предварительным добавлением гидроксида натрия, обеспечивающего заданные параметры по значению водородного показателя (табл. 1), использованы для получения математической модели, на основании которой оптимизированы факторы, влияющие на степень извлечения золота: расход цианида (мг/т); содержание в растворе выщелачивания меди и ионов аммония (мг/дм³).

Исследована зависимость степени извлечения золота от величины расхода цианида при аммиачно-цианидном растворении (крупность руды – 85 % класса – 0,074 мм; Ж:Т = 2:3; pH = 10).

Данные табл. 1 указывают на изменение массовой концентрации меди и ионов аммония в растворах выщелачивания при изменении расхода цианида, что в, свою очередь, определяет колебание величины степени извлечения золота в раствор от 87 до 93,4 %.

Таблица 1
Факторы и интервалы варьирования

Переменная u_i	Значение в центре u_{io}	Интервал варьирования i
u_1 – расход цианида натрия, кг/т	0,9	0,3
u_2 – массовая концентрация ионов аммония, мг/дм ³	1570	450
u_3 – массовая концентрация меди, мг/дм ³	190	60

Выполнена задача оценки одновременного влияния факторов: расход цианида; массовые концентрации меди и ионов аммония в растворах выщелачивания со степенью извлечения золота из окисленной руды, используя ортогональную матрицу плана полного факторного эксперимента для трех факторов на двух уровнях в виде математической модели с последующей оптимизацией по перечисленным факторам (табл. 2).

Математическая модель позволяет выполнить теоретическую оценку степени извлечения золота без привлечения аналитического контроля для любых заданных параметров в пределах исследуемого факторного пространства. Выбор центра плана и интервалов варьирования на основании данных табл. 1.

Таблица 2
Матрица плана 2³

x_1	x_2	x_3	$u(1)$	$u(2)$	$u(3)$	y^*
-	-	-	0,6	1120	130	87,9
+	-	-	1,2	1120	130	89,4
-	+	-	0,6	2020	130	92,0
+	+	-	1,2	2020	130	94,8
-	-	+	0,6	1120	250	88,7
+	-	+	1,2	1120	250	91,3
-	+	+	0,6	2020	250	93,2
+	+	+	1,2	2020	250	92,6

*Отклик y – степень извлечения золота, % по массе.

Уравнение регрессии с подтверждением адекватности по критерию Фишера:

$$y = \varepsilon_0 + \varepsilon_1 x_1 + \varepsilon_2 x_2 + \varepsilon_3 x_3 + \varepsilon_{12} x_1 x_2 + \varepsilon_{13} x_1 x_3 + \varepsilon_{23} x_2 x_3 + \varepsilon_{123} x_1 x_2 x_3, \quad (7)$$

$$y = 91,24 + 0,79 x_1 + 1,91 x_2 + 0,21 x_3 - 0,24 x_1 x_2 - 0,29 x_1 x_3 - 0,46 x_2 x_3 - 0,56 x_1 x_2 x_3. \quad (8)$$

Интерпретация уравнения регрессии (8): на основании ортогональности матрицы плана полного факторного эксперимента полученные значения коэффициентов как оценка истинных значений генеральной совокупности не коррелированы, тем самым, по величине и знаку коэффициентов можно судить о влиянии соответствующих факторов на исследуемую функцию отклика (степень извлечения золота в раствор по аммиачно-цианидной технологии). Коэффициенты ε_1 , ε_2 и ε_3 положительные, это значит, что увеличение расхода цианида, массовой концентрации меди и ионов аммония в растворах выщелачивания приведут к увеличению степени извлечения золота в раствор. Причем количественно в большей мере на результат влияет содержание ионов аммония (в 9 раз), чем содержание меди; расход цианида увеличивает степень извлечения, но в меньшей мере (в 2,4 раза), что можно объяснить его регенерацией в процессе цианирования. Синергетический эффект парных и тройного взаимодействий оказывает важное значение на степень извлечения золота в раствор: при одновременном увеличении любых двух факторов необходимо учитывать уменьшение положительного эффекта на величину ($-0,24 x_1 x_2$), либо ($-0,29 x_1 x_3$), либо ($-0,46 x_2 x_3$); тройное взаимодействие в большей мере влияет на оптимизируемую функцию ($-0,56$), чем отдельное влияние содержания меди в растворе (в два раза с отрицательным эффектом).

Проведенный анализ указывает вектор оптимизации степени извлечения; расчет значений оптимизируемой функции по предлагаемой математической модели и экспериментальные данные аммиачно-цианидного выщелачивания приведены в табл. 3.

Таблица 3
Подтверждение адекватности полученной модели

№ опыта	Степень извлечения золота, % по массе							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Эксперимент	87,9	89,4	92,0	94,8	88,7	91,3	93,2	92,6
Расчет по модели	87,9	89,4	90,1	94,8	89,9	91,3	93,2	92,6

Таким образом, не прибегая к аналитическому контролю по факторам и степени извлечения золота, используя полученную модель как программу представляется возможным определять степень извлечения для любых значений указанных факторов в пределах исследованного факторного пространства.

Нет ничего практичеснее работоспособной теории, и при планировании экспериментов необходимо помнить, что научный подход определяет однозначно эффективность научного исследования, его практическую значимость и стоимость.

Список литературы

1. Малышев В.П., Оспанов Е.А., Нурмагамбетова А.М. Современный подход к решению инновационных проблем // Инновационные разработки в области добычи и производства цветных и благородных металлов: Материалы IV Международной конференции, Том II,- ВНИИЦВЕТМЕТ - Усть-Каменогорск, 2007. – С. 108-124.
2. Исабаев С.М., Кузгебекова Х. Переработка золото-, сурьму-, медь-, мышьяксодержащих концентратов КНР // Инновационные разработки в области добычи и производства цветных и благородных металлов: Материалы IV Международной конференции. – Усть-Каменогорск: ВНИИЦВЕТМЕТ, 2007. – Т. II. – С. 62-64.
3. Стрижко Л.С. Разработка гидрометаллургической технологии переработки окисленной золотосодержащей руды Тарорского месторождения / Л.С. Стрижко, И.Р. Бобоев, К.К. Гурин // Цветные металлы. – М.: Издат. дом «Руда и Металлы», 2012. – № 4. – С. 46-48.

Получено 18.10.2019

МРНТИ 36.33.35

Б.Х. Шаймарданова, М.Е. Рахымбердина, Б. Апшикур, М.М. Тогузова, Д.К. Касымов
 Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
 г. Усть-Каменогорск

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА КАРТ NDVI ПО КОСМИЧЕСКИМ СНИМКАМ И ДАННЫМ
 С БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

В статье рассмотрен процесс создания карт NDVI на основе космических снимков и по материалам съемки с беспилотных летательных аппаратов, снабженных мультиспектральной камерой на примере экспериментального участка ТОО «Опытное хозяйство масличных культур», с. Солнечное. В статье отмечается важное значение карт NDVI для принятия управленческих и технологических решений на любом этапе вегетационного периода сельскохозяйственных растений, что позволит аграриям снизить риски и повысить урожайность культур в процессе развития растений.

Мақалада «Майлы дақылдар тәжірибе шаруашылығы» ЖШС эксперименталды учаскелер мысалында гарыштық суреттер және мультиспектралды камерамен жабдықталған ұшқышсыз ұшу аппараттарынан алынған мәліметтер негізінде NDVI карталарын құру процесің қарастырылған. Мақалада NDVI карталарының ауылшаруашылық өсімдіктерінің вегетациялық кезеңінің кез келген уақытта басқарушылық және технологиялық шешімдер қабылдау үшін қажет екендігі, сонымен қатар жер үесіне өсімдіктерді дамыту кезінде қауіпті азайтуға және ауылшаруашылық дақылдардың өнімділігін арттыруға мүмкіндік беретіні көрсетілген.

Article describes the process of creating NDVI maps based on satellite images and imagery from unmanned aerial vehicles equipped with multispectral camera on an example experimental area of "Pilot farm of olive cultures" LLP, p. Solnechnoye. The article notes the importance of NDVI maps, which are necessary for making management and technological decisions at any stage of vegetation of agricultural plants, allowing farmers to reduce risks and increase crop yields in the process of plant development.

Технология точного земледелия, в основе научной концепции которой лежат представления о существовании неоднородностей в пределах одного поля, и основанная на использовании новейших технологий, таких как системы глобального позиционирования, геоинформационных технологий, данных дистанционного зондирования земли, аэрофотосъемки с БПЛА, а также специальных программ для агроменеджмента [1, 2], позволяет достичь определенных успехов в рациональном планировании высеива, расчета норм внесения удобрений и средств защиты растений, более точного прогнозирования урожайности и финансового планирования. При этом работы ведутся с учетом локальных особенностей почвы, климатических условий, что позволяет в отдельных случаях легче установить локальные причины болезней и др. [3, 4].

Для этих целей в сельском хозяйстве используется нормализованный вегетационный индекс NDVI (NDVI), представляющий собой стандартизованный индекс, который показывает наличие и состояние растительности (относительную биомассу). Этот индекс использует контраст характеристик двух каналов из набора мультиспектральных растровых данных – поглощения пигментом хлорофилла в красном канале и высокой отражательной способности растительности в инфракрасном (ИК) канале (NIR)[3].

NDVI часто используется во всем мире для мониторинга и прогнозирования сельскохозяйственного производства, оказания помощи в прогнозировании опасных зон пожаров, опустынивания и др. Входными данными для этой функции являются:

- входной растр;
- ID видимого канала;
- ID инфракрасного канала.

Индекс NDVI рассчитывается по следующей формуле:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}, \quad (1)$$

где *NIR* – отражение в ближней инфракрасной области спектра; *RED* – отражение в красной области спектра.

Согласно формуле (1), плотность растительности (NDVI) в определенной точке изображения равна разнице интенсивностей отраженного света в красном и инфракрасном диапазоне, деленной на сумму их интенсивностей [3].

NDVI может быть рассчитан на основе любых снимков высокого, среднего или низкого разрешения, имеющих спектральные каналы в красном (0,55-0,75 мкм) и инфракрасном диапазоне (0,75-1,0 мкм). Алгоритм расчета NDVI встроен практически во все распространенные пакеты программного обеспечения, связанные с обработкой данных дистанционного зондирования (ArcView Image Analysis, ERDAS Imagine, ENVI, Ermapper, Scanex MODIS Processor, ScanView и др.) [2, 3].

NDVI может быть определен как по космическим снимкам, так и по аэроснимкам с БПЛА, имеющих мультиспектральную камеру.

Рассмотрим расчет индекса NDVI на основе космических снимков.

Для определения индекса NDVI на экспериментальном участке ТОО «Опытное хозяйство масличных культур (ОХМК), с. Солнечное использованы космические снимки со спутника Sentinel-2A L1C, полученные через основной сервис EOBrowse с помощью Sentinel-hub с заданием определенного периода времени (рис. 1).



Рисунок 1 – Космический снимок экспериментального участка ОХМК, с. Солнечное

Индекс NDVI рассчитывается по формуле (1). В результате получены карты NDVI (рис. 2, 3) на различные вегетационные периоды развития растений на экспериментальный участок ОХМК, с. Солнечное.

В начале сезона индекс NDVI позволяет оценить, как растение перезимовало. При этом необходимо обратить внимание на следующие значения индекса NDVI:

1) ниже 0,15 – вероятно, что на участке все растения погибли; как правило, такие показатели соответствуют вспаханной почве без вегетации;

2) 0,15 – 0,2 – низкий показатель, свидетельствующий о том, что растения вошли в зимовку на ранней фенологической фазе, докущения;

3) 0,2 – 0,3 – относительно хороший показатель, вероятно, растения успели войти в фазу кущения и возобновляют вегетацию;

4) 0,3 – 0,5 – хороший показатель, который может свидетельствовать о том, что растения ушли на зимовку на поздней стадии развития; если космический снимок был получен до момента возобновления вегетации, то необходимо ещё раз проанализировать состояние участка после начала периода роста и развития растений;

5) выше 0,5 – аномальный показатель после зимовки; участок лучше проверить самостоятельно [4].

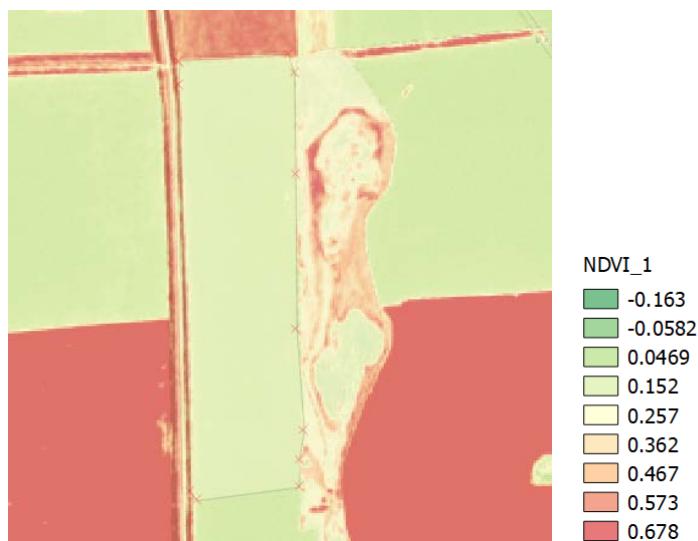


Рисунок 2 – Карта NDVI на территорию ОХМК, с. Солнечное, первый сезон (1 марта – 12 мая 2019 г.)

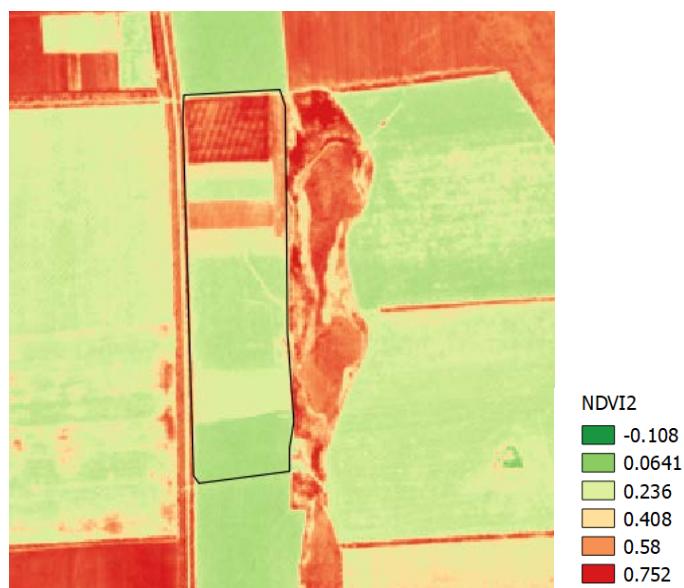


Рисунок 3 – Карта NDVI на территорию ОХМК, с. Солнечное, второй сезон
(1 сентября – 10 сентября 2019 г.)

В середине сезона по индексу NDVI можно понять, как развиваются растения на поле. Если значения индекса средние и высокие (0,5 – 0,85), то, вероятнее всего, на участке все хорошо. Если индекс низкий, то на участке растениям чего-то не хватает, например влаги или питательных элементов. Такую зону лучше проверить самостоятельно.

Таким образом, по индексу NDVI создаются карты для дифференцированного внесения удобрений с выделением зон высокой, средней и низкой вегетации, что позволяет фермеру самостоятельно задавать норму внесения. Также индекс NDVI используется для моделирования относительной урожайности поля.

В конце сезона по индексу NDVI можно определить, какие поля готовы к уборке урожая – чем ниже индекс, тем ближе к созреванию участок поля. Оптимальное значение индекса в таком слу-

чае составляет 0,3 – 0,35. Предполагается, что по индексу NDVI можно определить нормы внесения десикантов – химических препаратов, которые обезвоживают растения. Это ускоряет их созревание и облегчает уборку урожая [4].

Для определения NDVI по снимкам с БПЛА Геоскан 201 Агро необходимо выполнить съемку одновременно двумя фотокамерами в видимом и ближнем инфракрасных диапазонах.

Обработка аэроснимков с БПЛА на экспериментальный участок ОХМК, с. Солнечное выполнена в программах Agisoft Photoscan и ГИС Спутник Агро.

Программа Agisoft Photoscan использует на входе цифровые растровые изображения, координаты центров фотографирования, материалы калибровки оптических систем фотоаппаратов, координаты опорных точек на местности, контрольные линейные измерения на объекте съемки. В программе нет ограничений на величину фотографий и число одновременно обрабатываемых изображений. Координаты центров фотографирования и опорных точек могут быть представлены в любой системе координат и проекции.

Основная задача, решаемая при помощи программы Agisoft PhotoScan, – восстановление текстурированной 3D-модели объекта.

Программа ГИС Спутник Агро используется для получения карты индекса NDVI, которая, как правило, может быть представлена в следующих форматах: Google KMZ, Google Map Tiles, MBTiles, World Wind Tiles.

Применяемое программное обеспечение позволяет рассчитывать NDVI и другие индексы растительности используя в качестве исходных данных мультиспектральные изображения.

Для создания ортофотоплана NDVI и выполнения анализа полученные снимки с БПЛА последовательно обрабатываются в программах ГИС Спутник Агро и Agisoft Photoscan. Для этого в меню выбирается Файл > Импортировать > Аэрофотоснимки и указывается папка, содержащая аэроснимки и текстовый файл координат (рис. 4).

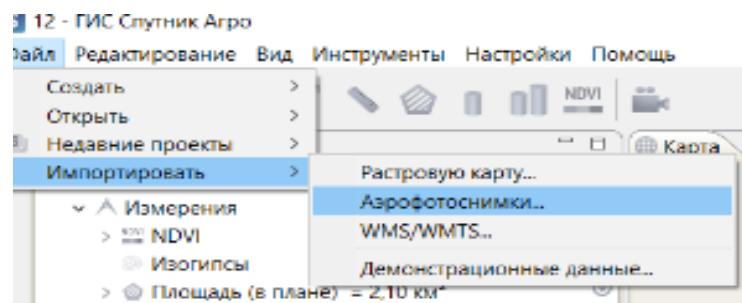


Рисунок 4 – Окно выбора команд для импортирования снимков

Если необходимо сконвертировать все снимки с выполненного полета, то вызывается «NDVI конвертер» из контекстного меню; если же необходимо обработать только часть снимков, то вначале выделяют требуемый участок соответствующим инструментом «Выделение прямоугольной рамкой» и вызывают «NDVI конвертер» [5].

После вызова функции конвертирования NDVI в появившемся окне выбираются необходимые каналы. Для установления коэффициента конвертирования выделяют прямоугольный участок на калибровочной пластине.

Возможны следующие комбинации каналов:

- RGB («псевдо-RGB») – канал подходит для выравнивания; фотoreалистичные изображения, 3-х канальный 16-битный TIFF;
- NDVI – канал не подходит для выравнивания, нужно использовать в паре с псевдо-RGB; изображения индексные, 1 канал, 8-битный TIFF;
- R NDVI B – канал подходит для выравнивания, но не подходит для экспорта Geo TIFF; 3-х канальный 16-битный TIFF; используется для экспорта KML, с обязательным указанием основного канала при выравнивании [5].

После выбора каналов запускается процесс конвертации (рис. 5).

После создания программы предлагает открыть проект в программе Photoscan. Для экспорта ортофотоплана NDVI, после выравнивания (рис. 6) и до создания ортофотоплана (рис. 7), производится смена пути к фотографиям [5, 6].

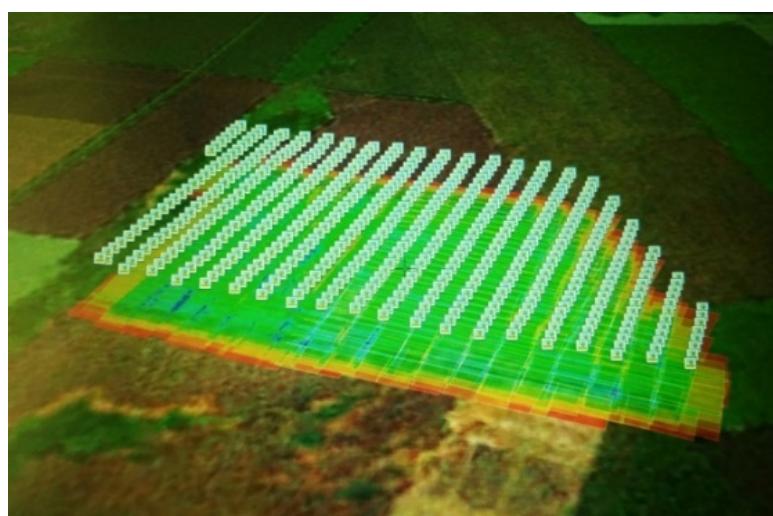


Рисунок 5 – Результаты конвертирования NDVI

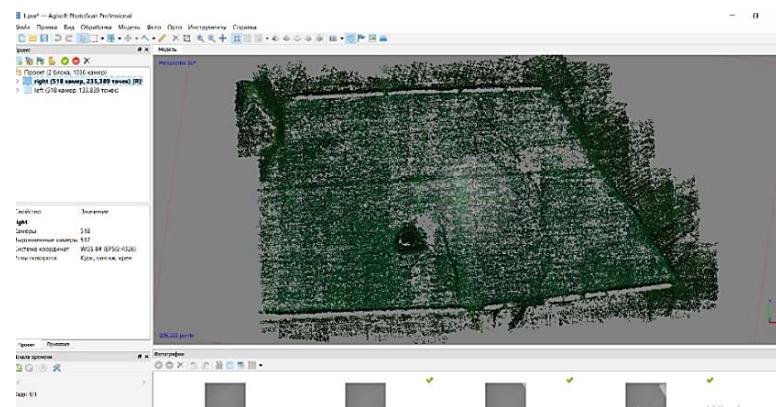
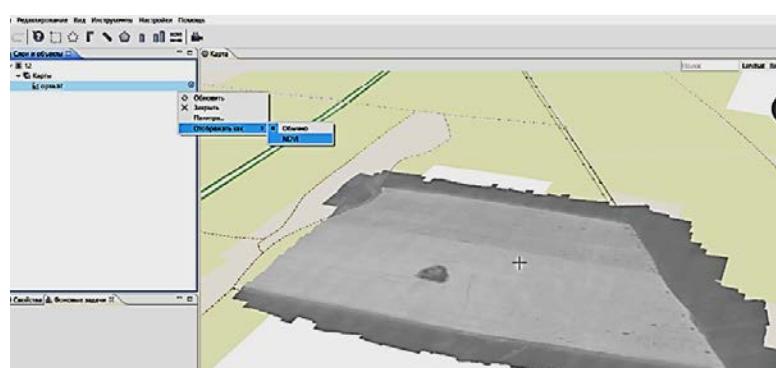


Рисунок 6 – Выравнивание фотографий



Для точного расчета значений NDVI выбирают «Инструменты > Растворный калькулятор». В программе на вкладке «Преобразование» задаются формулы для растровых операций ((B3-B1)/(B3+B1), что соответствует классической формуле NDVI). Так как аэросъемка выполнена беспилотным летательным аппаратом Геоскан 201 Агро, снабженным модифицированной камерой с установленным красным светофильтром, то соответственно красному каналу будет соответствовать канал B1, а ближнему ИК – канал B3 [5].

Созданная карта NDVI (рис. 8) с гистограммой значений NDVI (рис. 9) несет в себе очень важную информацию для планирования последующих мероприятий на участке с градацией информации по площадям.

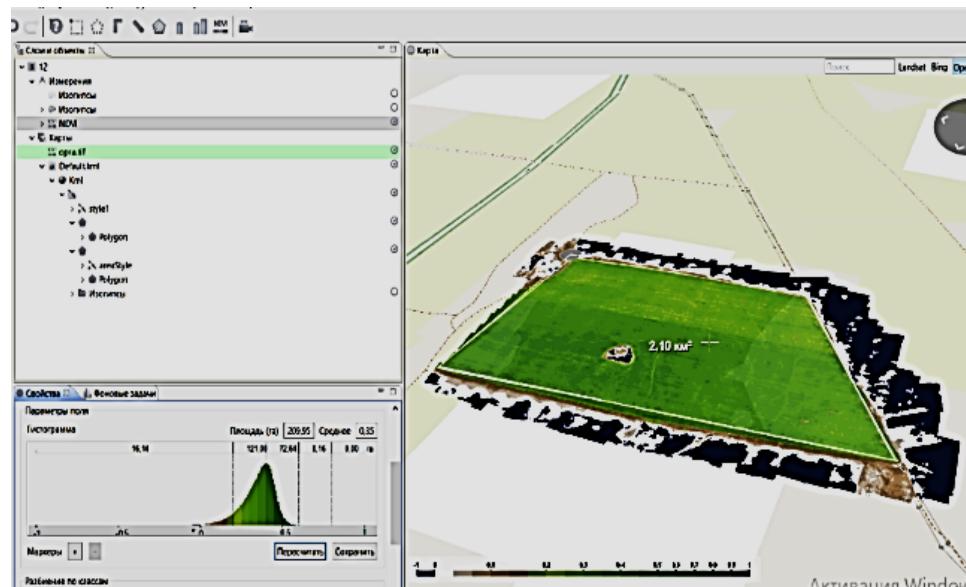


Рисунок 8 – Карта NDVI

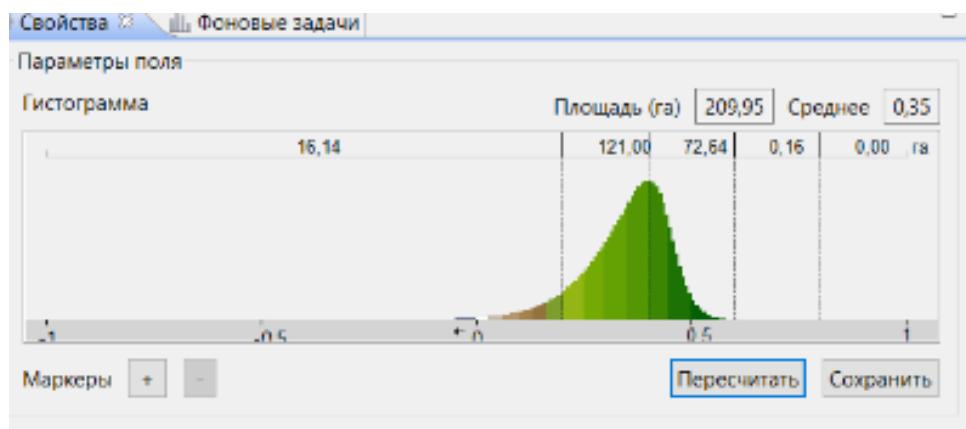


Рисунок 9 – Гистограмма значений NDVI

Сам экспериментальный участок имеет разные цветовые оттенки зеленого, что свидетельствует о разной густоте произрастания сельскохозяйственных растений, и именно эта информация на картах NDVI необходима для принятия решений (дифференцированное внесение удобрений, орошение и др.).

Анализ карты и гистограммы значений NDVI (рис. 8, 9) на экспериментальный участок ОХМК показывает, что из общей площади 210 га 16,14 га земли расположены в интервале значений от 0 до 0,20, что соответствует либо оврагам, либо каменистой местности, либо участку, где растительность только начинает всходить. 121 га земли находится в промежутке между значениями от 0,20 до 0,40 и 72,54 га в интервале значений от 0,40 до 0,60. Среднее значение NDVI для рассматриваемого участка на территории ОХМК составляет 0,35. В целом полученные значения NDVI указывают на высокий вегетационный индекс и хорошее состояние почв.

Сравнивая значения индекса, полученные на основе космических снимков и снимков с БПЛА, следует отметить, что индекс NDVI, полученный с помощью БПЛА, наиболее полно и детально отражает существующую ситуацию по каждому участку поля, что трудно достичь за счет космической съемки.

Таким образом, карты NDVI дают исчерпывающую информацию, необходимую для эффективного ведения сельскохозяйственного производства в системе точного земледелия, и позволяют с достаточно большой долей вероятности прогнозировать урожайность культур, с высокой точностью защитить посевы и своевременно внести корректизы в планирование работ.

Список литературы

1. Рахымбердина М.Е., Сақып А.А., Сарманова А.Д. К вопросу внедрения технологии точного земледелия в Республике Казахстан // Записки Усть-Каменогорского филиала Казахского Географического Общества, Выпуск 12. Материалы международной научно-практической конференции (18-19 января 2018 года, г. Усть-Каменогорск). – 2018. – С. 250-255.
2. ДеМерс М.Н. Географические информационные системы. – М.: Дата+, 1999.
3. NDVI - теория и практика. Режим доступа: <https://gis-lab.info/qa/ndvi.html>. – Загл. с экрана.
4. Что такое индекс NDVI и как он делает жизнь фермера проще. Режим доступа: <https://blog.onesoil.ai/ru/what-is-ndvi>. – Загл. с экрана.
5. Обработка данных NDVI в ГИС «Спутник». Режим доступа: <https://www.geoscan.aero/ru/blog/604>. – Загл. с экрана.
6. Расчет NDVI с помощью Agisoft Photoscan. Режим доступа: <https://www.geoscan.aero/ru/blog/781>. – Загл. с экрана.

Получено 18.10.2019



МРНТИ 55.53.15

А.Ж. Алимханова, М.А. Амангельдина, А.А. НайзабаеваВосточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск**ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕТОДИОДНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
ОСВЕЩЕНИЯ ПОД УПРАВЛЕНИЕМ ЭВМ**

В данной статье рассматривается передача данных с использованием белых светодиодов для оптических беспроводных сетей. Тема является актуальной и инновационной, поскольку в настоящее время не полностью раскрыты потенциал и не определена область применения такой передачи данных.

Бұл мақалада оптикалық сымсыз желілер үшін ақ жарықдиодты пайдалана отырып, деректерді беру зерттеледі. Тақырыптың өзекілігі қазіргі уақытта оның пайдаланылмауына және инновациялық сипатқа ие болуына байланысты, өйткені оның өлеуетті мүмкіндіктері ашылмаған, сондай-ақ қолданылу саласы аяғына дейін айқындалмаған.

This article investigates the transmission of data with the use of white LEDs for optical wireless networks. The relevance of the topic due to the fact that currently this is not exploited and is innovative because of its potentials are not disclosed, and not fully defined field of application.

Ключевые слова: белые светодиоды, передача информации, оптический диапазон, люминофоры, полоса передач.

В настоящее время для помещений, в которых не возможно использовать Wi-fi, учеными разрабатывается новая технология VLC с использованием светодиодов, позволяющая передавать данные посредством видимого белого света.

Компания Siemens в 2010 году совместно с Институтом Генриха Герца в Берлине показали очень хорошие результаты в области технологии VLC, в частности рекорд скорости беспроводной передачи составил 200 Мбит/с, при использовании белых светоизлучающих диодов, произведенных дочерним предприятием Siemens компанией Osram. В технологии VLC данные напрямую передаются посредством модуляции света, излучаемого светодиодом, на очень высоких частотах через микроконтроллеры. Яркость светодиодов изменяется со скоростью, не воспринимаемой человеческим глазом. Фотодетекторы, принимающие данные, преобразуют сигналы света в электрические импульсы.

Огромный потенциал имеет форма передачи VLC (Visible Light Communication), ее можно использовать во всех сферах жизни: в больницах или на производствах, в которых радиоволны влияют на высокочастотное оборудование; для железнодорожного и автомобильного транспорта, например светодиодные светофоры и вывески, которые передают информацию на автомобили или поезда; в квартирах или домах через освещение, например светильники и другие электрические приборы.

Для технологии передачи данных на светодиодах белого света применяются светодиоды на основе AlInGaP и InGaN.

На рис. 1 показаны светодиоды с кристаллами в виде перевернутых усеченных пирамид на основе AlInGaP/GaP со световой отдачей более 100 лм/Вт (Krames et al., 1999), а также светодиоды на основе InGaN, излучающие в синем и зеленом диапазонах спектра [1].

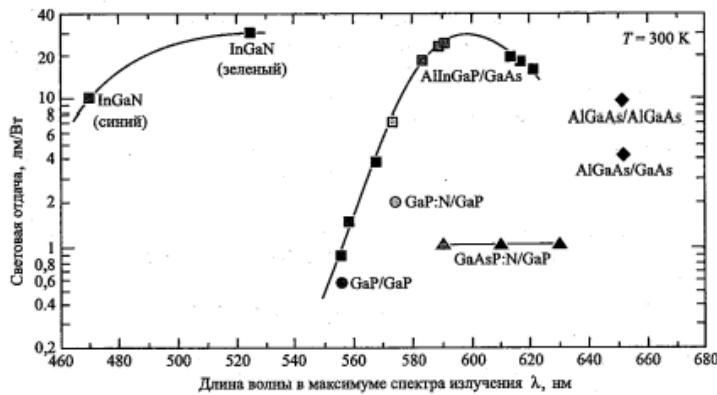


Рисунок 1 – Световая отдача светодиодов видимого спектра излучения, изготовленных из материалов на основе фосфидов, арсенидов и нитридов – соединений типа $A^{In}B^v$ (United Epitaxy Corp., 1999, 2000)

Светодиоды, используемые в беспроводных системах связи, как правило, состоят из активных областей GaAs или InGaAs, выращенных на подложках GaAs. Слои InGaAs псевдоморфные, т. е. достаточно тонкие, излучают когерентный свет, в них нет дислокаций. Длины волн излучения светодиодов GaAs и InGaAs ограничены ИК-диапазоном длин волн от 870 нм (для активных областей GaAs) до 950 нм (для активных областей InGaAs) [1].

Светодиоды, излучающие свет в ИК-диапазоне длин волн, хорошо подходят для работы в беспроводных системах связи, поскольку их свет невидим для человеческого глаза и, следовательно, не вызывает раздражения. Поскольку системы дистанционного управления, как правило, обеспечивают передачу сигналов на расстояния менее 100 м, считается, что среда передачи (воздух) не имеет ни дисперсии, ни потерь.

В исследовательской работе были использованы маломощные светодиоды SMD 5050 (номинальный ток 20*3 мА) и мощные 1 Вт светодиоды SMD на керамике AMOLUXE (номинальный ток 350 мА) производства компании LED Technologies Bulgaria, в которых используются люминафоры. Генератор Sionometr VC 2002 служил источником электрических сигналов, возбуждавших излучение светодиодов, выдавал импульсы прямоугольной формы. Для исследования мощных светодиодов в схему питания был дополнительно подключен линейный источник питания Matrix MPS-3003D. Для того чтобы зарегистрировать сигнал использовался кремниевый фотодиод, а также цифровой осциллограф UTD 2025 CL. Расстояние от фотодиода до светодиода при измерениях не превышало 10 мм. Дополнительная модуляция сигнала не проводилась.

В одночиповых светодиодах малой мощности нами использовались люминофоры на основе алюмоиттриевого граната с формулой $Y_3 Al_5O_{12}$: Ce, который выдает желтое свечение, и в сочетании с синим излучением его фотоионизации создает суммарное белое излучение [3].

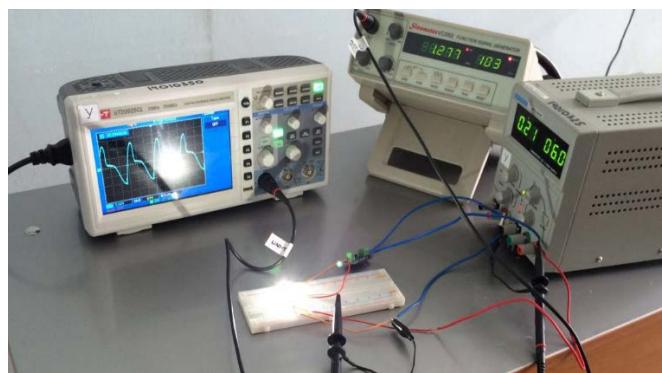


Рисунок 2 – Установочная сборка для снятия АЧХ светодиодов

Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) для одночипового светодиода на основе алюмоиттриевого граната с формулой $Y_3 Al_5 O_{12}:Ce$ представлена на рис. 3. Из графика видно, что характеристика имеет постоянный участок до частоты 2,39 МГц, а затем наблюдается резкий спад. На частоте в 3,09 МГц они соответствуют уровню в 3 дБ (0,7 мА) – это означает, что светодиод с данным люминофором без дополнительной модуляции позволяет передавать данные со скоростью 3,09 Мбит/с (в идеальных условиях). Данное значение оказалось максимальным для исследованных люминофорных материалов, использованных в одночиповых светодиодах.

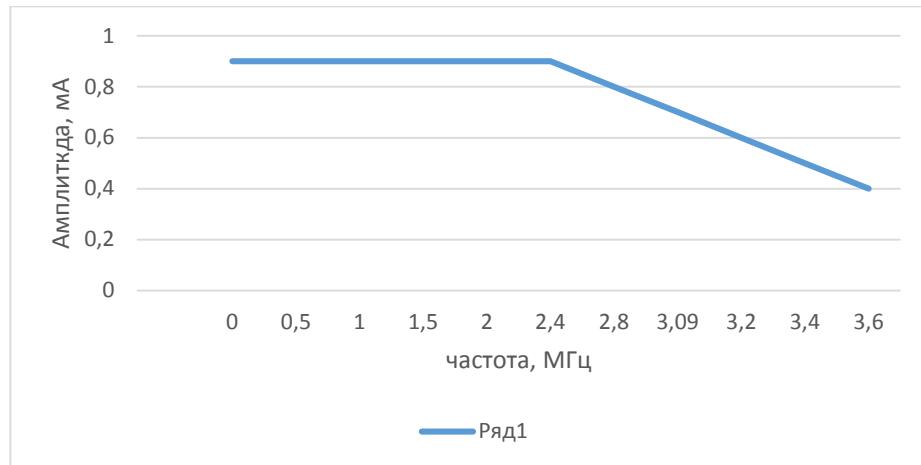


Рисунок 3 – График АЧХ одночипового светодиода на основе алюмоиттриевого граната с формулой $Y_3 Al_5 O_{12}:Ce$

На рис. 4 показан график зависимости амплитуды от частоты для мощного 1 Вт светодиода SMD на керамике AMOLUXE. Для данного светодиода АЧХ демонстрирует постоянный спад, на уровне спада в 0,8 мА была зарегистрирована частота 4,2 МГц. Данное значение максимальное для светодиодов большой мощности с применением люминофорных материалов. Для сравнения сняты характеристики одночипового светодиода без люминофора. В этом случае мы получили ширину полосы пропускания в 6,6 МГц, которая была использована как ориентировочная при проведении измерений. Измерения показали, что при добавлении в эластомер люминофора уменьшается частота среза АЧХ; для мощных светодиодных сборок уменьшение полосы пропускания значительно меньше, чем для маломощного одночипового светодиода.

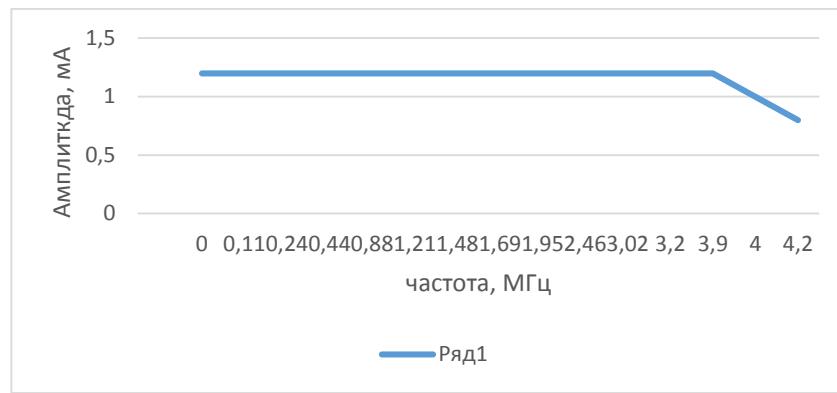


Рисунок 4 – График АЧХ для мощного 1 Вт светодиода тип SMD на керамике AMOLUXE

Результаты исследования показали, что ширина полосы пропускания для одночиповых светодиодов на основе алюмоиттриевого граната с формулой $Y_3 Al_5O_{12}:Ce$ варьируется от 1,8 МГц до 3,2 МГц. Для мощных светодиодов частота полосы пропускания варьировалась от 3,5 МГц до 4,5 МГц. Полученные результаты позволяют разработать рекомендации по использованию в системах передачи данных современных светодиодных люминофорных материалов, который использует оптический диапазон.

Как отмечалось выше, до сегодняшнего дня существовало обобщенное мнение о том, что люминофорные белые светодиоды имеют АЧХ, ограниченную полосой 2 МГц, что делало перспективы их применения в системах VLC весьма туманными. Проведенное авторами исследование показало, что цифра в 2 МГц справедлива лишь в отношении классического ИАГ, легированного церием, и для некоторых силикатных люминофоров. При использовании ЛАГ полоса пропускания может быть увеличена до 3 МГц, а применение в системах освещения вместо маломощных одночиповых светодиодов мультичиповых сборок позволяет увеличить ширину полосы АЧХ до 4,5 МГц, что вполне достаточно для многих современных приложений – в системах позиционирования в закрытых помещениях, на транспорте и т.д. Разумеется, при использовании светодиодов общего освещения для передачи информации необходимо проведение исследований влияния частоты и способа модуляции на качество белого света, однако подобные эксперименты нужно проводить уже при использовании дополнительных схем модуляции сигнала, применяемых для расширения полосы АЧХ и коррекции ошибок в системах VLC.

Таким образом, с точки зрения скорости передачи информации люминофоры на основе гранатов (в том числе с добавлением нитридных люминофоров) более перспективны, чем силикатные люминофоры. Материалы на основе гранатов могут быть использованы в оптических системах передачи данных с полосой пропускания (без дополнительной модуляции) до 3 МГц в одночиповых светодиодах и до 4,5 МГц в 9-чиповых сборках, что достаточно для многих бытовых приложений.

Список литературы

1. Шуберт Ф.Е. Светодиоды / Пер. с англ. А.Э. Юновича 2-е изд. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 496 с.
2. Elgala H., Mesleh R., Haas H. Indoor broadcasting via white LEDs and OFDM // IEEE Transactions on Consumer Electronics. – 2009. – V. 55. – N 3. – P. 1127-1134.
3. <http://www.findpatent.ru/patent/254/2549388.html2>.
4. Zhang H., Yuan Y., Xu W. PAPR reduction for DCO-OFDM visible light communications via semi-definite relaxation // IEEE Photonics Technology Letters. – 2014. – V. 26. – N 17. – P. 1718-1721.

Получено 18.10.2019

МРНТИ 28.19.15; 29.03.77; 44.01.85; 50.43.15.

Д.Л. Алонцева, А.Л. Красавин, О.Б. Оспанов

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

РАЗРАБОТКА БЫСТРОГО КОНТУРА РЕГУЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОПТИМАЛЬНОГО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ФОРМИРОВАНИЯ ТОПЛИВНО-ВОЗДУШНОЙ СМЕСИ В ПАРОВЫХ КОТЕЛЬНЫХ

В статье описывается двухконтурная интеллектуальная система управления котлоагрегатом: быстрый (первый) контур системы осуществляет подбор оптимальной концентрации топливной смеси при фиксированном расходе воздуха с помощью активного поиска; во втором контуре использовано нейронное управление величиной потребительской мощности и давления в паровом котле.

Мақалада қазандық агрегатын басқарудың екі контурлы интеллектуалдық жүйесі сипатталады. Жүйенің жылдам (бірінші) контуры белсенді іздеу көмегімен ауаның тұркелгендік шығыны кезінде отын қоспасының оңтайлы шоғырлануын іріктеуді жүзеге асырады; екінші контурда тұтыну қуаты мен бу қазандығындағы қысымның шамасын нейрондық басқару қолданылған.

The article deals with a dual-loop intelligent control system of the boiler. The fast (first) loop selects the optimal concentration of the fuel mixture using active search with a fixed air flow; the second loop uses neural control of the power and pressure in the steam boiler.

Ключевые слова: промышленный котлоагрегат, интеллектуальная система управления, быстрый контур регулирования, нейронное управление.

В последние годы большое количество исследований направлено на развитие автоматических систем управления процессами в тепловых электростанциях (ТЭЦ). Основная задача контроля для ТЭЦ заключается в том, что система автоматического управления должна регулировать выходную мощность для удовлетворения спроса на электроэнергию в совокупности с безопасным поддержанием требуемых значений основных динамических переменных, таких, как температура, давление, расход пара, уровень воды и давление пара в барабане котла, расход и давление воздуха. Как правило, такая цель достигается посредством использования многоуровневых автоматических регуляторов на основе пропорционально-интегрально-дифференциальных (ПИД) контроллеров [1-3]. Данный подход оказывается высоконадежным и обеспечивает удовлетворительную производительность при нормальной работе, поддерживаемой в системе, когда характеристики ТЭЦ остаются почти постоянными. Однако спрос на электроэнергию возрастает, при этом на величину циклического изменения сетки нагрузки возобновляемых источников, таких, как ветер, солнечная и гидроэнергия, оказывают сильное влияние сезон и погодные условия. ТЭЦ, участвуя в общей сети производства энергии, должны реагировать на эти изменения, регулируя нагрузку в широком и быстро изменяющихся широких пределах. Значит, тепловые параметры ТЭЦ должны контролироваться таким образом, чтобы они могли работать в оптимальном режиме в любое время. Проблемы управления в условиях нелинейности параметров в широком диапазоне операций, большой инерционности и изменяющегося во времени поведения, а также сильного взаимодействия среди множества переменных, становятся серьезными вызовами для систем управления процессами ТЭЦ. Обычные ПИ/ПИД регуляторы, основанные на контроллерах, уже недостаточны для требуемой производительности, даже если они хорошо настроены при заданном уровне нагрузки. Однако с помощью современных компьютерных и инструментальных технологий, использования распределенной системы управления теперь стало возможным внедрение передовых интеллектуальных контроллеров.

В работах [4-6] интеллектуальные системы общего контроля разрабатываются на основе нейронечетких сетей, и в этих работах приведены и оценены как линейные модели, так и контроллеры. Благодаря симуляционным исследованиям согласованной системы управления котлотурбинной системой и пароперегревателем, управляемой интеллектуальным контроллером, показаны более высокие показатели контроля по сравнению с линейным интеллектуальными системами общего контроля.

На основе анализа работ [1-6, 8, 9] можно сделать заключение о том, что на сегодняшний день наиболее распространены следующие типы автоматических систем управления процессом горения в паровом кotle: «топливо-воздух» (рис. 1, а); «пар-воздух» (рис. 1, б); «пар-воздух с динамической связью» (рис. 1, в); «заданная нагрузка-воздух» (рис. 1, г).

Упомянутые схемы регулирования в переходных режимах не удовлетворяют требованиям оптимального соотношения между подачами топлива и воздуха в связи с влиянием других динамически изменяющихся во времени параметров. Это существенный недостаток, который на данный момент времени решается с помощью ручного характера управления, причем значения параметров определяются оператором котла визуально [9].

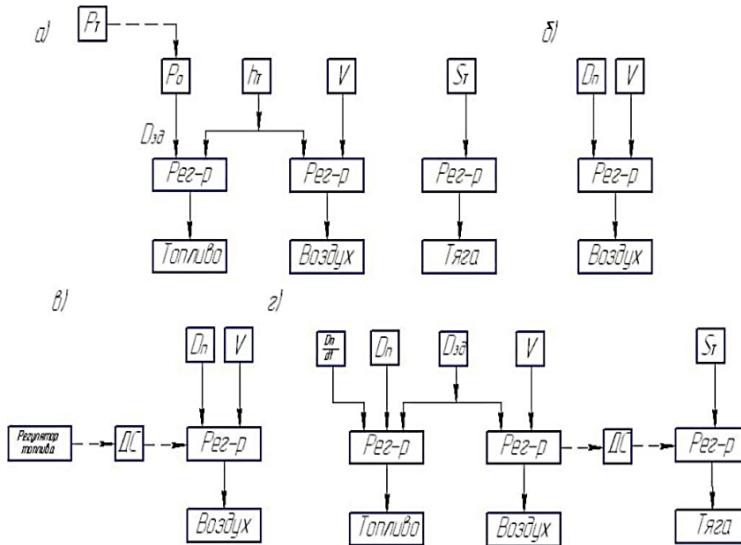


Рисунок 1 – Существующие структурные схемы регулирования процесса горения в паровом котле по данным [8]

Авторы данной работы разрабатывают интеллектуальную систему оптимального энергоэффективного управления процессами формирования топливно-воздушной смеси в паровых котельных, которая работает по двум объединенным контурам управления [7]. В первом контуре, который мы назвали «быстрый контур управления», реализуется следящая система на базе интеллектуального контроллера для управления подачей топлива дискретными шагами для поддержания нужной на данный момент температуры в котле (рис. 2).

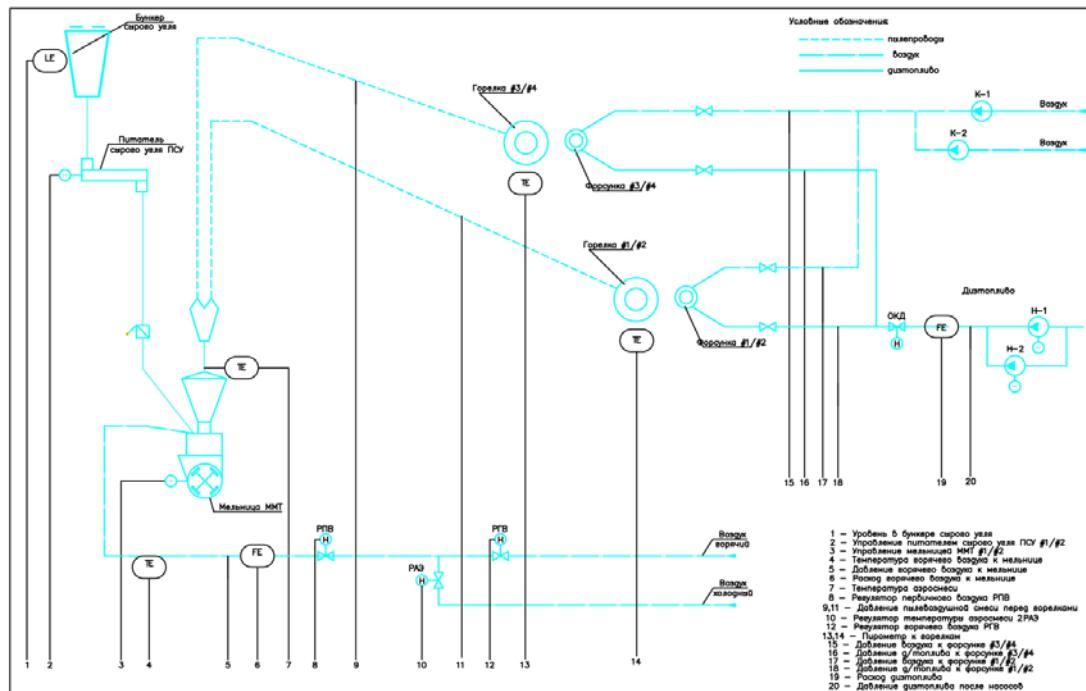


Рисунок 2 – Принципиальная схема «быстрого» контура управления подачей топлива в паровом котле

Значения температуры определяются по данным пирометра. Выходная величина представляет собой дискретный ряд (число оборотов питателя), на входе – постоянное значение воздушного потока (число оборотов дутьевого вентилятора). Во втором контуре использовано нейронное управление величиной потребительской мощности и давления в паровом котле (рис. 3).

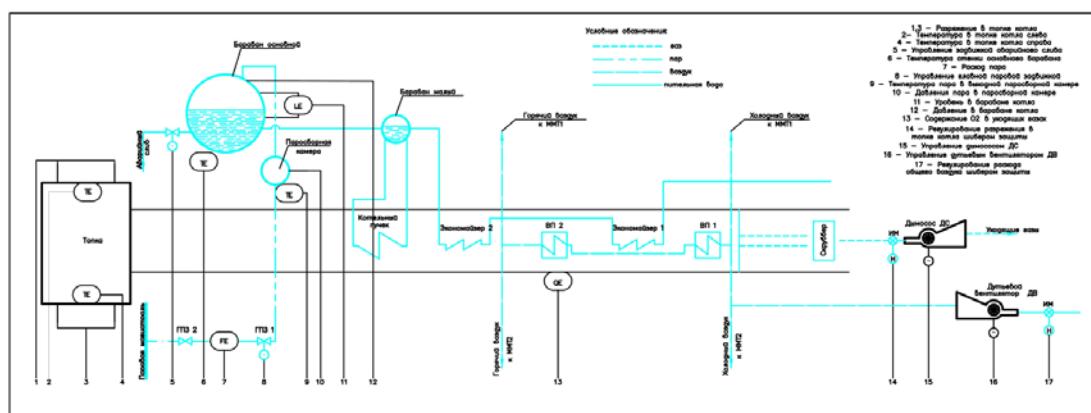


Рисунок 3 – Принципиальная схема интеллектуального управления второго контура

Целью данной работы является разработка быстрого контура управления для интеллектуальной системы оптимального энергоэффективного управления процессами формирования топливно-воздушной смеси в паровых котельных.

«Быстрый» контур управления осуществляет подбор оптимальной концентрации топливной смеси при фиксированном расходе воздуха с помощью активного поиска. Контроллер контура принудительно создает временные колебания подачи пылеобразного топлива с небольшой амплитудой и фиксированной частотой, соответствующим образом изменяя частоту вращения питателя. Выходным сигналом в системе «быстрого» контура регулирования служат данные пирометра, измеряющего температуру пламени горелки. При колебаниях концентрации топливной смеси возникают колебания температуры факела.

Задачей второго «медленного» контура регулирования является поддержание требуемой выходной мощности установки. В то время как «быстрый» контур регулирования – это система управления с одним управляющим входом и одним выходным сигналом, «медленный» контур – это комплексная система с многочисленными входными параметрами и управляющими сигналами (рис. 3).

Ключевой идеей рассматриваемого метода регулирования в первом «быстром» контуре управления является измерение разности фаз колебаний концентрации топливной смеси и колебаний температуры. Полагаем, что в ненасыщенной смеси колебания синфазные, а в том случае, если смесь перенасыщена – колебания температуры сдвинуты по фазе на 180 градусов относительно колебаний концентрации (рис. 4).

Контроллер «быстрого» контура регулирования можно рассматривать как следящую систему с дискретным входом. Математически можно говорить о том, что контроллер осуществляет поиск максимума функции одной переменной x . Предполагается, что функция имеет единственныйый экстремум (максимум) в некоторой точке x_{max} . Для данной точки с координатой x_c , в которой «находится» контроллер, мы знаем только, лежит ли x_c правее или левее точки экстремума x_{max} . Будем считать, что дискретный вход контроллера может принимать значения 0 (False) и 1 (True):

$$y(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } x < x_{max} \\ 1, & \text{если } x \geq x_{max} \end{cases} \quad (1)$$

Необходимо четко разделить две проблемы: проблему определения разности фаз (фактически, можно говорить о достаточно сложной технической программной подсистеме, синхронизированной с приводом питателя, обрабатывающей данные, поступающие от пирометра) и проблему построения контроллера, осуществляющего поиск максимума.

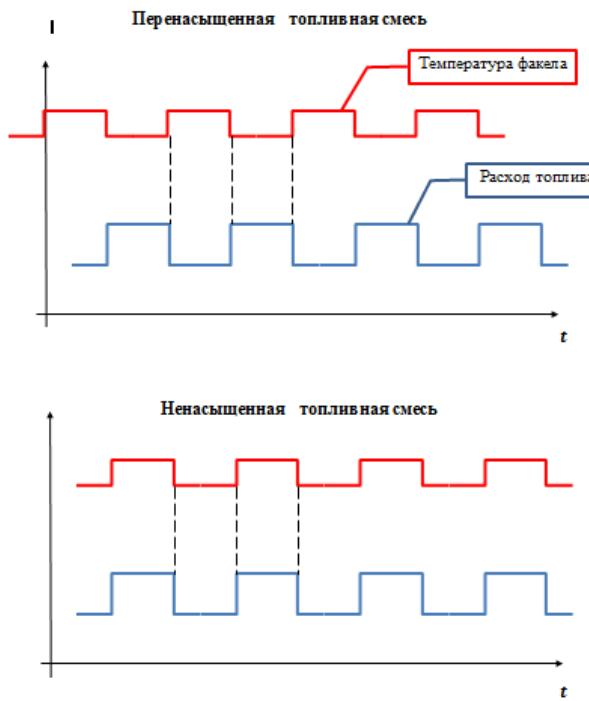


Рисунок 4 – Зависимость фазового сдвига между колебаниями концентрации топливной смеси и температуры факела

Постановка проблемы определения разности фаз: концентрация смеси является далеко не единственным фактором, влияющим на температуру факела. Непостоянны во времени состав и влажность топлива, а также фракционный состав, то есть при постоянных оборотах питателя температура факела может значительно меняться, и зависимость температуры от времени будет включать в себя как медленно изменяющиеся «тренды», так и шумоподобную составляющую. Кроме того, оптический пирометр непосредственно измеряет интенсивность теплового излучения, попавшего в его оптическую систему с разных участков факела.

Температурное поле факела пространственно неоднородно, и распределение температур быстро меняется во времени. Таким образом, пирометр измеряет некоторую величину, коррелирующую со средней температурой в малой области факела, а не собственно температурное распределение, т.е. данные, полученные с использованием пирометра, сильно зашумлены даже в «идеальных» условиях. Следовательно, можно говорить о том, что выход пирометра будет содержать ярко выраженную гармонику, с частотой, равной частоте колебаний концентрации смеси (рис. 4).

Задача состоит в выделении этой гармоники и нахождении разности фаз между ней и управляющим сигналом питателя. Для этой цели мы предлагаем применить преобразование Габора, прекрасно подходящее для анализа сигналов, состоящих из дискретного набора гармоник. Преобразование Габора – это преобразование Фурье с окном:

$$W(t) = e^{-(\sigma t)^2}. \quad (2)$$

Для заданного временного сдвига окна τ находится преобразование Фурье функции $W(t - \tau) \cdot f(t)$, где $f(t)$ – функция, подвергаемая преобразованию (в нашем случае – зависимость температуры от времени). Строго говоря, преобразование Габора функции одной переменной будет функцией двух переменных (вейвлетом), определяемой формулой (3):

$$\hat{f}(\omega, \tau) = \int_{-\infty}^{\infty} W(t - \tau) f(t) \cdot e^{-i\omega t} dt. \quad (3)$$

На практике выбирается дискретный ряд смещений окна. Смещения выбираются так, чтобы окна перекрывались. Преобразование Габора обладает замечательным свойством: если входной сигнал представляет собой гармонику вида (4):

$$f(t) = A \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \varphi), \quad (4)$$

то при фиксированном смещении окна (для иллюстрации будем считать, что смещение нулевое) действительная и мнимая части преобразования (5):

$$s(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} W(t) f(t) \cdot e^{-i\omega t} dt, \quad (5)$$

будут представлять собой Гауссовские пики, центрированные на частоте ω_0 . Ширина этих пиков будет тем меньше, чем больше ширина окна (чем меньше величина параметра σ). Соотношение амплитуд данных пиков равно тангенсу фазы гармоники. Таким образом, преобразование Габора позволяет находить фазы гармоник в композитном сигнале. На рисунке 5 приведены скриншоты рабочего окна программы, применяющей преобразование Габора для анализа речевого сигнала. Необходимо отметить, что между изменениями управляющего питателем сигнала и собственно изменением концентрации смеси существуют временные задержки, вызванные инерционностью элементов системы. Следует учитывать и задержки, и возможность временного дрейфа параметров задержек. Поэтому необходимо предусмотреть процедуру калибровки блока измерения разности фаз на конкретном котлоагрегате.

Мы предлагаем использовать контроллер, регулирующий подачу топлива дискретными шагами. В предлагаемом алгоритме величина шага вариабельна, то есть в ходе слежения величина шага будет меняться автоматически, что позволит значительно увеличить скорость реакции следящей системы на резкие изменения параметров.

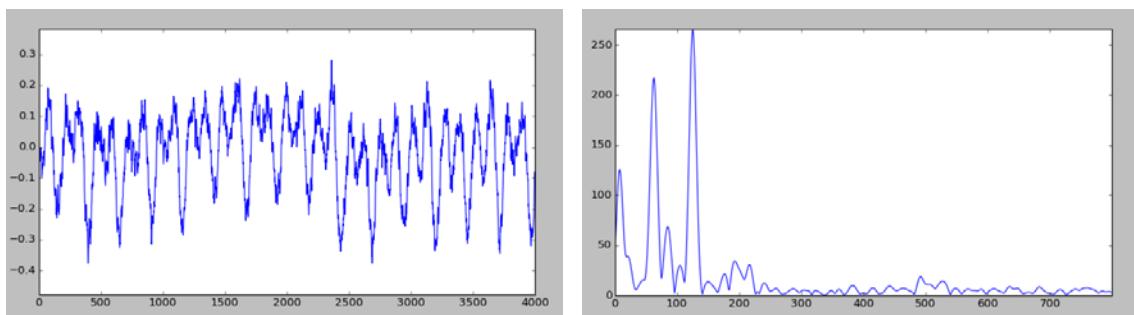


Рисунок 5 – Применение преобразования Габора для анализа сигнала: пики в частотной области соответствуют гармоникам во временной области

Ключевой идеей предлагаемого алгоритма является использование регистра истории для регулирования величины шага. Регистром истории мы называем сдвиговый регистр длины N и шириной в 1 бит, куда записываются дискретные значения выхода фазового дискриминатора y . Соответственно, историей слежения будем называть бинарный код в этом регистре.

Вышеизложенным можно сделать следующие выводы: разработаны принципиальные схемы интеллектуального двухконтурного управления котлоагрегатом, в первом контуре которого используется сигнал от пирометра, с методом регулирования, основанном на подборе оптимальной концентрации топливной смеси при фиксированном расходе воздуха с помощью активного поиска, а во втором контуре используется нейронное управление величиной потребительской мощности и давления в паровом котле. Для первого контура дано математическое описание с использованием преобразования Габора для выделения ярко выраженной гармоники с частотой, равной частоте колебаний концентрации смеси, и для нахождения разности фаз между этой гармоникой и управляющим сигналом питателя.

Список литературы

1. Xiao Wu, Jiong Shen, Yiguo Li and Kwang Y. Lee. Steam power plant configuration, design, and control. – B.: WIREs Energy Environ John Wiley & Sons. Ltd., 2015. – P. 27.
2. Mallik A. State feedback based control of air-fuel-ratio using two wide-band oxygen sensors// Proceedings of 10th Asian Control Conference (ASCC 2015). – Kota Kinabalu, Malaysia, 2015. – P. 1-6.

3. Najimi E, Ramezani MH. Robust control of speed and temperature in a power plant gas turbine// ISA Trans. – 2012. – № 51. – Р. 304-308.
4. Liu X, Guan P, Chan CW. Nonlinear multivariable power plant coordinate control by constrained predictive scheme // IEEE Trans Contr Sys Technol 2010, No 18, p.1116–1125.
5. Liu XJ, Chan CW. Neuro-fuzzy generalized predictive control of boiler steam temperature// IEEE Trans Energy Conver. – 2006. – № 21. – Р. 900-908.
6. Liu X, Liu J. Constrained power plant coordinated predictive control using neurofuzzy model // Acta Automatica Sinica 2006 No 32, p.785–790.
7. Оспанов О.Б. Разработка интеллектуальной системы для оптимального энергоэффективного управления подачей воздушно-топливной смеси в паровых котлах / О.Б. Оспанов, Д.Л. Алонцева, А.Л. Красавин // Совместный выпуск научных журналов «Вестник» ВКГТУ им. Д. Серикбаева и «Вычислительные технологии». – 2018. – Т.1, Ч. 2. – С. 56-70.
8. Липатников Г.А. Автоматическое регулирование объектов теплоэнергетики / Г.А. Липатников, М.С. Гузеев. – Владивосток: ДВПИ им. Куйбышева, 2007. – С. 94.
9. Богданов А.В. Автоматическое управление котлоагрегатом теплоэлектроцентрали с нечеткой адаптацией коэффициентов ПИД-регуляторов, использующей четкие терм-множества. – Оренбург: ОГУ, 2017. – С. 28-34.

Получено 18.10.2019

MFTAA 29.19.16

Л.С. Баймоданова¹, О.Д. Погребняк², Г.К. Узырханова¹

¹Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік техникалық университеті, Өскемен қ.,
Қазақстан

²Сумы мемлекеттік университеті, Сумы қ., Украина

**(TiAlSiY)N/CrN КОМПОЗИТТІ ЖАБЫНДАРДЫҢ АУЫСПАЛЫ ҚАБАТТАРЫНЫң ҚҰРЫЛЫМДЫҚ
ЖӘНЕ МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРИНЕ ӨСЕРІН ЗЕРТТЕУ**

Мақала (TiAlSiY)N/CrN негізіндегі көп элементті жабындарды микрорамандық спектрометр, наноинденттеу әдістерінің көмегімен зерттеуге арналған. Наноқаттылық, азайтылған серпімділік модулі, пластикалық деформацияның бұзылуына және кедергісіне дейін серпімді деформация есебінен механикалық қасиеттерге бағалау жүргізілді. Ұсынылған нәтижелер жаңа нано-көп қабатты жүйелердің физикалық және механикалық қасиеттері туралы, сондай-ақ бұл облыстағы жемістіктерді жақсарту үшін маңызды ақпараттар берілді.

Статья посвящена исследованию многоэлементных покрытий на основе (TiAlSiY)N/CrN с помощью методов микрорамановским спектрометром, наноиндентирования. Проведена оценка механических свойств за счет нанотвердости, уменьшенного модуля упругости, упругой деформации до разрушения и сопротивления пластической деформации. Представленные результаты показали важную информацию о физических и механических свойствах новых наномногослойных систем для последующего их применения, а также улучшения существующих достижений.

The article is devoted to the study of multi-element coating based on (TiAlSiY)N/CrN using the methods of micro-Raman spectrometer, nanoindentation. The estimation of mechanical properties due to nano-hardness, reduced modulus of elasticity, elastic deformation to failure and resistance to plastic deformation. The presented results showed important information about the physical and mechanical properties of new nano-multilayer systems for their subsequent application, as well as improving existing achievements.

Түйін сөздер: көп қабатты жабындар, көп элементті жабындар, құрылым, вакуумдық-догалы әдіси.

Жақсартылған сипаттамалары бар жабындарды құрудың ғылыми-техникалық қызығушылығы көп қабатты құрылымдардың жаңа түрлерін пайдаланумен байланысты, олардың градиенттік сипаты әртүрлі функцияларды – адгезиялық, тосқауылдық, тозуға қарсы, антифрикционный және т.б. орындаиды [1].

Нитридтердің жұмыс сипаттамаларын наноқұрылымдық күйге ауыстыру арқылы жоғарылатудың ең перспективалы бағыттарының бірі – наноқұрылымдық қалыңдықтағы көп қабатты құрылымдарды құру болып табылады [2].

Бұл ретте әртүрлі физика-механикалық сипаттамалары бар материалдың екі немесе одан да көп қабаттарының кезектесуімен жүйенің қасиеттерін, оның ішінде кернеудің шоғырлануын және материалдың бұзылу тұтқырлығының артуына қол жеткізе отырып, жарықтардың таралуын айтартылғай дәрежеде өзгертуге болады. Хром нитридінің негізіндегі көп қабатты композициялар ерекше қызығушылық тудырады.

TiAlN жүйесінің функционалдық қасиеттерін одан әрі жаксартудың ең перспективалы тәсілдерінің бірі – легірлеуші элементтердің санын арттыру болып табылады. Ол үшін Si, Y, V, Cr және басқа элементтерді пайдалануға болады. Si қосу нанокристалды құрылымның пайда болуына және жабынның нығыздалуына әкеледі. Бұл Холл-Петч тендеуімен үйлеседі, одан дәннің мөлшерін белгілі бір критикалық мәнге дейін азайту нитридті қосылыстың қаттылығы мен беріктігінің артуына әкеледі [3]. TiAlN жабыны нанокомпозитті құрылымымен алынған, олар 6-8 ат. % кремний концентрациясы кезінде Si_3N_4 аморфты қабатының түзілуімен сипатталады. Екінші жағынан, Si жоғары концентрациясы бар жабындар оттегі атомдарының диффузиясы үшін қосымша бөгет болып табылатын үстінгі жағында SiO_2 қабатының түзілуімен сипатталады. Иттрийлі иондар әдетте дәндер шекарасында YO_2 фазасының пайда болуы мүмкін болғандықтан жабындардың тотығуына тәзімділіктің артуына ықпал етеді, сондай-ақ сіреспе кристалдарының болуын жоюға ықпал етеді. Si және Y бір мезгілде қосу, күтіліп отыргандай, жүйенің тотығуға тәзімділігін, коррозияға тәзімділігін арттырады және ішкі кернеу деңгейін төмendetеді [4].

Жоғарыда айтылғандарға байланысты, осы жұмыстың мақсаты екілік қабаттардың құрылымдық-фазалық күйіне және көп қабатты жабындардың механикалық қасиеттеріне ($\text{TiAlSiY})\text{N}/\text{CrN}$ әсерін зерттеу болып табылады.

Жұмыста зерттеу үшін материал ретінде көп қабатты жабындар ($\text{TiAlSiY})\text{N}/\text{CrN}$ колданылды. Эксперименттік зерттеулер: Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік университетінің VERITAS озық даму орталығы, Сумы мемлекеттік университеті (Украина) және С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік университетінің ұжымдық пайдаланудағы ұлттық ғылыми зертханаларында жүргізілді.

Көп қабатты жабындар ($\text{TiAlSiY})\text{N}/\text{CrN}$ Bulat-6 құрылғысында вакуумдық-доғалы тұндыру арқылы алынды. Нысананың материалы: Ti (58 ат.%), Al (38 ат. %); Si (3 ат. %), Y (1 ат. %). Болат $12 \times 18\text{H9T}$ (SUS321 және 321S51 болаттарының аналогы) мөлшері $18 \times 20 \times 2 \text{ mm}^3$ төсөніш материал ретінде колданылды. Жабындар екі металл нысанадан қолданылды. Олардың біріншісі Ti – 58 ат.%, Al – 38 ат.%, Si – 3 ат. % және Y – 1 ат. % қосылыстарының қатынасы бар композитті катод болды. Екінші нысан материал тазалығы 99,8 % Мо-катод болды. Кешенді композитті катод SPS 25-10 өнеркәсіптік күйдіру құрылғысында пісрілді. Тұндыру камерасындағы жұмыс (азот) атмосферасының қысымы $P_N = 4 \times 10^{-3}$ Торт құрады. Ішкесудың тұракты теріс потенциалы – $U_b = -110 \text{ В}$ төсөнішке салынған, ал төсөніштің температурасы (T_s) шамамен 250°C болды. Ион шоғырының тогы мен кернеуі $10 \times 10^3 \text{ pA}$ және 30 kV бастап үлгінің бұзылуын болдырмау үшін тиісінше 23 pA және 3 kV дейін біртіндеп төмendetеді. ($\text{TiAlSiY})\text{N}/\text{CrN}$ жабынды тұндыру кезіндегі доға тогы 100/90 А құрады. Субстраттар алмас пастасымен жылтыратып, содан кейін этанол мен ацетонда тұндыру алдында органикалық ластагыштардан ультрадыбыстық тазартумен тазартылды. Дайындау кезінде ион шоғырының тогы мен кернеуін $10 \times 10^3 \text{ pA}$ және 30 kV бастап үлгінің бұзылуын болдырмау үшін сәйкесінше 23 pA және 3 kV дейін біртіндеп төмendetілді.

Фазалық құрамы мен құрылымдық қасиеттерін зерттеу CuK_{α} сәулеленудегі X'Pert Pro дифрактометрінде рентгенқұрылымдық талдау әдістерімен зерттелді.

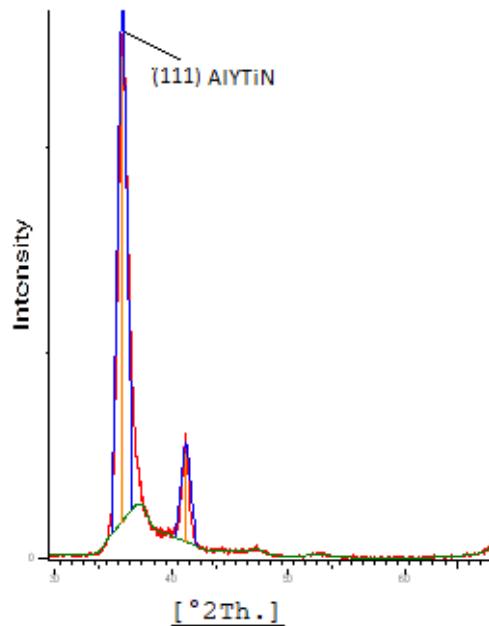
Комбинациялық шашырауды талдау үшін Leica Microsystems микроскопымен жабдықталған рентген микрорамандық спектрометр колданылды. Спектроскопия $1,0 \text{ cm}^{-1}$ -ден артық спектралды рұқсатпен кері шашырау геометриясында жүргізілді. Эксперимент бөлме температурасында коршаған атмосферада жүргізілді [5].

Қаттылықты (H) және келтірілген серпімділік модулін (E^*) өлшеуді Berkovich TI-0039 инденторының ұшымен жабдықталған Hysitron TI-950 (конустық бұрыш $142,3^\circ$ және ұштық

радиусы 100 нм) пайдалана отырып, батыру терендігін ескере отырып наноинденттеу әдісімен жүргізді. Өлшеу алдында ұшы балқытылған кварцтан стандартты үлгін пайдалану арқылы калибрленген. Қаттылықты өлшеу үшін (Н) және серпімділік модулін азайту үшін (E^*) әртүрлі терендікте жүктеудің көптеген циклдері колданылды, бұл жаксартылған және сенімді нәтижелерді қамтамасыз етті. Таңбаның терендігін өлшеу дәлдігі <30 нН жүктеме кезінде $<0,2$ нм құрады. Жабындардың орташа қаттылығы мен стандартты ауытқулары Оливер-Фарра әдісін қолдана отырып есептелді.

Рентгенқұрылымдық зерттеу нәтижелері рентгендік дифрактограммаларда $(\text{TiAlSiY})\text{N}/\text{CrN}$ ән қарқынды шының басым бағдарлы (111) алюминий титан нитридінің азимутының қубтық фазасына сәйкес келетінін көрсетті. Алюминий иттрий титан нитридінің қосылыс торы константасы 0,4181 нм құрайды, ал химиялық формуласы $\text{Y} 0,05 \text{ Ti} 0,43 \text{ Al} 0,52 \text{ N}$ және ол Fm-3m кеңістіктік тобына жатады. Электрондардың дифракциясының мәліметтері жабындар катты текстурленгенін көрсетеді. c-YN (PDF 00-035-0779) тор параметрі $a = 0,4889$ нм тең. Осыны ескере отырып, тұрақты тордың азауы алюминий атомдарының аз мөлшері бар титанның изоморфты ауыстырылуын және иттрий атомдарымен аз ауыстырылуын көрсетеді. Кристалдардың орташа мөлшерінін $19,42$ нм-ге дейін артуы байқалады. Иттрий дәндер шекарасының бойында орналасқан және элемент пайызын арттыра отырып, толық жоғалтуға дейін талшықтың текстурасын азайтуға ықпал етеді. Бұл үрдіс $(\text{TiAlSiY})\text{N}$ және Ti-Al-Cr-Y-N жабындарға арналған [7-9] жұмыстарымен келісіледі. AlYTiN фазасына қосынша жабындарда гексагональды ALN (шың бұрышының белгіленуі $2\theta = 38,289$) (1-сурет) қосылғаны көрінеді. Алюминий концентрациясының артуы ALN-н ұлғаюына әкеледі, онда алюминий құрамы ≥ 50 ат.% және дәндер мөлшерінің азауымен W-AlN қалыптасады.

$(\text{TiAlSiY})\text{N}$ және CrN қабаттарын бөлу шекарасында CrN екілік қабаттарында титан атомдарының диффузиясы болады, бұл қубтық TiCrN фазалық құрылымы бар өтпелі қабаттардың пайда болуына әкеледі. TiCrN шың фазасын (200) бағдармен $2\theta = 43,25^\circ$ бұрышпен AlYTiN фазасы шынымен жабылады (3-сурет). TiCrN байланыс торының параметрі $a = 0,480$ нм тең.



1-сурет - $(\text{TiAlSiY})\text{N}/\text{CrN}$ нано-көп қабатты жабындардың рентгендік дифрактограммалары

Дифракционды шындардың қарқындылығынан текстураның коэффициентін бағаладық. Тc (hkl) текстурасының коэффициенті төсөнішке қатысты таңдалған шағылулардың қолайлы бағдарын сандық анықтауга мүмкіндік береді. $Tc(hkl) > 1$ мәні кристалдардың көп саны белгілі бір

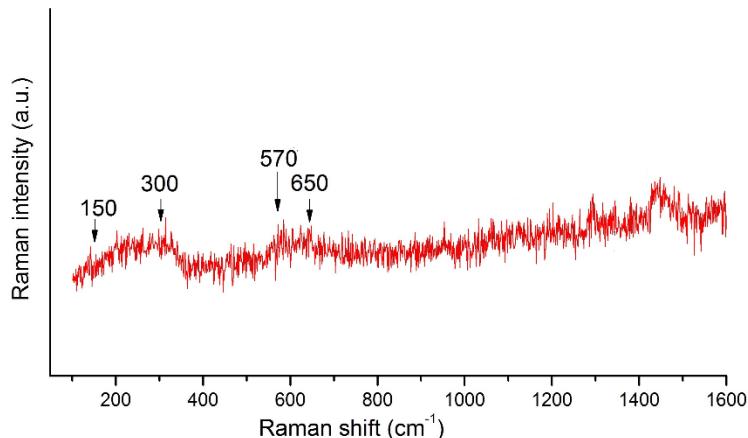
кристалды жазықтықка бағытталғанын білдіреді, T_c (hkl) = 1 мәні, керісінше, жазықтықтың тиісті шыны үшін дән бағдарының болмауын білдіреді. 1-кестеде ұлгілерден алынған әртурлі жазықтықтарға арналған T_c (hkl) есептерінің нәтижелері көлтірілген. $(TiAlSiY)N/CrN$ жабындысындағы $AlYTiN$ фазасы (111) жазықтығына бағаланған, T_c ең жоғары мәні 2,848 құрайды.

1-кесте

Көпқабатты және $(TiAlSiY)N/CrN$ жабындары үшін есептелген T_c (hkl) текстурасының коэффициенті

Фазалар	hkl	Текстура коэффициенті
$T_{cAlYTiN}$	(111)	2.848
T_{cAlN}	(101)	0.104
T_{cAlTiN}	(200)	0.048

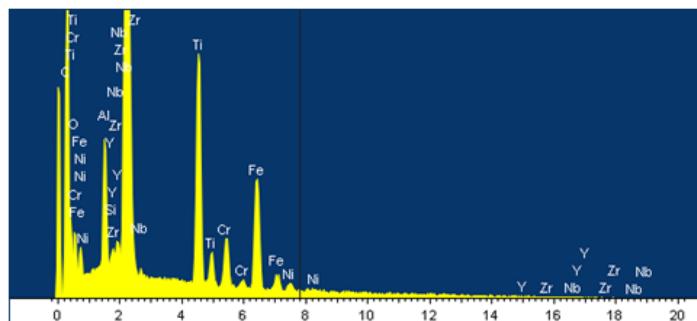
Комбинациялық шашыраудың спектроскопиясы арқылы алынған нәтижелер рентгенқұрылымды талдау нәтижелерімен жақсы үйлеседі. Рамандық спектроскопия кристалдың фазалық құрамын ғана емес, сонымен қатар материалдағы микропұлымдық кернеулерді сәйкестендіруге мүмкіндік беретін заманауи наноматериалдардың микропұлымдарын талдаудың танымал әдісі болып табылады. 50-ден 1600 cm^{-1} -ге дейнігі диапазондағы нано-көп қабатты жабындардың комбинациялық шашырауының спектрлері 2-суретте көрсетілген. Аса жоғары жиіліктегі диапазонда (610 cm^{-1}) азот иондарының тербелістері анықталуы мүмкін, өйткені тербеліс жиілігі объект салмағының азаюына қарай артуы тиіс. Спектрдің осы бөлігіндегі қарқындылықты арттыру зерттелетін үлгіге тән. Комбинациялық шашыраудың спектрінде жағылған жабындар негізінде YN екіге сәйкес келетін шындар табылған жоқ, бірақ TiN торында Y атомдарының болуы шындардың төмен жиілікке ығысуына әкеледі.



2-сурет – Көпқабатты $(TiAlSiY)N/CrN$ жабындардың Раман спектрлері

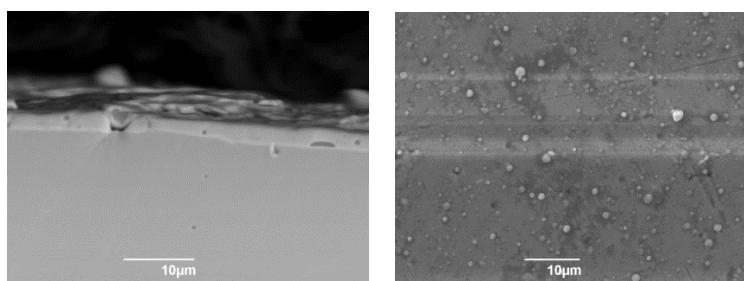
$(TiAlSiY)N/CrN$ жабын спектрі 2-суретте көлтірілген. Платоулгіде шыны 150-350 cm^{-1} диапазонында T_i және Cr (LA және TA) иондарының акустикалық тербелістерімен негізделген. Спектрдің оптикалық және акустикалық бөліктерінің қарқындылығын салыстыруға болады. 570 cm^{-1} кезіндегі шыны (LO және TO) женіл атомдардың тербелісіне сәйкес келеді, спектрдің теңестірілуі металл және металл емес атомдардың кубтық фазадағы тен катынасымен байланысты болуы мүмкін. Біз төмен жиіліктегі тербелістер 650 cm^{-1} AlN гексагональды E_2 режиміне сәйкес болуы мүмкін деп болжады.

Растрылды электронды микроскопияның нәтижелері бойынша көп элементті жүйенің вакуум-догалы конденсациясы беттік морфологияны қалыптастыруда бірқатар ерекшеліктерге ие.



3-сурет – $(\text{TiAlSiY})\text{N}/\text{CrN}$ көп қабатты жабындардың құрылымы мен бет морфологиясының РЭМ көрінісі

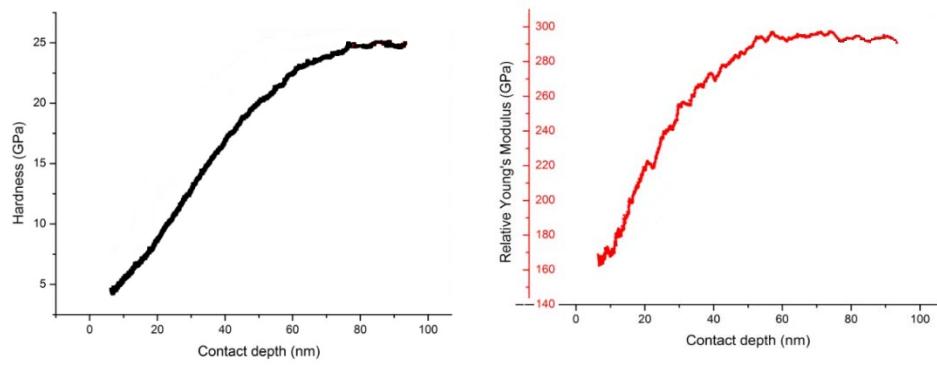
4-суретте $(\text{TiAlSiY})\text{N}/\text{CrN}$ жабындар РЭМ суреттері берілген. Беттік морфологияны зерттеу плазма ағынының тамшылары құрамына байланысты жабынның тұндыру беттің кедір-бұдырылғының артуына әкелетінін көрсетті. Алынған көп композитті жабындардың қалындығы 5 мкм құрайды.



4-сурет – $(\text{TiAlSiY})\text{N}/\text{CrN}$ көп қабатты жабындардың «жабын-төсөніш» бүйір беті мен беттік қабатының РЭМ суреттері

Титан мен азот жабынның бүкіл бетіне бірдей таралады. Сонымен қатар, көміртектің тарапуы азоттың беттік таралуын қайталамайтыны байқалады.

5-суретте $(\text{TiAlSiY})\text{N}/\text{CrN}$ көп қабатты жабындар үшін наноөлшеулердің нәтижелері көрсетілген (сурет 5а) және серпімділік модулі (5, б-сурет). Өлшеулер әртүрлі тереңдікте алынды. $(\text{TiAlSiY})\text{N}/\text{CrN}$ наноқаттылық пен эластикалық модульдің 23,4 ГПа және 300,2 ГПа сиякты мәндері құрылымдық-фазалық күйді қалыптастырумен байланысты болуы мүмкін. Кристаллографиялық дәндөр өлшемдерінің ұлғаю жағына өзгеруі жабындардың механикалық қасиеттеріне әсер етеді.



5-сурет – а – қаттылық (H) және б – Юнгтің салыстырмалы модулі нано-көпқабатты жабындардың түйіспелі тереңдігінің $(\text{TiAlSiY})\text{N}/\text{CrN}$ функциясы ретінде

Қаттылық пен Юнгтің салыстырмалы модулінен басқа функционалды жабындар қасиеттерінің маңызды сипаттамалары болып H/E^* деформациясы (шытынаған серпімді деформациясы) және H^3/E^{*2} (пластикалық деформация кедергісі) табылады. H^3/E^{*2} қатынасы жабынның пластикалық деформациясына тұрақтылық деңгейін аныктайды. Сонымен қатар, икемділік индексі түйіспелі беттер арасында күтілетін пластикалық деформация шамасын өлшейді. Нанокөп қабатты жабындар үшін $H/E^*=0.14$ және $H^3/E^{*2}\approx 0.077$ арақатынасы есептелген.

H/E^* қатынасының жоғары мәні контакт ауданының ұлғаюынан байланысты қысымының азауын білдіреді. Сондықтан H/E^* ($H/E^*\geq 0,1$) қатынасының жоғары мәні бар жабындар жоғары тозуга төзімділікті көрсетеді және өнеркәсіптік қолдану үшін ұсынылады. Сондай-ақ, пластикалық деформация кедергісінің мәні 0,28-ге дейін өсті. H^3/E^{*2} параметрі локализацияланған деформация болжамына әсер етеді. Біртекті емес (сырганау беті және жылжу жолағы түрінде) деформация осы параметрдің аз мәні болған жағдайда ғана пайда болады. Сонымен қатар, H^3/E^{*2} қатынасының жоғары мәні материалдың бүліну кезінде энергияны сінірудің жоғары қабілеттің білдіреді. Бұл, өз кезегінде, жабынның беріктігін арттыруға, шытынаулардың пайда болуына және, сәйкесінше, сынғыштықтың төмендеуіне әкеледі.

Сонымен, вакуумдық-доғалы тозандату әдісімен алынған (TiAlSiY)N/CrN көп қабатты жабынның рентгенқұрылымдық талдау, раман спектрометриясы және микроМТВ-ының эксперименталдық нәтижелері негізінде келесі қорытындылар жасауға болады:

– (TiAlSiY)N/CrN жабынның көп элементті қабатының ішінде гексагональды AlN қосылуымен AlTiYN кубтық фаза қалыптасты. Сол уақытта CrN бинарлық қабатындағы титан атомдарының диффузиясы пайда болды, ол кубтық фазалы TiCrN фазалық құрылымы бар өтпелі қабаттардың пайда болуына алып келді;

– жабын спектріндегі төмен жиілікті тербелістер AlN гексагоналды Е₂ режиміне сәйкес келетіні анықталды;

– H^3/E^{*2} қатынасының жоғары мәні шытынаулардың беріктілігінің ұлғаюына, яғни сынғыштығының төмендеуіне әкеледі. Бұл өз кезегінде трибологиялық қолданыста өте тиімді болмақ.

Бұл жұмыс КР БФМ Ғылым комитетінің ПЦФ қаржылық қолдауымен «Тантал мен ниобийден медициналық мақсаттағы бұйымдарды өндіру технологиясын әзірлеу» тақырыбы бойынша орындалды.

Әдебиеттер тізімі

- Upadhyay, R. K., Kumaraswamidhas, L. A. Investigation of monolayer–multilayer PVD nitride coating. *Surf. Eng.*, 31, No.2: 123(2015). <https://doi.org/10.1179/1743294414Y.0000000344>
- Yeskermessov, D.K., Uazyrkhanova, G.K., Plotnikov, S.V. Multi-component (Ti-Zr-Cr-Nb)N coatings: structure and properties // Bulletin of the university of Karaganda-Physics. – 2017. – 4. – 88. – 8-17.
- Postolnyi, B.O., Beresnev, V.M., Abadias, G., Bondar, O.V., Rebouta, L., Araujo, J.P. and Pogrebnyak, A.D., Alloys J. Compd., 725: 1188 (2017).<https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2017.07.010>
- Pogrebnyak, A. D., Eyidi, D., Abadias, G., Bondar, O.V., Beresnev, V.M., and Sobol, O.V. Int. J. Refract. Met. Hard Mater., 48: 222 (2015).<https://doi.org/10.1016/j.ijrmhm.2014.07.043>
- Moria, T., Noborisakaa, M., Watanabeb, T. and Suzukia, T.: 'Oxidation resistance and hardness of TiAlSiN/CrAlYN multilayer films deposited by the arc ion plating method', *Surf. Coat.Technol.* 213 (2012) 216-220.
- Iatsunskyi, I., Nowaczyk, G., Jurga, S., Fedorenko, V., Pavlenko, M., Smyntyna, V., One and two-phonon Raman scattering from nanostructured silicon, *International Journal Light Electron Optics* 126 (2015) 1650-1655.<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijleo.2015.05.088>.
- Beresnev, V.M., Pogrebnyak, A.D., Grankin, S.S., Stolbovoi, V.A., Turbin, P.V., Meilekhov, A.A., Arseenko, M.Yu. Structure engineering in vacuum-arc-deposited coatings of the MoN–CrN system, *Tech. Phys. Lett.* 42, (2016) 532-525.
- Soignard, E., Shebanova, O., McMillan, P.F. Compressibility measurements and phonon spectra of hexagonal transition-metal nitrides at high pressure: ϵ -TaN, δ -MoN, and Cr₂N, *Phys. Rev. B* 75, (2007)014104.
- Smith, I., Münz, W., Donohue, L., Petrov, I., Greene, J. Improved Ti_{1-x}Al_xN PVDcoatings for dry high speed cutting operations, *Surf. Eng.* 14 (1998) 37-42.

10. Li, M., Wang, R., Fan, Y. & Wang, L. Oxidation-resistance of (TiAlSiY)N coatings at 850°C Mater. Res. Innov. 19 (2015) S8-190-S8-194.

Қабылданды 18.10.2019

МРНТИ 50.41.25

А.Е. Бакланов¹, О.Е. Бакланова¹, Е.А. Григорьев¹, Ж.С. Кошубаев¹, Ф.Т. Абылаев².

¹Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

²Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Нур-Султан

**ВСТРОЕННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СВЕТОДИОДНОЙ ЛАМПОЙ НА ОСНОВЕ
МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ATMELA 328**

В данной статье описывается управление светодиодной лампой с помощью встроенного микроконтроллера Atmega 328. Описывается разработанная схема подключения светодиодов с широтно-импульсным регулированием. Управление было реализовано с использованием смартфона и модуля Bluetooth HC-06. Развитие данной темы связано с разработкой промышленных систем управления освещением, а также созданием интеллектуальных модулей EPR (Enterprise Resource Planning, планирование ресурсов предприятия) с использованием встроенных микроконтроллеров.

Бұл мақалада Atmega 328 кірістірілген микроконтроллерін пайдаланып жарықдиодты шамды басқару әдісі сипатталған. Импульстің енін реттейтін жарықдиодты шамдарды қосу сұлбасы туралы жазылған. Басқару смартфон мен NS-06 Bluetooth модулі арқылы жүзеге асырылды. Бұл жұмыстың дамуы өндірістік жарықтандыруды басқару жүйелерінің дамуымен, сондай-ақ кірістірілген микроконтроллерлердің қолдана отырып, интеллектуалды EPR модульдерін құрумен (Enterprise Resource Planning, көсіпорынның ресурстарын жоспарлау) бағланысты.

This article describes the control of an LED lamp using the embedded microcontroller Atmega 328. The developed scheme for connecting LEDs with pulse-width regulation is described. Management was implemented using a smartphone and the HC-06 Bluetooth module. The development of this work is associated with the development of industrial lighting control systems, as well as the creation of intelligent EPR modules (Enterprise Resource Planning) using embedded microcontrollers.

Ключевые слова: микроконтроллер, управление, встроенные системы, смартфон, светодиод, ШИМ.

Проблема рационального использования электроэнергии в условиях ограниченности энергетических ресурсов и роста их потребления одна из самых актуальных в мире, а ее решение становится стратегической задачей для большинства государств. Неуклонный рост цен на природные невозобновляемые энергоресурсы, вопросы охраны окружающей среды, обязательства снижения выбросов вредных веществ и парниковых газов в атмосферу диктуют необходимость решения вопросов энергосбережения и энергоэффективности.

Сфера освещения относится к числу направлений с наибольшим потенциалом энергосбережения. По данным Международного энергетического агентства (МЭА) на сетевое электрическое освещение в среднем расходуется 19 % мирового производства электроэнергии [1], из которых на освещение в зданиях расходуется от 20 до 40 % [2, 3]. Потребление энергии на освещение ответственно за 6-8 % выбросов парниковых газов [4].

В Казахстане на искусственное освещение приходится 12-14 % общего энергопотребления [5]. Доля потребления электроэнергии осветительными приборами в общественных и жилых зданиях составляет 40-60 % [6], что в 2-3 раза выше, чем в европейских странах.

Проведенный МЭА анализ существующих в мире тенденций экономического развития и энергоэффективности позволил спрогнозировать повышение спроса на искусственное освещение на 60 % в течении ближайших 20 лет. Без усовершенствования технологий и внедрения политики энергоэффективности такие темпы наращивания производства электроэнергии приведут к

увеличению потребления энергоресурсов, большинство из которых невозобновляемые, а также ухудшению экологической ситуации, связанной с увеличением объемов выбросов углеводородного топлива.

Сфера освещения относится к числу направлений с наибольшим потенциалом энергосбережения. Для Казахстана совокупный потенциал по снижению энергопотребления оценивается на уровне 30–35 % [7].

Инвестиции в энергосберегающее освещение являются также одним из наиболее экономически эффективных способов снижения выбросов CO₂ [8]. Исследования показывают, что существующие технологии могут сократить использование электроэнергии для освещения на 50 % [9,10].

Существенная экономия освещения может быть достигнута благодаря применению новых полупроводниковых (светодиодных) источников света и разработке световых приборов на их основе. Мировой опыт свидетельствует, что уличное и внутриофисное освещение на основе автоматизации светодиодных технологий улучшает качество жизни, одновременно обеспечивая энергоэффективность, т.е. экономическую выгоду и экологическую безопасность.

Существуют два направления технического развития в области электрического освещения. Первое заключается в совершенствовании светоизлучающих компонентов и конструкций осветительных приборов: увеличении световой отдачи источника света, уменьшении удельной мощности, улучшении светотехнических и энергетических параметров. Второе направление связано с разработкой методов и режимов эксплуатации светотехнических изделий.

С внедрением цифровизации и созданием смарт-домов и городов большой интерес проявляется к разработке интернет-устройств (IoT). Наиболее распространенными являются устройства, имеющие собственные системы измерения контроля и управления. Это стало возможным с появлением микроконтроллеров малых размеров с высокими техническими характеристиками. Поэтому в настоящее время большое значение уделяется созданию эффективных приборов и систем, имеющих встроенные интеллектуальные элементы управления.

Встроенная система – это прикладная компьютерная система, созданная для управления рядом функций. Из-за быстро развивающейся технологии значение встроенных систем является сильно колеблющимся определением. Развитие технологий приводит к снижению себестоимости и позволяет внедрять различные аппаратные и программные компоненты во встроенные системы. Встроенная система, предназначенная для конкретной задачи, обычно состоит из входов, выходов и небольшого блока обработки. Большинство встроенных систем являются реактивными системами, что означает, что информация, полученная системой, постоянно обрабатывается, и система действует на основе информации. Информация меняется в зависимости от системы взаимодействия и окружающей среды.

Разнообразие и диапазон сложности таких систем огромны. Это системы от контроллера офисного дверного замка или елочной гирлянды до инфокоммуникационной «начинки» заводов-автоматов, интеллектуальных энергетических систем (Smart Grid), зданий, транспортных систем и даже умных (Smart) городов. Примеры некоторых наиболее крупных областей применения: промышленная автоматика, энергетика, транспорт, авионика и военная техника, телекоммуникации, медицина, интеллектуальное здание, ЖКХ, бытовая техника и др.

В состав простой встроенной системы входят [11]:

- микропроцессорный модуль с памятью;
- периферийная система (датчики, исполнительные элементы и контроллеры ввода-вывода для связи с объектом контроля/управления, устройства человека-машинного интерфейса);
- система электропитания;
- объединяющий конструктив (шасси, корпус);
- управляющее программное обеспечение (ПО).

Основными особенностями встроенной системы считаются:

- работа в реальном масштабе времени;
- различные, часто тяжелые, условия эксплуатации;
- автономность работы (отсутствие оператора, ограничения электропитания);
- высокие требования по надежности и безопасности функционирования;
- ограниченные ресурсы.

Значительные успехи в технологии микроэлектроники сделали возможным увеличение миниатюризации встраиваемых систем. Эта тенденция ведет к развитию крошечных встроенных систем, интегрированных во все большее количество предметов быта, и создаст мир умных устройств, окружающих нас.

Схема разработанного прибора освещения со встроенным микроконтроллером показана на рис.1. Не смотря на простоту устройства, энергоэффективность его значительно повышена за счёт разработки новых алгоритмов управления.

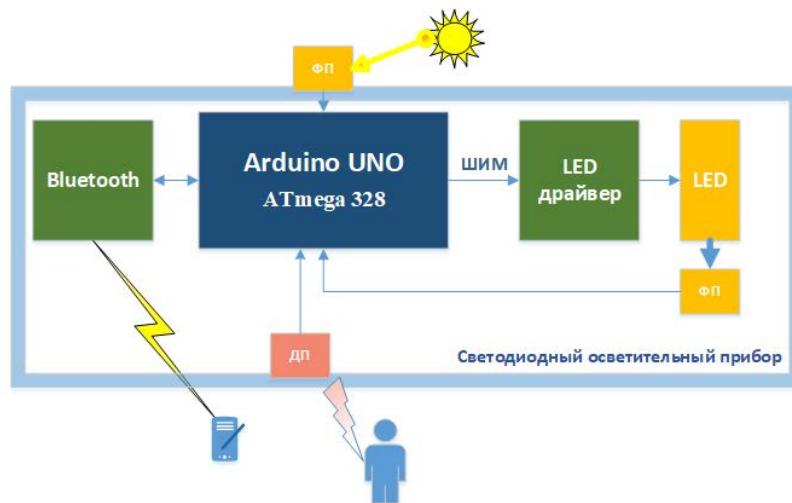


Рисунок 1 – Общая схема осветительного прибора со встроенным микроконтроллером.
ФП – фотоприёмник, ДП – датчик присутствия, ШИМ – широтно-импульсная модуляция

Данный осветительный прибор имеет управление светодиодами как по месту по показаниям фотоприёмника, так и дистанционно через смартфон. Выбор режима управления может осуществляться нажатием кнопки, подключённой к микроконтроллеру, или через смартфон. Значение яркости светодиода определяются с использованием фотоприёмника, аналоговый сигнал с фотоприёмника поступает на микроконтроллер, где происходит процесс его преобразования в ШИМ-сигнал. ШИМ-сигнал поступает на светодиодный драйвер, в соответствии с полученным сигналом драйвер устанавливает значение яркости на светодиодах. Беспроводное соединение микроконтроллера со смартфоном обеспечивается по интерфейсу Bluetooth, через Bluetooth модуль. Управление со смартфона осуществляется при помощи графического интерфейса. Значение яркости светодиода определяются слайдером, значение со слайдера поступает на микроконтроллер, где происходит процесс его преобразования в ШИМ-сигнал. ШИМ-сигнал поступает на светодиодный драйвер, в соответствии с полученным сигналом драйвер устанавливает значение яркости на светодиодах. Дополнительно используется датчик присутствия, который показывает присутствие человека и переводит освещение в оптимальный режим. Без присутствия человека освещённость устанавливается 10 % от оптимальной.

В схеме используется Arduino UNO R3 с микроконтроллером ATmega328, с тактовой частотой 16 МГц, драйвер светодиода 3Вт, выход с поддержкой ШИМ регулирования. Выходной ток I_{вых} 700mA, частота ШИМ сигнала 20-20 kHz. Светодиоды (в лампе 3 светодиода) имеют мощность 3W, потребляемый ток I_п 700mA, с яркостью 180-200 люмен. Bluetooth модуль HC-06 соединяется с микроконтроллером по UART через вход RX0 для приема данных от модуля и через выход TX1 для передачи данных для модуля.

Внешний вид экспериментальной установки показан на рис. 2.

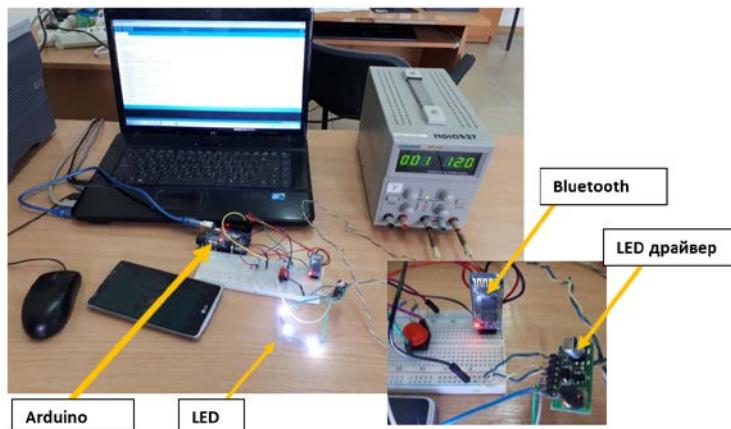


Рисунок 2 – Внешний вид экспериментальной установки

Графический интерфейс программы сделан на основе системы RemoteXY, в которую входит графический редактор и приложение для смартфона.

Конфигурация графического интерфейса хранится в контроллере и загружается напрямую в смартфон (рис. 3).

Для связи контроллера и смартфона необходимо Bluetooth соединение (в данном случае) и наличие приложения RemoteXY на смартфоне.

Рисунок 3. Интерфейс программы управления на смартфоне:
1 – слайдер; 2 – поле текстового вывода; 3 – переключатель; 4 – индикаторы

Слайдер – элемент, предназначенный для регулировки яркости в дистанционном режиме, в программе обозначен как переменная slider.

Поле текстового вывода – элемент, предназначенный для вывода значения ШИМ-сигнала из порта контроллера, показывает значение в байтах. Элемент работает в любом режиме управления, в программе обозначен как массив pwm_str.

Переключатель – элемент, предназначенный для дистанционного выбора режимов управления. Элемент работает в любом режиме управления, в программе обозначен как переменная Mode_switch.

Индикаторы – элементы, обозначающие, какой режим управления в данный момент времени установлен, при включении определенного режима определенный индикатор загорается красным цветом. Обозначения слева от индикаторов М – местный, Д – дистанционный. В программе обозначены как переменные FlagL_g и FlagD_g.

Разработанное светодиодное устройство освещения со встроенным контроллером позволяет осуществлять мониторинг работы системы освещения, а также управлять режимами работы светодиодов, что позволит создать энергоэффективные светодиодные лампы.

Список литературы

1. International Energy Agency. Light's Labour's lost. Policies for Energy-efficient Lighting, OECD/IEA. 2006. – 516 p.
2. George K. Adam, Panagiotis A. Kontaxis, Lambros T. Doulos Embedded Microcontroller with a CCD Camera as a Digital Lighting Control System // Electronics. – 2019. – 8 (1); doi:10.3390/electronics 8010033
3. Kang H., Sung J., Park S., Kang H., Choi J., Kang T. Automatic Lighting Control System and Architecture Using Ambient Light Sensor // The Tenth International Conference on Systems. – Barcelona, 2015. – Pp. 44-45.
4. Provoost R., Goetzeler M. A global transition to efficient lighting // COP 16 United Nations Climate Change Conference Cancun Mexico, 2010. – Pp. 84-85.
5. Babko A., Inyutin S. Energy and light audits in buildings and street lighting. Astana: Publishing ..., 2014. 174 p.
6. Resolution of the Government of the Republic of Kazakhstan. 29.08.2009. № 904. On approval of the Program «Energy Saving – 2020».
7. Абдрахманов Е.А. Развитие энергосберегающей деятельности в Казахстане // Вестник Алматинского университета энергетики и связи. – 2013. – №3(22) – С. 16–25
8. Ahn, B.-L.; Jang, C.-Y.; Leigh, S.-B.; Yoo, S.; Jeong, H. Effect of LED lighting on the cooling and heating loads in office buildings. Appl. Energy 2014, 113, 1484-1489
9. Grigoryeva S., Baklanov A., Titov D., Sayun V., Grigoryev E. Analysis energy efficiency of automated control system of LED lighting // International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON), Astana, 2017.
10. Вебер А. Системы управления внутренним и наружным освещением компании Vossloch-Schawbe // Светотехника. – 2012. – №3. – С.45-46.
11. Платунов А. Встраиваемые системы управления // Control Engineering. – Россия. – 2013. – №1 (43), pp. 16-24.

Получено 18.10.2019

МРНТИ 55.47

О.Е. Бакланова, Е.В. Рыжкова, Б.Н. Азаматов, Ж.К. Азаматова

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ В ЗАДАЧАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА

В данной статье рассматривается проведение контроля качества имплантата с помощью компьютерного зрения, возможность замены визуального контроля качества технологических изделий в сферах промышленности, требующих высокоточных измерений.

Бұл мақалада имплантты сапалы бақылауды компьютерде көрү, технологиялық өнімдердің жоғары дәлдіктерін өлшеуді қажет ететін технологиялық өнімдердің визуалды сапасын бақылау мүмкіндігін қолдану жолдары талқыланады.

This article discusses how to conduct quality control of the implant using computer vision, the possibility of replacing the visual quality control of technological products in industries requiring high-precision measurements.

Ключевые слова: компьютерное зрение, контроль качества, распознавание изображения, медицинские имплантаты, методы обработки изображения, визуализация процесса.

В связи с развитием промышленности стал актуальным вопрос высокоточной проверки качества продукции с помощью новых технологий. Машинное зрение позволяет сохранить, записать изображения, форму, размеры, местоположение, а также текстуру изделия. Системы визуального контроля с помощью машинного зрения имеют высокую скорость работы, возможность 24-часо-

вой работы, точность и надежность измерений. Преимущество машин над человеком заключается в отсутствии усталости, болезни или невнимательности. [1]

Использование машинного зрения дает следующие возможности:

- система контроля машинного зрения позволит исключить человеческий фактор при визуальном контроле качества изделий, что немаловажно при изготовлении точных изделий, например для медицины;
- на основе подобранных методов открывается возможность в создании автоматизированного проведения контроля качества с применением машинного зрения;
- система контроля машинного зрения может быть использована как технология для оценки геометрических параметров объекта, наличие дефектов на контурах детали, что немаловажно для проведения работ в прикладных материаловедческих исследованиях, металлургии, при изготовлении медицинских материалов и изделий. [2]

Перспективным является использование машинного зрения в медицине травматологии и стоматологии. Эффективным способом лечения и восстановления целостности костной ткани является эндопротезирование. Имплантаты позволяют сократить сроки лечения при тяжелых заболеваниях и исключить отторжение последних. При изготовлении имплантата непременно важная роль отводится как качеству исходного материала, так и качеству напыления при эндопротезировании. В статье рассмотрено применение системы контроля качества машинного зрения на примере эндопротеза тазобедренного сустава.

Система контроля качества изготовления медицинских имплантатов с помощью методов компьютерного зрения производится в двух направлениях:

- 1) визуальный контроль геометрических параметров объектов (определение границ контура детали) с использованием эффективных алгоритмов.
- 2) визуальный контроль качества обрабатываемых поверхностей (ее текстуры) с использованием эффективных алгоритмов. [3]

В данной статье мы рассматриваем визуальный контроль геометрических параметров объектов (определения границ контура детали) с использованием эффективных алгоритмов.

Контроль качества геометрических параметров складывается из применения измерительных инструментов и визуального осмотра детали. Такой метод сбора данных относится к неразрушающему контролю качества, который в свою очередь решает ограниченный круг задач технического контроля. Контроль соответствия геометрии производится после обработки материалов на станке с ЧПУ. В ходе работы производится замер основных линейных размеров (длина, ширина, толщина имплантата), и сравнение их с ранее разработанными технологией изготовления имплантата, где представлены чертежи и предельно-допустимые отклонения от размера имплантата [4].

В связи с таким постадийным проведением контроля качества появилась необходимость применить техническое зрение для упрощения проведения контроля качества. Данная статья посвящена исследованию алгоритмов и разработке методов обработки изображений распознавания образов в задачах автоматического контроля качества.

Схема проведения контроля качества с помощью алгоритмов компьютерного зрения.

Основным назначением создания программного продукта является визуальный контроль качества геометрических параметров имплантата. Программный продукт должен отвечать следующим требованиям:

- 1) обрабатывать изображение методами контурного анализа;
- 2) выявлять несоответствие;
- 3) иметь сравнительно высокую производительность;
- 4) иметь легкий и понятный интерфейс;

Программно-аппаратная платформа анализа образов объектов распознавания состоит из следующих модулей (рис. 1): загрузка изображений с камер, переход изображение в полутоновое, что позволяет уменьшить вес изображения и тем самым облегчает дальнейшую обработку изображений, а также их хранение, затем производится контурная обработка, далее полученное изображение контуров с помощью оператора бинаризации приводят к бинаризованному виду, что дает получение черно-белого изображения, далее с помощью инверсии получаем более воспринимаемую картину, т.е. черный фон становится белым, а выделенные границы детали черными. Последний

этап сравнение образа с загруженным эталоном – дает представление о соответствии полученной детали.

Данный программный модуль осуществляет методику проведения распознавания и сравнения с эталоном.

Принцип проведения сравнений изображений на примере эндопротеза тазобедренного сустава.

При сравнении изображений самое главное выбрать меру схожести. Данная величина имеет значение обратное разности изображений друг от друга. Схожими изображениями будут изображения, разницы между которыми меньше некоего порога. Обычно для изображений с равными габаритами мерой используют среднеквадратическое отклонение пикселей одного изображения и другого. Одинаковые изображения имеют почти одинаковые соотношения ширины и высоты. Большинство изображений в одной коллекции снимков чаще всего имеют одинаковое соотношение сторон.



Рисунок 1 – Схема проведения контроля качества с помощью алгоритмов компьютерного зрения

В данной статье описывается пиксельное сравнение изображения, и далее представлено пошаговое описание произведения всей методики сравнения используемое в программе MATLAB.

Чтобы загрузить изображения в MATLAB используем функцию `f = imread('A1.JPG')`, которая присваивает изображению A1 имя f. Далее используем специальную формулу для выделения границ `filt = fspecial`, затем формулу, соответствующую оператору Собеля, поскольку в процессе принятия решения важны сведения не о яркости конкретных точек объекта, а о его форме. Использование в комплексе программ бинаризации позволяет уменьшить объем обрабатываемых данных и упростить многие алгоритмы выделения базовых признаков объектов (в основном геометрических и топологических характеристик), поэтому после выделения границ производим бинаризацию с помощью специальной формулы `level_1 = graythresh`, далее производится инверсия изображения с помощью следующей `bf2 = imcomplement`. Последним этапом является наложение двух изображений, обработанных представленным выше образом.

На рис. 2 представлены результаты обработки изображений имплантата без дефектов и с имеющимися дефектами. При сравнении с эталоном виден результат работы программного продукта в среде MATLAB, выделенный результат сравнения эталона и проверяемой продукции. Если имплантат соответствует эталону, то он переходит к следующей технологической операции, в противном случае необходимо проводить дополнительные измерения соответствия геометрических параметров имплантата. Стоит заметить, что замеры производятся уже не всего изделия и не всех произведенных изделий, а тех, на которых были выделены области несоответствия. Зеленым цветом выделяется контур эталонного изображения, изображение, имеющее несоответствие размера ножки, накладывается розовым оттенком. Таким образом, при проведении визуального контроля с помощью алгоритмов компьютерного зрения мы видим возможным применение данной технологии на практике.



Рисунок 2 – Принцип проведения сравнения изображений на примере эндопротеза тазобедренного сустава

Контроль качества технологических процессов является одним из ключевых звеньев в общей системе функционирования и развития любого современного предприятия. Усовершенствование в этой сфере интеллектуального труда человека с помощью компьютерного зрения, научно-обоснованное распределение функций между человеком и компьютером в процессе управления технологией приводят к повышению эффективности и качества принимаемых технологических решений, сокращению сроков их реализации, снижению затрат и автоматизации стадий производства.

В результате проведения контроля качества с помощью компьютерного зрения были решены следующие задачи:

1. Выполнен аналитический обзор методов контроля качества и особенностей их проведения на примере эндопротеза тазобедренного сустава;
2. Проведен обзор методов и алгоритмов компьютерного зрения позволяющих определять дефекты на изображениях;
3. Разработана методика проведения контроля качества с использованием математических алгоритмов в среде MATLAB.

Выражается благодарность руководству ВКГТУ им. Д. Серикбаева за поддержку проведения исследований и работ в рамках ПЦФ «Выпуск титановой продукции для дальнейшего использования в медицине».

Список литературы

1. Казахстану необходим рывок в цифровизации // Капитал: Центр деловой информации. – <https://kapital.kz/gosudarstvo/55843>
2. III Международной научно-технической конференции студентов, магистрантов и молодых ученых «Творчество молодых - инновационному развитию Казахстана» (Усть-Каменогорск, 2018) статьи и ссылка Рыжкова Е.В., Бакланова О.Е.
3. ПЦФ «Выпуск титановой продукции для дальнейшего использования в медицине» № госрегистрации 0115РК02769 МРНТИ 53.49.05.
4. Машинальное зрение: что и как видят автомобили. – <https://geektimes.ru/>.
5. Шихельман Г.Л. Рабочему о качестве металлообработки. – М.: Машиностроение, 1980. – 152 с.
6. Неразрушающий контроль: методы, характеристики, преимущества <http://t-ndt.ru/nerazrushayushhij-kontrol-metodyi,-xarakteristiki,-preimushhestva-1888.html>
7. Дьяконов В. П. MATLAB 6.5/7.0 + Simulink 5/6 в математике и моделировании. – М.: «СОЛОН-Пресс», 2005. – 576 с. (Библиотека профессионала).
8. Lasty P., Sebastiani F. Determining the Semantic Orientation of Terms through Gloss Classification // Conference of Information and Knowledge Management (Bremen). – New York: ACM, 2005. – Р. 617-624.
9. Baklanova O.E., Ryzhkova E.V., Iskakova M.M. Automatization of algorithms for visual quality control of coatings and contours on the products for medical purposes // Proceeding of International Conference on Computer Graphics, Visualization, Computer Vision and Image Processing. – Madrid, Spain, 2018. – Р. 432-435.
10. Ryzhkova E., Baklanova O., Baklanov A. and Pronina M. Development and research of computer vision algorithms for visual control of geometric parameters of objects (defining the boundaries of the contour of the part) // Совместный выпуск научных журналов «Вестник» ВКГТУ им. Д. Серикбаева и «Вычислительные технологии» Института СО РАН. – Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2018. – № 3. – Т. 1. – Ч. 2. – С. 190-200.
11. Samuel J. Dwyer III. A personalized view of the history of PACS in the USA. In: Proceedings of the SPIE, «Medical Imaging 2000: PACS Design and Evaluation: Engineering and Clinical Issues», edited by G. James Blaine and Eliot L. Siegel. 2000; 3980: 2-9.

Получено 18.10.2019

МРНТИ 55.09.29

А.К. Быжиков, М.Т. Төреканова, К.К. Комбаев

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

**АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ
ЛОКАЛЬНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Исследования направлены на внедрение инновационной технологии электролитно-плазменной модификации деталей из стали 20х в промышленное производство трубопроводной арматуры нефтегазового оборудования Казахстана. Внедрение технологии предполагается на базе предприятия – партнера АО «УЗПА». Предлагаемая технология ЭПМ позволяет повысить износостойкость производимых деталей, автоматизировать технологические процессы, также снизить трудоемкость и себестоимость производимой продукции на 30-40 %, что в свою очередь обеспечит высокое качество продукции и конкурентное преимущество как на внутреннем, так и на мировом рынках.

Зерттеге жұмыстары 20х болатты беріктендеріп, модификациалап инновацыйлық электролитті плазмалық технологияны қазақстанның мұнай газ саласындағы құбырлық арматура жасау зауытына енгізу болып табылады. жаңа технологияны АҚ «ӘТАЗ» зауытына енгізу көзделген. ЭПМ болжамдалынатын технологиясы өндіретін бұйымдарының тозуга тәзімділігін арттыруа, технологиялық үдерісті автоматтандыруа, сонымен қатар еңбек сыйымдылығын төмендетуге және 30-40 %-га өндіретін өнімнің өзіндік құнын азайтуға мүмкіндік

береді, ал ол өз кезегінде өнімнің жоғары сапасын және ішкі және сыртқы нарықтағы бәсекелестік басымдылықты қамтамасыз етеді.

The research is aimed at the introduction of innovative technology of electrolyte-plasma modification of steel parts 20x in the industrial production of pipeline valves of oil and gas equipment in Kazakhstan. The introduction of technology it is assumed the enterprise is the partner of JSC "USPA". The proposed technology of EPM allows you to improve the wear resistance of parts, automate processes, reduce labor intensity and production costs by 30-40 %, which in turn will ensure high product quality and competitive advantage in both the domestic and global market.

Как известно, в мировой нефтедобывающей отрасли доля промышленности РК весома [1]. Обвязки оборудования колонн клиновых (ОКК) в процессе прокачки нефти подвергаются высоким контактным напряжениям и ударно усталостному износу (рис. 1.).

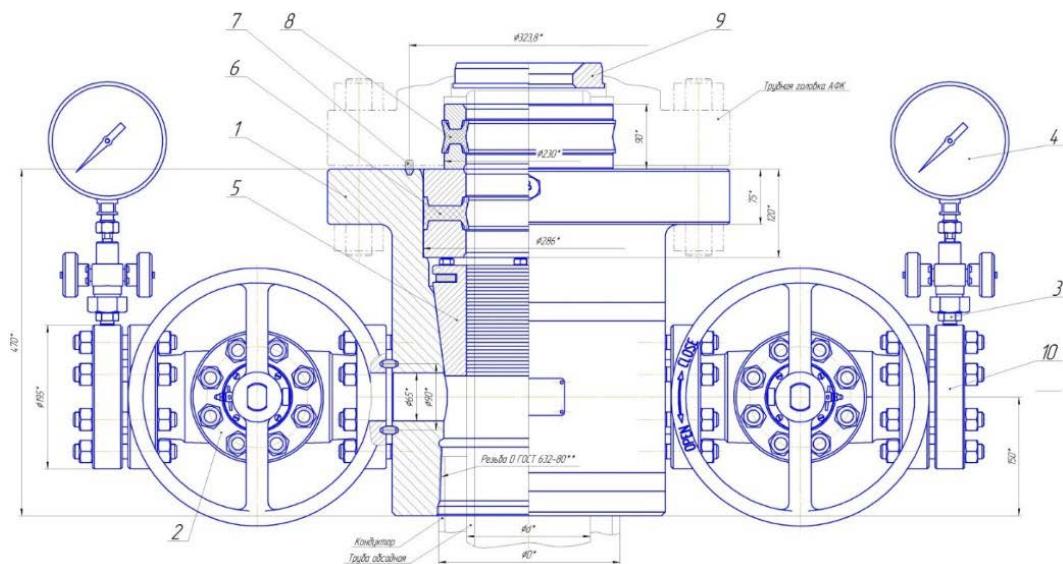


Рисунок 1 – Оборудование колонн клиновое – ОКК: 1 – корпус головки; 2 – задвижка шиберная УП АФ 210-065 РД; 3 – вентиль манометра; 4 – манометр; 5 – трубодержатель клиньевой – плашки; 6 – уплотнение первичное; 7 – кольцо уплотнительное П53; 8 – уплотнение вторичное; 9 – втулка направляющая; 10 – заглушки

В условиях действующего производства АО «УЗПА» упрочнение плашек ОКК из низкоуглеродистой стали 20Х обеспечивается традиционно в электропечи цементацией в твердом карбюризаторе (древесный уголь) с последующей закалкой [2]. Недостатком данного процесса являются: низкий КПД (большие теплопотери), очень длительный процесс (особенно разогрев печи до требуемой температуры), очень тяжелое и громоздкое оборудование, требующее мощности 60-100 кВт [3]. Цементация в твердом карбюризаторе – процесс дорогой, долгий и трудоемкий [4]. Скорость проникновения углерода не большая, и для глубин в 1-2 мм необходимо греть заготовку в карбюризаторе 8-10 часов при определённой температуре с последующей закалкой [5].

В наших работах изучена структура исходного состояния аналогичной стали 20Х на примере низкоуглеродистой легированной стали 18ХН3МА-Ш. Технологический процесс традиционного упрочнения цементацией с последующей закалкой сопровождается появлением в покрытиях различных дефектов, среди которых к наиболее часто встречающимся относятся микротрешины, коробления [6], окалины и шелушения металла. Микротрешины – неисправимый дефект (рис. 2). В связи с этим актуальным является поиск альтернативных методов термохимической обработки [7].



Рисунок 2 – Микроструктура стали 18ХН3МА-Ш после цементации и закалки $\times 100$
(стрелкой указан дефект термической обработки)

Вместо цементации с последующей закалкой мы предлагаем разработанную нами технологию ЭПМ, где использована идея авторского изобретения – способ упрочнения низкоуглеродистых сталей, отличающийся тем, что нагрев детали осуществляют плазмой, при этом деталь погружают в электролит, подают постоянный электрический ток, затем подвергают охлаждению в потоке электролита [8].

Сущность ЭПМ заключается в следующем (рис. 3): катод 2 – образец из стали 18ХН3МА-Ш погружен на глубину 4-6 мм в электролит – 10 % водный раствор Na_2CO_3 [9]. Анод 1, имеющий форму диска диаметром 50 мм толщиной 2 мм с просверленными отверстиями $\varnothing 4$ мм изготовлен из нержавеющей стали 12Х18Н10Т. Плазма 3 возникает между катодом и жидким электролитом [10].

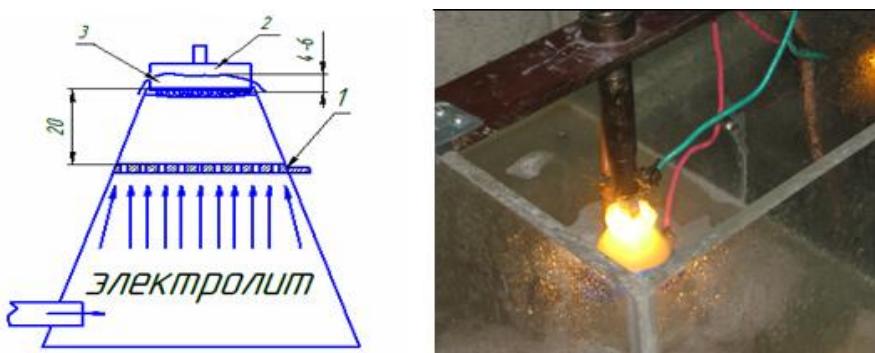


Рисунок 3 – Электролитно-плазменная закалка образца из стали 18ХН3МА-Ш:
слева – схема сопла, справа – плазма в процессе обработки

Ионы, имеющие отрицательный заряд, отдают избыточные электроны при прохождении через отверстия анода – нержавеющей стали 12Х18Н10Т, катионы увлекаются гидродинамическим потоком электролита и рекомбинируют на катоде – поверхности образца [11]. Преобразование электрической энергии в тепло идет в основном в плазменном слое на нагреваемой поверхности изделия – катоде.

Растровый элементный анализ обработанной поверхности показал (рис. 4), что при электролитно-плазменном нагреве образца, наряду с закалкой, происходит химическая модификация поверхностного слоя металла [12].

Обрабатываемые поверхности цементируются ионами углерода и закаливаются в электролите за существенно короткое время.

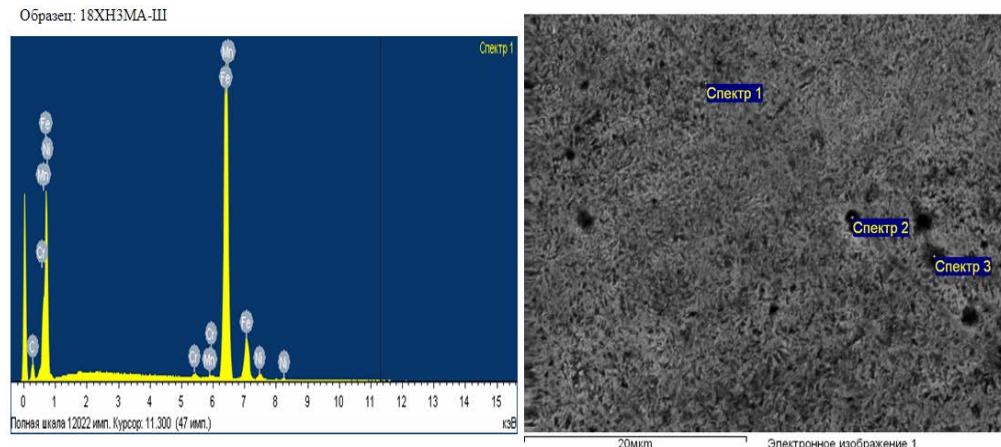


Рисунок 4 – Растворный элементный анализ поверхности электролитно-плазменной обработанной стали 18ХН3МА-Ш

Увеличение процентного содержания углерода (табл. 1) относительно исходного состояния объясняется тем, что в плазменном слое электрического газового разряда из водного раствора кальцинированной соды Na_2CO_3 при протекании электрического тока образуются заряженные ионы углерода [13], которые науглероживают поверхность образца.

Таблица 1
Качественный и количественный анализ ЭПМ образца

Спектр	C	Na	Si	Cr	Mn	Fe	Ni	Итог
Спектр 1	0,56	-	-	0.66	0.48	95,73	2.57	100.00
Спектр 2	0,69	0.38	-	0.66	-	95,75	2.52	100.00
Спектр 3	0,71	-	0.31	0.54	0.54	95,48	2.42	100.00

Все результаты в весовых %

Электролитно-плазменная обработка образцов стали 18ХН3МА-Ш приводит к увеличению твердости поверхностного слоя (рис. 5).

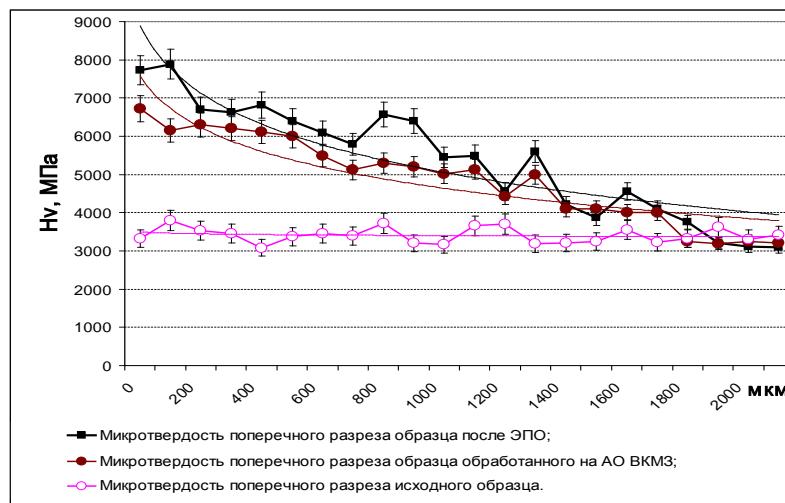


Рисунок 5 – Сравнительная оценка микротвердости образцов стали 18ХН3МА-Ш

По мере удаления от поверхности обработки микротвердость снижается и на глубине 1600...1800 мкм выходит на уровень значения микротвердости исходного состояния. После ЭПМ серцевина более пластична и имеет твердость не более 46-50 HRC. Значение микротвердости исходной перлитно-ферритной структуры составляет в среднем Hv=3271 МПа. Относительно исходного состояния микротвердость после ЭПМ повышается более чем в два раза [14].

Основными преимуществами электролитно-плазменной обработки являются: возможность упрочнения сложного профиля, отсутствие необходимости специальной подготовки поверхностей перед упрочнением, экологическая безопасность (не требуется использования специальных очистных сооружений), отсутствие деформаций металла. Локальная обработка плазмой не нагревает объемно деталь более чем на 200...300 °C. Электролитно-плазменной обработкой получают упрочненный слой толщиной от 1,0 до 2,0 мм [15].

Методом электролитно-плазменного упрочнения (ЭПУ) в настоящее время модифицируются поверхности деталей коленчатых валов, чугунные цилиндры дизельных двигателей, дисковые пилы и т.д. [16]. В Институте электросварки им. Е.О. Патона (Украина) и АООТ «ПЕРВОМАЙСКДИЗЕЛЬМАШ» разработана электролитно-плазменная технология упрочнения шеек коленчатых валов для дизельных машин. Твердость упрочненного участка изготовленных деталей составила 55-60 HRC.

Барабанцев Г.Е., Тюляпин А.Н., и др. запатентовали устройства для закалки дисковых пил. Изобретение относится к области термической обработки, а именно к устройствам для закалки стальных деталей в электролите, и может быть использовано при закалке зубьев дисковых пил холодной резки и гнутого профильного проката. С тех пор метод расширяется и изучается в Великобритании, Японии, Китае, Иране, США, Турции, Индии.

В Казахстане и в мире электролитно-плазменная модификация плашек из низкоуглеродистой легированной стали 20Х оборудования колонн клиновых не используется.

Исследования направлены на внедрение инновационной технологии ЭПМ деталей из стали 20Х в промышленное производство трубопроводной арматуры нефтегазового оборудования Казахстана. Внедрение технологии предполагается на базе предприятия-партнера АО «УЗПА». Предлагаемая технология ЭПМ позволяет повысить износостойкость производимых деталей, автоматизировать технологические процессы, также снизить трудоемкость и себестоимость производимой продукции на 30-40 % относительно традиционной технологии, что в свою очередь обеспечит высокое качество продукции и конкурентное преимущество как на внутреннем, так и на мировом рынках [17].

На действующем предприятии АО «УЗПА» вместо цементации на твердом карбюризаторе с последующей закалкой предложен способ упрочнения низкоуглеродистых сталей, включающий нагрев детали до 930-940 °C, цементацию на глубину 1 мм, и закалку при 800-820 °C, отличающийся тем, что нагрев детали осуществляют электролитной плазмой, при этом деталь погружают в электролит на глубину 4-6 мм, подают постоянный электрический ток, подвергают охлаждению в потоке электролита [18].

Температура нагрева является основным параметром фазовых превращений, для стали 18ХН3МА-Ш который равен 960 °C. Таким образом, мы определили основные факторы, определяющие качество упрочнения стали при ЭПО – время нагрева, время закалки и напряжение тока. На основании обработки экспериментальных данных по теории корреляции была установлена зависимость температуры нагрева от времени нагрева и охлаждения и напряжения которое выражено формулой (1):

$$T = 4,5xt_{\text{наг.}}^2 + 4,8xU - 18xt_{\text{охл.}}, \quad (1)$$

где T – температура нагрева стали, $t_{\text{наг.}}$ – время нагрева (сек.), $t_{\text{охл.}}$ – время охлаждения в потоке электролита (сек.), U – напряжение (В) [19].

Экспериментально определенные оптимальные режимы ЭПО: $t_{\text{наг.}} = 4$ с, $t_{\text{охл.}} = 4$ с, $U = 200$ В подтверждаются установленной зависимостью $T = 4,5x4^2 + 4,8x200 - 18x4 = 960$ °C. Отсутствие таких исследований не позволяет прогнозировать параметры качества упрочнения в ходе технологического процесса ЭПО, т.е. решить проблему управления качеством технологического процесса.

Инновация проекта – полностью безопасен с экологической стороны, поскольку в технологии не используются вредные химические и биологические вещества, радиоактивные элементы, газы и др. Технология основана на термической и механической обработках металлов с использованием проектируемой установки – электролитно-плазменного упрочнения. Для реализации исследования использованы следующие методики: комплексное модифицирование электролитно-плазменной обработкой, обеспечивающей получение изделий с высокими физико-механическими и эксплуатационными свойствами, измерение микротвердости по Бринеллю (ГОСТ 9012-59), оптическая металлография (ГОСТ 3443-87), рентгеновская дифрактометрия (Р 50-54-52-88), электронная просвечивающая и растровая микроскопия (ГОСТ 21006-75), атомная эмиссионная спектрометрия с индуктивно связанный плазмой (ГОСТ Р ИСО 15202-1-2007). Данные методики являются стандартными, широко известны и более 40 лет применяются при экспериментальных исследованиях процессов структурообразования и для изучения физико-механических свойств сталей и сплавов [20].

Список литературы

1. Комбаев К.К., Кылышканов М.К. Влияние режимов электролитно-плазменной закалки на структуру и свойства стали бурового долота // Труды Университета Караганда, 2009. – № 2. – С. 16-18.
2. Кылышканов М.К., Комбаев К.К. Методы поверхностного упрочнения чугуна на основе электролитно-плазменной обработки // Вестник ВКГТУ. – Усть-Каменогорск, 2008. – № 3. – С. 46-49.
3. Кожа Е., Комбаев К.К., Достаева А.М., Смагулов Д.У. Микродуговое оксидирование алюминиевых сплавов // Вестник КазНТУ им. К.И. Сатпаева. – Алматы, 2014. – № 2(102). – С. 346-351.
4. Комбаев К.К., Орымканова Ж.О. Алюминий қорытпасын микродугалық оксидтендіру // XIV Республикаанская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и молодых ученых «Творчество молодых-инновационному развитию Казахстана», 7-9 апреля 2014 г. – Усть-Каменогорск, 2014. – Ч. II. – С. 63-66.
5. Сағидұғумар А.Н., Комбаев К.К. Исследование свойств алюминиевого сплава после гидроплазменной обработки // Международная научно-техническая конференция студентов, магистрантов и молодых ученых «Творчество молодых-инновационному развитию Казахстана», 9-10 апреля 2015 г. – Усть-Каменогорск, 2015. – Ч. II. – С. 127-129.
6. K.K. Kombayev , L.I.Kveglis, S.E. Sandybay, A.T. Shokputova. Technology of electrolytum-plasma treatment of aluminum alloys // Journal "Scientific Israel – Technological Advantages" MATERIALS ENGINEERING & NEW TECHNOLOGIES Vol.20, 2018. – № 1. – Р. 46-52.
7. Комбаев К.К., Кылышканов М.К., Скаков М.К. Исследование влияния электролитно-плазменной обработки на структуру и износостойкость стали бурового инструмента // Вестник КазНТУ. – Алматы, 2010. – № 1(77). – С. 105-111.
8. Комбаев К.К., Кылышканов М.К., Лопухов Ю.И. Исследование свойств модификации поверхности после электролитно-плазменной обработки стали 18ХН3МА-Ш // Вестник Национальной инженерной академии Республики Казахстан. – Алматы, 2009. – № 2(32). – С. 142-146.
9. Комбаев К.К. Влияние электролитно-плазменной обработки на микроструктуру и твердость // X Республикаанская научно-техническая конференция студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых. – Усть-Каменогорск, 2010. – Ч. II. – С. 123-124.
10. Комбаев К.К., Кылышканов М.К., Лопухов Ю.И. Влияние электролитно-плазменной обработки стали 18ХН3МА-Ш на поверхностную микроструктуру и твердость // Журнал Сибирского федерального университета, серия «Техника и технологии». – Красноярск, 2009. – № 2(4). – С. 394-399.
11. Кылышканов М.К., Комбаев К.К., Погребняк А.Д. Заключение о выдаче инновационного патента на изобретение «Способ электролитно-плазменного упрочнения деталей бурового долота» // МПК C21D1/78 (2009.01), C21D 1/34 (2009.01).
12. Комбаев К.К., Елеуkenев Д.Т. Влияние электролитно-плазменной обработки на абразивную износостойкость // X Республикаанская научно-техническая конференция студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых. – Усть-Каменогорск, 2010. – Ч. II. – С. 77-78.
13. Погребняк А.Д., Кылышканов М.К. Бойко А.Г., и др. Плазменно имплантационный метод упрочнения сталей и чугунов // Вестник Сумского государственного университета. – Сумы, 2004. – № 8(67). – С. 69-80.
14. Черненко В.И., Снежко Л.А., Папанова И.И., Литовченко К.И. Теория и технология анодных процессов при высоких напряжениях. – Киев: Наукова Думка, 1995. – 196 с.

15. Остроумов Г.А. Взаимодействие электрических и гидродинамических полей. – М.: Наука, 1979. – 310 с.
16. Тюленин А.Н., Тюрин Ю.Н., Граднев А.И. Гистерезис вольтамперных характеристик источников питания // МиТОМ. – 1988. – №1. – С. 9-12.
17. Комбаев К.К., Скаков М.К., Путренко Н.Ф. Заключение о выдаче патента на полезную модель «Стенд для испытания материалов на трение и износ» // МПК G01N 3/56 (2009.01).
18. Комбаев К.К., Курмангалиев Т.Б. Патент №710 на полезную модель «Стенд для испытания материалов на трение и износ» // G01N 3/56 (2010.01)
19. Косиловой А.Г., Мещерякова Р.К. Справочник технолога-машиностроителя. – М.: Машиностроение. – 1985. – Т.2. – 397 с.
20. Погребняк А.Д., Дядюра К.А., Тюрин Ю.Н., Кылышканов М.К. Компрессорное и энергетическое машиностроение // Физика, математика, механика. – Сумы, 2005. - № 4(6). – С. 105-108.

Получено 18.10.2019

МФТАА 621.74.04.669.131.602

В.Н. Волков¹, Д.С. Кабдуллина¹, М.Т. Төреканова¹, М.С. Зудова², Н.П. Сергиенко²

¹Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

²АО «Востокмашзавод», г. Усть-Каменогорск

ЖОҒАРЫ ЛЕГІРЛЕНГЕН БОЛАТТЫ ДУПЛЕКС-ПРОЦЕСПЕН БАЛҚЫТУ

Жоғары марганецті болатты шөміште көміртекті қорытпаларды және марганецті лигатураны арапастыру арқылы алу. Ұсақ дәнмен 110Г13Л болаттан жасалған құйма бәлшектерді алуға, дән шекаралары бойынша карбидтердің болмауын, жоғары механикалық қасиеттермен, өнім сапасы мен басқа да қызметтік сипаттамалармен алуға мүмкіндік береді. Марганец буының болмауынан экология жақсаруда.

Получение высокомарганцовистой стали смешиванием углеродистого сплава и марганцовистой лигатуры в ковше позволяет получать литые детали из стали 110Г13Л с мелким зерном, отсутствием карбидов по границам зерен, повышенными механическими свойствами, качеством продукции и другими служебными характеристиками. Улучшается экология из-за отсутствия паров марганца.

The production of high manganese steel by mixing a carbon alloy and a manganese alloy in the ladle allows to obtain cast parts from 110G13L steel with fine grains, no carbides along the grain boundaries, improved mechanical properties, product quality and other performance characteristics. Ecology is improving due to the lack of manganese vapor.

Казіргі уақытта 110Г13Л типті жоғары легірленген марганецті болаттар мынадай технологиялық сұлба бойынша балқытылады: бірінші сынаамадағы көміртегі құрамы кемінде 0,5 % болуы үшін фосфордан, газдан (HNO), металл емес қосындылардан қорытпаны сапалы түрде тазарту үшін, бірінші – электр дөғалы болат балқыттын пешке көміртекті металл шикізурам мен шойынды жүктейді. Тотығу кезеңінің соңында көміртегі мөлшері 0,1 %, фосфор - ≤ 0,02 %, азот және сутегі - ≤ 0,01%-дан аспауы тиіс, металл температурасы ≈1600 °C.

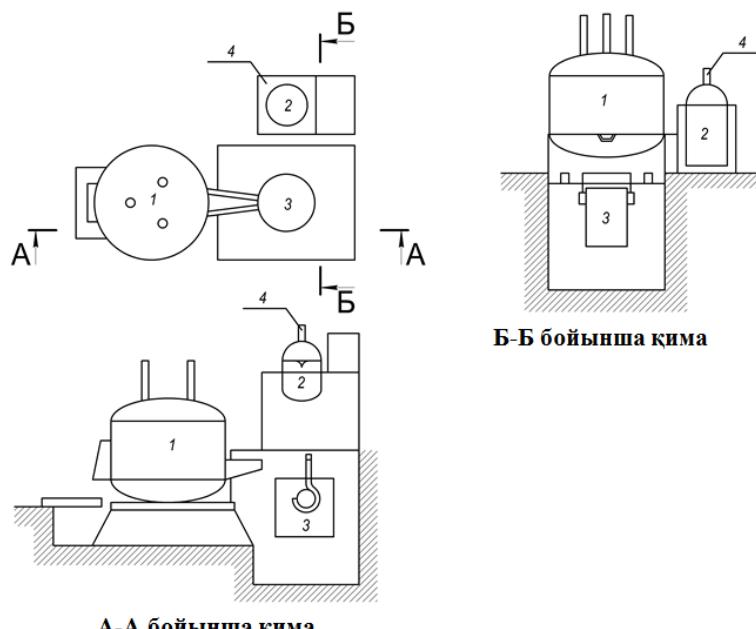
Қалпына келтіру кезеңінде жоғары кальцийлі шашыранды шлакты алғаннан кейін оны электр дөға аймағындағы өте жоғары температурадағы электрлі болат балқыттын пешке бере бастайды, балқытылатын металдың жалпы салмағынан ~18% ферромарганец (8000 кг металлшіхтаға 1800 кг FeMn), силикомарганец. Феррокорытпаларды балқытқаннан кейін C, Mn, Si, S, P талдау үшін металл сыналасын алады және химиялық құрамды түзетеді.

Осындай технологияның кемшілігі болатты балқытудың ұзактығын арттыру, қорытпаның бір тоннасына электр энергиясының жоғары шығыны, электр дөғаларының ауданындағы көмірдің есебінен марганецтің едәуір шығыны, оның қождағы және пештің табаны мен құламаларының отқа төзімді футеровкасындағы құрамындағы қалдықтар болып табылады. Сонымен катар,

болаттың химиялық құрамы бойынша біртектес еместігі байқалады, еңбек өнімділігі төмендейді, марганец буын болат балқытқыштарымен жүту есебінен қолмен 2 тоннаға жуық FeMn, FeSi, SiMn тиесу есебінен еңбек жағдайлары нашарлайды, ол орталық жүйке жүйесіне әсер ете отырып, өте зиянды элемент болып табылады. Желдету арқылы марганец буларын ұсташа мүмкін емес.

«Шығысмашзауыты» АҚ қую цехында сұйық темір көміртекті құрамында FeMn, FeSi, Al бар жартылай өнім мен сұйық лигатураны (қоспаны) қую шемішінде арапастырудан және қажет болған жағдайда ПРС-500 плазмотронының көмегімен енгізілетін азоттың жоғары мөлшерін қамтитын 110Г13Л дуплекс-удеріспен болат балқыту технологиясы енгізілді [4].

Электр болат балқыттың пеште ДСВ – 8 [1] 0,10 % көміртекті болат балқытылады, салмағы ≈ 8000 кг. Бар технология бойынша тотығу кезеңінде металл P, S, H, N, металл емес қосындылардан рафинаттандырылады (тазартылады). Осы уақытта ИСТ-2 индукциялық пешінде ~1800 кг мөлшерінде ферромарганец пен силикомарганец балқиды. корытпасы кремниймен, алуминиймен және қажет болған жағдайда ПРС-500 плазмотронының көмегімен марганецті үнемдеу және 110Г13Л болаттағы таза аустенит құрылымын алу максатында құшті аустенизатор - азот құрамына дейін қанықтырылады.



A-A бойынша құма

Сурет – 110Г13Л дуплекс-процесімен жоғары қоспалы болатты алу схемасы

Содан кейін ИСТ-2 [2] пешінен марганец корытпасы қую шемішіне құйылады [3], оған 2-5 минут ішінде 8000 кг Болат 10 шығарады. Шеміштегі металдар шығару кезінде арапасады және нәтижесінде 110Г13Л болат алынады.

Сипатталған технология бойынша 110Г13Л, 110Г13ТЛ жоғары марганецті болаттар және 110Г8АТЛ, 110Г10АТЛ, 110Г11АТЛ үнемді-легірленген болаттар, 110Г13Л болатты алмастырыштар ретінде балқытылды.

Осы болаттардың химиялық құрамы, механикалық қасиеттері, балқыту уақыты, өзіндік құны 110Г13Л эталондық ГОСТ болатымен салыстырылып кестеде көрсетілген.

Кестеде көлтірілген мәліметтерге сүйене отырып, дуплекс процесімен алынған үнемді жоғары марганецті болаттар қойылған міндеттерді шешуді қамтамасыз етеді. Барлық сынамаларда марганец және темірдің карбидтері іс жүзінде жоқ (балл 1 және сирек 2), ұсақ дән (балл 5), барлық механикалық қасиеттер МЕМСТ талаптары шегінде, балқыту уақыты қазіргі бар технология бойынша балқытылған болатқа қарағанда 25-30 % кем, өзіндік құны 4-5 % төмен.

Кесте

Параметрлік тәсіл бойынша дайындалған жоғары маддегенді болаттардың касиеттері

Barikpima №	Болат маркасы	C	Mn	Si	N	Ti	Химиялық құрам, %		Механикалық және пайдалану касиеттері						Borartты жаңыпты жаңыпты, сағ	Q357-90 ГОСТ Р 51237-90/T/TH				
							Temir көміртекті жартылай өнімде	Кремніймен жарылған алюминиймен	α-фазадан күпамы, %	Kapogenitri 6aun *	Tahtihit 6aun *	Qb KRC/Mm ²	QTR KRC/Mm ²	an KRC/MC ²	HB	To3y T/T _{th}	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	110Г13ТЛ	1,10	12	0,70	0,03	-	-	2,1	2	4	76	50	31	20	18,7	215	12,1	3,32	75,3	
2	110Г8АТЛ	1,15	8,7	0,53	0,07	2	2,15	3,2	2	5	75	48	30	20	17,9	218	14,0	2,4	71,0	
3	110Г8АТЛ	1,20	8,6	0,57	0,10	2,1	1,32	2,3	2	5	73	49	30	20	18,3	213	13,0	2,53	71,2	
4	110Г8АТЛ	1,18	8,9	0,43	0,20	2,2	2,91	1,8	1	5	76	52	32	22	18,8	220	12,5	2,55	72,1	
5	110Г10АТЛ	1,23	10,7	0,48	0,065	1,8	0,78	2,8	1	5	77	51	33	21	18,5	216	12,5	2,41	71,7	
6	110Г10АТЛ	1,17	10,2	0,53	0,11	2,3	2,3	2,1	2	5	74	51	32	24	18,7	210	11,7	2,5	72,4	
7	110Г10АТЛ	1,21	10,55	0,68	0,22	2,4	2,7	1,85	1	5	77	51	33	24	19	220	11,2	2,54	72,7	
8	110Г11АТЛ	1,18	11,4	0,49	0,055	1,97	2,1	2,02	1	5	75	52	30	21	19,3	201	12,5	2,35	72,6	
9	110Г11АТЛ	1,17	11,7	0,57	0,105	2,0	3,0	2,05	2	5	78	51	33	23	20,1	213	11,8	2,44	72,9	
10	110Г11АТЛ	1,21	11,0	0,63	0,25	2,6	2,25	1,7	2	5	76	50	32	22	20	209	10,9	2,51	72,3	

Болаттың сапасы ұғымына, оның ішінде жоғары марганецті 110Г8АТЛ, 110Г10АТЛ, 110Г11АТЛ химиялық құрамы, механикалық қасиеттері, α-фазаның құрамы, карбид балы және дәннің балы кіреді. 110Г13ТЛ болаты этalon ретінде алынды. Сапалы болаттың аустениттік астық мөлшері 6 балдық шкала бойынша 2 балдан төмен емес, карбидтермен ластануы 10 балдық шкала бойынша 2 балдан жоғары емес болады.

Азот марганецті болаттардағы α-фазаның құрамы 1,7-ден 3,2 %-ға дейін ауытқиды, бұл олардың таза аустениттік кластта екенін көрсетеді.

Өнеркәсіптік жағдайларда құйма дайындалмаларын сынау, өндірісте үнемді легірленген азотты марганецті болаттан жасалған бөлшектердің беріктігі бойынша дуплекс-процесспен тозуға төзімділігі 110Г13Л эталондық стандартты болаттан ерекшеленбейтінін көрсетті. Бір жыл ішінде өнім сапасына ешқандай рекламация (шағым) болған жоқ.

Әзірленген технология бойынша еңбек жағдайын жаксарту, тапшы, қымбат легірлеуші Mn, Ni, Cr элементтерін үнемдеу, өнімнің өзіндік құнын азайту, еңбек өнімділігін арттыру үшін 12X18H10T типті жоғары қоспаланған тот баспайтын болатты, 45Г18Х2ТЮЛ типті магнитті емес болаттарды балқытуға болады.

Технологияны әзірлеу, өндіріске енгізу, жабдықтарға тапсырыс беру үшін ШҚМТУ-ға 54-14-76, 87054013599 телефондары бойынша мақала авторларына хабарласуға болады. Әзірлемелер мен бұйымдардың сапасына кепілдік береміз.

Әдебиеттер тізімі

1. АС РК 19KZ(13) A(11) 15412 N42968 способ получения легированной стали опубликовано 15.02.2015 бюл. – №2 Волков В.Н., Сергиенко Н.П.
2. Волков В.Н. Производство высокомарганцовистой стали Г13А. – Алматы: Эверо, 2015.
3. Чернышов Е.А. Технология литейного производства: Учебное пособие / Е.А. Чернышов, А.А. Евлампиев. – Высшая школа, 2012.
4. Алимов Л.А. Строительные материалы, 2012. – №7.

Қабылданды 18.10.2019

МРНТИ 669.1

А.Г. Гольцев, Чернавин В.Ю., Ж.К. Ракижанова

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ДОБАВОК В БЕТОНЫ

В статье представлены данные экспериментальных исследований бетонов со специальными добавками. Получены результаты, показывающие эффективность использования таких добавок для бетона, и рекомендации по их применению.

Мақалада арнайы қоспаларды бар бетондарды зерттеу материалдары берілген. Әртүрлі қоспаларды қолдануың тәжірибелік зерттеулерінің деректері ұсынылған. Бетон үшін осындағы қоспаларды пайдалануың тиімділігін көрсететін нәтижелер және оларды қолдану бойынша ұсыныстар алынды.

The article presents the main parameters of spacers, which are determined as a result of experimental studies. Data on the influence of design parameters on the complexity of installation, wedging and bearing capacity of spacer mounts are given.

Ключевые слова: бетон, добавки, удобоукладываемость, прочность, вода, лёд, испытания, марочная прочность.

На сегодняшний день в мировой практике производства бетона для строительства объектов народного хозяйства применяют много комплексных добавок с целью улучшения качества, которое характеризуется такими составляющими, как удобоукладываемость и скорость набора прочности.

сти, что повышает эффективность труда и снижает затраты на производство бетонных работ как в летнее, так и в зимнее время. Такие технологии быстро развиваются и прогрессируют вперед. В Восточно-Казахстанском регионе также используют комплексные добавки, в частности в г. Усть-Каменогорск за последние три года построили жилой микрорайон в районе комбината шелковых тканей с использованием изделий из бетона и растворов с большим количеством разнообразных добавок. Несмотря на суровый зимний климат, опыт показывает эффективность применения бетонных добавок.

За короткое время значительно возросло количество производителей добавок, которые рекламируют их преимущества с увеличением пластифицирующих свойств бетона, возможностью экономии цемента, увеличением морозостойкости и водонепроницаемости конструкций, а также получением бетона со специальными свойствами.

Результаты многолетних испытаний производителями различных составов бетонов с применением комплексных добавок и отзывы потребителей, производящих конструкционные и товарные бетоны, показывают, что прочность бетона с добавками повышается на 20-25 % от марочной прочности, при этом до 30 % уменьшается расход цемента. Все это происходит при введении комплексных добавок в летнее и зимнее время в соответствии с рекомендацией производителя.

Возможность производства бетонных работ на морозе без подогрева материалов и последующего обогрева уложенного бетона основана на том, что при введении в состав бетонной смеси некоторых веществ (противоморозных добавок) при отрицательных температурах сохраняется жидкая фаза. Благодаря этому, минералы портландцемента могут гидратироваться, обеспечивая тем самым твердение бетона на морозе [1,2].

Понижение температуры замерзания воды обусловлено тем, что при растворении происходит химическое взаимодействие противоморозных добавок с водой. В результате этого образуются сольваты – более или менее прочные соединения частиц растворенного вещества с молекулами воды, например ионов Na^+ и NO_2^- при растворении нитрита натрия. Чтобы превратить воду раствора в лёд, необходимо затратить энергию не только на замедление движения молекул воды, но и на разрушение сольватов.

Вследствие образования сольватов, вода в растворах замерзает постепенно, по мере охлаждения. На диаграмме (рис. 1) видно, что при охлаждении растворов нитрита натрия с концентрацией менее 28 %, из них начинает выкристаллизовываться «пресный» лёд как только температура растворов достигает значений, расположенных на кривой ОА.

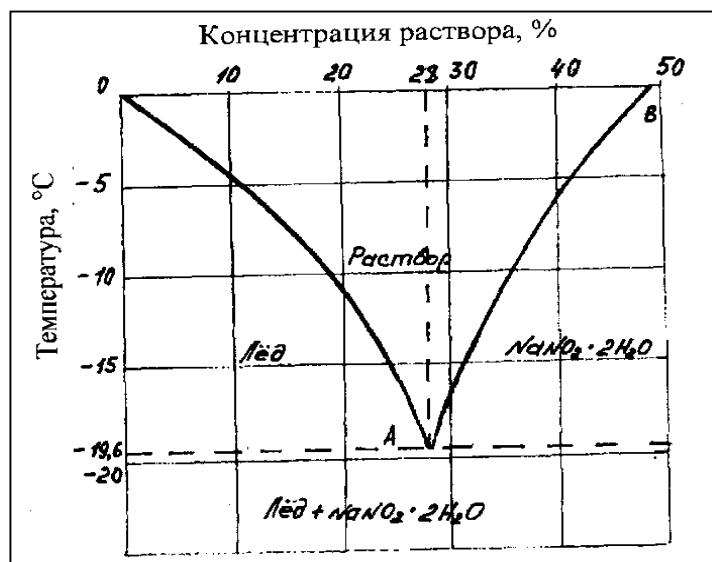


Рисунок 1 – Диаграмма состояния водных растворов нитрита натрия при температуре ниже 0 °C

С этого момента и по мере дальнейшего охлаждения раствора из него будет кристаллизоваться «пресный» лёд, а концентрация раствора будет увеличиваться по кривой ОА. По достижении точки А, называемой эвтектической, когда аднцентрация раствора составит 28 %, а температура – 19,6 °C, оставшаяся в нём вода полностью перейдёт в твёрдую фазу, образуя смесь льда и кристаллов $\text{NaNO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Таким образом, предел понижения температуры замерзания воды с той или иной противоморозной добавкой ограничен эвтектической точкой её растворов. Обычно рекомендуемый температурный предел применения добавки назначается выше эвтектической температуры её растворов.

Однако на практике, по отзывам строителей, дозировки согласно информации, представленной на рекомендациях по дозировке, не всегда достаточно, что отрицательно влияет не только на целесообразность и экономичность использования комплексных добавок, но и на качество бетона. Безусловно, комплексные добавки влияют на повышение качества бетона, это доказано сотнями экспериментов при правильных дозировках.

Учитывая вышеизложенное, на базе лаборатории «Центр сертификационных испытаний» ВКГТУ им. Д. Серикбаева были проведены испытания бетонов с использованием специальных комплексных добавок и разработаны рекомендации по дозировке и технико-экономические показатели применения таких добавок [3].

Для проведения эксперимента было проанализировано большое количество рекомендаций по применению бетонных добавок различных мировых производителей и выявлено 3 вида самых распространённых в Казахстане добавок: PFM ISMO (Россия), ТайгаКО2 (г. Усть-Каменогорск), Master RHeobuild 1000 (Германия), которые регламентируют о высоком качестве и экономичности их использования.

Первый производитель – Российская компания ООО «Штейнберг Хеми» из серии добавок «PFM-ISO MA», второй – местный производитель в городе Усть-Каменогорск, ТОО «Тайга» с маркой «Тайга КО2». И третий производитель – Германская компания «BSAF» с маркой «MasterRheobuild 1000».

Испытания проводились на прочность и плотность при 28 суточной выдержке, а также на морозостойкость.

Исследования показали (рис. 2), что образцы кубиков без добавки более стойки к разрушению на 15 %. Это говорит о том, что дозировка бетонных добавок недостаточна и не дает повышения прочности по рекомендации производителя.

На рис. 3 видно, что нужной плотности достигли бетоны с добавкой «ТайгаКО2».

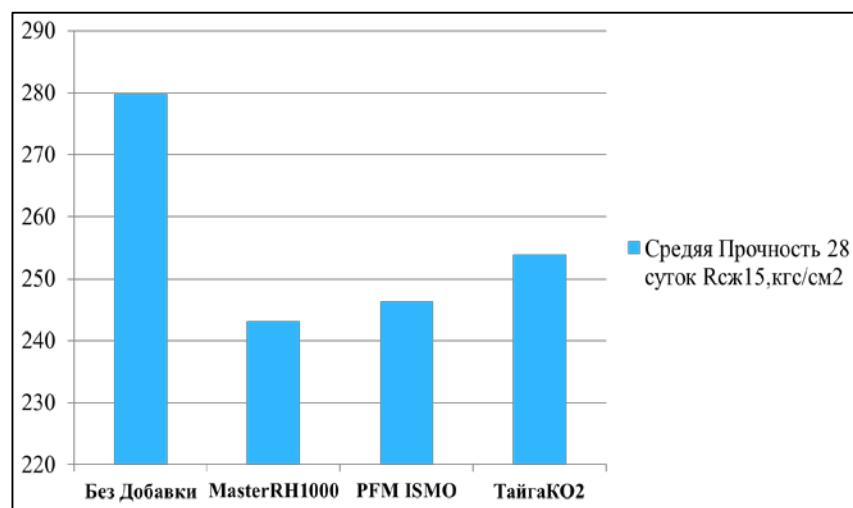


Рисунок 2 – Диаграммы средней прочности бетонов с использованием различных добавок

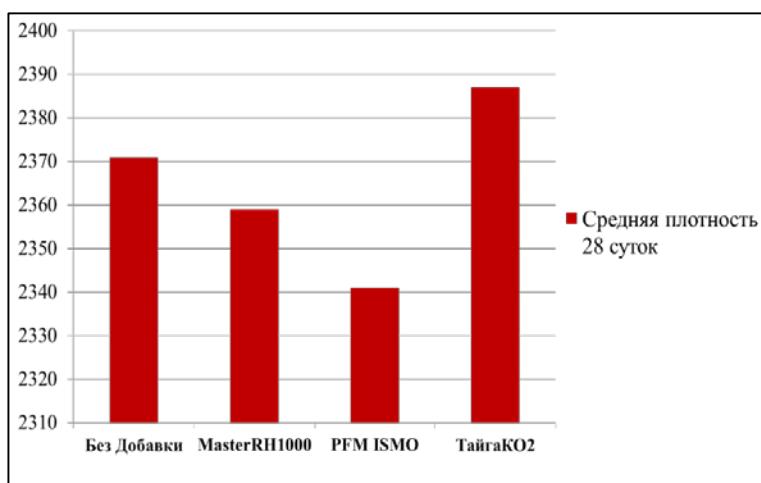


Рисунок 3 – Диаграммы средней плотности бетонов с использованием различных добавок

Испытания при отрицательной температуре показали (рис. 4), что прочность бетона без добавки превышает показатели бетонов с добавками. Это также говорит о том, что дозировки по рекомендации от производителя недостаточно.

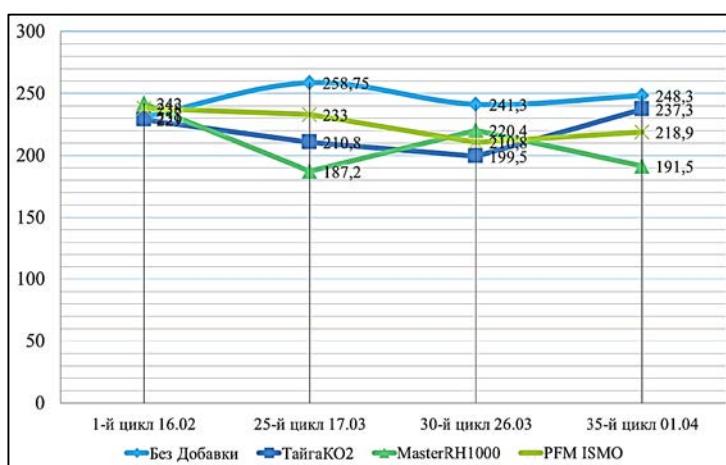


Рисунок 4 – Диаграммы средней морозостойкости бетонов с использованием различных добавок

Таким образом, проведенные теоретические и экспериментальные исследования показали, что не всегда преимущества бетонов с добавками, заявленные их производителями, соответствуют сертификату качества. В результате были разработаны рекомендации по дозировке и технико-экономическим показателям таких добавок, как «PFM-ISO MA», «Тайга KO2» и «BSAF».

Список литературы

- Строительный справочник: «Бетоны. Материалы, технологии, оборудование».
- Майоров П.– «Бетонные смеси: рецептурный справочник для строителей и производителей строительных материалов».
- Баринев М. «Исследование эффективности специальных добавок в бетоны и разработка рекомендаций по их применению в условиях ВКО». Магистерская диссертация, 2015 г. – 87 с.

Получено 18.10.2019

УДК 539.4.014:624.074.433

Н.Ж. Жанабай, А.Б. Утелбаева, Ф.Р. Салимов, А.Ш. Кулмаханова, Б.Ф. Мамырова
Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ВЫВОДЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ НАДЗЕМНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ И НЕФТЕПРОВОДОВ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА

В статье рассмотрено направление по применению предварительного напряжения в строительстве газопроводов и нефтепроводов. Задача является весьма актуальной, так как за счет предварительного напряжения увеличивается запас прочности материала трубопроводов, что является экономически обоснованной технологией и может позволить достичнуть экономии металла и повышения объемов транспортировки сырья.

Мақалада газ құбырлары мен мұнай құбырларының құрылышында алдын ала кернеуді қолдану жөніндегі бағыт қарастырылған. Міндет өтө өзекті болып табылады, өйткені алдын ала кернеу есебінен құбыржолдар материалының беріктілік қоры ұлгаяды, бұл экономикалық негізделген технология болып табылады және металды үнемдеуге және шикізатты тасымалдау көлемін арттыруға мүмкіндік береді.

The article deals with the comparison of the experimental results obtained with the calculated data. When conducting experimental studies, samples of different diameters were taken using methods of multi-scale and equal-scale modeling.

Ключевые слова: надземный газопровод, нефтепровод, транспортный потенциал, температура, объем, давление.

В данный момент в современном Казахстане идет процесс индустриально-инновационного развития с применением приоритетной программы модернизации всеобщего сознания «Рухани жаңғыру». В связи с чем данное направление по применению предварительного напряжения в строительстве газопроводов и нефтепроводов является весьма актуальной задачей. Так как за счет предварительного напряжения, увеличивающего запас прочности материала, можно достичнуть экономии металла и повышения объемов транспортировки сырья, то данная технология является экономически обоснованной, тем более, что в Казахстане ведется работа по увеличению транзитно-транспортного потенциала, что и относится к данной работе.

На основании вышеизложенного возникает необходимость проведения ряда экспериментальных исследований применения предварительного напряжения при строительстве стальных газопроводов и нефтепроводов большого диаметра.

При проведении испытаний образцов моделировались следующие геометрические характеристики трубопроводов и показатели предварительного напряжения:

- диаметр трубопровода и толщина стенки трубопровода;
- расстояние, угол и усилие намотки нити обмотки, диаметр проволоки обмотки.

Механические характеристики материалов, представленные в табл. 1, подобраны согласно ГОСТ 27069-86 [1] и ГОСТ 5663-79 [2].

Таблица 1
Механические характеристики материалов

Наименование характеристики	Сталь	σ_B , МПа	δ	ψ	HB, не более
			%	%	
Материал образца	Ст 8	300	24	55	107
Материал проволоки обмотки	Ст15	420-460	24	55	109-155

В качестве объекта моделирования подобран магистральный трубопровод для нефти и газа [4,5]. Моделирование образцов производилось на основе одномасштабного и разномасштабного моделирования относительно модели и натурного объекта. Изготовлены образцы трубопроводов для испытаний, представляющие цилиндрические оболочки различного диаметра и толщин, изготовленные из листов жести различной толщины и диаметров [6]. Листы железа соединены встык сваркой со шлифовкой сварного шва. Ширина цилиндра принята 250-350 мм. Основные данные по изготовленным фрагментам оболочек представлены в табл. 1, где с целью полного достижения задач экспериментального исследования были изготовлены образцы различного диаметра и толщины.

Фрагменты изготовлены из стальной жести толщиной 0,5 мм, 0,6 мм и 0,7 мм по ГОСТ 16523-70 [3]. Общий вид фрагмента оболочки, подготовленного к испытанию, представлен на рис. 2, а иллюстрация схемы экспериментальной работы показана на рис. 1.



Рисунок 1 – Иллюстрация схемы эксперимента

В процессе испытаний фрагментов оболочек определялись напряжения в стенке оболочки в характерных точках в окружном и осевом направлениях. Тензометрические датчики (рис. 2) наклеивались по внутренней окружности образца трубопровода, чтобы представлялась возможность фиксирования окружных, осевых и относительно диагональных напряжений в стенке образца. При проведении экспериментальных исследований одного трубопровода данные замерялись с 24-х тензометрических датчиков.

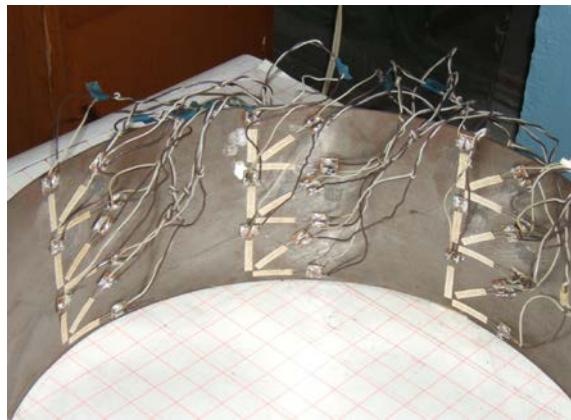


Рисунок 2 – Образец трубопровода и тензометрические датчики

Обмотка проволоки на образец трубопровода производилась смонтированной установкой, позволяющей контролировать усилие натяжения проволоки с помощью динамометра. Для всех серий испытаний усилие намотки проволоки принималось равным $0,75 S_p$, где S_p – усилие разрыва проволоки по ГОСТ, а шаг навивки принимался в соотношении диаметра проволоки (a) к диаметру шага навивки проволоки ($3d$), т.е. $a=3d$, где угол намотки брался приближенным к 90° [6].

Результаты проведения экспериментальных исследований предварительно напряженного трубопровода показаны в табл. 2 и 3, расчетные данные приведены в ранее исследованных научных работах [6].

Таблица 2
Серии испытаний образца предварительно напряженного трубопровода

Серии	Кол-во образцов, шт	Диаметр /толщина натурной трубы по ГОСТ, мм	Метод моделирования	Диаметр образца трубы, мм	Толщина стенки образца, мм	Диаметр проволоки, мм	Расстояние проволоки	Угол намотки, в град.
3	4	5	6	7	8	9	10	11
I-A-1	4	720/ 5.0	разномасштаб	360	0,5	1.0/2.0	3d	≈90
I-B-2	4	720/ 6.0	разномасштаб	360	0,6	1.0/2.0	3d	≈90
II-A-1	4	1020/ 6.0	разномасштаб	510	0,6	1.0/2.0	3d	≈90
II-B-2	4	1020/ 7.0	разномасштаб	510	0,7	1.0/2.0	3d	≈90
III-A-1	4	1220/ 5.0	одномасштаб	122	0,5	1.0/2.0	3d	≈90

Таблица 3
Экспериментальные и расчетные данные осевых и кольцевых напряжений образца предварительно напряженного трубопровода

Серия	Угол обмотки, α	Расчетные данные			Экспериментальные данные										k_e
		σ_{1e} (кН/см ²)	σ_{2e} (кН/см ²)	k_e	σ_{1e} (кН/см ²)				σ_{2e} (кН/см ²)				ср		
					-1048	-1051	-1067	-1055	-1055	153	140	155	151	149	0,14
I-A-1	90	-1147	155	0,13											
I-A-2	90	-920	260	0,28	-902	-899	-908	-905	-903	250	245	249	239	246	0,26
I-B-1	90	-1015	48	0,047	-1010	-1071	-1015	-1020	-1029	41	45	40	45	43	0,041
I-B-2	90	-835	149	0,18	-825	-839	-820	-831	-828	130	136	139	140	137	0,17
II-A-1	90	-1020	35	0,034	-950	-965	-955	-950	-955	30	29	26	31	29	0,030
II-A-2	90	-859	110	0,13	-811	-812	-807	-803	-808	121	122	124	118	121	0,15
II-B-1	90	-920	20	0,022	-863	-899	-885	-907	-888	23	20	26	23	23	0,026
II-B-2	90	-805	86	0,11	-769	763	-730	-780	-760	77	80	80	75	78	0,10
III-A-1	90	-1455	168	0,12	-1350	-1340	-1355	-1345	-1348	170	175	169	179	174	0,13
III-A-2	90	-675	420	0,62	-700	-703	-711	-700	-703	398	400	401	405	401	0,56

При сравнении полученных экспериментальных данных с расчетными можно определенно сделать выводы о том, что разница не превышает более чем 6 %, что говорит о достоверности полученных результатов, которые являются весьма актуальными и ценными для дальнейшего изыскания и продолжения данного научного направления.

Список литературы

1. ГОСТ 27069-86. Металлографический анализ металлов.
2. ГОСТ 5663 – 79. Проволока.
3. ГОСТ 16523 – 70. Лист тонкий.
4. ГОСТ 8731-87. Трубы стальные бесшовные горячедеформированные (сортамент). – Введ. 1988-01-01. – М.: Издательство стандартов. –1987. – 16 с.
5. ГОСТ 20295 – 85. Трубы стальные сварные для магистральных газонефтепроводов (технические условия). – Введ. 1987-01-01. – М.: Издательство стандартов. – 1986. – 16 с.
6. Жанабай Н.Ж. Оценка напряженного состояния предварительно напряженной цилиндрической оболочки с учетом конструктивных параметров: Дис. ... канд. техн. наук. – 125 с.

Получено 18.10.2019

МРНТИ 53.31.23

Б.А. Жаутиков, В.И. Романов, Ф.Б. Жаутиков, Р.К. Жаслан,

А.И. Жумагельдинов, Н.А. Абзалбек, О.Б. Тогызыбаев

Карагандинский государственный индустриальный университет, г. Темиртау

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ МАТЕРИАЛОВ

В статье рассматривается конструкция для подачи сыпучих материалов в сталеразливочный ковш для снижения угара раскислителей и легирующих материалов путем подачи их в эпицентр эллипса или круга, образующегося на мениске контакта падающей струи с жидким металлом. Использование предложенного устройства повышает качество металла за счет снижения доли неметаллических включений.

Мақалада сұйық металмен ағынның жанасу орнында пайды болатын эллипстің немесе шеңбердің эпиценттріне тотықсыздандырыштар мен легирленген материалдарды беру арқылы қалдықтарды азайту үшін болат құю шанағына ұсақталған материалдарды құю конструкциясы қарастырылған. Ұсынылған құрылғыны пайдалану металл емес қосындылардың үлесін азайту арқылы металдың саласын жақсартуға мүмкіндік береді.

An article discusses the design for feeding bulk materials into a steel pouring ladle to reduce the burning of deoxidants and alloying materials by supplying them to the epicenter of an ellipse or circle formed on the place of the contact of the incident jet with liquid metal. Using the proposed device improves the quality of the metal by reducing the proportion of non-metallic inclusions.

Ключевые слова: сталеразливочный ковш, желоб, струя, конвертер, угар, физическая модель.

Высокий угар раскислителей, используемых для стального полупродукта в виде: FeMn, FeSi, Al и др., по ходу выпуска металла из конвертера при осаждающем раскислении приводит к повышенному расходу дорогостоящих материалов.

Контроль активности кислорода (в ppm) в металле осуществляется перед его сливом в конвертере по наполнению ковша.

Особую важность в концепции вопроса играет повышенный угар алюминия на уровне 74-78 %, по сравнению с усвоением марганца и кремния в пределах 82-88 % и 78-85 % соответственно.

Для того чтобы вышеуказанные сплавы и алюминий использовались наиболее эффективно, необходимо их направить в эпицентр эллипса или круга, образующегося в месте контакта падающей струи с жидким металлом.

С целью увеличения усвоения отдельных элементов нами предлагается совершенствование узла подачи раскислителей путём замены стационарных желобов на подвижные в условиях АО «АрселорМиттал Темиртау» (АО «АМТ»).

Предлагаемое нами устройство для транспортировки материалов (рис. 1 и 2) представляет собой сварной стальной каркас из швеллера в виде колонн и балок 1. На уровне рабочей площадки в

отверстие швеллера устанавливается желоб 2, снабжённый в донной части приваренным стержнем, в итоге представляющий шарнирное соединение 3. Желоб управляетя рукоятками 4 и фиксируется в оптимальное положение с помощью карабинного соединения 5 (восемь штук) или жвака-галсами, представляющим собой стационарную проушину, приваренную к каркасу и желобу и легко соединяемую карабином с овальными звенями цепи 6 [1].

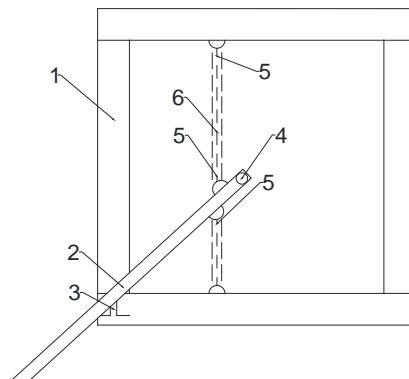


Рисунок 1 – Фронтальный вид установки

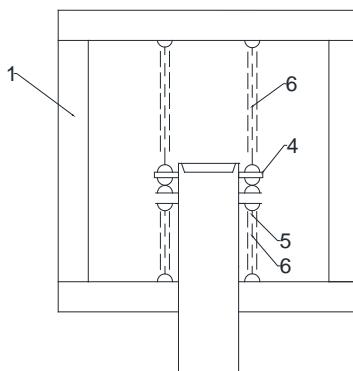


Рисунок 2 – Профильный вид установки

Возможно использование желоба в ручном режиме – при таком способе устройство работает следующим образом: положение желоба по параметрам предыдущего опыта устанавливают на рабочую позицию со свободным перемещением по вертикали и горизонтали, фиксируя неподвижно с помощью цепей и карабинов к желобу и каркасу. Над устройством через бункер-дозатор подается поток предварительно взвешенных материалов на центральную часть (район шарнирной опоры) желоба и затем в предлагаемую зону доставки. По наполнении либо при смещении приемной ёмкости карабины раскрывают вручную и фиксируют желоб в предпочтительное положение путём переброски на другие звенья цепи, после чего подача материала возобновляется. Неограниченное количество проушин на стойках и балках, приваренных к каркасу, дает возможность создавать тяговые усилия на любую длину цепи и угол наклона желоба.

Основными недостатками являются условия не обеспечивающие безопасную работу обслуживающего персонала, низкая манёвренность желоба, постоянная переброска карабинов на другие звенья цепи вручную, а также динамико-вibrationные воздействия на организм.

Наиболее совершенным приемом при конструировании установки является электрический привод путем использования цепной передачи со звездочками, приводящей через резьбовое соединение к движению каретки, тем самым маневрируя потоком материалов. Реверсивный ход электродвигателя на постоянном токе позволяет движение желоба по вертикальной и горизонтальной плоскости.

Физическая модель установки в масштабе 1:10 изготовлена на кафедре «Технологические машины и транспорт» и имеет следующий вид (рис. 3).

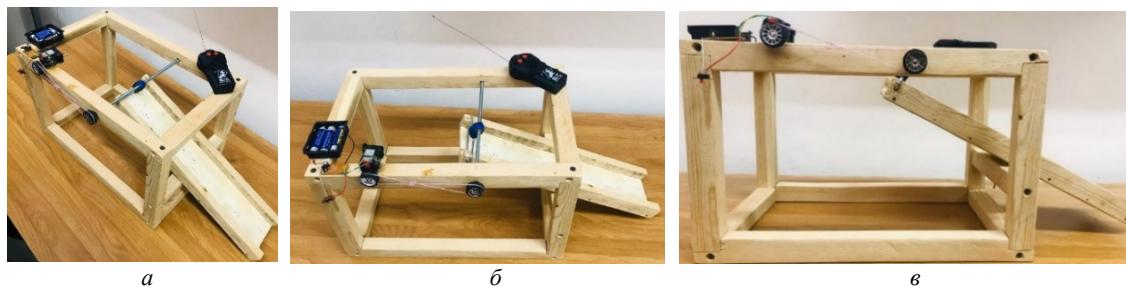


Рисунок 3 – Общий вид модели

Очевидно, что в рамках данного предложения могут быть применены, не приведённые в описании, явным образом следующие из описания для специалиста иные схемы и наборы узлов предлагаемой конструкции (рис. 4).

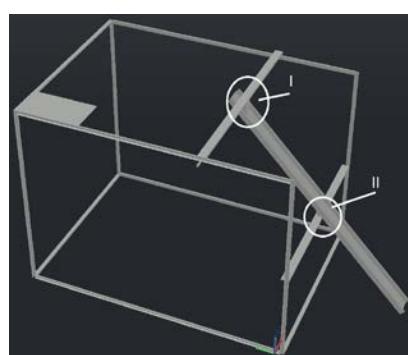


Рисунок 4 – Кинематическая схема установки

Устройство для транспортировки материалов представляет собой сварной стальной каркас из швеллера виде колонн и балок. На уровне рабочей площадки в отверстие швеллера устанавливается желоб 1 (рис. 5), снабжённый в данной части приварным стержнем, в итоге представляя шарнирное соединение (рис. 6). Желоб управляет ходом каретки 2 (рис. 5) по стержню 3 (рис. 5), которая приводится в движение при помощи цепной передачи реверсивным электродвигателем 4 (направляющая каретки).

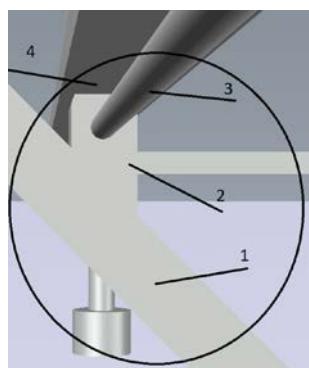


Рисунок 5 – Кинематический узел

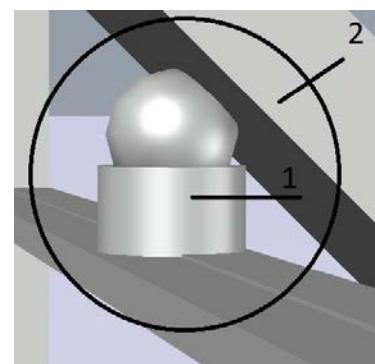


Рисунок 6 – Шарнирное соединение

Нами установлено, что устройство обеспечивает строгую траекторию движения грузопотока под струю сливаляемого металла с высоты 11,4 метра в начальный период и высотой 4 метра в заключительной стадии слива металла из конвертера. По окончанию выпуска металла из конвертера желоб автоматически отправляется на начальную позицию. На предприятии АО «АМТ» при использовании устройства угар марганца сократился на 4,2 %, кремния на 3,7 %, алюминия на 4,4 %, также предложенный прием позволил сократить долю неметаллических включений на 1,2 %.

Список использованных источников

1. Патент Республики Казахстан на изобретение №33571. Устройство для транспортировки материалов // Жаутиков Б.А., Романов В.И., Айкеева А.А., Жаутиков Ф.Б., Касымжанова А.Д.

Получено 18.10.2019

МРНТИ 73.29.41

Р.Ю. Зарипов, Н. С. Сембаев, А. Нуржауов

Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г. Павлодар

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ВАГОНОВ-ЦИСТЕРН НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

В статье рассмотрены проблемы, связанные с конструкцией грузовых железнодорожных вагонов-цистерн с котлами. Рассмотрены варианты крепления котла к раме цистерны. Для выбора рационального варианта опорных элементов вагона-цистерны с увеличенным объемом котла были взяты следующие критерии: трудоемкость и технологичность изготовления; металлоемкость и соответствие нормативным условиям прочности. Предложен вариант крепления, исключающий нарушение целостности оболочки котла за счет отсутствия крепежных элементов.

Мақалада жүк төміржол жүк вагон-цистерналарының конструкциясына байланысты мәселе-лер қарастырылған. Мақалада осындай қазандықты цистерна рамасына бекіту нұсқалары қарастырылған. Қазанның ұлғайтылған көлемі бар вагон-цистернаның тірек элементтерінің ұтымды нұсқасын таңдау үшін мынадай өлшемдер алынды: дайындаудың еңбек сыйымдылығы мен технологиялығы; металл сыйымдылығы және беріктіктің нормативтік шарттарына сәйкестігі. Бекітпе элементтерінің болмауы есебінен қазандық қабығының бүтіндігін бұзбайтын бекіту нұсқалары ұсынылған.

The article deals with the problems associated with the design of freight rail freight tank cars. The article considers the variants of fastening of the boiler to the frame of the tank. To select a rational variant of the supporting elements of the tank car with an increased volume of the boiler, the following criteria were taken: labor intensity and manufacturability; metal content and compliance with the regulatory conditions of strength. The variants of fastening, excluding the violation of the integrity of the boiler shell due to the lack of fasteners.

Ключевые слова: Вагон-цистерна, котел, опорный лист, хребтовая балка, полурамы, шкворневая балка.

Железнодорожный транспорт является важнейшей составляющей частью производственной инфраструктуры Республики Казахстан. От его устойчивой и эффективной работы зависит стабильность экономики государства, обеспечение национальной безопасности, улучшение условий и уровня жизни населения.

В настоящее время ведутся работы по созданию инновационных вагонов с улучшенными технико-экономическими, прочностными и динамическими показателями. Основное внимание уделяется разработке вагонов-цистерн для перевозки нефтепродуктов, а именно: увеличению их грузоподъемности; уменьшению металлоемкости конструкции; снижению центра тяжести вагона для улучшения его динамических характеристик; более эффективному использованию погонной нагрузки нетто, которая во многом определяет эффективность железнодорожного транспорта.

Вагоны-цистерны предназначены для перевозки жидкостей: нефти и продуктов её переработки, химически активных и агрессивных жидкых веществ, сжиженного газа, воды, молока и др.

Наиболее широкое распространение получили вагоны-цистерны с цилиндрическими (Россия, Украина) и наклонными (США, Западная Европа) котлами. Вагоны-цистерны с котлами овалоидной формы и переменной кривизны известны по патентам США и стран Западной Европы, но указанная конструкция в настоящее время применяется в основном при изготовлении цистерн для перевозки сжиженных газов и продуктов химической промышленности.

Вагоны-цистерны США в большинстве своем представлены конструкциями без хребтовой балки. Боковые балки устанавливаются только при проведении модернизации.

В табл. 1 приведена более подробная классификация узлов вагонов-цистерн для нефтепродуктов и степень их применения в процентах.

Таблица 1
Классификация элементов кузова вагонов-цистерн

Наименование	Вариант исполнения	Условное обозначение	Применимость (внедрение) варианта исполнения, %
Кузов	с несущим котлом		24
	с несущей рамой		41
	комбинированный		35
Соединение котла с рамой	лежневое опирание		31
	рамная конструкция с продольным опиранием		26
	рамная конструкция без продольного опирания		15
	безрамная конструкция с продольным опиранием		18
	безрамная конструкция без продольного опирания		10
Обечайка (раскрой котла)	царговый		20
	с продольными листами		25
	комбинированный		55
Люк-лаз	один люк		91
	несколько люков		9

Проведенный обзор позволяет сделать следующие выводы:

1. Вагоны-цистерны производства США имеют более высокую грузоподъемность и низкую материалоемкость по сравнению с вагонами других стран за счет большой осевой нагрузки (до 35 тс). Технико-экономические параметры вагонов-цистерн России, Украины и Западной Европы находятся на одинаковом уровне, что обусловлено небольшой разницей в осевых нагрузках порядка 1-2 тс. Вагоны-цистерны отечественного производства являются универсальными, и при выборе параметров не всегда учитываются требования заказчика.

2. Выделены «традиционные» исполнения основных конструктивных элементов вагона-цистерны различных стран:

- кузов: на железных дорогах России и Западной Европы в основном используются вагоны-цистерны с несущей рамой, США – с несущим котлом;

- опирание котла на раму: выделены пять видов конструктивного исполнения опирания. Для вагонов-цистерн зарубежного производства характерно жесткое соединение котла с рамой. Вагоны-цистерны отечественного производства оборудуются лежневым опиранием, не обеспечивающим надежного опирания котла на раму.

3. Выделены следующие пути совершенствования конструкции вагонов-цистерн:

- снижение металлоемкости за счет применения новых сталей с повышенным классом прочности, а также нетрадиционных материалов;

- выбор параметров подкрепляющих элементов котла для обеспечения необходимых показателей прочности и устойчивости;

- выбор параметров конструкции соединений люка-лаза и сливного устройства с обечайкой котла;

- применение новой схемы опирания котла на раму без внесения существенных изменений в конструкцию рамы.

Одним из способов по достижению этих целей является изготовление котла из композиционного материала – стеклопластика. Применение стеклопластиков может существенно снизить эксплуатационные расходы за счет их стойкости к воздействию агрессивных грузов, более низкой теплопроводности по сравнению со сталью и достаточно высокой механической прочностью при значительно меньшей собственной массе. В свою очередь, экономия массы котла за счет использования в его конструкции стеклопластика может позволить увеличить полезную грузоподъемность каждой подвижной единицы на 3-5 % [1].

Необходимо также отметить, что котлы из стеклопластика вследствие высокой чистоты и гладкости, а также плохой смачиваемости внутренней поверхности стенок меньше загрязняются перевозимыми грузами.

Одной из основных проблем при разработке инновационного вагона-цистерны для перевозки светлых нефтепродуктов (рис. 1) с котлами из композитного материала был выбор конструкции опорных элементов.



Рисунок 1 – Общий вид вагона-цистерны

На стадии исследований были рассмотрены три варианта исполнения опорных элементов, каждый из которых имел конструктивные отличия. Модели опорных элементов представлены на рис. 2-4.

Все три варианта исполнения полурам предусматривают приварку к котлу опорного листа. Далее котел устанавливается на полурамы, следует приварка подкрепляющих элементов [2].

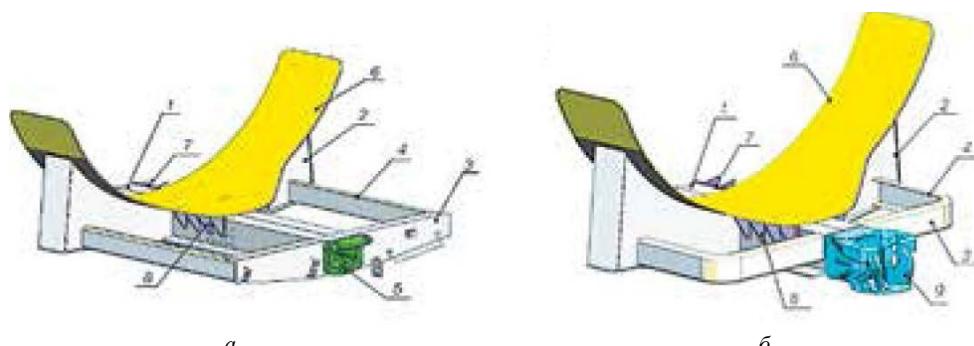


Рисунок 2 – Модели полурам (первый вариант исполнения): а – крайняя полурама, б – средняя полурама: 1 – хребтовая балка; 2 – шкворневая балка; 3 – концевая балка; 4 – боковая балка; 5 – упор передний; 6 – опорный лист котла; 7 – лист вертикальный опорного листа котла; 8 – ребро вертикальной опоры

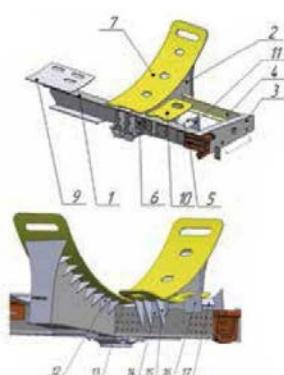


Рисунок 3 – Модели полурам (второй вариант исполнения), крайняя полурама: 1 – хребтовая балка; 2 – шкворневая балка; 3 – концевая балка; 4 – боковая балка; 5 – упор передний; 6 – упор задний; 7 – опорный лист котла; 9 – лист опорный малый; 10 – дополнительная опора конусной царги; 11 – опора днища; 12 – ко-сыники шкворневые 13 – лист дополнительной опоры; 14 – лист вертикальный; 15 – ребра опоры; 16 – лист вертикальной опоры днища; 17 – перемычка



Рисунок 4 – Модели полурам (второй вариант исполнения), средняя полурама: 1 – хребтовая балка; 2 – шкворневая балка; 3 – упор беззазорного сцепного устройства; 4 – надпяятник; 5 – опорный лист котла; 6 – лист опорный малый; 7 – лист вертикальный опорного листа котла; 8 – ребро вертикальной опоры; 9 – ко-сынка соединения опорного листа и шкворневой балки; 10 – дополнительный подкрепляющий элемент



Рисунок 5 – Модели полурам (третий вариант исполнения), крайняя полурама: 1 – хребтовая балка; 2 – шкворневая балка; 3 – концевая балка; 4 – боковая балка; 5 – упор передний; 6 – упор задний; 7 – опорный лист котла; 8 – защитный экран; 9 – лист опорный малый

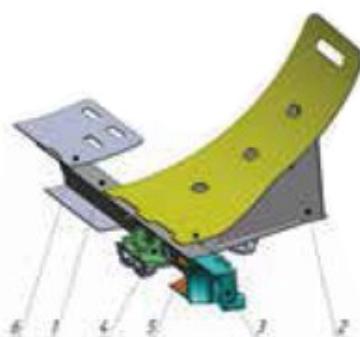


Рисунок 6 – Модели полурам (третий вариант исполнения), средняя полурама: 1 – хребтовая балка; 2 – шкворневая балка; 3 – упор беззазорного сцепного устройства; 4 – надпятник; 5 – опорный лист котла; 6 – лист опорный малый

В первом и третьем вариантах вертикальные листы шкворневых балок привариваются к опорному листу котла. Во втором варианте при установке котла на полурамы привариваются косынки, ребра и другие подкрепляющие элементы. Этим объясняется увеличение их количества по сравнению с другими вариантами исполнения опорных элементов. Крепление переднего и заднего упоров автосцепки в хребтовой балке крайней полурамы в первом и втором вариантах осуществляется с помощью заклепок.

Были оценены металлоемкость и технологичность изготовления полурам для каждого варианта. Наименьшей массой характеризуется третий вариант исполнения, при котором суммарная масса полурам равна 4634 кг. Суммарная масса полурам при первом варианте конструктивного исполнения равна 4680 кг, при втором – 4819 кг.

Технологичность изготовления определялась простотой установки котла на полурамы. По этому критерию выигрывает второй вариант конструктивной схемы, поскольку исключается необходимость приварки вертикальных листов шкворневой балки к опорному листу котла.

Сравнение технических характеристик инновационного вагона-цистерны, в конструкции которого использован выбранный вариант исполнения опорных элементов, с техническими характеристиками лучшего аналога – вагона-цистерны модели 15-871, показало, что при увеличении массы тары вагона на 11 % достигли роста грузоподъемности на 22 %, а также увеличили объем котла на 40 % в сравнении с аналогом.

У рассмотренных цистерн котел соединяется с надпрессорной балкой тележки посредством опоры, которая опирается на тележку пятниками и скользунами, расположенными на шкворневой балке, а с котлом соединяется при помощи лап и косынок.

Сравнительный анализ массы рамы проектируемого вагона при традиционном рамном исполнении конструкции вагона, при современном безрамном исполнении конструкции вагона и предлагаемого варианта исполнения конструкции опирания котла на раму представлен в табл. 2.

Таблица 2
Сравнительный анализ массы конструктивных исполнений

Описание	Элементы опирания котла на тележку		
	В случае вагона рамной конструкции	В случае вагона безрамной конструкции	Предлагаемый вариант в случае вагона безрамной конструкции
Эскиз конструкции			
Масса элементов рамы, кг	3520	2954	1728

Таким образом, предлагаемый вариант крепления котла с использованием штангоута, совмещенного с опорами, позволяет снизить металлоемкость конструкции опирания котла на тележки на 50 % по сравнению с рамным исполнением и на 40 % по сравнению с современной безрамной конструкцией вагона [4].

Данная модификация позволяет значительно улучшить технико-экономические параметры вагона: повысить грузоподъемность на 16,4 %, снизить массу тары на 5,6 %, уменьшить габаритные размеры вагона, повысив погонную нагрузку нетто на 22 %. Объем котла увеличен на 19,4 %, при этом вагон остается в габарите 02–ВМ.

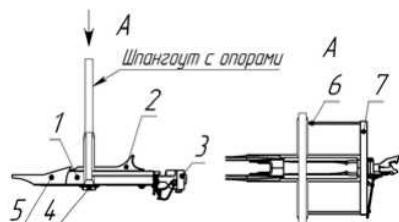


Рисунок 7 – Полурама вагона: 1 – хребтовая балка; 2 – опора котла; 3 – автосцепное оборудование; 4 – пятник; 5 – ребро; 6 – продольная балка

Такой вариант исполнения конструкции предусматривает отсутствие хребтовой балки рамы (рис. 8).

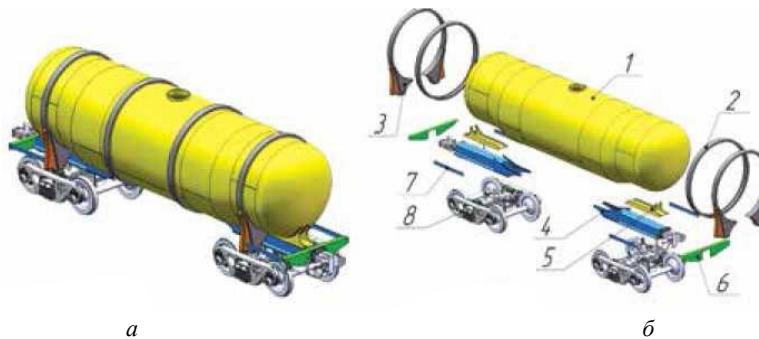


Рисунок 8 – Инновационный вагон–цистерна для перевозки серной кислоты: а) общий вид конструкции вагона; б) разнесенный вид вагона: 1 – котел; 2 – штангоут; 3 – штангоут, совмещенный с опорами; 4 – хребтовая балка; 5 – опора котла; 6 – лобовая балка; 7 – продольная балка; 8 – тележка

Цель исследования заключалась в анализе вариантов опиания котла вагона цистерны на раму, в создании вагона-цистерны с котлом увеличенного объема при неизменной массе тары вагона за счет применения в качестве основного материала котла цистерны композитного материала – стеклопластика. В отличие от существующих конструкций, предлагаемые варианты не требуют формирования металлических конструкций в стеклопластике, позволяют сохранить целостность оболочки котла и его надежность [6].

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать вывод, что в настоящее время разработано несколько вариантов крепления котла к раме вагона-цистерны.

Для обеспечения целостности котла цистерны из стеклопластика необходимо исключить сварные и резьбовые соединения. Крепление котла должно обеспечиваться только стяжными хомутами. Рассматриваемые варианты безрамной конструкции вагона могут найти применение при производстве вагонов со стеклопластиковыми котлами. Однако для утверждения окончательного варианта конструкции такой цистерны необходимо провести ряд испытаний на прочность и устойчивость.

Список литературы

1. Каракаев А.К. Композитные материалы в грузовом вагоностроении / А.К. Каракаев, Р.Ю. Зарипов // Наука и техника Казахстана, 2016. – №1–2. С. 4-9.
2. Жидков Ю. Б. Инновационный вагон-цистерна для перевозки химических грузов // Транспорт РФ, 2014. – № 3 (52).
3. Гаврилов П. Инновационные технологии в производстве и ремонте железнодорожных вагонов: Монография / П. Гаврилов, Р.Ю. Зарипов. – Павлодар, Кереку, 2018. – 238 с.
4. Атаманчук Н.А. Направления совершенствования конструкций вагонов-цистерн для перевозки нефтепродуктов / Н.А. Атаманчук, Л.В. Цыганская // Транспорт РФ, 2013. – № 3 (46).
5. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – М.: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996.
6. Бороненко Ю. П. Инновационный грузовой подвижной состав железных дорог и его высокотехнологичное производство // Наука и транспорт, 2012. – № 3. – С. 18-20.

Получено 18.10.2019

МФТАА 68.01.91

М.Е. Кизатова, Ж.М. Чаканова, А.Ю. Боровский, Х.А. Абдрахманов, М.Ж. Султанова
«Қазак қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ғылыми-зерттеу институты» ЖШС,
Астана филиалы, Астана қ.

МАЙЛЫ Дақылдар Өндірісінде және жинаудан кейінгі өңдеу кезінде алынатын қалдықтардың құрамын талдау

Мақалада майлы дақылдардың өлемдік және отандық көлемі берілген. Майлы дақылдарды жинағаннан кейінгі өңдеу қалдықтары бойынша және рапс пен зығыр майлы дақылдардың тұқымдарын жинағаннан кейінгі өңдеу кезінде алынатын қалдықтардың құрамы бойынша талдау жүргізілді.

В статье представлен мировой и отечественный объем масличных культур. Проведен анализ по отходам послеуборочной обработки масличных культур и по составам отходов, получаемых при послеуборочной обработке семенного вороха масличных культур рапса и льна.

The article presents the world and domestic volume of oilseeds. The analysis of the waste of post-harvest processing of oilseeds and waste compositions obtained in the post-harvest processing of seed heap of oilseed rape and flax.

Түйін сөздер: майлы дақылдар, рапс, зығыр, жинаудан кейінгі өңдеу қалдықтары, қалдықтардың құрамы, жем.

Негізгі майлы дақылдар өндірісінің әлемдік көлемі соңғы 5 жылда 20 %-ға өсіп, 516 млн т жетті.

2017-2018 жылдары майлы дақылдардың әлемдік өндірісі: соя бүршақтары - 336,7 млн. т, рапс - 77,41 млн т, күнбағыс - 47,31 млн т, жержанғақ - 45,45 млн т күрады.

Рапстың негізгі өндірушілері: Еуропалық Одақ - 22,15 млн т, Канада - 21,5 млн т, Қытай - 14,4 млн т, Үндістан - 5,85 млн т және басқалары - 10,85 млн т.

Негізгі өндіруші елдерде күнбағыс тұқымын өндіру көлемі: Украина - 13,7 млн т, Ресей - 10,36 млн т, Еуропалық Одақ - 9,68 млн т, Аргентина - 3,5 млн т, Түркия - 2,74 млн т және басқалары - 8,52 млн т күрайды [1,2].

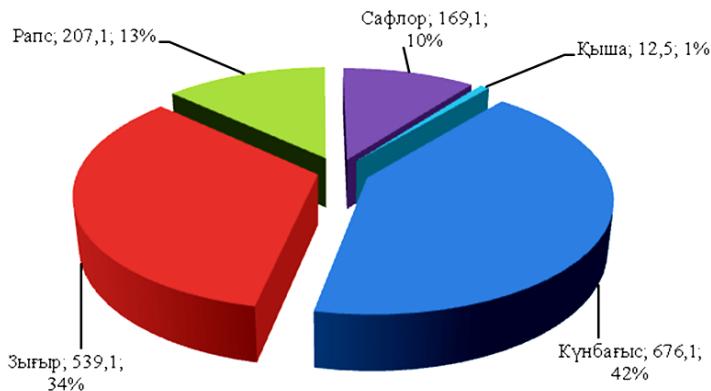
Дүниежүзілік майлы дақылдардың егістік жер көлемі 100 млн гектардан асады. Ең жоғары егістік жер көлеміне соя, жержанғақ, рапс, майлы зығыр, күнбағыс және күнжіт салынады.

Майлы дақылдардың бүршақ тұқымдастарының ішінде алдыңғы қатарында Азия және Африкада - арахис, Америка Құрама Штатында бүршақ тұқымды соя, ал Канада, Англия, Үндістанда - рапс болып табылады.

Қазақстан Республикасында майлы дақылдар өндірісі қайта өндеу кәсіпорындарының құрылышын және пайдалануын енгізгеннен кейін жаппай мәнге ие болды және 2005-2009 жылдарға келеді.

Қазақстанда күнбағыс ең көп өсірілетін негізгі майлы дақыл қазіргі уақытта ол бәсекеге қабілетті майлы дақылдардың бірі болып табылады.

Осыған байланысты егіс алқаптарының тұрақты кеңеюі байқалады, бүгінгі күні күнбағыс егістіктің жалпы алаңының 40 %-ын алады (1-сурет).



1-сурет – Қазақстан Республикасы бойынша негізгі майлы дақылдар өндірісі

Республика бойынша 2014-2017 жылдар кезеңінде майлы дақылдарды жалпы жинау 1-кестеде көрсетілген.

1-кесте

2014-2017 жылдар кезеңінде майлы дақылдарды жалпы жинау, тонна

Дәннің атаяуы	2014 жыл	2015 жыл	2016 жыл	2017 жыл
Күнбағыс	512 764,66	534 047,28	754 857,65	902 887,78
Зығыр	419 957,26	491 457,73	561 770,82	683 337,52
Рапс	241 477,39	138 169,9	169 760,87	278 975,04
Мақсары	135 429,95	148 838,71	167 242,53	224 809,42
Қыша	16 198,07	11 490,78	7 389,4	15 120,76

Майлы дақылдар өндірісін талдау барлық түрлер бойынша көлемдердің тұрақты өсуін көрсетеді.

Мысалы: күнбағыс өндірісінің көлемі 2014 жылдан бастап 43 %-га, зығыр – 38,5 %-га, рапс – 13,5 %-га, мақсары – 39,8 %-га өсті. Қыша өндірісінің біршама төмендеуі байқалады.

Республика бойынша екінші (егілетін егістік алқабының көлемі бойынша) майлы дақыл зығыр болып табылады. Бұл мәдениет өндірісінің басталуы 2009 жылға келеді. Солтүстік Қазақстан облысында зығыр егістігінің негізгі алқабы 53,5 %-ды құрайды. Зығыр құргақшылыққа төзімді және етуге аз талапшыл дақыл тек кәдімгі қара топырақты аймақтаған емес, онтүстік қара топырақты аймақта да өсіреді. Зығыр шығымдылығы ел бойынша орташа 8,9 ц/га құрайды.

Рапс Қазақстан Республикасында өсірілетін негізгі майлы дақылдардың бірі болып табылады. Егістік құрылымында рапстың майлы үлесі 10 % құрайды.

Жазғы рапсты (кользаны) климат жағдайлары бойынша өндіру үшін республиканың солтүстік өнірі неғұрлым қолайлы. Осыған байланысты егіс алқаптарының 88 %-ы және өндірістің барлық дерлік көлемі Солтүстік Қазақстан және Ақмола облыстарында шоғырланған, оның ішінде Солтүстік Қазақстан облысы басым жағдайға ие. Бұдан басқа, рапс тұқымдарын өндіруді үлғайтуға аталған өңірлерде қайта өндеу және сақтау бойынша өз қуаттарының болуы ықпал етеді.

Майлы дақылдар өндірісі қалдықтар мен жанама өндеу өнімдерінің едәуір санымен сипатталады. Жаппай қабылдау кезінде, тәулігіне майлы тұқымның тұсы көлемі 1000-1500 тоннаны құраган кезде, кәсіпорындарда тазаланған қалдықтардан тәулігіне 100-120 тонна шамасында болінеді. Егінді даладан келіп түсетін май тұқымдарының партиясын дереу бастапқы өндеуді өткізеді, белгілі бір параметрлер бойынша партияларды қалыптастыруды, кептіруді және сақтауды талап етеді. Майлы дақылдардың тұқымдарын жинағаннан кейін өндеу кезінде астық қабылдау кәсіпорындарында негізгі және жанама өнімдер, сондай-ақ МЕМСТ 10854 сәйкес май тұқымдарында ірі арамшөпті қоспаға, анық көрінетін арамшөпті және майлы қоспаларға болінетін қалдықтар алады. Сонымен қатар, май тұқымдарында зиянды және ерекше есепке алынатын қоспалар (металл қоспалары, малтатас және т.б.) болуы мүмкін.

Негізгі өнімдерге азық-түліктік, жемдік және техникалық мақсаттарға, сондай-ақ тұқымдық материалға арналған тұқымдар жатады.

Жинаудан кейінгі өндеу нәтижесінде алынатын жанама өнім құрамында 50 %-дан 85 %-ға дейін жарамды тұқым бар қоспа болып табылады. Жинаудан кейінгі өндеу қалдықтары 2 түрлі: жемдік және азықтық емес (кәдеге жаратылатын) болады.

Бұлғын сипаты бойынша арамшөп қоспасына жатпайтын азықтық қалдықтар негізгі дақылдардың құрамында 30 %-та дейін және басқа да дәнді, бүршакты және майлы дақылдар тұқымдарының қоспасымен көрсетілген.

Азықтық емес қалдықтарға келесі қалдықтар жатады: құрамында 2 %-дан аспайтын негізгі дақылдардың тұқымдары бар астықты тазартудан қалған қалдықтар, минералды қоспалар (жер, тастар, кен және т.б.), зиянды қоспалар, аспирациялық минералды және органикалық шаң және т.б. бар жіктеме бойынша қалдықтар үш санатқа болінеді. И және II категориядағы қалдықтарды құрама жем өндіру кезінде қолдануга болады [3,4].

Майлы дақылдарды жинаудан кейінгі өндеу қалдықтары аминқышқыл құрамы бойынша жақсы тенденстірліген акуызы бар жемшөп өндірісіне арналған шикізат болып табылады, оған аргининнің (жүгері мен бидай дәніне қарағанда 2 есе көп), гистидин, лизин және басқа да алмастырылмайтын аминқышқылдары кіреді.

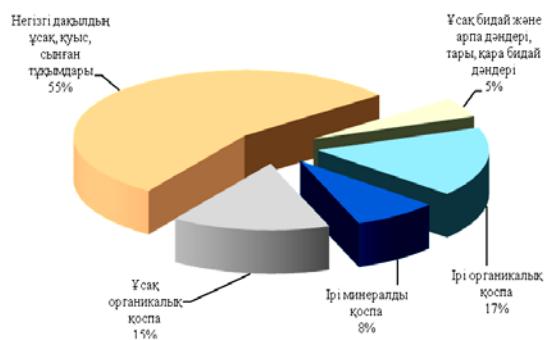
Майлы дақылдар тұқымдарын шикізат және өндірістік тазарту қалдықтарындағы шикі протеиннің массалық үлесі 19 %-ға, ал майдың массалық үлесі 21 %-ға жетуі мүмкін, яғни майлы тұқымдарды тазарту қалдықтары оларды ұтымды пайдалану кезінде экологиялық таза өсімдік акуызының көзі ретінде мал шаруашылығының жемдік базасының елеулі резерві болып табылуы мүмкін, ал өндеудің өзекті әдісін пайдалану жемнің коректік құндылығын бірнеше есе арттыруға мүмкіндік береді.

Қазіргі уақытта мал шаруашылығы мен құс шаруашылығы салаларының құрама жемге деген жалпы қажеттілігі жылына шамамен 5 млн тоннаны құрайды. Елде бар құрама жем зауыттарының куаты ауыл шаруашылығы майдарын барлық қажеттілікten 48 % құрама жеммен қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Бұл ретте өткен жылы отандық өндіріс есебінен құрама жеммен нақты қамтамасыз ету 20 %-ды құрады. Ал майлы тұқымды тазалау қалдықтары оларды тиімді өндеу кезінде елде құрама жем өндірісін 8-10 %-ға арттыра алады.

Осыған байланысты Қазақ ауыл шаруашылығы өнімдерін қайта өңдеу ғылыми-зерттеу институтында майлы дақылдарды жинаудан кейінгі өңдеу қалдықтарын ауыл шаруашылығы малдарының азығында өндөлгөн күйінде пайдалану бойынша ғылыми ізденістер басталды, бұл олардың тамактануының толықтығын жаксартуға және сүт өнімдерінің өнімділік деңгейі мен сапалық көрсеткіштерін арттыруға мүмкіндігін береді.

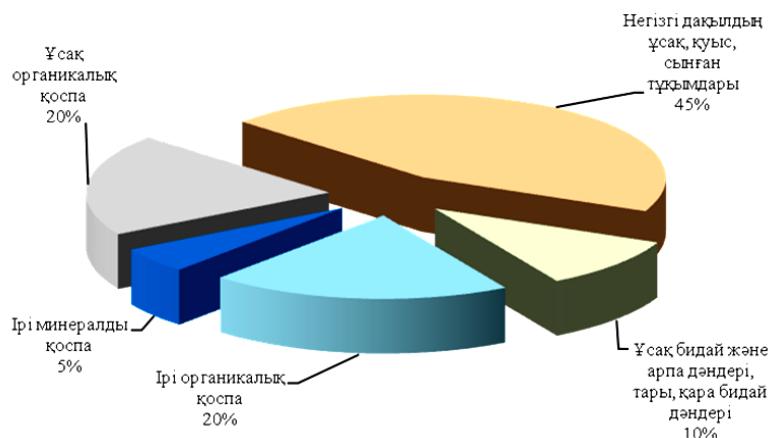
Әдеби көздерді талдау, сондай-ақ біз бұрын жүргізген астық қабылдау кәсіпорындарын, элеваторларды, ауыл шаруашылығы тауарын өндірушілердің тогандарын зерттеу, сондай-ақ тапсыруышылар мен тікелей өндірушілерден сұрау салу жаппай жинау кезеңінде егістіктерден келіп түсетін майлы дақылдардың тұқымдық массасының өз құрамында көп жағдайда 20-30 %-дан астам жеткен елеулі қоспасы бар екенін көрсетеді.

СҚО майлы дақылдар тұқымдарын өндіру мониторингіне сәйкес Айыртау, Қызылжар және М. Жұмабаев ауданынан (СҚО) алынған 2018 жылдың рапс және зығыр қалдықтарының үлгілерін талдау жүргізілді. Нәтижелер 2 және 3-суретте көрсетілген.



2-сурет – СҚО бойынша рапс тұқымдарын жинаудан кейінгі өңдеу қалдықтарының құрамы

Рапс пен зығыр майлы дақылдарының тұқымдарын жинағаннан кейін өңдеу кезінде алынатын қалдықтардың құрамына жүргізілген талдау, бұл ретте бөлінетін қоспа: ірі арамшөп қоспасынан 25 %-ға; ұсақ арамшөп қоспасынан (минералды және органикалық) 20 %-ға; негізгі өнімнің кондициялық емес бөліктерінен 45-50 %-ға; басқа дақылдардың тұқымдарынан 5-10 %-ға тұрады.



3-сурет – СҚО бойынша зығыр тұқымдарын жинаудан кейінгі өңдеу қалдықтарының құрамы

Әдеби көздер, бұдан басқа, металл қоспалары мен карантиндік өсімдіктердің тұқымдары болуы мүмкін екенін көрсетеді. Алайда зерттелетін үлгілерде бұл қосылыстар жоқ, осыған байланысты одан ері зерттеулерде металл қоспалары мен карантиндік өсімдіктердің тұқымдары ескерілмеген. Зерттеулер жалғасуда.

Ауыл шаруашылығы өндірісі қалдықтардың және өндірістің жанама өнімдерінің едәуір санымен сипатталады. Құрама жем индустриясын дамыту жоғары өнімді мал шаруашылығын тұрақты дамытудың негізі болып табылады.

Сонымен қатар, бүтінгі таңда майлар дақылдардың қалдықтарын өңдеудің онтайлы тәсілін әзірлеу бойынша ғылыми-техникалық негіздеме, майлар дақылдарды қайта өңдеу қалдықтарын колдана отырып, сүтті малға арналған құрама жемнің тиімді рецептураларын әзірлеу және экономикалық тиімділігі жоғары деңгейдегі осы құрама жемдерді алу технологиясын әзірлеу аса өзекті болып табылады.

Әдебиеттер тізімі

1. Интернет ресурсы <http://mniap.ru/analytics/Mirovoj-rynok-proizvodstvo-maslichnyh-kultur/>
2. Интернет ресурсы: <http://foodindustry.kz/obshhij-obzor-maslichnogo-rynka-kazahstana>
3. Петров В. Астықты қайта өңдеу қалдықтары негізіндегі жем қоспалары. Ұн-элеватор және құрама жем өнеркәсібі. – 1987. – № 9. – 30 б.
4. Тимофеенко Т.И. Құнбағыс тұқымдарын тазалау қалдықтарын пайдаланудың тиімді бағыттарын әзірлеу: автореф. дис. ... техн. ғыл. канд. – Краснодар, 1986. – 25 б.

Қабылданды 18.10.2019

МРНТИ 67.13.69

А.К. Киялбаев¹, С.Н. Киялбай¹, М.В. Дудкин², Б.Т. Алимгазин²

¹Казахский автомобильно-дорожный институт им. Л.Б. Гончарова, г. Алматы

²Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ МЕТОДОМ ХОЛОДНОГО РЕСАЙКЛИНГА

В статье авторы приводят результаты полевых обследований, а также проанализирован характер разрушения конструктивных слоев дорожной одежды. Особое внимание уделено восстановлению основания дорожных одежд с применением в них слабых грунтов методом холодного ресайклования.

Мақалада авторлар өздерінің далалық зерттеулерінің нәтижелерін көлтіріп, жол құрылымдарының түрөзгеріске түсіү мен күйреуіне сипаттамалық қорытындылар жасаған. Олар негізгі назарды жол тәсем қабаттарының қалыптастырылуына аудара отырып, негізгі қабаттағы беріктігі тәмен материалдардың сапасын ресайклинг тәсіл арқылы көтеру жолдарын көлтіреді.

In the article, the authors cite the results of field surveys and analyzed the nature of the destruction of the structural layers of the pavement. Particular attention is paid to the restoration of the pavement base with the use of cold soils in the foundations of weak soils.

Ключевые слова: основание дорожной одежды, деформации и разрушения, осевая нагрузка, прочностные свойства, малопрочные и слабые грунты, технология холодного ресайклинга.

Одной из проблем развития дорожного строительства в Республике Казахстан является повышение качества и долговечности слоев дорожной одежды. Эта задача может быть решена лишь при более полном исследовании транспортно-эксплуатационного состояния дороги в зависимости от климатических условий регионов и прочностных свойств материалов дорожной одежды.

По опыту развитых стран мира, самым эффективным мероприятием для повышения несущей способности покрытий дорожных одежд является повышение прочностных свойств дорожной одежды с усилением ее конструктивных слоев, соответствующим к осевой нагрузке 13 т и более. Существующие в Казахстане отечественные технологии не в силах отвечать таким требованиям. Традиционный ремонт асфальтобетонных покрытий дорог с заменой верхнего слоя дает лишь временный эффект и является более дорогостоящей и материальноёмкой альтернативой.

холодного ресайклинга – одна из самых эффективных методик строительства и ремонта конструкции земляного полотна и дорожных одежд, полностью заменяющая традиционные технологии, разработанные в бывшем Советском Союзе. Принцип строительства дорог методом холодного ресайклинга заключается в равномерном измельчении асфальтобетонного покрытия, как правило, с захватом части основания дороги, внесением в полученный гранулят укрепляющих добавок, таких, как цемент или битум, с дальнейшим перемешиванием, планировкой и уплотнением полученной смеси.

Первый опыт применения технологии холодного ресайклинга казахстанские дорожники начали в 2001 году при реконструкции участков автомагистрали «Астана-Шучинск». Сегодня данный метод в Казахстане применяется не только при ремонте и реконструкции дорог республиканского значения, но и успешно внедряется на дорогах местного значения.

В целях повышения качества эксплуатации автомобильных дорог Стратегической Программой развития автодорожной отрасли Республики Казахстан до 2030 года предусматривается реализация следующих мер [1]: своевременное выявление и устранение дефектов; более эффективная дислокация дорожно-эксплуатационных служб; доведение технической оснащенности дорожно-эксплуатационных служб до нормативных требований; постепенный переход на оценку качества содержания закрепленной сети по уровню бездефектного содержания; систематическое проведение диагностики и инструментального обследования автомобильных дорог; дополнение и поддержание базы данных о технико-эксплуатационном состоянии автомобильных дорог и мостов; улучшение технического состояния дорожно-эксплуатационных комплексов; улучшение транспортно-эксплуатационного состояния мостовых сооружений.

Деформации и разрушения дорожных одежд в значительной степени зависят от прочностных свойств материалов, из которых они построены [2]. Поэтому слабые грунты оказывают непосредственное влияние на уменьшение прочности дорожных одежд и под воздействием движения при неблагоприятных грунтово-гидрологических условиях ухудшают основные эксплуатационные показатели дороги приводят к деформациям и разрушениям на конструкции дорожных одежд (на рис. 1).



Рисунок 1 – Деформации и разрушения на конструкциях дорожных одежд, связанные с применением слабых грунтов

Как известно, наиболее распространенными дефектами асфальтобетонных покрытий являются пластические деформации (наплывы и колеи), температурные трещины, трещины, обусловленные старением, усталостные трещины, шелушение, выбоины. При этом степень развития тех или иных деформаций зависит от транспортных нагрузок, климатических условий и материала дорожных покрытий.

Известно, что в процессе эксплуатации автомобильных дорог асфальтобетонные покрытия постепенно утрачивают свои первоначальные свойства, т.е. снижается их трение, ухудшается ровность, появляются трещины, выбоины, наплывы, волна, просадки и колейность. Это, в первую очередь, зависит от старения битума вследствие сложных структурных и химических превращений под воздействием на материал различных факторов.

На слой битума оказывают влияние: температура воздуха, вода, состояние поверхности минерального материала. При этом скорость старения асфальтобетона зависит от его остаточной пористости [3].

Суть новой для казахстанских дорожников технологии ресайклирования состоит в том, что для повторного или дальнейшего использования лежащего на дороге, состарившегося и разрушенного материала изношенной и дефектной дорожной одежды (рис. 2) необходимо определенное его укрепление (стабилизация) комплексными добавками органических (горячий битум, вспененный битум, битумная эмульсия) и минеральных (в основном цемент, реже известь) связующих. Для этого и создан холодный ресайклер, который способен своим мощным фрезерным барабаном измельчить материал дорожной одежды (покрытия и основания) на глубину до 30 см, а в некоторых случаях и более, с одновременной его обработкой указанными связующими (стабилизаторами) и с распределением ровным слоем. Последующее заключительное уплотнение выполняется обычными дорожными катками [3].



Рисунок 2 – Типы дефектов и разрушений дорожной одежды: а – выбоины и колейность; б – сетка трещин; в – отраженные трещины

Исходя из изложенного, обоснование применения холодного ресайклинга на малую глубину производится путем сравнительных технико-экономических расчетов с традиционными методами среднего ремонта.

При назначении ресайклинга гравийных покрытий обоснование этого вида ремонта следует рассматривать как перевод покрытия в усовершенствованный тип. В этом случае выполняют соответствующее технико-экономическое обоснование принимаемого решения. Для этого используют необходимую информацию о службе дороги по интенсивности движения, росте его во времени, толщине гравийного покрытия, физико-механических характеристиках материала и др.

Выбор технологии холодного ресайклинга по виду связующего основан на технико-экономическом обосновании назначения ремонта и реконструкции, применимости технологии, в т.ч. на сравнении затрат исходного сырья: битума, битумной эмульсии, цемента, извести, воды, а также наличия поставок данного сырья. При этом следует учесть прочностные характеристики добавляемых в смеси материалов. Таким образом, сопротивление низкопрочных материалов к сдвигу является их важнейшим прочностным показателем. Оно необходимо для расчета устойчивости и прочности оснований, оценки устойчивости откосов, расчета давления грунтов на подпорные стенки и других инженерных расчетов. Разрушение грунта основания под фундаментом сооружения наступает, если действующие здесь касательные напряжения превышают сопротивление грунта сдвигу. Разрушение проявляется в виде скольжения (сдвига) грунтовых агрегатов или отдельных частиц относительно друг друга.

Сопротивление низкопрочных материалов к сдвигу обуславливается силами трения и сцепления (связности). Четкого разделения сопротивления сдвига на силы трения и сцепления не существует. Прочностными (сдвиговыми) характеристиками грунта являются удельное сцепление – С,

МПа, и угол внутреннего трения φ , град. Эти характеристики являются параметрами линейной зависимости $S=f(p)$, которая была установлена в 1773 году Ш. Кулоном. Для песчаных грунтов эта зависимость выражается формулой:

$$S = p \cdot \operatorname{tg} \varphi + C, \quad (1)$$

где C – сопротивление низкопрочных материалов к сдвигу (срезу), МПа; p – вертикальное давление на грунт, МПа; $\operatorname{tg} \varphi$ – коэффициент внутреннего трения; φ – угол внутреннего трения, град.

Графически указанная зависимость изображается прямой, отсекающей отрезок на оси ординат. Угол внутреннего трения является углом наклона этой прямой к оси абсцисс. Сдвиговые характеристики C и φ определяются экспериментальным путем в полевых или лабораторных условиях. Сопротивление сдвига одного и того же грунта непостоянно и зависит от физического состояния грунта, от условий проведения испытаний. Для получения достоверных результатов испытания на сдвиг должны всегда проводиться в условиях максимально приближенных к условиям работы низкопрочных материалов под сооружением или в самом сооружении (рис. 3) [16-18].

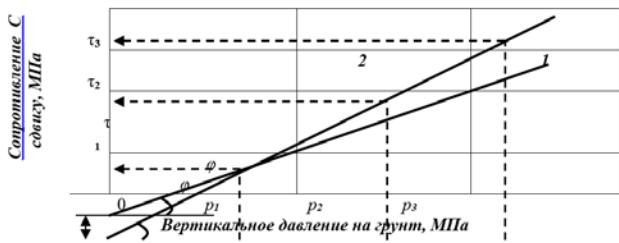


Рисунок 3 – График зависимости сопротивления сдвигу от вертикального давления:
1 – песчаный грунт, 2 – глинистый грунт

Для сыпучих грунтов (различного рода пески, крупнообломочные грунты, галечники) зависимость $\sigma-\tau$ принимается прямой, проходящей через начало координат и наклонной к оси нормальных напряжений σ под углом внутреннего трения φ (рис. 4).

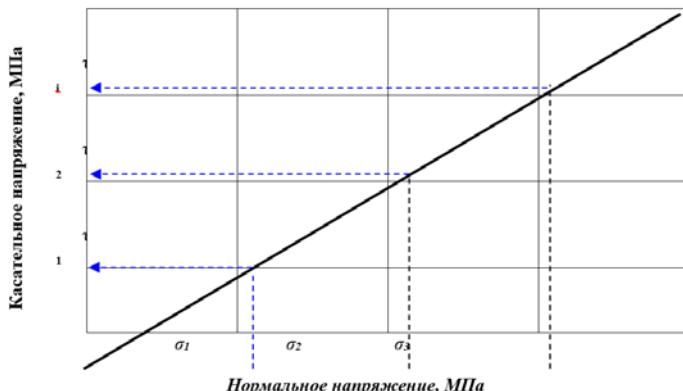


Рисунок 4 – Зависимость между касательным и нормальным напряжениями

Из графика, приведенного на рис. 4, можно записать следующую зависимость: $\tau = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi$.

Указанная зависимость – условие прочности грунта (закон Кулона) для сыпучих тел: сопротивление сыпучих грунтов сдвигу есть сопротивление трения, прямо пропорциональное нормальному давлению.

Резюме. 1. Для изучения механизмов повторного использования материалов старой дорожной одежды с применением технологии холодного ресайклинга требуется экспериментальным путем обосновать следующие показатели:

- типы и параметры дефектов, образованных на поверхности дорожных покрытий и в слоях дорожной одежды;

- механизмы измельчения и обработку материалов старой дорожной одежды с использованием технологии холодного ресайклирования;
- процессы структурообразования в битумосодержащих материалах;
- основы повышения сопротивления низкопрочных материалов к сдвигу и их прочностные характеристики.

2. За рубежом для реабилитации слоев дорожной одежды традиционно используют метод *терморегенерации* или *термофрезерования*. Преимуществом данного метода является повторное использование материалов старой дорожной одежды, при этом отпадает нужда вывозить с дороги удаляемый старый асфальтобетон и заменять его новым. Однако этот горячий метод себя не оправдал из-за быстрого старения битума и низкой долговечности восстанавливаемых покрытий. В связи с этим в развитых странах мира термофрезерный способ стал постепенно вытесняться методом холодного фрезерного удаления дефектных и изношенных покрытий с заменой снятого асфальтобетона на привозной новый («свежий»).

3. С появлением ремиксеров, холодных фрез в своих вооружениях большинство подрядных организаций, выполняющих ямочный ремонт, перешли на метод холодного ресайклирования, т.е. замещение изношенного асфальтобетона холодным фрезерованием с заменой на свежие смеси.

4. Холодный ресайклинг изначально разрабатывался как вариант глубокой стабилизации слоев покрытия и основания битумной эмульсией с добавками цемента или извести. Под этот вариант создавались и первые соответствующие машины, отвечающие изначальному английскому названию холодного ресайклинга, в котором присутствовал термин *«deep»* (глубокий).

5. Механическая прочность асфальтовых материалов зависит от внутреннего трения и заклинивания минеральных частиц в составе асфальтобетона (φ) и сил сцепления минеральных частиц вяжущим (c).

Список использованных источников

1. Стратегическая Программа развития автодорожной отрасли Республики Казахстан до 2030 года. – Астана: Минтрансом РК, 2014. – 23 с.
2. Методические рекомендации по восстановлению асфальтобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог способами холодной регенерации. – Офиц. изд. – М.: Минтранс РФ, Гос. служба дор. хозяйства Росавтодор, 2002. – 56 с.
3. Технический отчет АО «КаздорНИИ» по диагностическому обследованию автомобильных дорог Казахстана Республиканского значения. – Алматы: АО «КаздорНИИ», 2012. – Т. 2. – 346 с.
4. Р РК 218-24-03. Рекомендации по ремонту автомобильных дорог с использованием технологии холодного ресайклинга. – Офиц. изд. – Алматы: КАДИСИК МТК РК, 2003. – 90 с.

Получено 18.10.2019

МРНТИ 55.09.29

М.М. Крыкбаев, Д.С. Кабдуллина, К.К. Комбаев

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

ПЛАЗМЕННАЯ РЕЗКА КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕРМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СВАРНЫЕ КРОМКИ ШВА

В данной статье показаны режимы плазменной резки конструкционных материалов и исследовано термическое воздействие на сварные кромки шва. Во всех экспериментах при резке листовой стали регистрировалось напряжение на электродах и средняя сила тока. Выявлены микроструктура стали 20х при разных режимах плазменной резки. Результаты измерения микротвердости на поверхности обработанного образца свидетельствуют о ее повышении относительно основы, и равномерном распределении по обработанной поверхности.

Бұл мақалада конструкциялық материалдарды плазмалық кесу режимдері көрсетілген және тігістің дәнекерленген жиектеріне термиялық өсері зерттелген. Барлық эксперименттерде табақты болатты кесу кезінде электродтар мен токтың орташа күші тіркелді. Плазмалық кесудің өртүрлі режимдерінде 20x болаттың микропұрышымдары анықталды. Өндөлген үлгінің бетіндегі микрояттылықты өлшеу нәтижелері оның негізіне қатысты жогарылағанын және өндөлген беті бойынша біркелкі таралуын көрсетті.

This article shows the modes of plasma cutting of structural materials and the study of the properties of thermal effects on the weld edges. In all experiments, when cutting sheet steel, the voltage at the electrodes and the average current were recorded. The microstructure of steel 20x at different modes of plasma cutting was revealed. The results of measurement of microhardness on the surface of the treated sample indicate its increase relative to the base, and uniform distribution on the treated surface.

Плазменная резка металла – технология, разработанная во второй половине прошлого века. Ее отличительной чертой является отсутствие рабочего инструмента в его привычном виде – его функцию выполняет струя высокотемпературной плазмы, создаваемая воздействием электрической дуги.

Плазменно-дуговая резка – процесс дуговой резки, при котором металлы разрезаются расплавлением ограниченной области энергией дуги с удалением расплавленного металла высокоскоростным потоком горячего ионизированного газа из плазменной горелки. Плазменная резка – вид плазменной обработки материалов резанием, при котором в качестве режущего инструмента используется струя плазмы [1].

Между электродом и соплом аппарата, или между электродом и разрезаемым металлом зажигается электрическая дуга. В сопло подаётся газ под давлением в несколько атмосфер, превращаемый электрической дугой в струю плазмы с температурой от 5000 до 30000 градусов и скоростью от 500 до 1500 м/с. Толщина разрезаемого металла может доходить до 200 мм. Первоначальное зажигание дуги осуществляется высокочастотным импульсом или коротким замыканием между форсункой и разрезаемым металлом. Форсунки охлаждаются воздушным потоком газа или жидкостным охлаждением. Воздушные форсунки, как правило, надежнее, форсунки с жидкостным охлаждением используются в установках большой мощности и дают лучшее качество обработки [2].

Используемые для получения плазменной струи газы делятся на активные (кислород, воздух) и неактивные (азот, аргон, водород, водяной пар). Активные газы в основном используются для резки чёрных металлов, неактивные – цветных металлов и сплавов.

Главным достоинством использования этого способа является высокое качество обработки, также следует отметить такие преимущества:

- Экономичность: вложения требуются лишь на этапе покупки оборудования, для работы нужен только газ, который не относится к числу дорогостоящих расходных материалов; отход металла при раскрое минимален, что также сокращает затраты на производство; не требуется и предварительный прогрев обрабатываемой поверхности;

- Универсальность: плазменный резак с одинаковой легкостью режет конструкционную или нержавеющую сталь, а также цветные металлы; обрабатываются любые металлы – черные, цветные, тугоплавкие сплавы и т. д.;

- Высочайшая точность: плазменная термическая резка позволяет производить раскрой металла с минимальной погрешностью; отсутствие температурной деформации, небольшой и локальный нагрев разрезаемой заготовки, исключающий ее тепловую деформацию также способствует достижению абсолютной точности при раскрое;

- Возможность изготовления деталей любой формы [3]: ограничений по конфигурации детали практически не существует, использование плазмообразующей среды позволяет выполнять фигурные резы на металле с любой толщиной заготовки;

- Высокая скорость резки: отсутствие необходимости предварительного прогрева и специфика использования плазмы позволяют изготовить нужную деталь с минимальными временными затратами, скорость резания малых и средних толщин в несколько раз выше скорости газопламенной резки;

- Высокая чистота и качество поверхности разреза;

- Безопасность процесса: нет необходимости в баллонах с сжатым кислородом, горючим газом и т.д.

Плазма – токопроводящий ионизированный газ высокой температуры. Образуется струя в специальном устройстве – плазмотроне [4]. Он состоит из следующих основных элементов, представленных на рис. 1:

- электрод (катод), оснащенный вставкой из материала с высокой термоэлектронной эмиссией (гафний, цирконий), которая выгорает в процессе эксплуатации и при выработке более 2 мм требует замены;
- механизм закрутки газового потока;
- сопло, как правило, изолированное от катода специальной втулкой;
- кожух, защищающий внутренние компоненты от брызг расплавленного металла и металлической пыли.



Рисунок 1 – Устройство плазмотрона

Источник питания воздушно-плазменной резки имеет 2 провода – анод (с положительным зарядом) и катод (с отрицательным зарядом). «Плюсовой» провод подсоединяется к разрезаемому металлопрокату, «минусовой» – к электроду. В начале процесса плазменной резки металла поджигается дежурная дуга между катодом и наконечником, которая выдувается из сопла, а при касании обрабатываемого изделия образует уже режущую дугу (рис. 2).

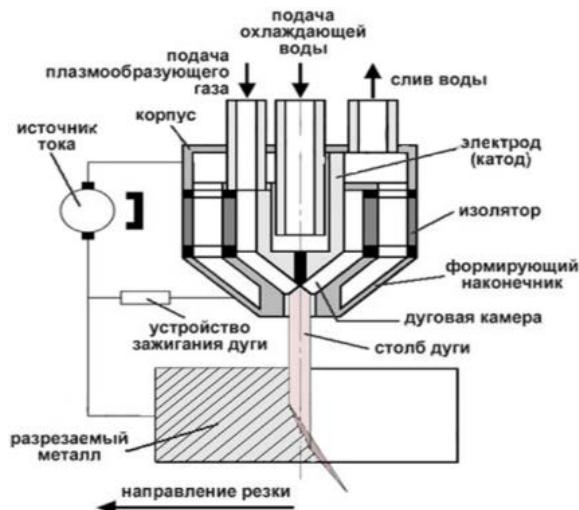


Рисунок 2 – Принцип работы плазмотрона

При заполнении формирующего канала столбом дуги в дуговую камеру начинает подаваться плазмообразующий газ, который подвергается нагреву и ионизации, что способствует его увеличению в объеме. Это ведет к его истеканию из сопла с большой скоростью (до 3 км/сек), температура дуги в этот момент может достигать от 5000 до 30000 °с.

Небольшое отверстие в сопле сужает дугу, что способствует ее направленному воздействию в определенную точку на металле, который практически мгновенно нагревается до температуры плавления и выдувается из зоны реза.

После прохождения плазмотроном по заданному контуру получается заготовка необходимых размеров и формы с ровными кромками и минимальным количеством окалины на них.

Для плазменной резки металлов могут использоваться как активные, так и неактивные плазмообразующие газы. Их выбор осуществляется в зависимости от разновидности металла и его толщины.

Азотоводородная смесь предназначена для меди, алюминия и сплавов на их основе; максимально возможная толщина – 100 мм; неприменима для титана и всех марок сталей.

Азот с аргоном используется в основном для плазменной резки высоколегированных марок сталей, толщина которых не превышает 50 мм; не рекомендуется для черных металлов, титана, меди и алюминия.

Азот применяется для раскрова сталей с низким содержанием углерода и легирующих элементов толщиной до 30 мм, высоколегированных – до 75 мм, меди и алюминия – до 20 мм, латуни – до 90 мм, титана неограниченной толщины.

Во всех экспериментах при резке листовой стали 20Х (ГОСТ 4543 – 71) напряжение на электродах и средняя сила тока между ними регистрировались с помощью стрелочных приборов класса 0,5 [5]. Для образца стали толщиной S = 3 мм при ступенчатом увеличении напряжения с интервалом 40-80 В в начале резки сила тока резко возрастает до 70 А, затем дежурная дуга, при касании обрабатываемого изделия, стабилизируется в плазму.

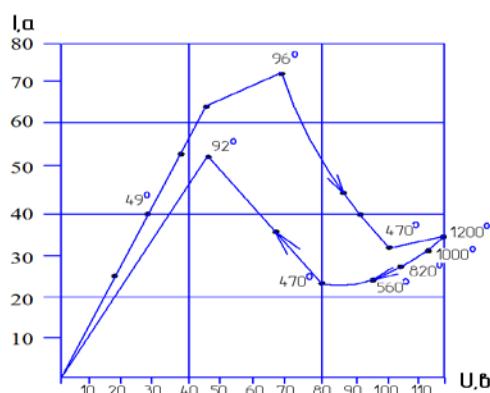


Рисунок 3 – Вольт-амперные характеристики плазменной резки стали

Первая область, в которой величина тока пропорциональна приложенному напряжению, протирается до напряжений 40-50 В.

Распределение потенциала по радиусу межэлектродного зазора близко к теоретическому для радиальной геометрии;

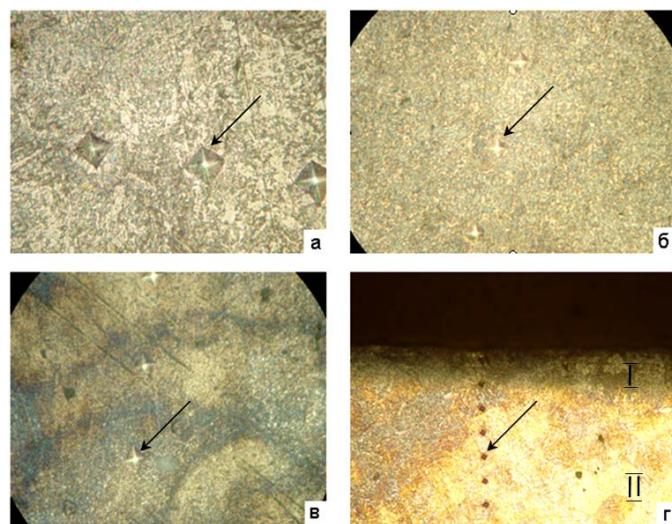
$$U(r) = (I \rho_0 / 2\pi) \ln(r_2/r), \quad (3)$$

где I – сила тока; ρ_0 – удельное сопротивление, r_2 – радиус внешнего электрода.

При дальнейшем увеличении напряжения до 70-80 В наблюдается более медленное увеличение силы тока вплоть до максимального значения 70-80 А. Это вторая область характеристики. В конце этой области происходит резкое уменьшение силы тока до 30-40 А [6].

Микроструктура исходного образца стали 20Х (ГОСТ 4543-71) завода изготовителя АО «УКЗТО», (рис. 4, а) представляет собой крупнозернистую перлитно-ферритную структуру с мелкодисперсными включениями легирующих элементов. После плазменной резки в режимах силы

тока $I = 30 \text{ A}$, напряжения $U = 150 \text{ В}$, образовалась мелкозернистая мартенситная структура (рис. 4, б). После резки в режимах силы тока $I = 50 \text{ A}$, напряжения $U = 150 \text{ В}$ микроструктура стали 20Х представляет собой мелкозернистую мартенситно-бейнитную структуру (рис. 4, в). При нагреве высококонцентрированной энергией плазмы мартенситно-бейнитная микроструктура обладает высокой твердостью, но при этом склонна к охрупчиванию. Переизометризация перлита в аустенит $\text{P} \rightarrow \text{A}$ сопровождается размельчением зерен [7]. Превращение состоит из двух параллельно идущих процессов: полиморфного $\text{Fe}_\alpha \rightarrow \text{Fe}_\gamma$ превращения и растворения цементита (Fe_3C) в аустените $\text{Fe}_\gamma(\text{C})$. При больших скоростях переохлаждения происходит мартенситное превращение $\text{Fe}_\gamma(\text{C}) \rightarrow \text{Fe}_\alpha(\text{C})$. Распад аустенита состоит из двух одновременно протекающих процессов: перехода $\text{Fe}_\gamma \rightarrow \text{Fe}_\alpha$ – бездиффузионного процесса и образования цементита Fe_3C – диффузионного процесса. Образующаяся структура представляет собой двухфазную смесь кристаллов феррита и цементита. На поперечном разрезе микрошлифа, обработанного в режимах силы тока 30 A , напряжения 150 В (рис. 4, г), видны две зоны: I – темный участок – зона интенсивных структурно-фазовых превращений в результате плазменной резки; II – зона термического влияния, представляющие собой пластинчатый мартенсит, который переходит в исходную перлитно-ферритную структуру.



(стрелками указаны отпечатки алмазной пирамидки)

Рисунок 4 – Микроструктура образцов стали 20Х: а – исходная структура, $x 800$, б – после резки в режимах $I = 30 \text{ A}$, $U = 150 \text{ В}$, $x 800$, в – после резки в режимах $I = 50 \text{ A}$, $U = 150 \text{ В}$, $x 800$, г – поперечный разрез после резки в режимах $I = 30 \text{ A}$, $U = 150 \text{ В}$, $x 100$

Установлено, что при плазменной резке можно получить упрочненный слой толщиной 1400–1700 мкм (рис. 5). Микротвердость упрочненной зоны мартенситно-аустенитной структуры, расположенной ниже темного слоя, составляет 6500–7200 МПа. С увеличением расстояния от поверхности она равномерно снижается до исходного состояния – в среднем 3000 МПа. Результаты измерения микротвердости на поверхности обработанного образца свидетельствуют о ее повышении относительно основы и равномерном распределении по обработанной поверхности (рис. 5) которое в среднем составляет 7000 МПа [8].

Увеличение микротвердости в 2–2,5 раза относительно исходного состояния свидетельствует о повышении прочности после плазменной резки металла. Преимущества такого способа состоят в малых энергозатратах при больших скоростях резки, возможности локальной обработки поверхности деталей, работающих в условиях интенсивных нагрузок, простоте реализации процессов.



Рисунок 5 – Зависимость микротвердости от глубины поперечного разреза при плазменной резке стали 20Х

Таким образом, на основании проведенного анализа установлено, что наиболее эффективным способом резки деталей является плазменная резка, которая позволяет модифицировать поверхностные слои и повысить твердость металла.

В результате можно сделать следующие выводы:

1. Установлено, что при плазменной резке можно получить упрочненный слой толщиной 1400-1700 мкм. Увеличение микротвердости в 2-2,5 раза относительно исходного состояния свидетельствует о повышении прочности после плазменной резки металла.
2. Микротвердость упрочненной зоны мартенситно-аустенитной структуры, расположенной ниже темного слоя, составляет 6500-7200 МПа. С увеличением расстояния от поверхности она равномерно снижается до исходного состояния, микротвердость которого в среднем 3000 МПа.

Список литературы

1. Геллер Ю.А., Рахштат А.Г. Материаловедение. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: «МЕТАЛЛУРГИЯ», 1989. – 456 с.
2. Ющенко К.А. Теория и практика импульсно-плазменного модифицирования поверхности деталей машин и инструмента / К.А. Ющенко, Ю.С. Борисов, Ю.Н. Тюрин // Сварочное производство. – Киев, 1994. – №5. – С. 23-25.
3. Словецкий Д.И. Теплофизика высоких температур / Д.И. Словецкий, С.Д. Терентьев, В.Г. Плеханов. – Красноярск: СФУ. – 1986. – Т. 24. – №2. – С. 353-363.
4. Кылышканов М.К. Влияние режимов электролитно-плазменной закалки на структуру и свойства стали бурового долота / М.К. Кылышканов, К.К. Комбаев // КарГТУ, Труды Университета. – Караганда: КарГТУ, 2009. – № 2. – С. 16-18.
5. Марочник сталей и сплавов / Сост. В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин и др.; под общей ред. В.Г. Сорокина. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
6. Тюленин А.Н. Гистерезис вольтамперных характеристик источников питания / А.Н. Тюленин, Ю.Н. Тюрин, А.И. Граднев // МиТОМ. – М., 1988. – №1. – С. 9-12.
7. Kozha E., Smagulov D.U., Akhmetova G.E., Kombaev K.K. Laboratory installation for electrolytic-plasma treatment of steel // news of national academy of sciences of the republic of Kazakhstan. – Almaty, nas rk, 2017. - 4(424). – С. 219-225.
8. Черненко В.И. Теория и технология анодных процессов при высоких напряжениях / В.И. Черненко, Л.А. Снежко, И.И. Папанова, К.И. Литовченко. – Киев: Наукова Думка, 1995. – 196 с.

Получено 18.10.2019

МРНТИ 67.11

Д.Т. Курманова, Л.В. Каменских

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

**ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВИМ-ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ
БАКАЛАВРОВ СТРОИТЕЛЬНОЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

В статье рассмотрен вопрос о необходимости подготовки конкурентно-способного кадрового потенциала в сфере строительства и архитектуры. Для соответствия стандартам мирового уровня и высокой эффективности одним из направлений подготовки специалистов является обучение BIM-технологиям.

Мақалада құрылымың және сәулет саласындағы бәсекеге қабілетті кадрлар даярлау қажеттілігі қарастырылады. Әлемдік стандарттарға және жоғары тиімділікке сәйкес болу үшін мамандарды даярлау бағыттарының бірі – BIM технологиялары бойынша оқыту болып табылады.

The article discusses the need for the preparation of competitive human resources in the field of construction and architecture. One of the areas of training highly qualified specialists is training in BIM-technologies.

Ключевые слова: информационное моделирование зданий, BIM-технологии, гражданское строительство.

Одна из проблем создания динамичных и перспективных проектов в сфере строительства заключается в том, чтобы найти квалифицированный персонал, который обладает быстрой адаптивностью, для того чтобы удовлетворить потребности рынка. Ввиду этого целенаправленная подготовка BIM-специалистов университетами является одной из основных задач. Помимо устойчивых навыков работы в BIM-программах, необходимо прививать обучающимся способность к логическому мышлению и к самостоятельному принятию решений.

Одним из путей достижения цели является обучение бакалавров строительной специальности дисциплинам «Информационное моделирование зданий с использованием Autodesk Revit» и «Основы BIM-технологии». Это позволит будущим специалистам принимать эффективные решения на всех стадиях жизненного цикла зданий.

Хотя BIM считается единой, унифицированной технологией, это не так. Ведущие разработчики программного обеспечения, такие, как Autodesk, Graphisoft и Bentley Systems, разработали эффективную технологию, которая служит этапам проектирования здания и строительства в течение всего жизненного цикла здания. В архитектурно-строительном проектировании требуется улучшение качества выполнения проектов, в том числе с активным использованием технологии информационного моделирования зданий. Использование технологии BIM позволяет принимать эффективные решения на всех этапах жизненного цикла здания: от проектирования до эксплуатации и сноса здания.

Реализация мероприятий по постепенному внедрению BIM позволит повысить качество проектирования и строительства объектов, снизить затраты на стадии проектирования и проведения экспертизы проектной документации и, соответственно, сократить риски.

Программные инструменты BIM поддерживают лучший способ проектирования зданий. Ввиду сложности современных зданий, подготовки строительных документов, использования двумерных чертежей САПР, программы BIM предоставляют значительные преимущества в управлении информацией.

Преимущества BIM на этапе строительства достаточно убедительны. Во-первых, для координации строительства крайне важна способность инструментов BIM «отслеживать» фазы строительства. В частности, инструменты BIM для координации пространства и графиков очень эффективны, особенно для крупных проектов на городских объектах, где площадки всегда стоят на первом месте.

Во-вторых, программные инструменты для обнаружения коллизий позволяют заранее выявлять ошибки компоновки, обеспечивая более экономичное разрешение и меньшее количество дорогостоящих заказов на изменение.

Информация о сборке оборудования, хранящаяся в моделях BIM, важна для создания базы данных, необходимой для текущего профилактического обслуживания. Оборудование, которое требует регулярного осмотра и обслуживания, в частности оборудование для отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха и системы безопасности жизнедеятельности, имеет особое значение. Кроме того, информация о воздушных и электрических распределительных системах, которые подвергаются периодическим изменениям, полезна для руководителей объектов.

Модели BIM обеспечивают полезную отправную точку для управления пространством и размещением. Организации, которые занимают большое количество офисных площадей, получают пользу от этой информации, интегрируя данные о зданиях с данными о людских ресурсах.

Управление точными чертежами долгое время было проблемой для владельцев зданий и руководителей предприятий. Хотя BIM-технология не исключает усилий, необходимых для поддержания точных данных о зданиях, но предоставляет два преимущества по сравнению с традиционной технологией CAD:

– BIM обеспечивает более простое средство представления трехмерных аспектов здания. Это особенно важно для представления механических систем;

– модели BIM могут нести обширные данные о сборках, отделке и элементах оборудования.

Несмотря на то, что технология BIM потенциально может принести огромные выгоды руководителям объектов и владельцам зданий, существуют проблемы, которые необходимо преодолеть.

Хотя BIM значительно облегчает отслеживание информации о зданиях, все еще требуются усилия для разработки и поддержания информации, которая является актуальной.

Задача состоит в том, чтобы составить контракты, которые будут эффективны при определении предоставления полезной информации. Когда архитекторы и инженеры готовят модели BIM для проектирования, то материалы и компоненты определяются в общих чертах. Конкретные решения оставлены на усмотрение генерального подрядчика, субподрядчиков и специализированных поставщиков. При условии соблюдения проектной документации, подрядчики должны использовать эту свободу выбора для достижения более конкурентоспособной стоимости. Хотя типичные процедуры строительства требуют, чтобы владельцы документов по окончании проекта предоставляли записи документов, эта информация обычно предоставляется в виде бумажных или отсканированных документов.

У BIM есть потенциал изменить работу с подрядчиками, предоставляющими «живые» модели BIM, как часть процесса для ввода здания в эксплуатацию.

В то время как использование технологии BIM для управления объектами все еще развивается, потенциал кардинального повышения эффективности управления жизненным циклом здания очевиден.

Большинство компаний осознали необратимость изменений, происходящих в архитектуре и строительной отрасли, и сегодня они находятся в поиске оптимальных методов. Ввиду этого аспекта проблема подготовки квалифицированных специалистов с использованием технологий BIM очень актуальна.

В процессе обучения, основанном на технологии BIM, школа архитектуры, строительства и дизайна должна решать многочисленные проблемы, связанные с подготовкой бакалавров, столь необходимых в строительной отрасли.

Образовательная программа по этой специальности должна строиться не только в соответствии с государственным образовательным стандартом, но и с требованиями рынка строительной индустрии для будущих технических и инженерных кадров. По мнению авторов, введение междисциплинарной интеграции в курсовом и дипломном проектировании с использованием технологий BIM будет очень своевременным решением.

Обучение бакалавров и магистрантов BIM-технологиям условно формируется таким образом, чтобы обучающиеся получали знания и навыки в той последовательности, что и при формировании жизненного цикла строительного объекта. Таким образом, к моменту выхода на дипломный проект, студенты не только получат устойчивые знания по работе с прогрессивными программными продуктами, но и будут иметь реальное представление о непрерывном проектировании и логической связи всех элементов здания.

Список литературы

1. Ерофеев П.С., Манухов В.Ф., Карпушин С.Н. Применение технологии BIM в архитектурном учебном проектировании зданий и сооружений // Вестник мордовского университета. – 2015. – Т25. – №1. – С. 105-109.
2. Захаров К. Технологии BIM для всех стадий жизненного цикла объекта капитального строительства. – М.: Autodesk. – 33 с.
3. Талапов В.В. Технология BIM: суть и основы внедрения информационного моделирования зданий. – М.: ДМК-пресс, 2015. – 410 с.
4. Талапов В.В. О некоторых принципах, лежащих в основе BIM // Известия высших учебных заведений. Строительство. – Новосибирск, 2016. – № 4(688). – С. 108
5. Талапов В.В. Информационная модель здания. Методика обучения архитектурному проектированию // САПР и графика. – 2009. – №2.

Получено 18.10.2019

МРНТИ 621.313.17

А.Д. Мехтиев¹, В.В. Югай¹, У.С. Есенжолов¹, Н.Б. Калиаскаров²

¹Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда

²Северо-Казахстанский государственный университет им. М. Козыбаева, г. Петропавловск

**НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ ДВИГАТЕЛЯ С ВНЕШНИМ ПОДВОДОМ ТЕПЛОТЫ,
РАБОТАЮЩЕГО ПО ЦИКЛУ СТИРЛИНГА, И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

В данной статье проведен общий анализ ведущих производителей микротепловой электростанции (МТЭС). Выявлены основные недостатки зарубежных аналогов электростанции. Сформированы основные постулаты работы МТЭС в условиях сельской местности Казахстана. Приведены альтернативные положительные моменты разработки МТЭС, такие, как использование отходов в виде топлива, малые габариты и т.д.

Бұл мақалада шағын жылу электр станциясының жетекші өндірушілеріне жалпы талдау жүргізілді. Электр станциясының шетелдік аналогтарының негізгі кемшиліктері анықталды. Қазақстанның ауылдық жерлерінде электр станция жұмысының негізгі артықшылықтары анықталды. Отын түрінде қалдықтарды пайдалану, электростанцияның шағын габариті және т. б. сол сияқты МЖЭС өзірлеудің баламалы он сәттері көлтірілген.

This article provides a General analysis of the leading manufacturers of microthermal power plants. The main drawbacks of foreign analogues of the power plant are revealed. The basic postulates of the microelectric power station operation in rural areas of Kazakhstan are formed. Given the alternative positive aspects of development microcephaly power plant, such as the use of waste fuel, small size, etc.

Ключевые слова: тепловая электростанция, Стирлинг, двигатель теплоты, сельская местность, сжигание отходов.

В Казахстане системной работы по разработке и внедрению электростанций сверх малой мощности когенерационного типа на основе двигателя с внешним подводом теплоты, работающего по циклу Стирлинга, не проводится. На рынке Казахстана полностью отсутствуют собственные разработки, этот вопрос решается в основном силами отдельных энтузиастов, которые создают собственные конструкции. В казахстанских публикациях больше уделяется внимание анализу и теоретически части функционирования данного типа двигателя.

Проанализированный нами зарубежный опыт по созданию высокоеффективных с двигателей с внешним подводом теплоты (ДВПТ), или двигателей Стирлинга (ДС), показал, что без точного математического моделирования рабочих процессов и оптимального конструирования основных узлов доводка проектируемых машин превращается в многолетние изнурительные экспериментальные исследования с малой вероятностью успешного результата. Ведущие разработки фирм стран Евросоюза, США и Японии опираются на теоретические и экспериментальные исследования

своих ученых из университетов и технопарков, которые занимаются разработкой отдельных типов машин Стирлинга [1]. Имеются не в полном объеме решенные технические проблемы, связанные с конструкцией отдельных узлов, особенно уплотнений, регулированием мощности и т.д. Имеются проблемы, обусловленные применением различных рабочих тел, например низкая эффективность воздуха при нагреве и предотвращение утечек водорода, который является наиболее эффективным рабочим телом. Есть конструкции, использующие в качестве рабочего тела гелий, который намного эффективнее воздуха, но обладает сверхтекучестью, что предъявляет повышенные требования к уплотняющим элементам рабочих поршней, штока вытеснителя и т.д., а это влияет на стоимость изготовления ДВПТ. В отличие от ДВС, уплотнения работают в режиме сухого трения, так как смазка может сильно загрязнять рабочее тело и негативно влиять на работу ДВПТ, поэтому уплотнения должны иметь низкий коэффициент трения и высокую износостойкость. Продолжается работа по проектированию перспективных и новых конструкций ДВПТ, которые внедряются в производство, например свободно поршневых, не имеющих недостатков классических ДВПТ [2].

В перспективе нашей научной работы является разработка двигателя с внешним подводом теплоты для многотопливной микроэлектростанции, способной эффективно работать в условиях сельской местности Казахстана. Своей будущей задачей мы ставим разработку серии микроэлектростанций мощностью от 1 до 100 кВт на основе свободнопоршневого двигателя внешнего сгорания с линейным генератором для энергообеспечения сельских жителей Казахстана. Данный тип теплового двигателя был изобретен в 50-е годы прошлого века в США фирмой «Санпауэр». Конструкция получилась настолько удачная из всего семейства Стирлингов, что инженеры НАСА разработали несколько вариантов для использования на космических кораблях. Немецкие инженеры сделали ряд разработок для использования его в быту, он может работать как генератор, насос и термокомпрессор.

Собранная информация по теме проекта показала, что за рубежом имеются разработки микро-тепловых электростанций (МТЭС) с высокими технико-экономическими показателями и характеристиками. Для потребителей с небольшой потребляемой мощностью предлагается МТЭС на основе ДС VITOTWIN 300-W (VIESSMANN, Германия) [3], которая способна производить тепловую и электрическую энергию (рис. 1). Электростанция подойдет как для энергоснабжения сельского дома, так и для загородного коттеджа. Правда она способна работать только на природном или сжиженном газе. Ее стоимость составляет около 11 тысяч евро. Преимущества агрегата состоят в экономичности, низком уровне создаваемого при работе шума. Установка любой МТЭС – это, в первую очередь, работа на перспективу. Учитывая достаточно высокую стоимость оборудования, целесообразно коллективное применение данных агрегатов.

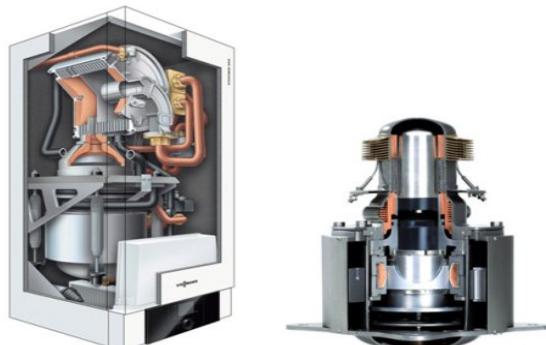


Рисунок 1 – МТЭС с двигателем Стирлинга

Компании WhisperGen (Новая Зеландия) разработала для Европейского рынка МТЭС с тепловым двигателем внешнего сгорания Стирлинга, стоимостью около 7 тыс. евро, электрическая мощность которой 1 кВт, тепловая – 5,5 кВт. Фирма Microgen (Великобритания) выпускает аналогичные по конструкции МТЭС (рис. 2). Их отличает бесшумность работы: уровень шума на расстоянии 2 м от работающей Ecopower составляет 56 дБ (ДВС), для WhisperGen – не более 40 дБ.

Это позволяет устанавливать WhisperGen внутри дома, так как создаваемый ей шум не выше шума бытового холодильника (рис. 10). Количество вырабатываемой горячей воды оптимальное для среднеевропейского дома; размеры установки ($B \times Ш \times D$) составляют $650 \times 500 \times 450$ мм, масса – 137 кг [4]. Таким образом, агрегат занимает в кухне столько же места, сколько стандартная посудомоечная машина. Для сравнения: габариты американской МТЭС Ecopower ($D \times B \times Ш$) – $1280 \times 980 \times 700$ мм, масса – 400 кг.

Не требует техобслуживания – ресурс работы до 40 тыс. ч: в них нет масла внутри цилиндра, нет фильтров и свечей зажигания, не надо регулировать клапаны и систему зажигания. Для ДВС американской установки после 8 тыс. ч необходим ремонт. Топливная «вседоступность» – это важное преимущество ДС, он способен использовать разные виды газообразного, жидкого и твердого топлива. Совместно с МТЭС сельский потребитель может использовать вакуумные коллекторы и солнечные фотопанели (альтернативные источники тепла и электроэнергии). В зимний период эффективность работы фотопанелей весьма низкая, но ее достаточно для того, чтобы обеспечить действие циркуляционных насосов, поддерживающих движение воды в системе горячего водоснабжения (ГВС), нагретой от вакуумных коллекторов. Летом, когда солнечные фотоэлектрические панели функционируют с максимальной отдачей электроэнергии, можно ограничить время работы МТЭС, сэкономить газообразное топливо и сберечь моторесурс двигателя.

На рис. 2 приведены данные по сравнительному анализу КПД современных тепловых двигателей, выпускаемых промышленностью.

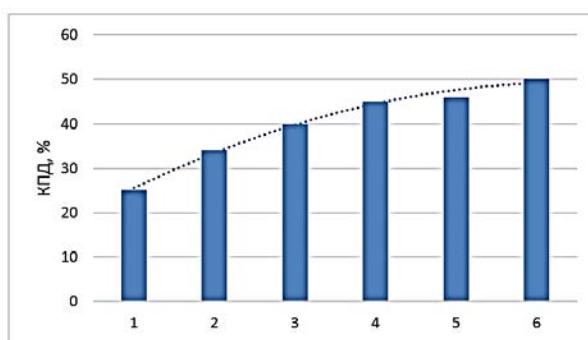


Рисунок 2 – Сравнительный анализ КПД различных типов двигателя: 1 – бензиновый ДВС; 2 – газотурбинная установка; 3 – атмосферный дизельный ДВС, 4 – двигатель Стирлинга (высокого давления); 4 – реактивный двигатель; 6 – дизельный ДВС с турбонаддувом

Использование ДС позволит создать многотопливную МТЭС с более высокими показателями производства тепловой энергии, чем при использовании ДВС. ДС имеет ряд преимуществ и недостатков, но его использование в качестве силового агрегата для МТЭС весьма предпочтительно. Проведя анализ источников, для своей будущей МЭТС мы выбираем два типа ДС, которые будут нами сначала отработаны на лабораторных моделях мощностью до 100 Вт, затем постепенным приближением будем двигаться к прототипу мощности 1 кВт [5].

Поршневые ДВС при своей дешевизне и высокой электрической эффективности имеют малую тепловую мощность, требуют применения масла в цилиндрах и содержат в своем составе большое количество трущихся элементов, что приводит к малому ресурсу работы. Двигатели Стирлинга массивные, материалоемкие и работают под высоким давлением рабочего тела. Пока МТЭС термоакустического типа имеют высокие показатели электрической эффективности и обладают малым количеством вредных выбросов, однако имеют сравнительно малую тепловую мощность, малый ресурс работы, высокую стоимость и неотработанную конструкцию. Необходимо проводить научные исследования, способные повысить их эффективность.

Для достижения цели необходимо выполнить ряд мероприятий, связанных с совершенствованием конструкции МТЭС и их адаптацией к Казахстанским условиям эксплуатации на доступном в сельских регионах топливе. Необходимо отметить, что современные свободнопоршневые ДС имеют много достоинств: низкий уровень шума, многотопливность, простоту конструкции (нет

поршней, коленвала, распределителя и др.), значительный ресурс (более 40 тыс. часов), высокий КПД, возможность когенерации, а отсутствие зажигания, высоковольтных проводов, коробки передач, стартера с аккумулятором делают его удобным в эксплуатации. Нашей задачей является создание МТЭС с ДС без вращающихся частей, высоким значением электрического КПД, низким уровнем выбросов вредных веществ. В перспективе будет создание принципиально нового типа акустической МТЭС, которая способна с помощью звуковых колебаний превращать тепловую энергию в электричество. Предполагаемая электрическая мощность составит от 1 до 5 кВт электрической энергии и от 10 до 50 кВт тепловой энергии при общем КПД системы выше 90 %. Имеются предварительные результаты научных экспериментов, позволяющие создать МТЭС на основе термоакустического ДС с КПД 45 % при выработке электрической энергии. Температура нагретого рабочего тела будет составлять 900–950 °С. Данная эффективность будет достигнута путем оптимизации процесса нагрева и охлаждения рабочего тела, что заставит его более эффективно выполнять работу. Учитывая опыт разработок конца прошлого века, необходимо для достижения высокого КПД работать на давлении не менее 20 МПа, при этом желательно использование гелия или водорода в качестве рабочего тела, но это сильно усложняет конструкцию и повышает стоимость ДС. Необходимо снизить потери механической энергии на трение в уплотнениях, а значит отказаться от использования поршней и вытеснителей со штоками, что снижает металлоемкость двигателя в целом и позволит ему окказать конкуренцию атмосферному дизельному ДВС. Необходимо разработать тепловой двигатель, работающий на энергии бегущей термоакустической волны, создаваемой при нагреве стального проволочного регенератора. Основную часть ДС составит теплообменник, регенератор и закольцованные трубы с замкнутым контуром. Необходимо добиться точного контроля давления и движения рабочего тела. Тепловой двигатель без вращающихся частей будет способен достичь значения КПД в 50 % цикла Стирлинга, а значит и цикла Карно. Бегущая звуковая волна, порожденная нагревом рабочего тела в проволочном регенераторе, достигает величин в 160 дБ, но так как резонатор герметичен, звук от его работы не слышен на расстоянии 2 м. Данный тип двигателя может свободно эксплуатироваться в жилых помещениях. Данный двигатель способен эффективно работать практически на любом виде топлива или отходах сельскохозяйственного производства, подверженных горению. Для увеличения мощности МТЭС от 1 до 5 кВт вместо линейного генератора на постоянных магнитах будет использоваться многоступенчатая турбина с высокочастотным генератором с регулируемым возбуждением, имеющим малые габариты по сравнению с тихоходными синхронными генераторами на постоянных магнитах.

Анализ возможности практического применения для энергообеспечения автономных потребителей показал, что во многих случаях ДС подходят для тех же применений, что и другие существующие и возникающие технологии производства электроэнергии, такие как двигатели ДВС, микротурбины и топливные элементы. Все эти технологии могут использоваться для обеспечения мощности для распределенной генерации в жилых, коммерческих и/или промышленных применениях. Микротурбины, топливные элементы и ДС также считались источником энергии для транспортного использования; однако ни один из них не смог сопоставить недорогой и технически проверенный двигатель ДВС.

Разработки ДС были направлены на широкий спектр применений, включая двигательные установки, газовые тепловые насосы, вспомогательные силовые установки (ВСУ) и выработку энергии на субмаринах. Однако распределенная генерация для базовой нагрузки или резервной мощности, по-видимому, является наиболее часто используемой для технологии Стирлинга сегодня. Многие из предполагаемых применений используют гибкость двигателя в ДС, используя недорогие (или бесплатные) возобновляемые виды топлива. Интересно также отметить, что рынки и применение ДС меняются в глобальном масштабе. Проявляется большой интерес к жилым комбинированным тепловым и энергетическим ресурсам в Европе. Вероятно, это связано с тем, что в большинстве западноевропейских домов в качестве основного оборудования для обогрева помещений используются системы гидравлического отопления. BG Group планирует использовать этот рынок, предлагая МТЭС в качестве замены обычных гидравлических котлов. Преимущество владения системой ДС в качестве первичного отопительного прибора заключается в том, что он будет поставлять электроэнергию в качестве побочного продукта. Европейские коммунальные предприятия, как

правило, относительно либеральны с межсетевым соединением, устранив дорогостоящие разрешения и задержки перед установкой.

Анализ технических проблем показал, что основными технологическими препятствиями, с которыми сталкиваются ДС, были долгосрочная выносливость и надежность. Некоторые из общих проблем долговечности включали:

- изоляция для отделения водорода (или гелия) высокого давления от смазки в механическом приводе кинематических двигателей;
- поршневые кольца с низким уровнем утечки и подшипники для работы в нерабочем рабочем пространстве двигателя;
- минимизация механических напряжений и коррозии в высокотемпературных и/или напорных головках высокого давления;
- блокировка мелкочаечистых тепловых матриц, используемых в сборках регенераторов, с частицами/мелочами, образующимися при трении поршневых колец [6].

В сформулированы нами основные положения использования и адаптации МТЭС с двигателем с внешним подводом теплоты, и определены направления развития, так как данная технология является весьма перспективной для развития малой энергетики Казахстана и эффективного обеспечения энергией удаленных автономных потребителей.

Выводы. Сегодня в Казахстане подобные научные разработки не ведутся, нет также действующих образцов, разработанных учеными, есть только собранные энтузиастами отдельные небольшие модели, которые не способны обеспечить энергией не только крестьянское хозяйство, но и небольшой сельский дом. Все работы производятся разрозненно, а разработчики не имеют связи между собой. Основой их разработок является полученная из интернета информация, которая не позволяет создать эффективную МТЭС с высокими техническими характеристиками.

На основании проведенного научного анализа МТЭС может быть легко адаптирована к местному топливу и для утилизации отходов, в том числе и сельхозпроизводства, так как тепловой двигатель с внешним подводом теплоты способен работать на любом виде топлива и отходах, подверженных горению, а также преобразовывать потери тепла в производственных технологических циклах. Результаты исследования позволяют в дальнейшем разработать собственную конструкцию МТЭС и получить альтернативный источник энергии с высокой эффективностью и низкими эксплуатационными затратами, что обеспечит развитие малой энергетики РК.

Список литературы

1. Бобылев А. В. Математическая модель свободнопоршневого двигателя Стирлинга // Техника. Технологии. Инженерия. – 2017. – №1. – С. 22-27.
2. Веревкин М.Г. Метод комплексного теплового и конструкторского расчета термомеханического генератора // Известия ВУЗов. Серия «Машиностроение». – 2004. – № 10. – С.33-37.
3. Афанасьев В.А. и др. Оценка КПД криогенного двигателя Стирлинга, входящего в состав газификатора сжиженного природного газа системы питания газовым потоком судового двигателя / В.А. Афанасьев, А.М. Цейтлин, П.Б. Поляков, Р.Ю. Гавлович // Вестник АГТУ. Серия «Морская техника и технология». – 2013. – №1. – С.78-83.
4. Горожанкин С.А. и др. Комбинированные газотурбинные установки с двигателями Стирлинга / С.А. Горожанкин, С.А. Горожанкин, Н.В. Савенков, А.В. Чухаркин // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского политехнического университета. – 2015. – №2(219). – С.57-66.
5. Ильин Р.А. Эффективность использования двигателей Стирлинга в составе газо-газовых теплоэнергетических установок // Вестник АГТУ 2008 г. – 46. – №5. – С.136-139.
6. Ридер Г. Двигатели Стирлинга / Пер. с англ. – 2-е изд. – М.: Мир. 1986. – 464 с.
7. Уокер Г. Двигатели Стирлинга / Пер. с англ. – 1-е изд. – М.: Мир. 1985. – 408 с.

Получено 18.10.2019

УДК 621.383.51

А.С. Опанасюк¹, А.А. Возный¹,**С.В. Плотников², Г.К. Уазырханова², Н.К. Ердыбаева², Ж.К. Уазырханова²**¹Сумський державний університет, м. Суми, Україна²Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Казахстан

**ВЛИЯНИЕ ПОСЛЕРОСТОВОЙ ОБРАБОТКИ НА МОРФОЛОГИЮ ПОВЕРХНОСТИ ПЛЕНОК Sn_xS_y ,
ПОЛУЧЕННЫХ В КВАЗИЗАМКНУТОМ ОБЪЕМЕ**

Настоящая работа посвящена исследованию морфологии поверхности пленок Sn_xS_y , полученных в квазизамкнутом объеме послеростовой обработки. Результаты экспериментальных исследований показали, что отжиг образцов в вакууме приводит к изменению цвета пленок; неотожженная пленка имеет пластинчатую кристаллическую структуру, размер зерен в их плоскости составляет $d_l = 2 \text{ мкм}$; отжиг пленок SnS_2 при 573K и 673K не ведут к видимым изменениям морфологии поверхности образцов, повышение температуры отжига до 773 K приводит к образованию пористой структуры на поверхности и в объеме пленки; полученные пленки состоят из пластинчатых конусообразных зерен со средней высотой $d_h = 0,8 \text{ мкм}$, длина кристаллитов до и после отжига остается неизменной и составляет $d_l = 2 \text{ мкм}$; термическая обработка пленок приводит к снижению шероховатости поверхности слоев для неотожженных образцов с $R_{ms} = 0,39 \text{ мкм}$ к $R_{ms} = 0,32 \text{ мкм}$.

Бұл жұмыс өсіден кейінгі өңдеудің квазитүйік көлемінде алғынан Sn_xS_y пленкаларының беттік морфологиясын зерттеуге арналған. Эксперименттік зерттеулердің нәтижелері үлгілердің вакуумда қыздыру пленкалар түсінің өзгеруіне әкелеттінін көрсетті; қыздырылмаған пленка пластинадың құрылымына ие, олардың жазықтығындығы дән мәлшерлері $d_l = 2 \text{ мкм}$; SnS_2 пленкаларын 573K және 673K температураларында қыздыру үлгілердің беттік морфологиясында көрінеттің өзгерістерге әкелмейді, қыздыру температурасының 773 K дейін жоғарылауы беттік қабатта және пленканың үлкен бөлігінде кеуекті құрылымының пайды болуына әкеледі; алғынан пленкалар пластинадың конус төрізді дәндерден тұрады, олардың орташа биіктігі $d_h = 0,8 \text{ мкм}$, қыздырудан кейінгі кристалиттердің ұзындығы өзгеріссіз қалады және $d_l = 2 \text{ мкм}$ құрайды; пленкаларды термиялық өңдеу қыздырылмаған үлгілер үшін қабаттар беттінің кедір-бұдырының $R_{ms} = 0,39 \text{ мкм}-ден R_{ms} = 0,32 \text{ мкм}-ге$ дейін төмендеуіне әкеледі.

This work is devoted to the research of the surface morphology of Sn_xS_y films obtained in the quasiclosed volume of post-growth processing. The results of experimental studies showed annealing of samples in vacuum led to a change in the color of the films; the unannealed film has a lamellar crystalline structure, the grain size in their plane is $d_l = 2 \mu\text{m}$; Annealing of SnS_2 films at 573K and 673K does not lead to visible changes in the surface morphology of the samples; an increase in the annealing temperature to 773 K leads to the formation of a cellular structure on the surface and in the bulk of the film; the resulting films consist of lamellar cone-shaped grains with an average height of $d_h = 0,8 \mu\text{m}$, the length of the crystallites before and after annealing remains unchanged and amounts to $d_l = 2 \mu\text{m}$; heat treatment of the films leads to a decrease in the surface roughness of the layers for unannealed samples with $R_{ms} = 0,39 \mu\text{m}$ to $R_{ms} = 0,32 \mu\text{m}$.

Ключевые слова: полупроводниковые пленки, субструктура, морфология поверхности, отжиг.

За последние три десятилетия, тонкие пленки SnS и SnS_2 были синтезированы различными физическими и химическими методами: атомное осаждение слоев (ALD) [1], соиспарения [2], испарение в КЗО [3], метод горячей стенки [4], электрохимическое осаждение [5], химическое осаждение из паровой фазы (CVD) и т.д. Каждый из методов получения пленок Sn_xS_y имеет как свои преимущества, так и недостатки. Метод вакуумного термического испарения в квазизамкнутом объеме (КЗО) широко используется для получения тонких пленок бинарных полупроводников [6]. Он позволяет получать полупроводниковые слои высокой кристаллической качества. Для создания высокоэффективных СЭ нужны стехиометрические слои Sn_xS_y с оптимальными структурными, оптическими и электрофизическими характеристиками. Морфология поверхности и химический состав пленок сульфида и дисульфида олова в значительной степени определяются физико-технологическими условиями их получения и послеростовой обработки [1,6].

В связи с вышеизложенным, целью настоящей работы является исследование морфологии поверхности пленок Sn_xS_y полученных в КЗО послеростовой обработки.

Материал и методы исследования. Полупроводниковые пленки SnS , SnS_2 были получены с использованием установки ВУП-5М при давлении остаточных газов в вакуумной камере не более $5 \cdot 10^{-3}$ Па на стеклянных подложках с нанесенным токопроводящим слоем $(\text{In}_2\text{O}_3)_{0,9} - (\text{SnO}_2)_{0,1}$ (ITO). Подложки перед осаждением пленок предварительно очищались с помощью изопропилового спирта в ультразвуковой ванне. Отжиг образцов проводился в вакууме при температурах $T_a = (573-873)$ К в течение $t_a = (30-90)$ мин. Морфология поверхности и химический состав пленок Sn_xS_y изучались с помощью автоэмиссионным сканирующим электронным микроскопа FEI Nova NanoSEM 650 с интегрированной приставкой для энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии Apollo X (EDPC). Толщина полученных слоев Sn_xS_y была определена путем фотографирования поверхности скола пленки (путем фрактографии). Экспериментальные исследования проводили в научных лабораториях Сумского государственного университета (Украина) и лаборатории инженерного профиля «IPGETAC» Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева.

Результаты и их обсуждения. Результаты исследования показали, что отжиг образцов в вакууме приводит к изменению цвета пленок. Так неотожженные слои имели желтый цвет, что характерно для соединения SnS_2 [7]. Образец D673-90 (SnS_2 , отожженный при промежуточной температуре) имел темно-коричневый цвет, а образцы D773-30, D5773-60 и D773-90 (отожженные при более высокой температуре) были черными, что характерно для соединения SnS [7]. Дальнейшее повышение температуры отжига до 873 К (образец D873-30) приводило к испарению пленки с подложки даже при минимальном по продолжительности 30-ти минутном отжиге.

Электронно-микроскопические снимки поверхности и скола образцов приведены на рисунке 1. Неотожженная пленка (рис. 1, а) имела пластинчатую кристаллическую структуру. Хотя следует отметить, что размер зерен в их плоскости был несколько большим и составлял $d_l = 2$ мкм. Это может быть объяснено длительным временем осаждения пленки $t_d = 16$ мин и, как следствие, большей толщиной полученного слоя $d = 4$ мкм (рис. 1 в).

Отжиг пленок SnS_2 при 573 К (D573-30, D573-60 и D573-90) и 673 К (D673-30, D673-60 и D673-90) не ведет к видимым изменениям морфологии поверхности образцов. Дальнейшее повышение температуры отжига до 773 К (D773-30, D773-60 и D773-90) приводит к образованию пористой структуры на поверхности и в объеме пленки (рис. 1 б, г), однако эти процессы происходят без изменения формы и размера кристаллитов. Такая пористая структура может быть создана за счет испарения серы при термическом отжиге.

Фрактограммы неотожженного и отожженного (D773-90) образцов представлены на рис. 1 в, г. Было установлено, что толщина пленок после отжига остается неизменной и составляет $d = 4$ мкм.

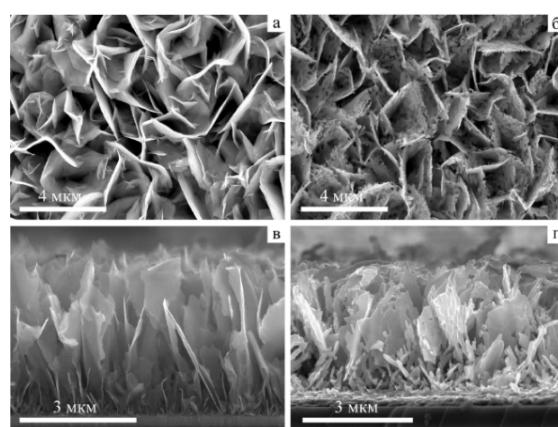


Рисунок 1 – Электронно-микроскопические снимки поверхности и скола пленок Sn_xS_y серии D: неотожженный образец – морфология поверхности (а), микрознимок скола пленки (в); термически отожженной (образец D773-90) – морфология поверхности (б), микрознимок скола пленки (г)

Результаты исследования морфологии поверхности методом АСМ, для неотожженной и отожженного (D773-90) образцов, приведены на рис. 2. В результате исследований было установлено, что полученные пленки состоят из пластинчатых конусообразных зерен со средней высотой $d_h = 0,8\text{ мкм}$. Длина кристаллитов до и после отжига остается неизменной и составляет $d_l = 2 \text{ мкм}$, что хорошо согласуется с результатами, полученными методом СЭМ. Также было обнаружено, что термическая обработка пленок (D773-30, D773-60, D773-90), приводит к снижению шероховатости поверхности слоев с $R_{ms} = 0,39 \text{ мкм}$ (для неотожженной образца) к $R_{ms} = 0,32 \text{ мкм}$ (для образцов D773-30, D773-60 и D773-90).

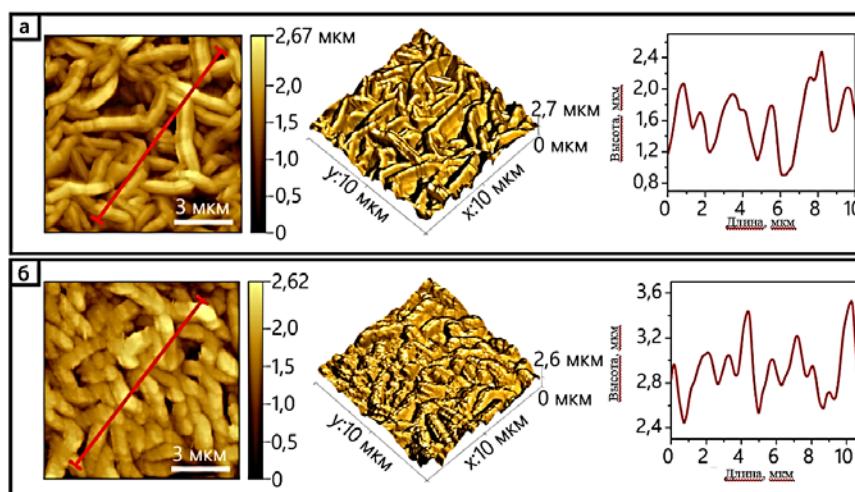


Рисунок 2 – Атомно-силовые снимки морфологии поверхности и соответствующие ACM профили пленок Sn_xS_y серии D: неотожженный образец (а) термически отожженный образец D773-90 (б)

Таким образом, на основании полученных результатов исследования можно сделать следующие выводы:

- показано, что отжиг образцов в вакууме приводит к изменению цвета пленок;
- установлено, что неотожженная пленка имеет пластинчатую кристаллическую структуру, размер зерен в их плоскости составляет $d_l = 2 \text{ мкм}$;
- определено, что отжиг пленок SnS_2 при 573 К и 673 К не ведут к видимым изменениям морфологии поверхности образцов, повышение температуры отжига до 773 К приводит к образованию пористой структуры на поверхности и в объеме пленки;
- установлено, что полученные пленки состоят из пластинчатых конусообразных зерен со средней высотой $d_h = 0,8\text{ мкм}$, длина кристаллитов до и после отжига остается неизменной и составляет $d_l = 2 \text{ мкм}$;
- обнаружено, что термическая обработка пленок приводит к снижению шероховатости поверхности слоев для неотожженных образцов с $R_{ms} = 0,39 \text{ мкм}$ к $R_{ms} = 0,32 \text{ мкм}$.

Настоящая работа выполнена при финансовой поддержке Комитета Науки МОН РК по теме «Оптимизация структуры и фазового состава соединений Sn_xS_y и $\text{Zn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}$ для пленочных солнечных элементов третьего поколения» по договору №104 от 5 марта 2018 года.

Список литературы

1. O.V. Bilousov, Y. Ren, T. Törndahl, O. Donzel-Gargand, T. Ericson, C. Platzer-Björkman, M. Edoff, C. Häglund, Atomic Layer Deposition of Cubic and Orthorhombic Phase Tin Monosulfide, *Chemistry of Materials* 29(7) (2017) 2969-2978.
2. A.A. Voznyi, V.V. Kosyak, A.S. Opanasyuk, V.M. Kuznetsov, Structural Properties of the Sn_xS_y Films Obtained by the Thermal Vacuum Co-evaporation, Proceedings of the international conference nanomaterials: applications and properties, 16-23 September, Lviv, Ukraine, 2014, 1-4.

3. N.R. Paudel, X. Chuanxiao, Y. Yanfa, Study of close space sublimation (CSS) Grown SnS thin-films for solar cell applications, 2015 IEEE 42 nd Photovoltaic Specialist Conference (PVSC), 2015, pp. 1-3.
4. S.A. Bashkirov, V.F. Gremenok, V.A. Ivanov, V.V. Lazenka, K. Bente, Tin sulfide thin films and Mo/p-SnS/n-CdS/ZnO heterojunctions for photovoltaic applications, Thin Solid Films 520 (17) (2012) 5807-5810.
5. S. Cheng, Y. He, G. Chen, Structure and properties of SnS films prepared by electro-deposition in presence of EDTA, Materials Chemistry and Physics 110 (2) (2008) 449-453.
6. V. Kosyak, A. Opanasyuk, P.M. Bukivskij, Y.P. Gnatenko, Study of the structural and photoluminescence properties of CdTe polycrystalline films deposited by close-spaced vacuum sublimation, Journal of Crystal Growth 312 (10) (2010) 1726-1730.
7. L.A. Burton, D. Colombara, R.D. Abellon, F.C. Grozema, L.M. Peter, T.J. Savenije, G. Dennler, A. Walsh, Synthesis, Characterization, and Electronic Structure of Single-Crystal SnS, Sn₂S₃, and SnS₂, Chemistry of Materials 25 (24) (2013) 4908-4916.

Получено 18.10.2019

МРНТИ 621.9.048.7

С.В. Плотников¹, Н.К. Ердыбаева¹, В.Ф. Пичугин², Д. М. Аубакирова¹

¹Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Казахстан

²Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

СТРУКТУРА ПОВЕРХНОСТИ, ФАЗОВЫЙ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ АЗОТОСОДЕРЖАЩИХ ПЛЕНОК ОКСИДОВ ТИТАНА, ОСАЖДЕННЫХ МЕТОДОМ РЕАКТИВНОГО МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ

Приводятся результаты исследования структуры и свойств азотосодержащих пленок оксидов титана, осажденные методом реактивного магнетронного распыления. Анализ морфологии поверхности показывает, что пленки имеют структуру оксида титана независимо от состава атмосферы рабочего газа; азот в составе покрытий присутствует в форме оксидов.

Реактивті магнетронды тозаңдату әдісімен түндірілген титан оксидтерінің құрамында азот бар пленкаларының құрылымы мен қасиеттерін зерттеу нәтижелері көлтіріледі. Беттің морфологиясын талдау пленкалардың жұмыс газы атмосферасының құрамына қарамастан титан оксидінің құрылымы бар екенін көрсетеді, жабын құрамындағы азот оксидтер түрінде болады.

The results of a study of the structure and properties of nitrogen-containing diapers of titanium oxides deposited by reactive magnetron sputtering are presented. An analysis of the surface morphology shows that the films have a titanium oxide structure regardless of the composition of the working gas atmosphere, nitrogen in the coating composition is present in the form of oxides.

Ключевые слова: магнетронное распыление, оксинитриды титана, структура поверхности, оптическое поглощение, положение азота

Пленки на основе азотосодержащих соединений оксидов титана (N-TiO₂), которые в литературе известны как «оксинитриды титана» [1, 2], в последнее время становятся предметом исследований благодаря их замечательным оптическим и электрическим свойствам, а также высокой биосовместимости [2,3]. Было установлено, что TiO₂ обладает выраженным антибактериальным действием [4]. Данное свойство делает возможным его применение в качестве материала для самостерилизующихся поверхностей медицинского оборудования. При этом свойства структур типа TiN_xO_y существенно зависят от соотношения N/O, что позволяет прогнозировать применение подобных материалов при создании новых типов биосовместимых покрытий. Всё это вызывает высокий интерес к свойствам азотосодержащих пленок оксидов титана (N-TiO₂). Прежде всего, исследуется фотокatalитическая активность в зависимости от наличия азота в решетке TiO₂ [5,6]. Кроме того, двухфазная система анатаз-рутин считается перспективной для гетерогенного фотокатализа [7].

В работах [8,9] образцы Ti-O-N готовились золь-гель методом с добавлением мочевины ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$). Полученные материалы имели структуру анатаза и рутила. Ряд работ посвящён исследованию фазовых переходов анатаз-рутил в результате внешних воздействий [10].

Эффективными методами нанесения N-TiO₂ покрытий являются ионно-плазменные методы, в частности метод магнетронного распыления [1-5]. Проблемы осаждения оксидных и оксинитридных покрытий широко обсуждаются в литературе [11].

Одним из вопросов, особенно важным для медицинского приложения оксинитридных покрытий титана, является структура покрытий, при этом особый интерес вызывают структурные элементы покрытий, включающие в свой состав атомы азота. Проблема положения азота в решетке покрытий подобного рода остается открытой до настоящего времени [1].

Целью данной работы является изучение структуры, фазового и химического состава наноразмерных покрытий оксидов и оксинитридов титана (N-TiO₂), осажденных в плазме аномального магнетронного разряда.

Материалы и методы эксперимента

Для напыления покрытий использовалась установка среднечастотного магнетронного напыления «УВН-200МИ» с плоским магнетронным источником [1]. Пленки на основе азотосодержащих оксидов титана (N-TiO₂) наносились на подложки из нержавеющей стали 12Х18Н10Т, монокристаллы KBr и пластины кремния (100). Режимы осаждения покрытий были следующими: распыляемый материал катода – Ti, мощность – 0,8 кВт, ток – 3 А. Плазмообразующим газом служила смесь азота и кислорода. Давление для всех режимов напыления составляло 10⁻¹ Па. Соотношение массового расхода азота и кислорода (N₂/O₂) в составе рабочего газа поддерживалось на уровне: (N₂/O₂) = 0 (№1), (N₂/O₂) = 1/1 (№2), (N₂/O₂) = 3/1 (№3). Все образцы напылялись в режиме без электрического смещения. Характеристики исследованных образцов представлены в табл. 1. В процессе осаждения подложка нагревается за счет воздействия плазмы до (130 ± 5) °C.

Морфология поверхности покрытий исследовалась методом сканирующей электронной микроскопии, элементный состав покрытий определялся методом энергодисперсионного рентгеновского анализа (EDX) с использованием электронного микроскопа ESEM Quanta 400 со встроенным EDX-анализатором.

Результаты и обсуждение

СЭМ-изображения поверхности групп образцов №1 (а), №2 (б), №3 (в) (табл. 1) представлены на рис. 1, 2, и 3. Изображение поверхности образцов группы №1 (рис. 1, а) показывает, что поверхность покрытия однородная, имеет сложный рельеф, без видимых дефектов (трещин, пор, кратеров и др.). Элементами покрытия являются скопления мелких и одинаковых по форме зерен с размерами порядка нескольких десятков и более нанометров – агломераты, представляющие собой фрагменты куполообразной формы, состоящие из мелких зерен, порядка единиц нанометров (субструктур). Для количественной оценки размера частиц построено их распределение по размеру (рис. 1, б).

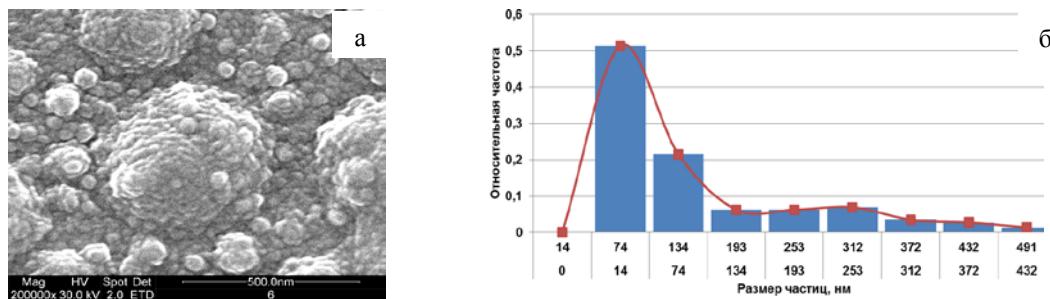


Рисунок 1 – SEM-изображение поверхности образцов №1 (а) и гистограмма распределения частиц по их размерам (б)

Из полученной гистограммы видно, что поверхность образцов характеризуется параметрами, соответствующими двум масштабным уровням. Бимодальное распределение для образцов №1 ха-

рактеризуется резким высоким пиком в интервале 14÷134 нм и небольшим широким пиком в интервале 134÷374 нм . Средний размер частиц на всем участке распределения составляет 115 нм.

Морфология покрытий образцов №2 и №3 более однородна. Анализ поверхности покрытий, проведенный с использованием SEM, показывает, что размеры структурных элементов покрытия зависят от параметров осаждения.

На гистограмме (рис. 2, б) виден четко выраженный пик в интервале 14÷55 нм и менее явный, широкий пик в интервале 60÷90 нм. Таким образом, и в данном случае имеет место бимодальное распределение фрагментов. Средний размер частиц на всем участке распределения составляет 31 нм.

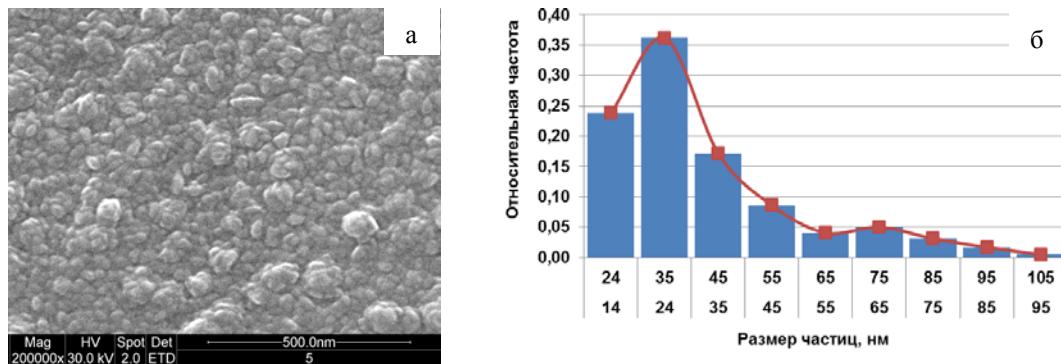


Рисунок 2 – SEM-изображение поверхности образцов №2 (а) и гистограмма распределения частиц по их размерам (б)

Для образцов группы №3 (рис. 3, б) наблюдается одномодальное распределение с широким пиком в интервале 10÷50 нм. Можно сделать вывод, что это распределение унимодальное. Средний размер частиц 28,3 нм.

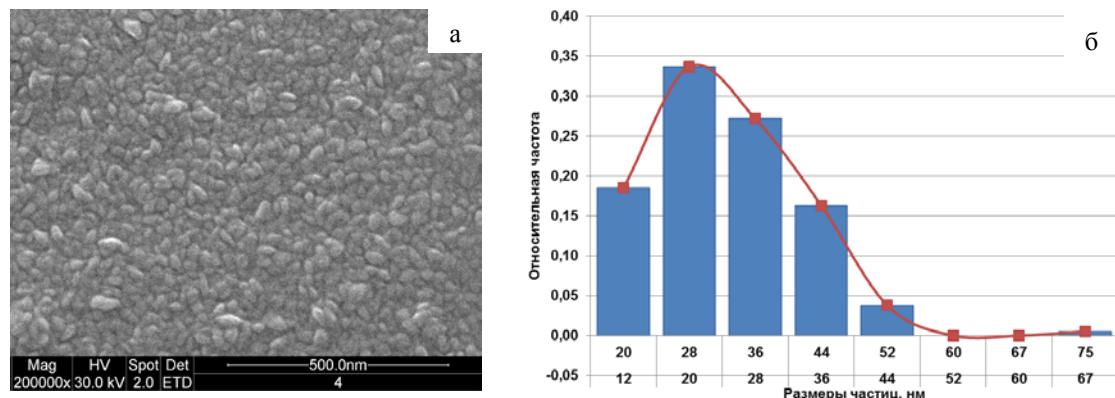


Рисунок 3 – SEM-изображение поверхности образцов №3 (а) и гистограмма распределения частиц по их размерам (б)

Таким образом, полученные данные показывают зависимость размеров и структуры частиц от условий формирования покрытий. Основными элементами покрытий являются фрагменты («зерна»), имеющие субструктурную, которые формируют пленки. По мере роста концентрации азота в составе реактивного газа, форма и размеры фрагментов покрытий меняются, «зерна» измельчаются. Метод энергодисперсионного рентгеновского анализа (EDX) показывает присутствие азота в составе покрытий. Характеристики осажденных пленок и оптические параметры полученных покрытий приведены в табл. 1.

Таблица 1

*Характеристики образцов: n – показатель преломления при 632,8 нм,
 ϵ – диэлектрическая проницаемость*

(N ₂ /O ₂)	N, ат. %	O, ат. %	Ti, ат. %	Толщина пленки, нм	n при $\lambda=632,8$ нм	ϵ
TiO ₂ №1	–	84,41	15,59	146,3±5,85	2,93	8,58
(1/1) №2	5,71	80,27	14,02	195,2±11,7	2,54	6,36
(3/1) №3	6,16	80,01	13,83	187,5±9,38	2,25	5,07

Известно, что при реактивном магнетронном распылении азот влияет на поверхностные свойства мишени в меньшей степени, чем кислород. Свободная энергия Гиббса формирования нитрида титана $\Delta G_{\text{TiN}} = -308,9$ кДж/мол, оксида титана $\Delta G_{\text{TiO}_2} = -888,9$ кДж/мол, TiN не образуется в составе пленки.

Были построены дисперсионные кривые показателя преломления осажденных покрытий, которые показали их нормальную зависимость. Данные о значениях показателя преломления n , представленные в табл. 1, показывают их зависимость от состава и структуры пленок. Как видно, показатель преломления полученных пленок TiO₂ значительно отличается от значений n анатаза (2,55) и рутила (2,7), что свидетельствует о нестехиометрии полученных покрытий. Присутствие азота в составе реактивного газа и рост содержания азота в пленках приводят к уменьшению показателя преломления. Наблюдаемые зависимости свидетельствуют об изменении структуры пленок.

Таким образом, исследования морфологии поверхности N-TiO₂ показывают, что размеры зерен зависят от состава реактивной газовой атмосферы. При напылении плёнок с максимальным соотношением расхода реактивных газов (3N₂/O₂) средний размер зерен является наименьшим, что свидетельствует о наиболее гладкой поверхности и однородной структуре.

Список литературы

- Pustovalova A. A., Pichugin V. F. Structural features of N-containing titanium dioxide thin films deposited by magnetron sputtering // Thin Solid Films. – 2017. – №627. – С. 9-16.
- P. Romero-Gómez, S. Hamad, J.C. González, A. Barranco, J.P. Espinós, J. Cotrino, A.R. González-Elipe, Band Gap Narrowing versus Formation of Electronic States in the Gap in N-TiO₂ Thin Films//Journal of Physical Chemistry. – 2015. – №114. – С. 22546-22557.
- R. Asahi, T. Morikawa,T. Ohwaki, K. Aoki, Y. Taga. Visible-Light Photocatalysis in Nitrogen-Doped Titanium Oxides // Science 13. – July 2001:Vol. 293. №5528. – P. 269-271.
- Ma Jun. Disinfectant coating of nano-TiO₂ and its application to Medical equipments / Ma Jun, Gong Cheng_yuan, Liu Hong_bin // Medical equipment journal. – 2013. – №243. – P. 72-80.
- P. Romero-Gómez, S. Hamad, J.C. et.al., Band Gap Narrowing versus Formation of Electronic States in the Gap in N-TiO₂ Thin Films//Journal of Physical Chemistry. – 2014. – №114. – P. 22546-22557.
- R. Asahi, T. Morikawa,T. Ohwaki, K. Aoki, Y. Taga Visible-Light Photocatalysis in Nitrogen-Doped Titanium Oxides//Science 13. – July 2016:Vol. 346. – №5528. – P. 269-271.
- Paul, S, Choudhury, A: Investigation of the optical property and photocatalytic activity of mixed phase nanocrystalline titania. Appl Nanoscience 20. – 2014. – №10.1007. – P.1320.
- Jakub Surmacki, Paweł Wronski, Magdalena Szadkowska-Nicze, Halina Abramczyk Raman spectroscopy of visible-light photocatalyst – Nitrogen-doped titanium dioxide generated by irradiation with electron beam//Chemical Physics Letters. – 2013. – №566. – P.54-59.
- 9.Veluru Jagadeesh Babu, Appukuttan Sreekumaran Nair, Zhu Peining, Seeram Ramakrishna, Synthesis and characterization of rice grains like Nitrogen-doped TiO₂ nanostructures by electro-spinning-photocatalysis//Materials Letters. – 2014. – №65. – P.3064-3068.
- 10.H.L. Ma, J.Y. Yang, Y. Dai, Y.B. Zhang, B. Lu, G.H. Ma, Raman study of phase transformation of TiO₂ rutile single crystal irradiated by infrared femtosecond laser // Applied Surface Science. – 2017. – №253. – P.7497-7500.

11. Jean-Marie Chappé and Nicolas Martin, Gradual Evolution of the Properties in Titanium Oxynitride Thin Films Metallic Oxynitride Thin Films by Reactive Sputtering and Related Deposition Methods: Process, Properties and Applications, Edited by Filipe Vaz, Nicolas Martin & Martin Fenker, Bentham Science Publishers. – 2017. – №108. – P.346.

Получено 18.10.2019

МРНТИ 55.39.31

А.В. Прокопьев¹, С.И. Миргородский¹, Р.Б. Ахмадиев², Л.С. Миргородский³

¹Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Казахстан

²АО «Усть-Каменогорский завод промышленной арматуры», г. Усть-Каменогорск, Казахстан

³Санкт-Петербургский политехнический университет им. Петра Великого, г. Санкт-Петербург, Россия

РЕГУЛИРУЕМЫЙ КОМБИНИРОВАННЫЙ ДРОССЕЛЬ С ДЕТАЛЯМИ ИЗ ТИТАНОВОГО СПЛАВА

В данной статье предложена конструкция изделия комбинированного типа, представляющая собой дроссель регулируемый с дроссельной парой из титанового сплава для повышения коррозионной стойкости изделия, используемого на месторождениях Республики Казахстан для добычи, переработки и транспортировки нефти и газа. Разрабатываемый тип арматуры должен выполнять расширенные функции перекрытия и регулирования потока, обеспечивая минимальное гидродинамическое сопротивление, максимально приближенный к ламинарному режим потока, точное регулирование потока и полное его перекрытие при необходимости. При этом сохраняются все требования, предъявляемые к общим типам запорно-регулирующей арматуры.

Бұл мақалада Қазақстан Республикасының кен орындарында мұнай мен газды өндіру, өңдеу және тасымалдау үшін пайдаланылатын бұйымның коррозияга тәзімділігін арттыру үшін титан қорытпасынан жасалған дроссель буымен реттелетін дроссель түріндегі бұйымның құрылымы ұсынылған. Арматураның өзірленетін түрі ағынның ламинарлық режиміне барынша жақындағылған ең аз гидродинамикалық кедегінің қамтамасыз ете отырып, ағысты жабу және реттедің көңейтілген функцияларын орындауды тиіс, ағысты нақты реттедеу және қажет болған жағдайда оның толық жабылуын қамтамасыз етеді. Бұл реттеде бекіту-реттедеу арматурасының жапы түрлеріне қойылатын барлық талаптар сақталады.

This article proposes the design of a product of the combined type, which is a regulated choke with a throttle pair of titanium alloy to increase the corrosion resistance of the product which is used in the fields of the Republic of Kazakhstan for the extraction, processing and transportation of oil and gas. A diverse type of reinforcement should provide extended functions of overlapping and flow control, minimal hydrodynamic resistance, flow regime as close as possible to laminar, precise flow control and, if necessary, its complete overlap. At the same time, all the requirements for general types of valves and fittings remain.

Ключевые слова: запорная арматура, трубопроводная арматура, дроссель регулируемый, седло, наконечник, коррозионная стойкость, титановый сплав, механическая обработка, герметичность, комбинированная арматура, скважина.

Одним из важных направлений в развитии нефтегазовой отрасли Республики Казахстан является расширение номенклатуры изделий запорной арматуры, применяемой для добычи, переработки и транспортировки сред. К данному виду изделий предъявляются высокие требования: безотказность работы, увеличенный гарантированный срок эксплуатации, высокая износостойкость рабочих поверхностей основных деталей, безопасность работы системы при широком диапазоне давлений, температур и условий окружающей среды, экологическая безопасность, а также безопасность персонала и своевременный доступ к системе управления в аварийном случае.

Исследование показало, что на сегодняшний день разработано большое количество различных видов задвижек, клапанов, вентилей, дросселей, затворов и так далее, используемых в нефтегазовой отрасли, однако ни один из существующих классических видов запорно-регулирующей арма-

туры не может удовлетворять одновременно всем требованиями эффективной и безопасной эксплуатации, поэтому проблема остаётся актуальной.

Каждый вид существующей запорной и регулирующей арматуры имеет свои преимущества и недостатки. Важным аспектом при изготовлении того или иного изделия является себестоимость, обоснованная увеличенным сроком эксплуатации, и затраты на последующее техническое обслуживание и ремонт.

В данной статье речь пойдет о дросселе регулируемом (рис. 1). Дроссель регулируемый предназначен для установки в устьевом и противовывбросовом оборудовании с целью плавного регулирования режима эксплуатации нефтяных, газовых и газоконденсатных скважин. Одной из основных функций дросселя является определение основного параметра скважины (дебета) путем замера объема рабочей среды, проходящего через заданное проходное сечение. Данный дроссель в классическом исполнении выполняет регулирующую функцию. Регулирование потока нефтепродукта или газа производится путем изменения проходного сечения седла при подъёме или спуске иглы.

По условиям эксплуатации в зависимости от макроклиматического района дроссели изготавливаются в трех исполнениях: для умеренного, умеренно-холодного и холодного макроклиматических районов. Дроссель применяется для регулирования режима работы скважины, манифольда или коллектора и является надёжным средством регулирования режима работы месторождения.

Конструктивно дроссель состоит из корпуса с входным и выходным патрубками, расположенными под прямым углом друг к другу, и крышки, в которой расположен узел уплотнения шпинделя и резьбовая пара шпиндель-гайка, обеспечивающая рабочий ход – поступательное движение шпинделя с закрепленным на нем наконечником (регулирующим органом). В выходном патрубке корпуса смонтировано седло с проходным отверстием заданного диаметра. Перемещение наконечника, имеющего коническую форму рабочей поверхности, относительно седла изменяет площадь зазора между ними – что является принципом регулирования в данном изделии. Таким образом, главными рабочими органами, определяющими качество работы дросселя, являются седло и наконечник, образующие так называемую дроссельную пару.

Данный вид запорной арматуры, работает следующим образом (рассмотрим на примере газа). Поток газа с механическими и другими примесями из скважины поступает в регулируемый дроссельный клапан через входной патрубок 2 на дроссельную пару (седло 7, наконечник 4), далее поток газа поступает через выходной патрубок 3 в трубопровод. В месте дросселирования потока газа происходит интенсивный износ поверхностей седла 7 и наконечника 4.

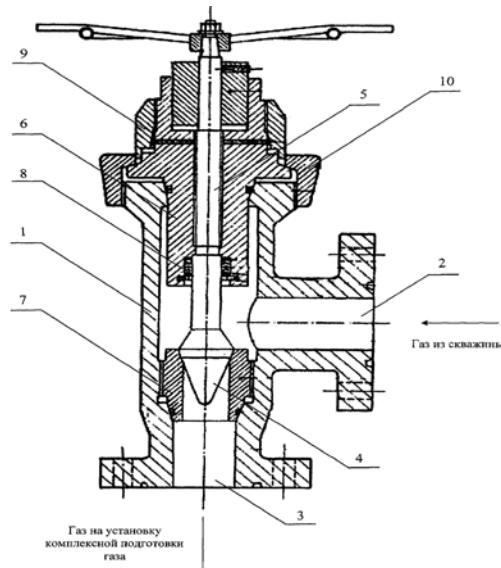


Рисунок 1 – Дроссель регулируемый: 1 – корпус; 2 – входной патрубок; 3 – выходной патрубок; 4 – наконечник конической формы; 5 – шпиндель; 6 – крышка; 7 – седло; 8 – уплотнительная манжета; 9 и 10 – гайки

Были исследованы регулируемые дроссели, снятые с эксплуатации на месторождении Галаз, находящегося в Кызылординской области, в 150 км. от административного центра. В результате потери требуемых технических параметров и повышенного износа основных рабочих органов технические показатели дросселей снизились на 80%, что недопустимо для корректной работы оборудования. В ходе исследования был установлен характер износа поверхностей дроссельной пары, которая пришла в негодность менее чем за год эксплуатации. По внутреннему диаметру седла на поверхности зафиксированы каверны, глубина которых составила от 2 до 5 мм (рис. 2), вследствие образования которых были нарушены основные свойства дросселя и снижены технические показатели оборудования.

Таким образом, очевидно, что главным фактором выхода из строя данного изделия являются абразивный износ и очаговая электрохимическая коррозия, совокупное действие которых в потоке рабочей среды приводит к общему износу и глубоким локальным повреждениям рабочих поверхностей.



Рисунок 2 – Износ внутренней поверхности седла дросселя

Общим недостатком дроссельных устройств является их недостаточная долговечность по причине невысокой износостойкости дроссельной пары. В составе потока рабочей среды, проходящей через дроссель, присутствуют механические и другие примеси, за счет чего происходит интенсивный износ (разъедание) наконечника и седла, которые в дросселях изготовлены, как правило, из стали.

Дополнительное воздействие электрохимической коррозии, хаотически возникающей при разности потенциалов в условиях взаимного трения неоднородной по химическому составу рабочей среды и рабочих поверхностей дросселя, усугубляет абразивное воздействие, способствуя отрыву атомов из кристаллической решетки материала деталей и «вымыванию» продуктов износа из рабочей зоны. Это приводит к нарушению технологического режима скважин, недостоверным или выходящим из доверительного диапазона замерам параметров, частым ревизиям регулирующей арматуры, замене изношенных дроссельных пар, что влечет большие материальные затраты, кроме того, требует остановки скважины, что приводит к перебоям в работе месторождений.

На основе анализа литературных источников [1,3,6], физических, химических и механических свойств титана и титановых сплавов, способов изготовления и характеристик заготовок, трудностей механической обработки было принято решение дроссельную пару, состоящую из наконечника конической формы и седла, выполнить из титанового сплава марки ВТ-6.

В рамках реализации проекта «Выпуск титановой продукции для нефтегазовой отрасли» была разработана конструкция дросселя регулируемого, с возможностью выполнения функции запорного элемента, представляющая собой комбинированное изделие, в котором дроссельная пара, а именно седло (рис. 3) и наконечник (рис. 4) изготовлены из титанового сплава.

При разработке новой конструкции дроссельной пары были учтены реальный опыт проектирования и производства дросселей и ремонтно-восстановительных работ аналогичных изделий. Были применены решения, ранее не применявшиеся для данного вида арматуры.

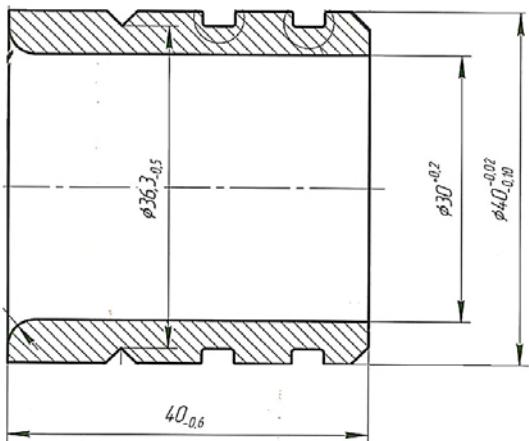


Рисунок 3 – Седло дросселя

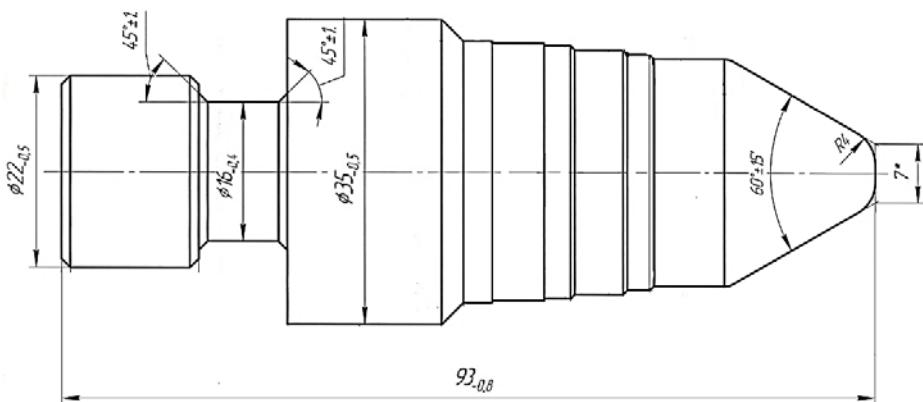


Рисунок 4 – Наконечник дросселя

Таким образом, комбинация уникальных свойств титановых сплавов, а также применение новых конструктивных элементов и решений позволили реализовать в представленной конструкции дросселя следующие особенности:

- повышенная механическая прочность, стойкость к фрикционному и абразивному износу пары «седло-наконечник»;
- повышенная стойкость к электрохимической коррозии рабочих поверхностей в высокоскоростном потоке агрессивных сред;
- плавающая конструкция крепления наконечника, самоустанавливающаяся посадка наконечника в седле, отсутствие взаимного трения пары в момент открывания и закрывания;
- возможность использования дросселирующей пары в качестве узла затвора (герметичное перекрытие потока);
- сохранение заданного проходного сечения в доверительном диапазоне показания шкалы.

Перечисленные нововведения обеспечивают следующие преимущества новой конструкции перед ранее применявшимися типовыми разработками:

- повышенная долговечность и безотказность (не менее, чем у корпусных деталей изделия);
- сохранение заданных параметров точного регулирования потока на протяжении всего срока службы;
- расширенная функциональность изделия, переводящая дроссель регулируемый в разряд запорно-регулируемой арматуры и, как следствие, снижение капитальных и эксплуатационных затрат при повышении уровня безопасности работ.

Механическая обработка наконечника и седла проводилась на станке с ЧПУ СТХ 510 ecoline. Режимы резания подбирались также аналогичным способом, исходя из данных исследований: оптимальные режимы резания в диапазоне скоростей резания от 140 до 170 м/мин и в диапазоне подач инструмента от 0,1 до 0,25 мм/об. Заготовкой для наконечника и седла послужил прут Ø50 мм из титанового сплава ВТ-6. В качестве СОЖ использовалась жидкость Ecocool global 10 UK.

Седло дросселя (рис. 5) и наконечник (рис. 6) изготовлены по разработанной конструкторской документации.



Рисунок 5 – Образец седла дросселя



Рисунок 6 – Образец наконечника дросселя

Для качественной работы дросселя рабочие поверхности наконечника и седла должны иметь высокую чистоту поверхности, которая обеспечит герметичность затвора, и минимальную противодействующую рабочему процессу силу трения. В результате верного подбора режущего инструмента и режимов обработки была получена требуемая шероховатость. Замеры шероховатости изготовленных образцов наконечника и седла дросселя регулируемого, проведённые на оптическом профилометре Micron Beta Optical Profiler, приведены в табл. 1.

Таблица 1
Замеры шероховатости на оптическом профилометре
Micron Beta Optical Profiler

Наименование	Материал	Интерференционное изображение измеряемого участка на микроскопе	Средняя шероховатость Ra/Rz	Шероховатость, заданная чертежом Ra/Rz
Седло для дросселя регулируемого; поверхность (l=12,5)	BT 6		5,067 / 16,46	6,3 / 40
Наконечник для дросселя регулируемого; поверхность (Ø29,8)	BT 6		5,498 / 16,52	6,3 / 40

По результатам данных замеров шероховатости можно сделать вывод, что подобранные режимы резания, инструмент и СОЖ обеспечивают заданную чистоту поверхности седла и наконечника.

Механическая обработка деталей из титановых сплавов существенно затруднена из-за высокого отношения предела текучести к пределу прочности, высокой теплоты стружкообразования, низкой теплопроводности, высокой химической активности по отношению к газам при повышенных температурах резания, неоднородности свойств срезаемого слоя вследствие ликвидации легирующих элементов.

При изготовлении седла шиберной задвижки и седла и наконечника дросселя были подобраны:

- 1) оптимальные режимы резания – в диапазоне скоростей резания от 140 до 170 м/мин и подач инструмента от 0,1 до 0,25 мм/об;
- 2) марка СОЖ – Ecocool global 10 UK, исходя из данных исследований влияния СОЖ на силы резания при токарной обработке титанового сплава;
- 3) режущий инструмент, на основании исследований влияния геометрии инструмента на качество поверхностного слоя при точении титанового сплава;
- 4) станок с ЧПУ – СТХ 510 ecoline, отличающийся высокой жёсткостью конструкции.

Несмотря на все трудности механической обработки титановых сплавов, процесс обработки седла и наконечника был высокоеффективен, это доказывает, что инструмент и режимы резания выбраны правильно; хорошая жесткость станка и надежность закрепления заготовки обеспечили необходимую частоту поверхности.

С целью дальнейшего развития данной темы рассматривается перспектива изготовления корпуса вентиля стального прямоточного из титанового сплава, для уменьшения износа рабочих частей изделия.

Список литературы

1. Гуревич Д.Ф. Расчет и конструирование трубопроводной арматуры. - Л.: Машиностроение, 1968. – 888 с.: ил.
2. Башта Т.М. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: Учебник для машиностроительных вузов / Т.М. Башта, С.С. Руднев, Б.Б. Некрасов и др. – 2-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1982. – 423 с.: ил.
3. СТ ЦКБА 008-2014. Арматура трубопроводная. Расчёт и оценка надёжности и безопасности на этапе проектирования; Введ. 2015-07-01. - СПб.: ЗАО НПФ ЦКБА, 2014. - 84 с.
4. Книхштец Р.С, Суворов М.И. Дроссели. Введ. 2003-04-02 - СПб.: ЗАО НПФ ЦКБА, 2002. – 103 с.
5. Башта Т.М. «Машиностроительная гидравлика». – М.: «Машиностроение», 1971. – 672 с.
6. ГОСТ Р 55020-2012. Арматура трубопроводная. Задвижки шиберные для магистральных нефтепроводов. Общие технические условия; Введ. 2013-03-01. – М.: Стандартинформ, 2013. – С. 12.

Получено 18.10.2019

МРНТИ 55.29.33

Е.В. Рыжкова, Б.Н. Азamatов, Ж.К. Азamatова, Ж.М. Мұхаметбек, А.Б. Бауржанова
Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикаева,
г. Усть-Каменогорск

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОГРАММИРОВАНИЯ СТАНКА С ЧПУ В СРЕДЕ MASTERCAM-2018 ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕДИЦИНСКИХ ИМПЛАНТАТОВ ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

В данной статье рассматривается процесс создание G-кодов в программной среде MasterCam-2018 для изготовления высокоточных изделий в виде медицинских имплантатов на станке с ЧПУ, который также может применяться для работы в сферах промышленности машиностроения требующих высокоточных измерений.

Бұл мақалада жоғары дәлдікті өлшеуді талап ететін машина жасау өнеркәсібі салаларында жұмыс істей үшін қолданылатын СББ бар станокта медициналық имплантат түрінде жоғары дәлдікті бұйымдарды дайындау үшін MasterCam-2018 бағдарламалық ортасында G-кодтар құру процесі қарастырылады.

This article discusses the process of creating G-codes in the MasterCam-2018 software environment for the manufacture of high-precision products in the form of a medical implant on a CNC machine that can also be used to work in the fields of mechanical engineering industry requiring high-precision measurements.

Ключевые слова: технология программирования, высокоточные изделия, медицинские имплантаты, промышленное машиностроение.

В настоящее время в Казахстане приоритетное развитие получили программы, направленные на обеспечение доступного медицинского обслуживания всех слоев населения. В одной из государственных программ развития здравоохранения Республики Казахстан определено содействие экономическому развитию и улучшению социального благосостояния Республики Казахстан в интересах уязвимых групп, таких, как жертвы экологических проблем, связанных с тестированием на Семипалатинском ядерном полигоне и деятельностью промышленных предприятий, население, страдающие от рака, костного туберкулеза, а также пожилые люди, нуждающиеся в качественном и доступном по цене протезировании [1]. Президент Республики Казахстан Н. Назарбаев в Послании народу Казахстана от 10 января 2018 г. «Новые возможности развития в условиях четвертой промышленной революции» обратил внимание на важность развития современных технологий в медицине для улучшения качества и роста продолжительности жизни [2].

В настоящее время в НИИ разрабатываются и усовершенствуются способы и технологии эндопротезирования [3]. Одна из разработок изготовления медицинских имплантатов из титановых сплавов отечественного производства на современном оборудовании с числовым программным управлением (ЧПУ), представлена в данной статье.

Научная новизна заключается в том, что впервые разработаны технологии изготовления на токарных станках с ЧПУ имплантатов, разработанных специалистами Казахстанского института травматологии и ортопедии совместно с ВКГТУ им. Д. Серикбаева. Предложенные технологии включают методики сканирования и машинного зрения и применимы для изготовления специфических и ориентированных на конкретного пациента имплантатов [4].

Процесс автоматизации машиностроительного производства неотъемлемо связан с развитием и усовершенствованием программных продуктов для станков с ЧПУ [5]. Современные системы с ЧПУ позволяют производить сложные виды механической обработки изделий для дальнейшего применения в различных сферах жизнедеятельности [6]. В данной статье рассматривается возможность применения машиностроительного оборудования с ЧПУ для изготовления медицинских имплантатов.

Технология программирования станка с ЧПУ в программной среде.

Разработка новой технологии программирования станка с ЧПУ в среде MasterCam-2018 для изготовления медицинских имплантатов из титановых сплавов является актуальной, так как позволяет: изготавливать на станках с ЧПУ сложные по форме медицинские имплантаты; экономить время на программирование; отслеживать ошибки при программировании; визуализировать процесс изготовления; просчитывать при моделировании процессов обработки общее время изготовления [7].

Работа в MasterCam-2018 начинается с выбора станка, заготовки и осей координат. Выбор осей координат представлен на рис. 1.

На следующем этапе прописываем последовательность прохождения операций по механической обработке изготавливаемой детали [8]. На рис. 2 отображена черновая обработка детали: При запуске валификации обработки в диалоговом окне отображается процесс обработки, движение режущего инструмента и информация о координатах движения инструмента.

На рис. 3 синими линиями показано движение режущего инструмента при обработке заготовки, желтыми – холостой ход инструмента.

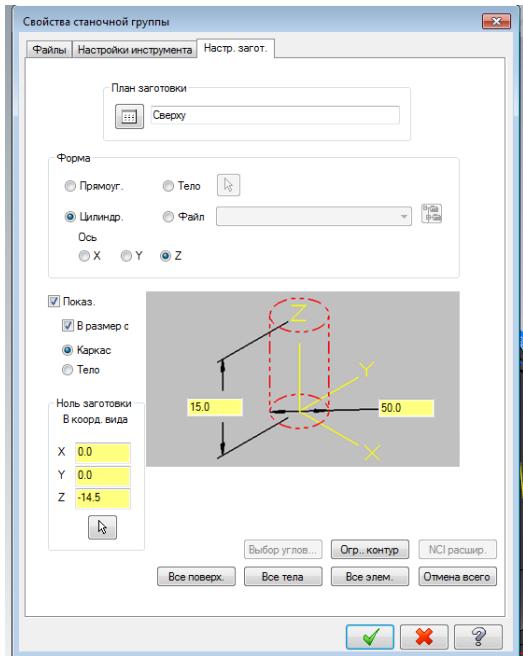


Рисунок 1 – Выбор заготовки

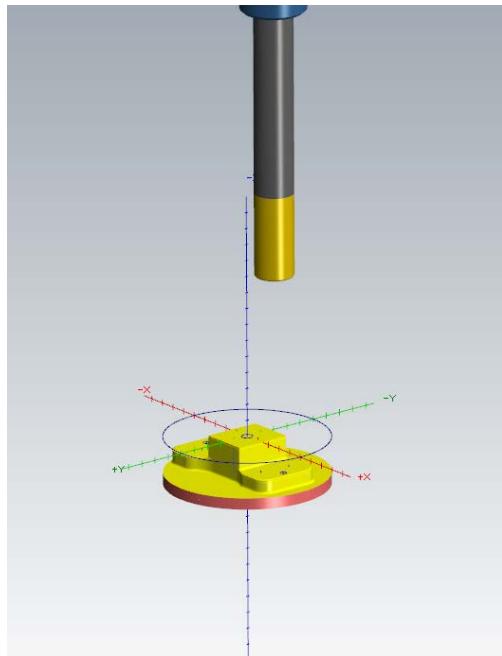


Рисунок 2 – Варификация заготовки

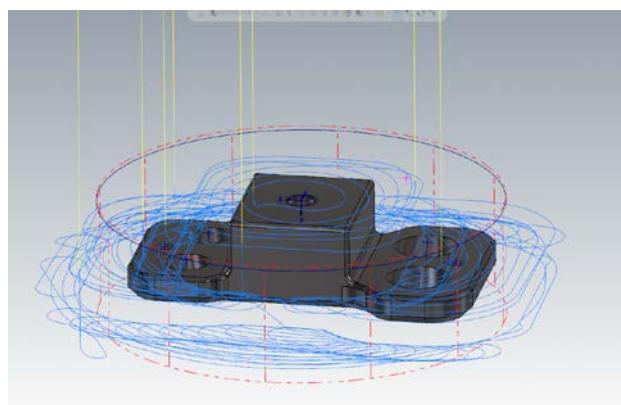


Рисунок 3 – Движение режущего инструмента

Для удобства изготовления и сокращение времени на смену инструмента последовательность операций прописывается исходя из обрабатываемой поверхности заготовки таким образом, чтобы переворот заготовки осуществлялся после выполнения всех необходимых операций на выбранной поверхности. Также необходимо учитывать последовательности операций инструмента, которым обрабатывается поверхность заготовки имплантата [9]. То есть выбранным инструментом обрабатываются все необходимые поверхности заготовки имплантата, затем производится выбор другого инструмента. После выполнения всех операций с верхней поверхностью осуществляется переворот заготовки на станке, поэтому при написании программы обработки следующие операции указываются с пометкой «низ имплантата» для наилучшего отслеживания маршрута обработки заготовки. На рис. 4 представлена обработка нижней поверхности заготовки имплантата.

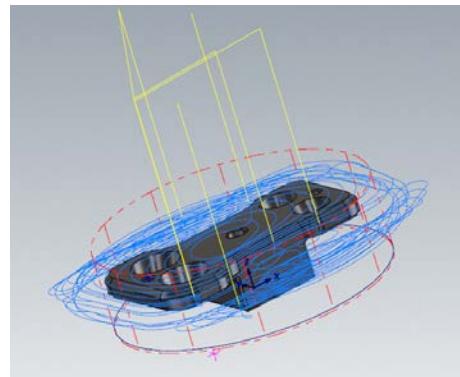


Рисунок 4 – Обработка нижней поверхности заготовки имплантата

Так как не все операции производятся под прямым углом в выбранной системе координат, для обработки таких операций, как снятие фасок, сверление не под прямым углом, прописываются планы, в которых, как представлено на рис. 5, показана дополнительная система координат, отображающая угол смещения от основной системы координат, привязанной к заготовке имплантата [10].

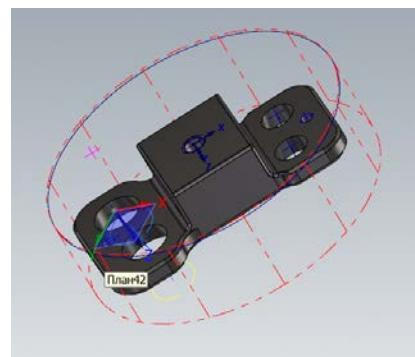


Рисунок 5 – Отображение дополнительных осей

На рис. 6 представлена последняя операция по механической обработке имплантата – отображен процесс снятие фасок, после чего деталь считается полностью изготовленной.

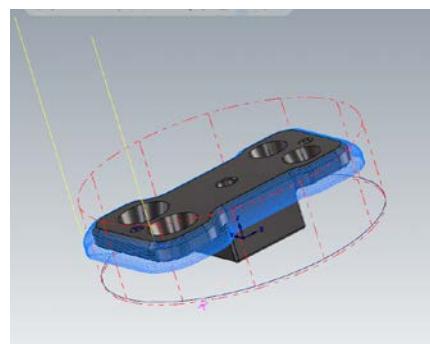


Рисунок 6 – Завершающая операция снятие фасок

Заключительным этапом является формирование G-кодов по выбранным операциям, затем перенос их на станок с ЧПУ (рис. 7).

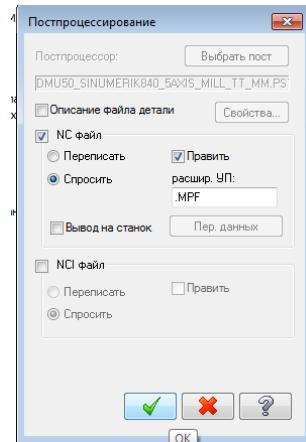


Рисунок 7 – Формирование G-кодов

Часть G-кода для изготовления детали представлена на рис. 8. С помощью данного G-кода оборудование запускает обработку заготовки, и на выходе получается готовое изделие, в нашем случае – медицинский имплантат.

```

1 ;Операция 1: DNG 50 Premium GNC Siemensik 840D Стандарт TT Закалка М60
2 ;DATE : 04.04.2019 TIME: 12:16
3 ;NCX FILE: HEKOVAIA_FINIS_FIN.ENGNC
4 ;(1999 TIME: 00:04:11:1,26)
5
6 ;(END MILL = MILLBLOCK: FLAT_ENDMILL_012 - L83 R6)
7 ;(END MILL: GC_DRL11_06_54 - L82 R2,75)
8 ;(END MILL: GC_DRL11_06_55 - L82 R2,75)
9 ;(END MILL - SPHERICAL: FREZER_SF_DRAZ - L82 R2)
10 ;(END FREZER_X1_R1 : L55 R1,99)
11 ;(END FREZER_X0R1 : L55 R2)
12
13 WORKPIECE(, "C", , "CYLINDER", 44, 5,-15,-80,50)
14
15 G05 G41 G71 G710 G94 G95 G40 G401 F1000
16 TAPROOF
17 G0 G99 G153 DO Z-E
18 G0 G99 G40 G401 B0
19 CYCLE250(0)
20
21 M50 (*SURFACE FINISH *)
22 T=FLAT_ENDMILL_012*
23 M6
24 G50 DRILL_06_55*
25 G54
26 D5
27 G44 G07
28 CYCLE250(1, "IMB", 200000,192,0,0,0,0,0,0,0,0,1,100,1)
29 TAPROOF
30 G54
31 G0 X=-21,549 Y=-32,432 Z1556
32 G0 Z50 M5
33 E11,5
34 G1 Z50 F75 P600
35 X=-21,547 Y=-32,392 Z9,99
36 X=-21,48 Y=-32,367 Z9,668
37 X=-21,37 Y=-32,325 Z9,368
38 X=-21,22 Y=-32,249 Z9,114
39 X=-21,07 Y=-32,139 Z9,098
40 X=-20,914 Y=-32,118 Z9,074
41 X=-20,569 Y=-32,026 Z9,509
42 X=-20,302 Y=-31,926 Z9,368
43 X=-20,035 Y=-31,829 Z9,229
44 X=-19,737 Y=-31,699 Z9,254 PT79,3
45 X=-19,476 Y=-31,513 Z9,158
46 X=-19,247 Y=-31,299 Z9,143
47 X=-18,991 Y=-30,997 Z9,097
48 X=-18,903 Y=-30,777 Z9,039
49 X=-18,794 Y=-30,452 Z9,077
50 X=-18,794 Y=-30,174 Z9,001

```

Рисунок 8 – Часть G-кода

Процесс изготовления медицинских изделий является ответственной задачей, так как от точности и качества изготовления зависит жизнь и здоровье людей. Поэтому особое значение в процессе изготовления имплантатов имеет написание программ для станков с ЧПУ.

Процесс программирования в среде MasterCam-2018 позволяет имитировать пошагово каждую стадию обработки. Данная программа MasterCam-2018 дает возможность технологу оценить правильность заданных координат и выбранных способов обработки изделия.

Авторы благодарят руководство ВКГТУ им. Д. Серикбаева за поддержку проведения работ и использования данной программы в ПЦФ «Выпуск титановой продукции для дальнейшего использования в медицине».

Список литературы

- Государственная программа развития здравоохранения Республики Казахстан «Денсаулық» на 2016-2019 годы. – Он-лайн: <http://www.mzsru.gov.kz>.
- Послание Президента Республики Казахстан Н. Назарбаева народу Казахстана. 10 января 2018 г. Новые возможности развития в условиях четвертой промышленной революции // Официальный сайт Президента Республики Казахстан. – Он-лайн: http://www.akorda.kz/ru/addresses/addresses_of_president/poslanie-prezidenta-respublik-i-kazakhstan-n-nazarbaeva-narodu-kazahstana-10-yanvarya-2018-g.
- ПЦФ «Выпуск титановой продукции для дальнейшего использования в медицине». – № гос-регистрации 0115PK02769 МРНТИ 53.49.05.
- Должиков В.П. Основы программирования и наладки станков с ЧПУ [Электронный ресурс]: Учеб. пособие / В.П. Должиков; Томский политехнический университет. – 2-е изд., перераб. и доп. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 143 с. – Режим доступа: <https://pu34.edusite.ru/DswMedia/doljikovosnovyiprogramminaladkistankov.pdf>.
- Baklanova O.E., Ryzhkova E.V., Iskakova M.M. Automatization of algorithms for visual quality control of coatings and contours on the products for medical purposes // Proceeding of International Conference on Computer Graphics, Visualization, Computer Vision and Image Processing, 2018. – Madrid: Spain. – P. 432-435.
- Босинзон М.А. Современные системы ЧПУ: их эксплуатация: Учебное пособие. – М.: Академия, 2009. – 192 с.
- Мирошин Д.Г., Шестакова Т.В., Костина О.В. Технология программирования и эксплуатация станков с ЧПУ. – https://www.rspu.ru/filedirectory/3468/Miroshin_D.G._Tekhnologiyaprogrammirovaniya.pdf.
- Гжиров Р.И. Программирование обработки на станках с ЧПУ / Р.И. Гжиров. – СПб.: Политехника, 1990. – 588 с.
- Схиртладзе А.Г. Работа оператора на станках с программным управлением: Учебное пособие. – М.: Академия, 1998. – 176 с.
- Ковшов А.Н. Технологическая машиностроения: Учебник / А.Н.Ковшов. – 2-е изд., испр. – СПб.: Лань, 2008 – 320 с.

Получено 18.10.2019

MFTAA 29.19.16

Р.Е. Сакенова¹, Н.К. Ердыбаева¹, О.Д. Погребняк², М.Қ. Қылышқанов³,

¹Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік техникалық университеті, Өскемен қ., Қазақстан

²Сумы мемлекеттік университеті, Сумы қаласы, Украина

³«Үлбі металургия зауыты» АҚ, Өскемен қ., Қазақстан

**ВАКУУМДЫ-ДОГАЛЫҚ ӘДІСПЕН АЛЫНГАН КӨП ҚАБАТТЫ ЖАБЫНДАРДЫҢ
ҚҰРЫЛЫМЫ МЕН ҚАСИЕТТЕРИ**

Альтернативті үштік нитридтер мен екілік металл қабаттардың негізінде біріктірілген көп қабатты жабындар катодтың вакуумдық-догалы булануын пайдалана отырып тұндырылған. $(\text{TiMo})\text{N}/\text{TiMo}$, $(\text{CrMr})\text{N}/\text{CrMo}$, $(\text{CrZr})\text{N}/\text{CrZr}$, $(\text{TiCr})\text{N}/\text{TiCr}$ және $(\text{MoZr})\text{N}/\text{MoZr}$, $\text{MoN}(\text{MoZr})\text{ZrN}$ тұндыру жағдайларында дайындалған, ал ығысу ықтималдылығы – 200 V құрады. Жабынның жалпы қалындығы 54 мкм-ге жуық болды, ал екі қабаттың қалындығы 900 нм-ге жуық болды, ал әрбір жабында 60 тоғық болды. Үштік нитридті және екілік металл қабаттарының қалындығы тиісінше 750 нм және 150 нм құрады. Жабындарды сипаттау үшін XRD, SEM, EDS, TEM, HR-TEM, SIMS, бірақ олармен шектелмей, сондай-ақ тереңдеметуге арналған тесттерді қоса алғанда, талдаудың әртүрлі әдістері қолданылды. Жабындарда (111) және (200) бағдарланған екі фазалы күй пайда болды. Виккерс бойынша қаттылық HV0.1, HV0.5 және HV1 жабындар тиісінше 2347-ден 2912-ге дейін, 2077-ден 2584-ке дейін және 1369-дан 2327-ге дейін өзгеріп отырады, бұл оларды қатты қорғаныс жабыны ретінде қолдануға перспективті етеді.

Комбинированные многослойные покрытия на основе альтернативных тройных нитридов и бинарных металлических слоев были осаждены с использованием вакуумно-дугового испарения катода. (TiMo)N/TiMo, (CrMr)N/CrMo, (CrZr)N/CrZr, (TiCr)N/TiCr и (MoZr)N/MoZr, MoN(MoZr)ZrN были изготовлены в тех же условиях осаждения, в то время как потенциал смещения составлял -200 V. Общая толщина покрытий составляла около 54 мкм, тогда как толщина двухслойного слоя составляла около 900 нм, а в каждом покрытии было 60 бислосов. Толщины тройных нитридных и бинарных металлических слоев составляли 750 нм и 150 нм соответственно. Для характеристики покрытий были использованы различные методы анализа, включая, но не ограничиваясь ими, XRD, SEM, EDS, TEM, HR-TEM, SIMS, а также тесты на углубление. В покрытиях было обнаружено образование двухфазного состояния с (111) и (200) предпочтительной ориентацией. Твердость по Виккерсу HV0.1, HV0.5 и HV1 покрытий варьировалась от 2347 до 2912, от 2077 до 2584 и от 1369 до 2327 соответственно, что делает их перспективными для применения в качестве твердых защитных покрытий.

Combined multilayer coatings based on alternative triple nitrides and binary metal layers were deposited using vacuum arc evaporation of the cathode. (TiMo)N/TiMo, (CrMr)N/CrMo, (CrZr)N/CrZr, (TiCr)N/TiCr and (MoZr)N/MoZr, MoN(MoZr)ZrN were manufactured under the same deposition conditions, while the bias potential was -200 V. the Total thickness of the coatings was about 54 өм, while the thickness of the double layer was about 900 nm, and there were 60 bilayers in each coating. The triple nitride and binary metal layer thicknesses were 750 nm and 150 nm respectively. Various methods of analysis were used to characterize the coatings, including but not limited to XRD, SEM, EDS, TEM, HR-TEM, SIMS, and indentation tests. The formation of a two-phase state with (111) and (200) preferred orientation was found in the coatings. Vickers hardness of HV0.1, HV0.5 and HV1 coatings ranged from 2347 to 2912, from 2077 to 2584 and from 1369 to 2327 respectively, making them promising for use as hard protective coatings.

Түйін сөздер: Көп қабатты жабындар, катодты доза, микроқұрылым, екі фазалы күй, вакуумдық-доза әдісі, микроқаттылық, тозуга төзімділік.

Көп қабатты наноқұрылымды жабындар өнеркәсіптік қолданудағы функционалдық қасиеттерін жақсарту үшін қазіргі заманғы техникада кеңінен қолданылады. Ионды-ынталандыруыш булануы бар әртүрлі тұндыру әдістерімен (CVD, PVD, магнетрондық шашырату) қорғаныс жабындарын алу үйкеліс коэффициентін төмендету және тозуга төзімділікті, шаршауға төзімділікті және коррозиядан коргауды арттыру есебінен саладағы барлық мүмкін болатын мәселелерді шешуге мүмкіндік берді [1-4].

Ауыспалы металдарға негізделген нитритті жабындар заманауи материалтану ғылымында ерекше физикалық және трибологиялық қасиеттерге байланысты кеңінен қолданылады, мысалы, қатты қаттылық, жоғары балқу нүктелері, жақсы химиялық және физикалық тұрақтылық т.б. Мұндай материалдарды қолданудың ең типтік салалары коргаудың тозуы, сондай-ақ коррозиядан және абразивтілікten қорғау болып табылады.

Ең кең зерттелген бір қабатты жамылғылар TiN, CrN, MoN және ZrN болып табылады, бірақ олардың қасиеттері Материалтанудағы қазіргі заманғы талаптар үшін жеткіліксіз. Көп қабатты жабындар ең жақсы қасиеттерді, оның ішінде магниттік және электрлік қасиеттерін көрсетеді [5].

Әртүрлі бағу балқитын металдардың екілік немесе тіпті үш есе нитридтерінен альтернативті қабаттардың комбинациясы жоғары температуралың әсерінен тозуга және тотығуға жоғары төзімділігін, сондай-ақ жақсы биожүйе үйлесімділігін қамтамасыз ете алады, бұл оларды биомедицинада пайдалану үшін маңыздылығын арттырады [6-8].

Бұл жұмыс Arc-PVD, (CrMr)N/CrMo, (CrZr)N/CrZr, (TiCr)N/TiCr және (MoZr)N/MoZr, MoN (MoZr)ZrN сияқты катодтың вакуумдық-догалы булануын пайдалана отырып тұнған альтернативті үштік нитрид және бинарлы металл қабаттардың негізінде жана нанокомпозитті құрамдастырылған көп қабатты жабындарды жасауға және зерттеуге арналған. Құрылымың, элементтік және фазалық құрамың алғашқы зерттеулері, сондай-ақ осындај жабындардың физикалық-механикалық қасиеттері қарастырылып, талқыланды.

Материал және зерттеу әдістері. Жабындардың сипаттамаларын анықтау үшін XRD, EDS, REM сияқты талдаудың әртүрлі әдістері, сондай-ақ қаттылық пен трибологияны анықтауда зерттеулер жүргізілді. Өте ауыр жағдайларда жұмыс істейтін машиналар мен құралдарды қорғайтын материалдар ретінде трибологиялық жақсы қасиеттері бар балқытылған материалды пайдалану тиімді.

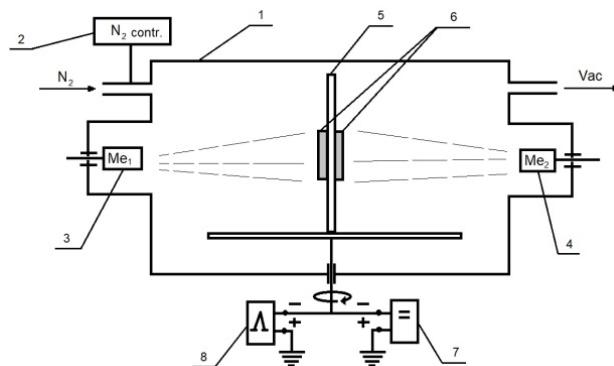
Тұндыру үшін Ra бетінің тұктілігі 0,09 мкм дейін A 570 Grade tot баспайтын болаттан жасалған жылтыратылған төсөніштер пайдаланылды.

Катодтарды вакуумдық-доғалық буландыру әдісі арқылы, яғни нанокұрылымдық көп қабатты жабындарды жағуға және көп қабатты жабындарды тұндыру екі буландырыштан тұратын «Булат-6» вакуумдық-доғалық қондырығысы арқылы жүзеге асады [9-10].

1-суретте тұндыру жүйесінің сұлбасы көрсетілген. Вакуумдық камера (1) (камерадағы базалық қысым 0,001 Па құрады) азот қысымын автоматтый реттеу жүйесімен (2) және әрбір жабын үшін тиісті металдардан тұратын екі буландырышпен (металл нысананың тазалығы 99,8 % құрады) жабдықталған.

Төсем ұстағышы (5) tot баспайтын болаттан жасалған айналмалы пластинаға (300×300 мм) орнатылған, онда төсем орналастырылған (6). BULAT - 6 сондай-ақ тұрақты кернеу көзімен (7) жабдықталған, оның мәні 5-тен 1000 В-ға дейін, ал 0,5-2 кВ кернеу импульсінің реттелетін амплитудасы және 5-7 кГц қайталау жиілігі бар жоғары вольтты импульстік генератор (8).

Сонымен қатар, азотты тиісті отқа төзімді немесе өтпелі металдардың нитридтерін жасау үшін камераға енгізді. Қабатты тазарту процесі 1 кВ субстрат потенциалын колданған кезде жабу алдында жүргізілді. Сонымен қатар, азот тиісті отқа немесе ауыспалы металдардың нитридтерін алу үшін камераға жіберілді.



1-сурет – Булат-6 тұндыру жүйесінің негізгі сұзбасы

Төсем ұстағышының айналуы ауыспалы қабаттардың шөгуіне жол берді, ал инъекция және тұндыру камерасына азоттың бүркүді тоқтау нитридті және таза металл қабаттарды тұндыруға мүмкіндік береді. Көп қабатты жабындардың негізгі орналасу параметрлері 1-кестеде көлтірілген. Барлық жабындар субстрат режимінің үздіксіз айналуымен 6 сағатқа сақталған. Катодтар мен субстраттарға дейінгі қашықтық әрбір үлгі үшін 200 мм болды.

1-кесте
Зерттелетін жабындардың құрамы және тұндырудың негізгі параметрлері

No	Composition	I_{arc_Me1}/I_{arc_Me2A}	U_b, V	Dep. time for each layer and P_N
877	(TiMo)N/(TiMo)	100/130	-200	5 min, 4×10^{-3} 1 min, 2×10^{-5}
878	(CrMo)N/(CrMo)	100/130		5 min, 4×10^{-3} 1 min, 2×10^{-5}
891	(CrZr)N/(CrZr)	100/100		5 min, 4×10^{-3} 1 min, 2×10^{-5}
893	(TiCr)N/(TiCr)	100/100		5 min, 4×10^{-3} 1 min, 2×10^{-5}
894	(MoZr)N/(MoZr)	125/100		5 min, 4×10^{-3} 1 min, 2×10^{-5}

Тәжірибелік зерттеулер Сумы мемлекеттік университетінің (Украина) ғылыми зерттеу зертханаларында және С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік университетінің ұжымдық пайдалану үлттых ғылыми зертханаларында, Д. Серікбаев атындағы ШҚМТУ-дың «VERITAS» озық даму орталығында жүргізілді.

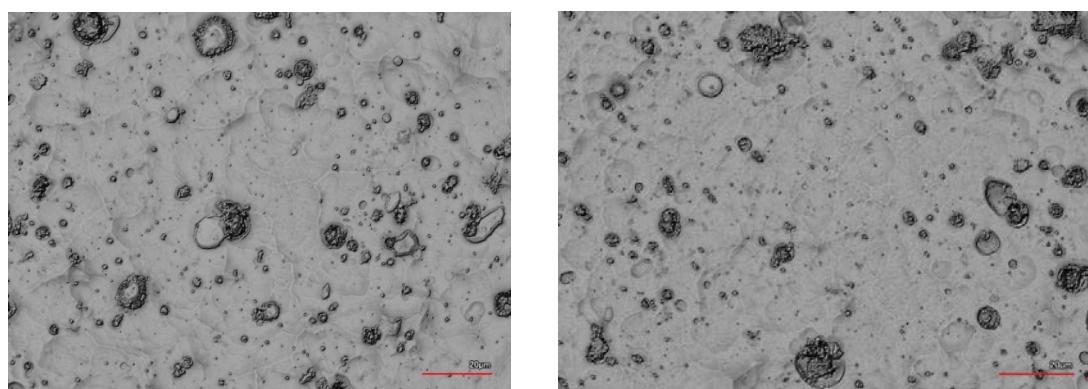
Жағылған жабындардың құрылымдық-фазалық жай-күйі Cu-Кα-сәулеленудегі Xpert-PRO дифрактометрінде рентгенқұрылымдық талдау әдісімен зерттелді. Жабындардың үстіңгі және көлденең қимасының элементтік құрамы Inca (REM) микроанализ жүйесімен растрлық электрондық микроскопияның көмегімен зерттелген.

Алынған нәтижелер және оларды талдау. Брагг-Берграно геометриясындағы 0-20 сканерлеу тұрғысында рентгендік дифракцияны (XRD) қолдана отырып, қабаттардың құрылымдық фазалық күйі талданды. Энергодисперсиялық спектрлері бар сканерлейтін электрондық микроскопия (EDX бар sem) жабындардың үстіңгі және элементтік құрамын, сондай-ақ жабындардың көлденең қималарын зерттеу үшін пайдаланылды.

Сонымен қатар, лазерлік сандық сканерлеу жабын бетінің кедір-бұдырлығын зерттеу үшін қолданылды. Екінші иондық масс-спектрометрияның өту уақыты (ToF SIMS) терендік бойынша элементтердің таралуын зерттеу үшін пайдаланылды. Жағылған жабындардың қаттылығы микровиккерс әдісімен зерттелді. Әрбір үлті үшін және әрбір жүктеме үшін кемінде 10 терендеу жасалды. Тұндыштылған №877 және №893 үлгілердің беттік морфологиялық зерттеулері Keyence VK-X100 сандық микроскопының көмегімен жүргізілді. 877 және 893 үлгілерінің үстіңгі бетінің бейнесі 2-суреттегі көрсетілген, онда тамшылы фракциялары бар өте тегіс бет түзілгенін көруге болады, бұл вакуумдық-доғалы әдіспен жағылған жабындар үшін тән. Үлгілердің орташа кедір-бұдырлығы 0,3 мкм мәнінен аспады.

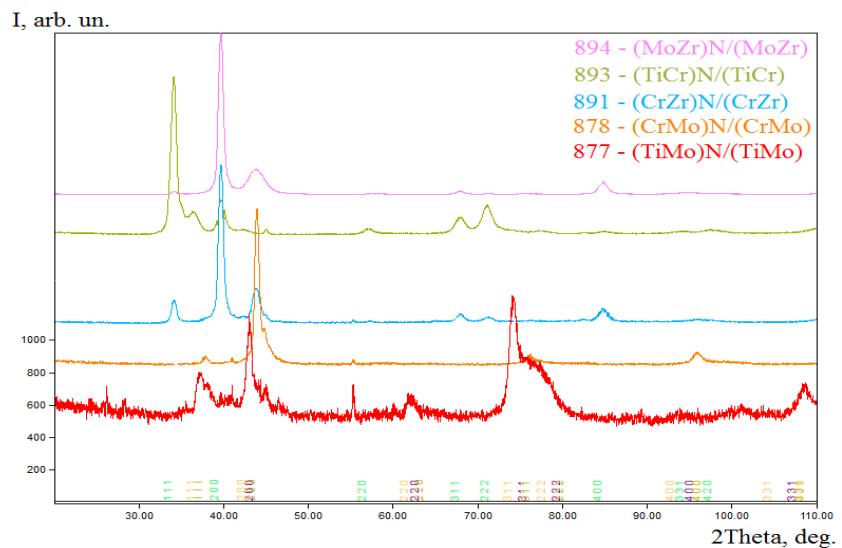
Жабындарда екі фазалы жағдай (нитридті және металл фазалар) түзіледі және әрбір фаза белгілі бір қабатқа сәйкес келеді. № 877 және 893 үлгілері үшін біз Ti және Mo (877 үлгісі) және Ti және Cr (893 үлгісі) пиктерін бақылай аламыз.

Сондай-ақ, поликристаллиттердің жоғары ретсіздігін көрсететін жазықтан (222) шындардың кенеоі байқалады. Нитридті қабаттардан жасалған дифракциялық шындардың пішіні мен қарқындылығы нитридті қабаттардың өте жақсы кристалды құрылымын көрсете алады. ЭЦК-ны зерттеу нәтижелеріне сәйкес жабындардың жоғарғы қабаттары металл болып табылады, металл компоненттер арасындағы ара қатынас 0,9-0,92 диапазонында болады.

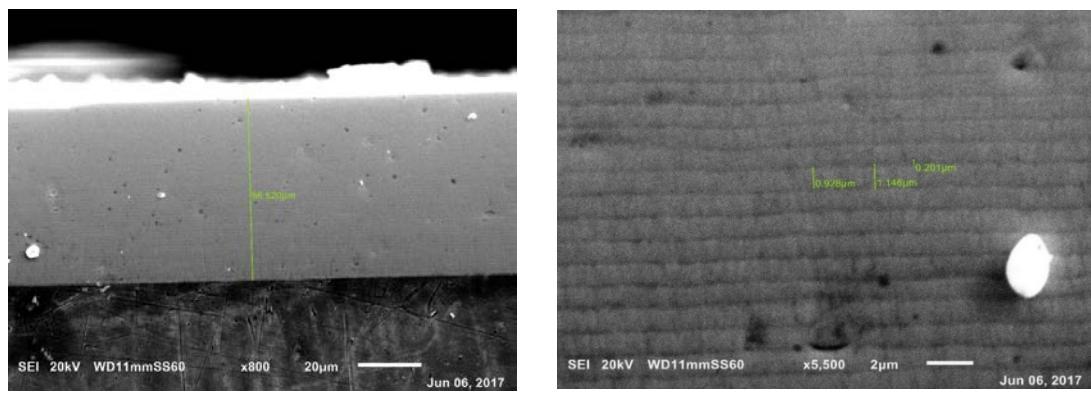


2-сурет – 877 (a) және 893 (b) үлгілер бетінің морфологиясы

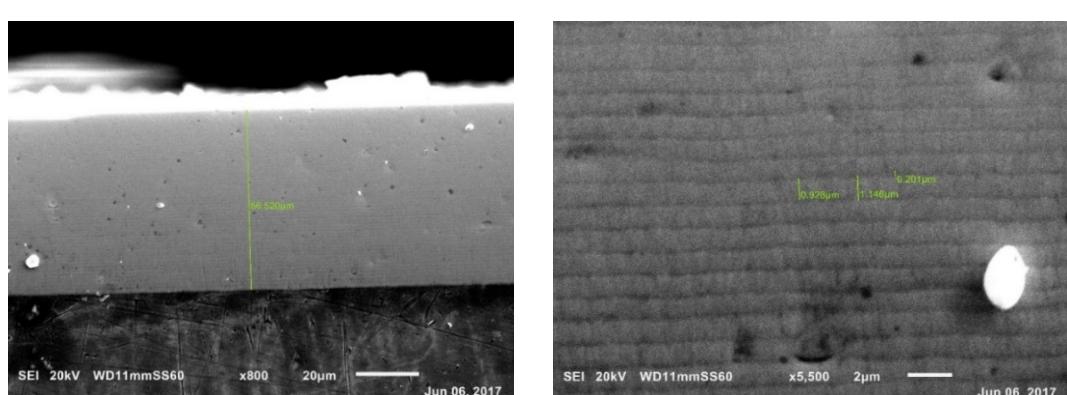
Зерттелген жабындардың типтік рентгендік спектрлері 3-суретте көрсетілген. Әр үлті үшін спектр тиісті түсі бар. 4-суретте көрсетілгендей, ең карқынды шындар (111) және (200) жазықтықтарға сәйкес келеді, бірақ біз сондай-ақ жазықтықтардан (311) және (220) әлсіз көріністерді байқай аламыз.



3-сүрет – XRD - № 877, 878, 891, 893 және 894 үлгілердің спектрлері



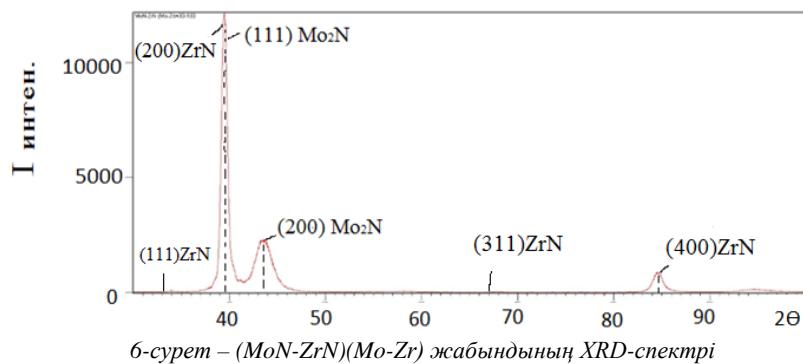
4-сүрет – РЭМ-891 үлгінің көлденең құмасының бейнесі:
а – жалпы түрі; б – x5500 үлкейген қабамтар



5-сүрет – СЭМ-891 үлгінің көлденең құмасының бейнесі:
а – жалпы түрі; б – x5500 және с – x10000 үлкейтуі жоғары қабамтар

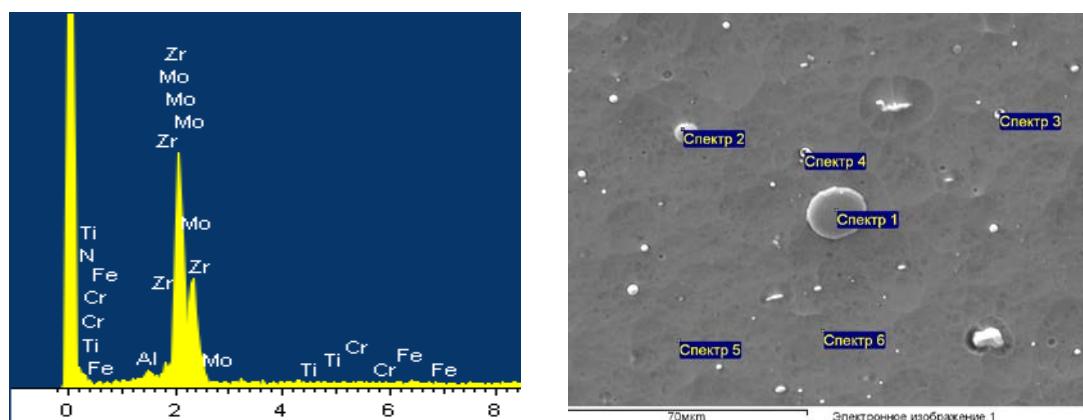
X800 (жалпы түрі) және x5500 (ұлкейтілген нитридті және металл қабаттар) № 891 ұлғасынан үлкеюі кезінде көлденең қиманың түрі 4, а және 4, b-суретте көрсетілген. Біз қабаттардың жақсы тегістігін байқай аламыз: олар қызылсызды және айқын көрінетін шекаралары жоқ. Жалпы жабынның қалындығы шамамен 54 мкм құрайды, ал жеке қабаттардың қалындығы шамамен 750 нм (нитридті қабаттар) және 150 нм (металл қабаттар) болады. Алынған мәліметтер нитрит пен таза металл қабаттарына арналған тұндыру параметрлерімен жақсы сәйкес келеді.

Вакуумды-доғалық катод көмегімен Mo және Zr үшін ешқандай ақаусыз және ұлғасынан барлық беті бойынша қалындығы 8 мкм тең жабын алынды. b-суретте алынған жабындардың рентгендік спектрінің бейнесі көрсетілген.



Рентгенқұрылымды талдау нәтижелері жаңа фазалардың пайда болуын көрсетеді. Ең қарқынды шыны (пик) беткі ортаңғы текше ұяшық торлы ZrN фазасына сәйкес келеді. Сондай-ақ, қарапайым текше торлы Mo₂N фазасы байкалады. (111) ZrN фазасының накты сызығымен катар барынша қарқындылығы аз кең шындардың (пик) пайда болуы байқалады, олар атомдардың реттелуін және жабын құрылымында нанокристаллдардың қалыптасуын көрсетеді.

7-суреттегі көлтірілген растрлық электрондық микроскоп нәтижелері зерттелетін жабын қабаттарының химиялық құрамы әртүрлі екендігін көрсетеді.



Негізінен металлографикалық суреттер бойынша, жабын бетінің құрылымында сфералық формадағы дисперсиялық бөлшектер бар екенін көруге болады. Бөлшектер алып жатқан аудандар ара қатынасы әдісін қолдана отырып, осы бөлшектердің көлемдік үлесі есептелген, ол $\langle f \rangle = 3\%$ құрайды. Фазаның біртұтас ұяшығының өлшемі $a = 4.56 \text{ \AA}$ құрайды.

Спектрлерді талдау әр қабатта элементтердің әртүрлі сандық таралуын көрсетеді. Қабаттық жабынның растрлық бейнесінен микрометрлік масштабтағы бөлшектердің бөлінуі көрінеді. Дисперсиялық бөлшектердің химиялық құрамы молибден, цирконий және азоттың жоғарғы мөлшерін көрсетеді. «Булат-6» қондырғысының камерасындағы газ қалдығының болуна байланысты азоттың пайда болуы байқалады. А 570 Grade болат төсөнішіндегі Mo және Zr бар екендігін энергодисперсиялық талдау нәтижелері көрсетеді.

Жоғарыда жазылғаннан келесідей қорытынды жасауга болады: Жабындардың құрылымын анықтау үшін XRD, EDS, REM сияқты талдаудың әртүрлі әдістері пайдаланылды, сондай-ақ каттылық пен трибология сынақтар жүргізілді.

№877 үлгі үшін нитридті қабаттардан жасалған дифракционды шындардың пішіні мен қарқындылығы нитридті қабаттардың кристалдық құрылымының ете жақсы екендігін көрсете алады. Зерттеу нәтижелеріне сәйкес жабындардың жоғарғы қабаттары металл болып табылады, металл компоненттері арасындағы ара қатынас 0,9-0,92 диапазон аралығында болады. №891 үлгісінде қызыспайтын және анық көрінетін шекаралары бар қабаттардың жақсы жазықтығы байқалады. Жабынның жалпы қалындығы шамамен 54 мкм, ал жекелеген қабаттардың қалындығы шамамен 750 нм (нитридті қабаттар) және 150 нм (металл қабаттар) болып келеді.

Вакуумды-доғалық катод көмегімен Mo және Zr үшін ешқандай ақаусыз және үлгінің барлық беті бойынша қалындығы 8 мкм тең жабын алынды. Болат A570 Grade бетіндегі (MoN-ZrN)(Mo-Zr) жабынның жоғарғы беткі қабатында ZrN, Mo₂N фазалары пайда болды. Бұл нәтижені A570 Grade (MoN-ZrN)(Mo-Zr) жабын үлгінің бетінен және көлденен кесіндісінен алынған рентгенқұрылымдық талдау және растрлық электрондық микроскоп нәтижелері дәлелдеді. Сфералық формадағы көлемдік үлесі 3%, өлшемі 1-3 мкм және одан ірі бөлшектері 12 мкм-ге дейінгі нитридті фаза бөлшектерінің болінүү аныкталды. Рентгендік дифрактограммалардың талдамасы нидридті фаза құрылымында беткі ортағы текше ұшықты ZrN және Mo₂N карапайым текше торының бар екендігін көрсетеді.

Жабындарда (111) және (200) бағдарланған екі фазалы күй пайда болды. Виккерс бойынша қаттылық HV0.1, HV0.5 және HV1 жабындар тиисінше 2347-ден 2912-ге дейін, 2077-ден 2584-ке дейін және 1369-дан 2327-ге дейін өзгеріп отырады, бұл болашақта оларды қатты қорғаныс жабыны ретінде қолдануға болатындығын дәлелдейді.

Әдебиеттер тізімі

- Pogrebnjak A.D., Ponomarev A.G., Shpak A.P., and Kunitskii Yu. A., «Application of micro- and nanoprobes to the analysis of small-sized 3D materials, nanosystems, and nanoobjects,” Phys.-Usp. – 2012. – Vol. 55. – P. 270-300.
- Pogrebnjak A.D., Bagdasaryan A.A., Yakushchenko I.V., Beresnev V.M. The structure and properties of high-entropy alloys and nitride coatings based on them / A.D. Pogrebnjak, A.A. Bagdasaryan, I.V. Yakushchenko, V.M. Beresnev // Russian Chemical Reviews. – 2014. – Vol. 83, № 11. – P. 1027-1061.
- V.I. Ivashchenko et al., “First-principles quantum molecular calculations of structural and mechanical properties of TiN/SiNx heterostructures, and the achievable hardness of the nc-TiN/SiNx nanocomposites,” Thin Solid Films. – 2015. – Vol. 578. – P. 83–92.
- A.D. Pogrebnjak, V.M. Rogoz, O.V. Bondar, N.K. Erdybaeva, and S.V. Plotnikov, “Structure and physicomechanical properties of NbN-based protective nanocomposite coatings: A review,” Prot. Met. Phys. Chem. Surfaces, vol. 52, no. 5, 2016.
- O. V. Bondar et al., “Composition, structure and tribotechnical properties of TiN, MoN single-layer and TiN/MoN multilayer coatings,” J. Superhard Mater. – Vol. 37. – no. 1. – P. 27–38, Mar. 2015.
- Pogrebnjak A.D., Bagdasaryan A.A., Pshyk A., Dyadyura K. Adaptive multicomponent nanocomposite coatings in surface engineering / A.D. Pogrebnjak, A.A. Bagdasaryan, A. Pshyk, K. Dyadyura // Physics-Uspekhi. – 2017. – Vol. 60. – №6. – P. 586-607.
- Pogrebnjak A.D., et.al Experimental and theoretical studies of the physicochemical and mechanical properties of multi-layered TiN/SiC films: Temperature effects on the nanocomposite structure A.D. Pogrebnjak, et.al. // Composites Part B: Engineering. – 2018. – Vol. 142. – №1. – P. 85-94.
- Pogrebnjak A.D., Kravchenko Yu.A., Kislytsyn S.B., Ruzimov Sh.M., Noli F., Misaelides P., and Hatzidimitriou A., “TiN/Cr/Al₂O₃ and TiN/Al₂O₃ hybrid coatings structure features and properties

- resulting from combined treatment," Surf. Coat. Tech., vol. 201, December 2006. – P. 2621-2632.
9. J. Ming, M. Li, P. Kumar, and L.-J. Li, "Multilayer Approach for Advanced Hybrid Lithium Battery," ACS Nano. – Jun. 2016. – vol. 10. – N 6. – P. 6037–6044.
 10. Pogrebnyak A.D., Shpak A.P., Azarenkov N.A. , Beresnev V.M. Structures and properties of hard and superhard nanocomposite coatings / A.D. Pogrebnyak, A.P. Shpak, N.A. Azarenkov, V.M. Beresnev // Physics-Uspokhi. – 2009. – Vol. 52. – №1. – P. 29-54.

Қабылданды 18.10.2019

MFTAA 73.31.17

Н.С. Сауханов, В.Н. Казагачев

Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік мемлекеттік университеті, Ақтөбе қ.

КӨШЕ-ЖОЛ ТОРАБЫНДАГЫ БАҒДАРШАМ ОБЪЕКТИЛЕРІНІҢ МОДЕЛІ

Большие экономические изменения стали причиной не только роста уровня автомобилизации, но и деловых поездок, которые определяют максимальную нагрузку улично-дорожной сети. В статье рассматривается методика модели изменения длительности светофорной сигнализации при проектировании и после него на улично-дорожной сети города в зависимости от интенсивности движения транспортного потока.

Улкен экономикалық өзгерістер автомобилдену деңгейін бірнеше рет көтеріп қана қоймай, сонымен бірге, көше-жол торабының ең жоғарғы жүктемесін анықтайды, іс-сапар қатынасының көнеттеп өсуіне себепші болды. Мақалада қаланың көше-жол торабындағы бағдаршам объектілерін жобалау кезінде және одан кейін көлік ағыны қарқындылығының өзгеруіне байланысты бағдаршам белгілерінің ұзақтығын өзгерту моделінің өдістемесі қарастырылады.

Major economic changes have caused not only the growth of the level of motorization, but also business trips that determine the maximum load on the road network. The article discusses the methodology of the model of changing the duration of traffic light signalling during design and after it on the city's road network depending on intensity of the traffic flow.

Түйін сөздер: бағдаршам объекті, реттеу, модель, «ақылды» бағдаршам, адаптивті басқару.

Көлік пен логистика саласын цифрландыру транзиттік жүк тасымалының артуына ықпал етеді. Бұл міндеттер «Цифрлық Қазақстан» мемлекеттік бағдарламасында қамтылған. Электронды құжат айналымын енгізіп, интеллектуалды көлік жүйесіне көшудің нәтижесінде көздеңген көрсеткішке қол жеткіземіз [1]. «Интеллектуалды көлік жүйесі» жобасы бірнеше кезең бойынша жүзеге асырылатын болады. Осы жаңа жүйе бойынша «ақылды» бағдаршамдар орнатып кептеліс болмау үшін жүргізушілерді көлік қозгалысы аз көшелерге бағыттайды. Қазіргі уақытта көп қалалардың қөшелерінде көлік ағынының қарқындылығына байланысты бағдаршам объектілері жобаланып енгізіліп жатыр. Бірақ бағдаршам жұмыс режимі күнделікті, тіпті сағат бойынша өзгеріп отыратын қарқындылыққа сәйкес келмейді.

Қозгалысты басқарудың автоматтандырылған жүйесі – бұл техникалық, бағдарламалық және көлік ағынының көрсеткіштері туралы бағдарламаларды жинау және өндөу кешені негізінде қозгалысты тиімді басқару [2].

Қаладағы реттелетін қылыштардың өткізу қабілетін арттыру және бағдаршамның жұмысына әсер ететін қозгалыс қарқындылығы мен басқа да факторларды ескере отырып бағдаршам объектісінің жұмыс режимін өндөу мақсатында Ақтөбе қаласы Ә. Молдагұлова даңғылындағы қылыштарда зерттеу жұмыстары жүргізілді.

Ә. Молдагұлова – Сәнкібай батыр даңғылдарының қылышындағы көлік ағыны қарқындылығы өзгеруінің жалпы диаграммасы 08.12. - 10.12.2018 ж.

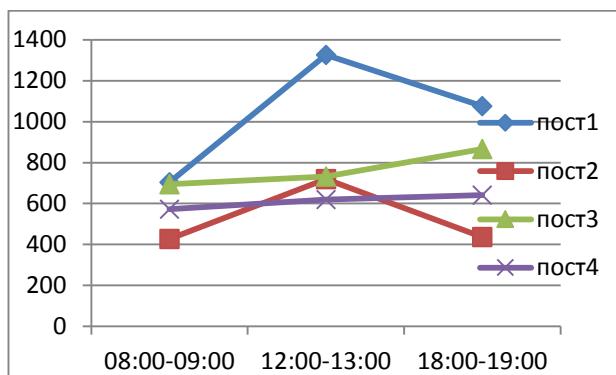
Пост №1 Сатпаев көшесінен – «Дару» МО бағытына қарай.

Пост №2 Ағ. Жұбановтар көшесінен – Обл. Жол полиция бағытына қарай.

Пост №3 «Дару» МО-тан – Сатпаев көшесінә қарай.

Пост №4 Обл. Жол полициясынан – Ағ. Жұбановтар көшесі қарай.

Бірінші суреттегі қылышта №1 және №2 посттарда қарқындылықтың шыны сағат 12.00-13.00 аралығына келеді. №2 постта уақыт өте келе төмендейді, ал №3 постта кішкене ғана өзгеріс бар. №1 және №4 посттарда – сызықты өседі.



1-сурет – Ә. Молдагұлова – Сәнкібай батыр даңғылдарының қылышы

Ә. Молдагұлова даңғылы – Ағ. Жұбановтар көшесі қылышындағы көлік ағыны қарқындылығы өзгеруінің жалпы диаграммасы 08.12. - 10.12.2018 ж.

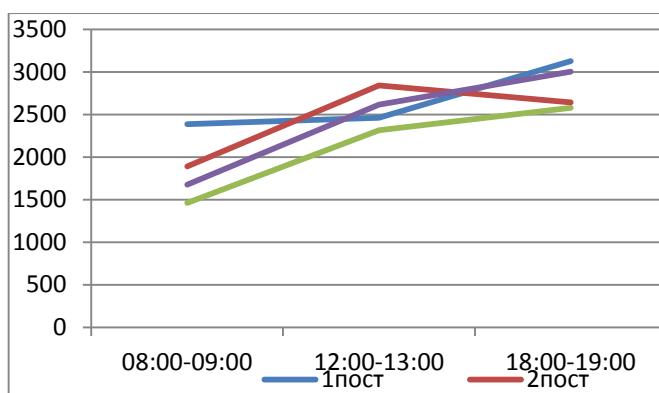
Пост №1 Әлия базарынан – Т. Бигелдинов атындағы Әуе Қорғаныс Күштері Әскери институтына қарай.

Пост №2 Т. Бигелдинов атындағы Әуе Қорғаныс Күштері Әскери институты бағытынан – Әлия базарына қарай.

Пост №3 Кенес дүкенінен – 8 шағын ауданына қарай.

Пост №4 8 шағын ауданынан – Кенес дүкеніне қарай.

Екінші суреттегі қылышта барлық посттарда локалды максимум қарқындылық сағат 12.00-13.00 аралығына келеді. №2 және №4 посттарда кішкене өсетіндігі байқалады. Ә. Молдагұлова – Әбілқайыр хан даңғылдарының қылышындағы көлік ағыны қарқындылығы өзгеруінің жалпы диаграммасы 08.12. - 10.12.2018 ж.



2-сурет – Ә. Молдагұлова даңғылы – Ағ. Жұбановтар көшесі қылышы

Пост №1 ТЖ басқармасынан – ДСК аялдамасына қарай.

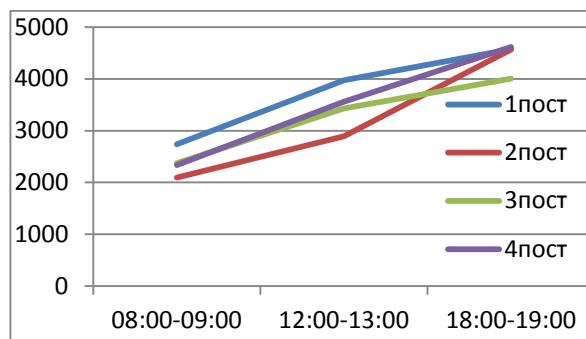
Пост №2 Космос аялдамасынан-Стадионға қарай.

Пост №3 ДСК аялдамасынан – ТЖ басқармасына қарай.

Пост №4 Стадионнан – Космос аялдамасына қарай.

Үшінші суреттегі қылышта барлық посттарда локалды максимум қарқындылық сағат 12.00-13.00 аралығына келеді.

Ә. Молдағұлова даңғылы – Есет батыр көшесі қылышындағы көлік ағыны қарқындылығы өзгеруінің жалпы диаграммасы 08.12. - 10.12.2018 ж.



3-сурет – Ә. Молдағұлова – Әбілқайыр хан даңғылдарының қылышы

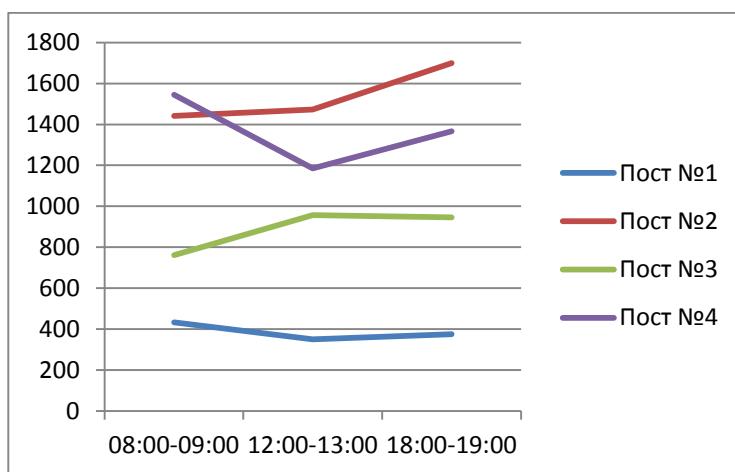
Пост №1 Тайбеков көшесінен – Есет батыр көшесіне қарай.

Пост №2 Әбілқайыр хан даңғылынан – Тургенев көшесіне қарай.

Пост №3 Есет батыр көшесінен – Тайбеков көшесіне қарай.

Пост №4 Тургенев көшесінен – Әбілқайыр хан даңғылына қарай.

Төртінші суреттегі қылышта №3 постта қарқындылықтың шыңы сағат 12.00-13.00 аралығына келсе, №1 және №4 посттарда бұл аралықта локалды минимум байқалады. Уақыт өте бере №1 постта кішкене өседі, №3 постта өзгеріссіз, №2 және №4 посттарда сызықты өседі.



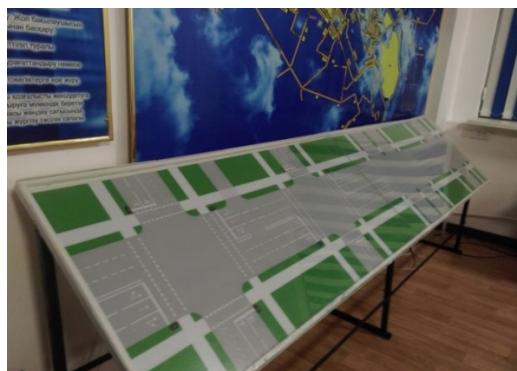
4-сурет – Ә. Молдағұлова даңғылы – Есет батыр көшесі қылышы

Біздің қарастырып отырған АРМ ТЕХНОЛОГ бағдарламасы көмегімен – көлік іркілісінің минимумын қамтамасыз ететін қала қылыштарында жаяу жүргіншілер мен көлік қозғалысын реттеу көрсеткіштері және ұйымдастыру сұлбасы есептелеінді [3].

Аталған қылыштардағы көлік қозғалысын модельдеу үшін көрнекі күрал ретінде стенд дайындалды (5, 6-суреттер).

1. Ә. Молдағұлова – Сәңкібай батыр даңғылдарының қылышы.
2. Ә. Молдағұлова даңғылы – Ағ. Жұбановтар көшесі қылышы.
3. Ә. Молдағұлова – Әбілқайыр хан даңғылдарының қылышы.
4. Ә. Молдағұлова даңғылы – Есет батыр көшесі қылышы.

Бағдаршам жұмысын модельдендіру үшін Arduino микроконтроллерінде бағдарлама күрастырылды.



5-сурет – Э. Молдағұлова даңғылы бойынша бағдаршам жұмысын модельдендіру стендісі



6-сурет – Arduino микроконтроллерінде бағдарлама бойынша бағдаршам реттеуінің жұмысы

Зерттеу жұмысын жалғастыру үшін, толық мәліметтерді алуға осы қылыштарға тәулік бойы қажетті көрсеткіштерді түсіруге мүмкіндік беретін интеллектуалды көлік жүйесі (козғалыс датчигін, есептеу бағдарламасын, интернет арқылы мәліметтерді беретін) элементтерін қондыру қажет деп есептейміз. Arduino микроконтроллері базасында бақылау құралын күрастыруға болады.

Алдағы уақытта стендті модернизациялап, нақты қылыштағы ағын қарқындылығының алғашқы мәліметтерін серверден алу мүмкіншілігін қосу қарастырылады.

Әдебиеттер тізімі

1. «Цифрлық Қазақстан» мемлекеттік бағдарламасын бекіту туралы Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2017 жылғы 12 желтоқсандағы № 827 Қаулысы.
2. Автоматизированные системы управления дорожным движением в городах / В.В. Петров: Учебное пособие. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2007. – 104 с.
3. АРМ ТЕХНОЛОГА: Программа автоматизированного расчета параметров светофорного регулирования // Версия 5.1 Руководство технologа по организации дорожного движения. 2003. – 36 с.
4. Кременец Ю.А., Печерский М.П., Афанасьев М.Б. Технические средства регулирования дорожного движения. М.: ИКЦ «АКАДЕМКНИГА», 2005. – 280 с.
5. Капитанов В.Т., Хилажев Е.Б. Управление транспортными потоками в городах. – М.: Транспорт, 1985. – 144 с.

Қабылданды 18.10.2019

МРНТИ 67.11

В.В. Талапов¹, Б.Е. Махиев², А.В. Хапин²

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Россия

²Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Казахстан

КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ: ПРОБЛЕМА ВЫБОРА ПРЕДМЕТА ОБУЧЕНИЯ

Проведен анализ программных продуктов, нашедших широкое использование в современной технологии проектирования. Обоснована невозможность ориентации в выборе компьютерного инструментария только на потребности производства. Изложены пути совершенствования предмета обучения путем использования комплексного проектирования в составе команд проектировщиков.

Қазіргі заманғы жобалау технологиясында кеңінен қолданылатын бағдарламалық өнімдерге талдау жүргізілді. Компьютерлік құралдарды таңдауда өндірістің қажеттілігіне ғана бағдарлаудың мүмкін емесінің негізделген. Жобалаушылар құрамында кешенді жобалауды пайдалану арқылы оқыту пәнін жетілдіру жолдары баяндалған.

The analysis of software products that have found wide use in modern design technology is carried out. The impossibility of orientation in the choice of computer tools only on the needs of production is justified. Ways of improvement of a subject of studying training by use of complex designing as a part of teams of designers are stated.

Ключевые слова: предмет обучения, программные продукты, BIM-технологии проектирования.

Компьютерные технологии стали неотъемлемой частью любого проектирования. На практике для обучения студентов этой технологии используются такие дисциплины, как машинная графика, компьютерная графика, САПР, технологии BIM-проектирования [1], виртуальная реальность и другие. Такой набор дисциплин диктуется практической потребностью современной проектно-производственной индустрии. Это абсолютно прагматичный подход – преподавать то, с чем будущий специалист столкнется на производстве.

Такой подход будет правильным, если проектные организации и фирмы постоянно внедряют новые технологии проектирования. Однако анализ широко используемых в настоящее время программных продуктов показывает, что их выбор невелик. Используются в основном пакет AutoCAD для графической разработки проектов и SCAD для расчетно-конструктивных разделов. При этом их использование часто бывает неполноценным. Например, из пакета AutoCAD применяют только штрихпунктирные линии и отрезки, а полилинии и блоки практически не используют, не говоря уже о внешних ссылках – о них многие проектировщики даже не слышали.

Попадая в такую проектную организацию, выпускники, как правило, быстро «адаптируются», забывая про новые технологии проектирования. Аргумент старых проектировщиков – мы всегда так практикуем, и ты тоже так будешь делать – безотказно срабатывает.

Если образование будет и дальше ориентироваться на такие запросы «реального проектирования», мы никогда не внедрим технологии BIM, и будет происходить дальнейшая деградация нашей проектно-производственной деятельности.

Надежду на перемены дают проектные организации, которые идут в ногу со временем, используют в своей работе передовые компьютерные технологии. Но их мало, поэтому качественный уровень широкой практики проектирования остается низким.

Особенностью строительной отрасли на современном этапе является многочисленность проектно-строительных организаций и дефицит среди них лидеров, которые заинтересованы в результатах выпуска современных специалистов. Поиск таких партнеров, которые будут диктовать вузу содержание обучения, помогать совершенствовать образовательные программы является приоритетной задачей архитектурно-строительных факультетов современных университетов.

Из этого можно сделать вывод: нельзя руководствоваться принципом «учить тому, что используется на практике», потому что мы всегда будем «смотреть назад». Это обучение устаревшим технологиям проектирования, без тенденций и перспектив развития.

Если у вуза таких передовых партнеров нет, необходимо дать ему возможность самому определять содержание образования. В этом случае согласование образовательных программ возможно с ведущими университетами, в том числе ближнего и дальнего зарубежья.

Сейчас вузы получили возможность определять тематику и содержание значительной части дисциплин. Благодаря такому подходу в Восточно-Казахстанском государственном техническом университете им. Д. Серикбаева расширяется обучение студентов BIM-технологиям проектирования: открыты новые образовательные программы для бакалавров и магистрантов. В них в перечне специальных дисциплин появились такие предметы, как «Технология информационного моделирования зданий», «Информационное моделирование строительных конструкций», «Конечно-элементный анализ зданий и сооружений», «Управление проектами и организация BIM-технологий проектирования», «Стандарты и библиотеки BIM».

К сожалению, такой переход на обучение новым технологиям проектирования встречает сопротивление части преподавателей, которые в силу инерции не могут отказаться от старых учебных доктрин. Как правило, они считают, что настолько опытны, что ничего менять не надо.

Поэтому обостряется проблема нехватки квалифицированных преподавателей, которые не только в совершенстве владеют инструментарием BIM-технологий проектирования, но и являются горячими сторонниками его широкого использования.

У вузов есть и вторая причина, не дающая возможности внедрять новые технологии проектирования – это материальная база. Регулярное переоснащение компьютерной техникой и современными программами, переподготовка преподавателей требуют больших денежных средств. Государственных средств, выделяемых при грантной системе финансирования, не хватает, спонсоров практически нет, денежные средства, зарабатываемые вузом за счет научной деятельности, также не достаточны.

К сожалению, в такой ситуации вузы только имитируют деятельность по обновлению образования BIM-технологиям проектирования: обсуждаются концепции, разрабатываются стратегии развития, проводятся семинары и конференции, издаются монографии и сборники трудов, то есть делается все то, что не предполагает какой-либо конкретной ответственности. Поэтому вузы не являются лидерами в определении содержания обучения компьютерному проектированию, хотя должно быть наоборот.

Какие напрашиваются выводы?

Первое. При определении предмета обучения полностью ориентироваться на потребности производства нельзя.

Второе. На современные вузы полностью полагаться в содержании образовательных программ по BIM-технологиям также нельзя.

Третье. Разработчики программ ориентированы на преподавание своих разработок, поэтому на их объективность рассчитывать не приходится.

Наиболее популярными программными продуктами, позволяющими комплексно внедрять BIM-технологии проектирования, являются разработки компании Autodesk. На сегодняшний день это один из крупнейших в мире поставщиков программного обеспечения для проектирования строительных объектов [2].

Базовый инструментарий компаний содержит программные комплексы для разработки различных разделов проекта – архитектурного, конструктивного, инженерных сетей, составления сметной документации. Создание единой информационной модели объекта обеспечивается возможностью взаимоувязки разделов между собой, устранения коллизий и гарантирует высокое качество проектной документации. Использование программных продуктов одной компании требует новой организации обучения – командной, состоящей из студентов разных специальностей, с выпуском в качестве конечной продукции комплексного проекта. Такой подход нашел применение в Санкт-Петербургском архитектурно-строительном университете при проведении BIM-чемпионатов и BIM-факультативном обучении студентов [3, 4].

Однако набирают обороты и компании-конкуренты, например Renga Software – российская компания, занимающаяся разработкой программных продуктов для проектирования в соответствии с технологией BIM. Ее продукция ориентирована на российских проектировщиков, поэтому разрабатывается применительно к национальным нормам проектирования; она не будет зависеть от случайных факторов типа «санкций» [3].

По-видимому, в задачу обучения студентов должен входить широкий круг компьютерных программ нескольких компаний, так как в условиях рынка программных продуктов надо быть готовыми к любой ситуации.

Перечисленные риски, препятствующие однозначному выбору предмета обучения компьютерным технологиям, можно ослабить, если ориентироваться на коллективное мнение профессионального сообщества тех, кто занимается вопросами компьютерного проектирования. При этом совсем не обязательно создавать организацию типа «Союза компьютерных проектировщиков». В наше время профессиональное сообщество формируется вокруг сайтов, форумов и конференций и, благодаря Интернету, практически не имеет границ. К числу таких мероприятий относятся ежегодные конгрессы, проводимые в Санкт-Петербурге ПСС ГРАЙТЕК, а также международные научно-практические конференции в Санкт-Петербургском архитектурно-строительном университете.

Все это общение и должно формировать критерии, которые нужны для постоянной коррекции предмета компьютерного обучения.

В заключение процитируем замечательное высказывание авторитетнейшего французского разработчика компьютерных программ Франсиса Бернара: «Программный продукт нельзя разрабатывать лишь на основе требований заказчика или анализа достижений конкурентов. Чтобы выпускать продукт для рынка, а не для одного специфического клиента, необходимо вкладывать в новый продукт и свое собственное видение. Необходимо сочетать развитие новых технологий и инновационность с хорошим пониманием процессов в соответствующих сегментах промышленности».

Список литературы

1. Талапов В.В. Технология BIM: суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий. М.: ДМК - Пресс, 2015. – 409 с.
2. AutoCAD - проектирование без границ / shop.bitcom.kz.
3. Семёнов А.А. Обучение BIM в университете: необходимые технологии // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – СПб.: СПбГАСУ, 2019. – С. 200-206.
4. Гаврилова А.В., Князева Л.Л., Койков В.В., Фёдоров О.П. Межкафедральный BIM-факультатив вуза как основа внедрения новых технологий в образовательный процесс // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – СПб.: СПбГАСУ, 2019. – С. 200-206.
5. Делаем BIM доступным: Каталог Ренга Софтвэа. – СПб: Ренга Софтвэа, 2019. – 47 с.

Получено 18.10.2019

МРНТИ 67.11

В.В. Талапов¹, Б.Е. Махиев², А.В. Хапин²

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий РФ, г. Новосибирск

²Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

ПОСЛЕСЛОВИЕ К BIM-ФОРУМУ: КОГО И КОМУ УЧИТЬ BIM-ТЕХНОЛОГИЯМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Приводится анализ контингента обучающихся BIM-технологиям проектирования. Изложены требования к компетенциям преподавателей. Обоснован новый принцип преподавания на основе анализа темпов научно-технического прогресса в области компьютерных технологий.

Жобалаудағы BIM-технологиялар білім алушыларының контингентін талдау келтіріледі. Оқытушылар құзыреттіне қойылатын талаптар баяндалған. Компьютерлік технологиялар саласындағы ғылыми-техникалық прогресстің қарқынын талдау негізінде оқытуудың жаңа принципі негізделді.

The analysis of the contingent of students of BIM-design technologies is given. The requirements to the competence of teachers are stated. The new principle of teaching is grounded on the basis of the analysis of rates of scientific and technical progress in the field of computer technologies.

Ключевые слова: контингент обучаемых, преподаватели BIM-технологий, принципы проектирования

Прошедший в конце ноября 2019 года в Восточно-Казахстанском государственном техническом университете им. Д. Серикбаева BIM-форум «Цифровой Казахстан: устойчивость промышленности, индустрия 4.0, промышленная революция» выявил важные проблемы методики преподавания дисциплин компьютерного проектирования. Очевидно, что эта методика должна иметь свою специфику в зависимости от контингента обучаемых, который можно представить в следующих пяти категориях.

Первая – студенты, которые получают основное образование. Они быстро усваивают новый материал, инициативно и творчески подходят к его применению на практике, их можно учить с «чистого листа». На их стороне молодость, гибкость ума и полное доверие к преподавателю.

Вторая – специалисты, работающие на производстве, но не имеющие компьютерной подготовки. Для них процесс обучения осложняется наличием производственного опыта, порождающего критическое отношение к изучаемому материалу, когда человек не доверяется всему своему преподавателю, пропуская полученную информацию через собственный фильтр: «надо это или не надо».

Третья – проектировщики, имеющие компьютерную подготовку, но нуждающиеся в повышении квалификации. Эта категория хорошо мотивирована для обучения и активно стремится получать знания. Трудность обучения заключается в переходе на новые компьютерные программы, поэтому требуется преодолеть инерцию использования устаревших методик.

Четвертая – специалисты, имеющие компьютерную подготовку, но в другой области деятельности, например программисты, переходящие в область архитектурно-строительного проектирования. Трудность заключается в отсутствии специальных знаний в области строительства.

Пятая – преподаватели, повышающие свою квалификацию. Специфика таких слушателей заключается в том, что при освоении новых программ они параллельно думают, как будут учить этому студентов.

Основной вывод, который напрашивается из анализа контингента: ко всем перечисленным категориям обучающихся необходим специфический подход.

Вторая сторона процесса обучения – преподавательские кадры. Основные предъявляемые к ним требования – это знать материал и уметь донести его до учеников. Сегодня можно выделить две категории преподавателей компьютерного проектирования.

Первая – производственники, хорошо знающие технологию компьютерного проектирования и решившие учить этому других. Такие преподаватели работают в основном в учебных центрах повышения квалификации, где знакомят слушателей с конкретными компьютерными программами. Они хорошо знают предмет обучения, но не всегда имеют достаточный педагогический опыт.

Вторая – преподаватели высших учебных заведений. Они имеют, как правило, меньший производственный опыт, но лучше умеют учить.

Основное требование к преподавателям обеих категорий – они должны обладать знаниями по самым последним программным разработкам и методике их применения. Лучше всего, если преподаватели сочетают педагогическую деятельность с практической работой. Тогда они будут обладать компетенциями, необходимыми для компьютерной подготовки всех пяти категорий контингента обучаемых.

Здесь на первый план выдвигается проблема повышения квалификации преподавателей, чтобы поддерживать ее на должном уровне.

Преподаватели учебных центров, как правило, загружены весь рабочий день и у них мало времени на освоение новых программных продуктов. Однако руководители центров много внимания уделяют повышению квалификации своих сотрудников, выделяя для этого специальное время. Но параллельного практического опыта это не заменяет.

Намного хуже обстоит дело в высших учебных заведениях. Повышение квалификации планируется чрезвычайно редко – как правило, один раз в пять лет в объеме 72 часов. Это не более, чем

ознакомительные экскурсии в мир новых BIM-технологий. Поэтому о серьезных прорывах в обучении компьютерному проектированию говорить вряд ли возможно. Чтобы быть в курсе современного состояния компьютерного проектирования, преподавателю надо ежегодно посвящать этому не менее двух месяцев «чистого» времени. Или, как в доперестроечные времена, необходимо возобновить работу факультетов повышения квалификации преподавателей в ведущих вузах, где проходили плановые четырехмесячные занятия через каждые пять лет педагогического стажа.

В итоге наиболее активные преподаватели вынуждены набираться новых знаний самостоятельно, «на стороне». Большинство же преподавателей к обязательному повышению квалификации подходят формально, например проходят «стажировки» без отрыва от педагогической деятельности в производственных и проектных организациях, работники которых не имеют представления о BIM-технологиях [1].

В этой ситуации в первую очередь могут помочь вендоры, заинтересованные в продвижении своих программных продуктов и широком их внедрении. Их задача – вкладывать деньги в обучение наиболее прогрессивных преподавателей. Например, российская компания «Renga Software», занимающаяся разработкой программных продуктов для информационного моделирования, проводит бесплатные летние школы для преподавателей BIM-технологий проектирования, считая обучение и сертификацию специалистов неотъемлемой частью эффективного внедрения BIM [2].

В радикальном переосмыслинии нуждается процесс взаимодействия преподавателей и обучаемых. Классический подход – преподаватель сначала сам изучает предмет, а потом уже дает его студентам – в обучении компьютерному проектированию уже дает сбои. Дело в том, что раньше «цикл технологического обновления» в различных областях человеческой деятельности был довольно длительным и занимал, как правило, примерно пять лет. Но прогресс стремительно идет вперед, в особенности в сфере компьютерных технологий, где сегодня он составляет примерно полтора года, причем этот срок продолжает уменьшаться. Поэтому у преподавателей вузов, работающих в области обучения компьютерному проектированию, практически нет условий для поддержания своей профессиональной формы, на освоение новых компьютерных программ и технологий. При этом компьютерные программы меняются не только в глубину своих возможностей, но и в ширину охвата решаемых задач, в сторону комплексности и универсальности. Идет самая настоящая гонка, когда надо успеть за внедрением всех новшеств в преподавание.

Такие технологические подходы, как BIM, одному человеку не осилить. Это одна из причин, по которой преподаватели вузов учат старым программам и отжившим технологиям проектирования.

Выход из создавшейся ситуации напрашивается сам – надо принципиально менять технологию преподавания. Классический подход в обучении компьютерному проектированию достиг своего потолка и тормозит дальнейшее развитие. Старая схема «научился сам – учи других» заменяется на новую – «умеешь учиться сам – учи этому другим».

Освоение нового материала должно вестись совместно преподавателем и студентами. На начальном этапе обучения компьютерному проектированию работает классический подход – преподаватель всегда впереди. Затем преподаватель и студент учатся вместе, причем во многих вопросах студенты уходят вперед быстрее преподавателя. Достигнув определенного уровня, они могут самостоятельно заниматься изучением нового материала. Но преподаватель должен идти хотя бы чуточку, но впереди.

Поэтому можно часть лекций на старших курсах в рамках педагогической практики поручать магистрантам. Они должны сами выбрать тему и к ней подготовиться. Такая лекция отличается от доклада на конференции или семинаре правильной подачей материала и постоянным контактом с аудиторией. Главная цель лекции – научить магистранта самостоятельно разбираться в существе проблемы, то есть научить учиться. Лекция обязательно должна сопровождаться вопросами, на которые не всегда можно ответить сразу. При этом сами студенты могут приходить на помощь лектору и становиться членами его «команды». В этом заключается новый принцип обучения, задача которого – выработать уверенность, что все проблемы можно решить при коллективной работе.

Следовательно, современное обучение компьютерному проектированию должно быть нацелено в первую очередь не на освоение частных программ, а на обучение методике, как овладевать новыми программами и технологиями, как решать возникающие в процессе проектирования проблемы и достигать поставленной цели. Тем более, что вся последующая деятельность выпускника будет связана с непрерывным освоением новых программных продуктов, их комплексным использованием для исключения коллизий и получения качественной проектной документации.

Таким образом, изменится сама форма обучения – не «учить студентов», а «учиться вместе со студентами». Этот процесс будет иметь непрерывный характер, что исключит разрыв между появлением и внедрением новых компьютерных технологий.

Список литературы

1. Талапов В.В. Технология BIM: суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий. – М.: ДМК - Пресс, 2015. – 409 с.
2. Делаем BIM доступным: Каталог Ренга Софтвэа. – СПб: Ренга Софтвэа, 2019. – 47 с.

Получено 18.10.2019

МРНТИ 55.09.29

А.Б. Тоқтар, К.Е. Эділбеков, С.Е. Серіков, К.К. Комбаев

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ НА СВОЙСТВА КРОМКИ СТАЛИ МАРКИ 09Г2С

Технологический процесс изготовления деталей машин в общем случае предполагает традиционную структуру: заготовительная операция; комплекс механических операций, включая обдирочные, черновые, чистовые и отделочные этапы обработки.

Машина бөлшектерін дайындаудың технологиялық процесі жалпы жағдайда дәстүрлі құрылымды талап етеді: дайындау операциясы; механикалық операциялар кешені, өндөу кезеңдерін қоса алғанда өңдеудің қара, таза және әрлеу кезеңдері.

The technological process of manufacturing machine parts in the general case assumes a traditional structure: procurement operation; a complex of mechanical operations, including peeling, roughing, finishing and finishing stages of processing.

Технологический процесс изготовления деталей машин в общем случае предполагает традиционную структуру: заготовительная операция; комплекс механических операций, включая обдирочные, черновые, чистовые и отделочные этапы обработки. Для изготовления электрофильтра ЭГ350-17-10,5-4/3 в ТОО «Усть-Каменогорский завод технологического оборудования» (далее ТОО «УКЗТО») используется листовой прокат низколегированной стали марки 09Г2С. Электрофильтры предназначены для высокоэффективной очистки технологических газов и аспирационного воздуха от твердых загрязнений, образующихся в результате деятельности промышленных предприятий: в черной и цветной металлургии, в теплоэнергетике, промышленности строительных материалов, химической и нефтяной промышленности и др. Под электрической очисткой подразумевается очистка, которая осуществляется с использованием электрического тока высокого напряжения. Под воздействием высокого напряжения у поверхности коронирующего электрода происходит ионизация пылегазовой смеси, сопровождающаяся возникновением коронного разряда. Взвешенные частицы пыли приобретают электрический заряд за счет адсорбции на их поверхности ионов. Под влиянием электрических сил частицы движутся к осадительным электродам и осаждаются на их поверхности. Пыль, образовавшаяся на осадительных электродах, удаляется с их поверхности и выводится из аппарата очистки.

Сталь марки 09Г2С характеризуется лучшей свариваемостью, позволяет создавать максимально тонкостенные элементы, что отлично подходит для ее применения в конструкции электрофильтра. Высокая прочность и долговечность материала обуславливают безопасность сооружения.

При оптимальных режимах можно получить почти параллельные кромки реза с минимальным значением глубины окалины, тем самым минимизируя затраты на дальнейшую обработку деталей. Ввиду широкого применения плазменного оборудования в производстве исследование физических свойств обработанных плазмой конденсированных сред становится актуальным. Целью работы является выбор рациональных режимов плазменной резки низколегированной конструкционной стали марки 09Г2С.

Материалы и методы исследования.

Из стали 09Г2С изготавливается практически вся линейка металлопродукции: балка стальная двутавровая, лист стальной горячекатаный, трубы бесшовные, электросварные, полоса, круг. Сталь 09Г2С не перегревается и не закаливается в процессе сварки [1]. Ее пластические свойства остаются на высоком уровне, а зернистость не увеличивается. Химический состав исследуемой стали приведен в табл. 1.

Таблица 1
Химический состав стали 09Г2С, ГОСТ 19281-2014, в %

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	V	N	Cu	As
до 0,12	0,5 - 0,8	1,3 - 1,7	до 0,3	до 0,035	до 0,03	до 0,3	до 0,12	до 0,008	до 0,3	до 0,08

Примечание: Сталь должна быть раскислена Al = 0,02-0,06 %; хим. состав также указан в ГОСТ 5520-79, ГОСТ 19282-73.

Все эти характеристики делают такой сплав идеальным для использования в сварных конструкциях. Широкое применение стали 09Г2С получила благодаря своим механическим, химическим и физическим свойствам (табл. 2) [2].

Таблица 2
Механические свойства стали 09Г2С, ГОСТ 5520 – 79

Марка стали	Толщина листа, мм	Предел текучести σ_t Н/мм ² (кг/мм ²)	Временное сопротивление σ_b Н/мм ² (кг/мм ²)	Относительное удлинение δ_s , %	Ударная вязкость КСУ, Дж/см ² (кгс· м/см ²), при температуре, °C			Ударная вязкость КСУ после механического старения при +20 °C Дж/см ² (кгс· м/см ²)
					+20	-40	-70	
09Г2С	12	325	470	21	59	34	29	29 (3,0)

Плазменная резка является сложным электрофизическим процессом, точность и качество реза при котором зависят от многих факторов, включая энергетические параметры: напряжение и ток дуги, состав, давление и расход плазмообразующих режущих и завихряющих газов, факельный зазор, скорость реза, теплофизические свойства и химический состав обрабатываемого материала [3].

Составы плазмообразующего и завихряющего газов определяются классом обрабатываемого материала. Если при раскрое конструкционных углеродистых сталей в качестве плазмообразующего газа используется кислород, то его применение для легированных сталей нежелательно, так как активное окисление металла в зоне реза приводит к образованию тугоплавких оксидов с образованием окалины на поверхности реза. Поэтому для раскroя металлов данного класса в качестве плазмообразующего газа используется чистый азот или азото-водородная смесь в составе 95 % N и 5 % H [4]. Однако применение азота приводит к образованию нитридов на поверхности реза, что впоследствии ухудшает свариваемость деталей.

В ТОО «УКЗТО» раскрой листовых материалов осуществлялся на технологическом комплексе плазменной резки «PLASMA-JET DST 2060 HPR/HSD» (рис. 1) [5].

Система ЧПУ обеспечивает перемещение плазмотрона по заданной траектории, а раскрой осуществляется по программе обработки единичной детали или по программе раскладки деталей в пределах листа с учетом информации о настройках процесса для обеспечения требуемой точности формообразования [6].



Рисунок 1 – Плазменная резка заготовок из стали 09Г2С

С целью исключения трудоемкой операции по зачистке кромок раскрай заготовок сварной конструкции мы исследовали более точное определение режимов плазменной резки в рекомендуемом диапазоне в зависимости от толщины металла. Плазменная резка обеспечивает высокую геометрическую точность раскрай в пределах $\pm 0,1$ мм. Точный подбор оптимальных режимов резания позволит получить структурно-фазовую кромку без пережога и угол скоса в рекомендуемых пределах в зависимости от толщины листа [7]. Исключение операции по зачистке кромок позволит снизить трудоемкость и уменьшить себестоимость изделий на 10 % при сохранении качества конструкции.

Для резки листового проката из стали 09Г2С толщиной в 12 мм при скорости резания (v) в пределах от 2200 до 3060 мм/мин рекомендуемый диапазон силы тока $I=130-200$ А [8]. Для более точного экспериментального определения режимов плазменной резки мы вырезали образцы из стали 09Г2С в трех группах режима резки: I-й диапазон – сила тока в пределах $I = 225-260$ А, скорость резания $V = 3388-3850$ мм/мин, исследуемый размер образца 30x20x12 мм (рис. 2, а); II-й диапазон – сила тока в пределах $I = 180-210$ А, скорость резания $V = 2650-3266$ мм/мин, исследуемый размер образца 25x20x12 мм (рис. 2, б); III-й диапазон – сила тока в пределах $I = 120-160$ А, скорость резания $V = 2150-2508$ мм/мин, исследуемый размер образца 30x20x12 мм (рис. 2, в). Для сравнительного анализа с исходным состоянием в момент поставки мы механическим путем на гильотине вырезали образец размером 30x25x12 мм (рис. 2, г).

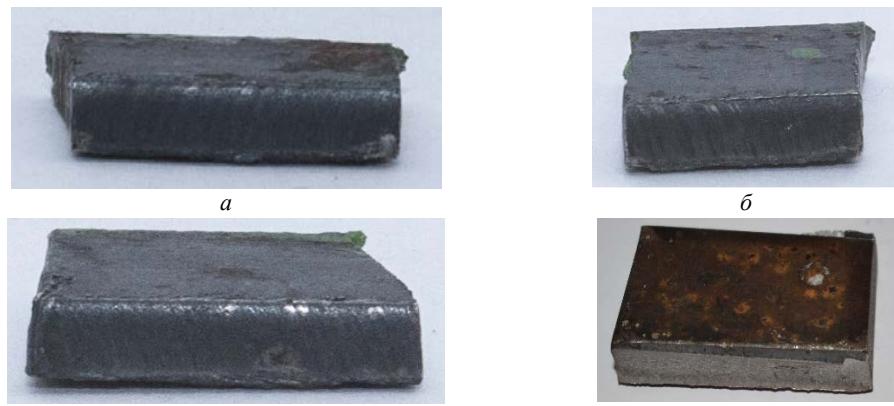


Рисунок 2 – Образцы для исследования из стали 09Г2С: а – отрезанный в I-м диапазоне; б – отрезанный во II-м диапазоне; в – отрезанный в III-м диапазоне; г – отрезанный на гильотине

Для микроструктурного и элементного анализа по стандартной методике [9] из образцов были приготовлены поперечные и продольные микрошлифы (рис. 3). Для выявления микроструктуры поверхность шлифа подвергалась травлению в 5 %-ном растворе азотной кислоты в этиловом спирте методом погружения полированной поверхности в ванну с реактивом.

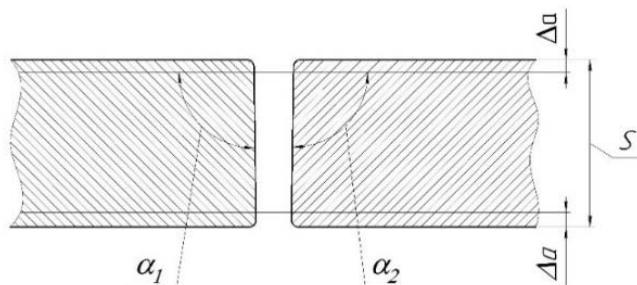


*Рисунок 3 – Микрошлифы для исследования влияния режимов резания на микроструктуру:
а – поперечный; б – продольный*

Экспериментальные исследования и механические испытания проводили в Региональной университетской лаборатории инженерного профиля «ИРГЕТАС» ВКГТУ им. Д. Серикбаева (г. Усть-Каменогорск) и в научно-технологическом парке «Лаборатории инженерного профиля» КазНТУ им. К.И. Сатпаева (г. Алматы) [10]. Металлографический анализ проводили на микроскопе «Axioscop – 2MAT» с цифровой фотокамерой «Sony». Элементный состав образца исследовали на растровом электронном микроскопе JSM-6390LV фирмы JEOL (Япония), с приставкой энергодисперсионного микроанализа INCAEnergy фирмы «OXFORD Instruments» [11].

Результаты исследований и их обсуждение.

Качество кромок при плазменном раскрое зависит от следующих параметров: сила тока I , А; напряжение U , В; скорость резки V , мм/мин; коэффициент теплопроводности λ , Вт/(см·°C); объемная теплоемкость c_p , Дж/(см³·°C); толщины материала S , мм; температура плазмы T , °C; начальная температура T_n , °C; эффективная мощность источника теплоты q , Вт; мгновенная скорость охлаждения ω , °C/c [12]. Оценка качества кромок проводилась на поперечных шлифах образцов после раскрая и заключалась в определении углов наклона кромок реза в соответствии с рекомендуемой методикой по ISO 9013: 2002 (рис. 4).



*Рисунок 4 – Схема определения отклонения кромок реза от перпендикулярности
в соответствии с методикой по ISO 9013:2002*

Угловое отклонение кромок реза от перпендикулярности (α_1, α_2) оценивалось на базовой длине, значение которой определялось как $(S - 2\Delta a)$, где S – толщина реза; Δa – зависит от толщины реза и определяется по таблице 3 [13].

Таблица 3

Зависимость величины Δa от толщины реза

Толщина реза, мм	Δa , мм
$S \leq 3$	0,1
$3 < S \leq 6$	0,3
$6 < S \leq 10$	0,6
$10 < S \leq 20$	1,0
$20 < S \leq 40$	1,5

Ключевым фактором при формировании структуры и свойств на реальное угловое отклонение β (мм) и глубину прокаленного слоя h (мкм) является сила тока I (А). Одним из основных параметров технологического режима, которые оказывают существенное влияние на силу тока, является скорость резки v (мм/мин). Снижение напряжения U (В), вследствие уменьшения факельного зазора, приводит к преждевременному сгоранию сопла [14], что сопровождается снижением точности формообразования при обработке. Соответственно расстояние с сопла L (мм) для исключения искажения на результатах исследования приняли постоянным, в 3,3 мм [15].

Таблица 3

Рассматриваемые режимы плазменно-дуговой резки

№ п/п	Исследуемый диапазон	Сила тока I , А	Скорость резки v , мм/мин	Угол B	Глубина h , мкм	Расстояние с сопла, L , мм	Напряжение, U , В
1	I	260	3850	1,5	500	3,3	128
2		250	3732	1,3	400	3,3	128
3		240	3510	1,2	350	3,3	129
4		225	3388	0,9	270	3,3	129
5	II	210	3266	0,6	180	3,3	130
6		200	3060	0,5	120	3,3	130
7		190	2822	0,4	130	3,3	131
8		180	2650	0,3	140	3,3	132
9	III	160	2508	0,25	145	3,3	132
10		140	2356	0,2	150	3,3	133
11		130	2200	0,1	170	3,3	133
12		120	2150	0,15	175	3,3	134

Металлографический анализ образцов, выполненных на I диапазоне при силе тока в пределах $I = 225 - 260$ А, скорости резания $V = 3388-3850$ мм/мин, показал, что микроструктура претерпела существенные изменения (рис. 5, а). Структура характеризуется наличием мартенсита в виде гобулярных и строчечных скоплений, при этом образуются воздушные раковины и неметаллические включения. Ширина прокаленного слоя от 150 до 450 мкм, глубина $h = 300$ мкм, при этом наблюдается пережог поверхностного слоя [16].

Плазменная резка образцов во II-м диапазоне, при силе тока $I = 180 - 210$ А, скорости резания $V = 2650 - 3266$ мм/мин, позволяет получить более ровную поверхность кромки реза (рис. 5, б). Глубина прокалённого слоя в пределах от 100 до 150 мкм, что в среднем составляет $h = 50$ мкм. Незначительная глубина окалины в 50 мкм пробивается сварочной дугой и не влияет на качество сварного шва. Наблюдаются равномерная мартенситная структура, которая плавно переходит в исходную перлитно-ферритную структуру, на подложку металла [17].

При относительно низких режимах плазменной резки образца в III-м диапазоне при силе тока в пределах $I = 120 - 160$ А и скорости резания $V = 2150-2508$ мм/мин наблюдается игольчатый мартенсит, который переходит в крупнозернистую перлитно-ферритную структуру (рис. 5, в). Относительная низкая скорость резки способствует объемному нагреву и формированию аналогичной

после нормализации микроструктуры. Также наблюдается прокаленный слой в пределах от 50 до 100 мкм, что в среднем составляет $h = 50$ мкм [18].

Микроструктура образца, отрезанного механическим путем гильотиной, представляет крупнозернистую перлитно-ферритную структуру с мелкодисперсными включениями легирующих элементов марганца (рис. 5, г). Исходная микроструктура соответствует стали 09Г2С листового проеката [19].

Исследование структуры металла при различных режимах плазменно-дуговой резки показало, что изменяется качественный состав структуры в широких пределах технологических параметров [20]. Наблюдаются одинаковое термическое воздействие при различных трех диапазонах режимов плазменной резки относительно структуры в состоянии поставки. Поэтому качество реза целесообразно оценивать по критерию угла скоса микропрофилей поверхности [21].

Оценка точности реза проводилась на поперечных шлифах образцов после раскроя и заключалась в определении углов наклона кромок реза в соответствии с рекомендуемой методикой по ISO 9013: 2002 (рис. 4).

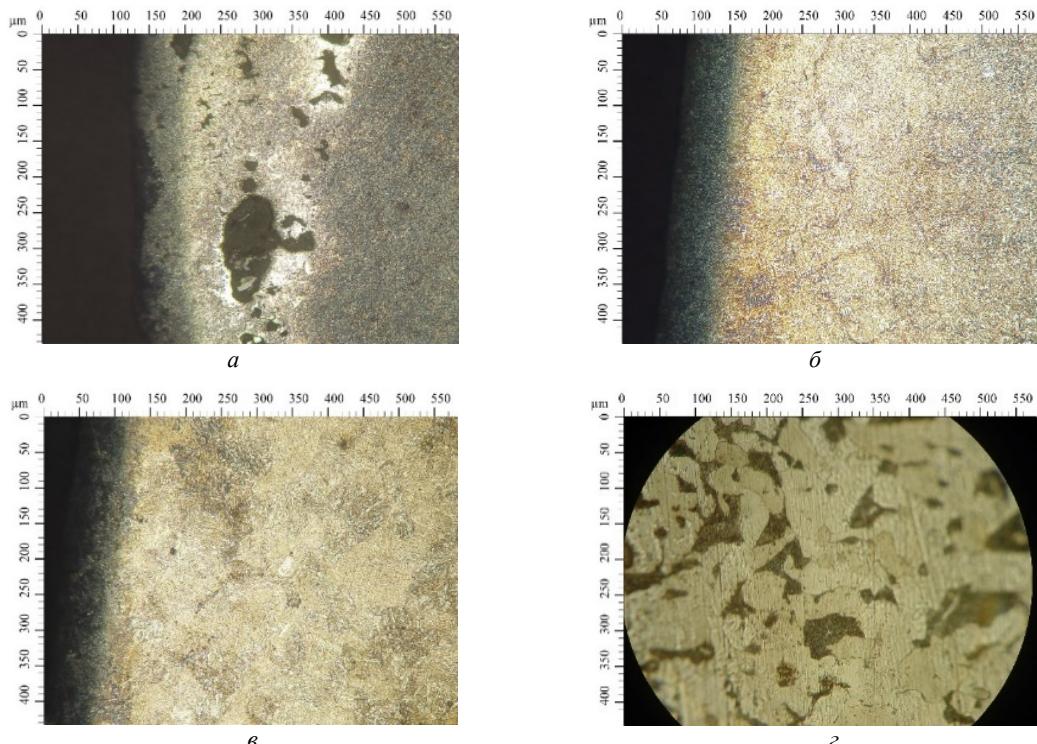


Рисунок 5 – Микроструктура образцов стали 09Г2С после плазменной резки: а – отрезанного в I-м диапазоне; б – отрезанного во II-м диапазоне; в – отрезанного в III-м диапазоне; г – исходного образца, отрезанного на гильотине

После плазменной резки в относительно высоких режимах в I-го диапазона на поверхности образцов образовывались наплывы в виде капель металла и газовые поры, отрицательно сказывающиеся на качестве обработки (рис. 6). Реальный угол наклона кромок, пересчитанный в линейный размер, составляет $\beta = 3$ мм, т.е. превышает 1 мм при толщине листа в 12 мм и не соответствует предъявляемым требованиям ISO 9013: 2002.

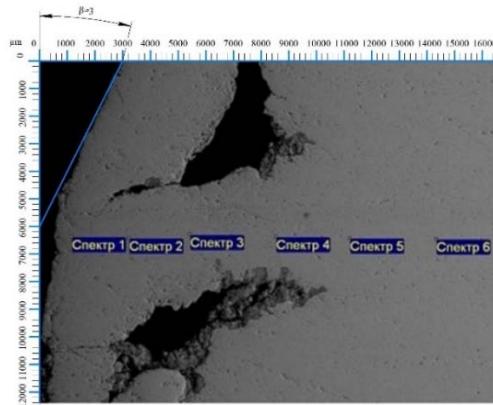


Рисунок 6 – Растровый элементный анализ образца, обработанного в режиме I-го диапазона

Элементный состав подтверждает повышение кислорода к поверхности металла, что объясняется сильными окислительными процессами и увеличением глубины окалины (табл. 4) [22].

Таблица 4
Химический состав образца, обработанного в I-м диапазоне, в весовых %

№	Точки анализа	C	O	Mn	Cr	Ni	Si	Fe
1	Спектр 1	0.11	11.97	1.43	0.15	0.2	0.55	85.58
2	Спектр 2	0.1	10.87	1.42	0.24	0.24	0.72	86.41
3	Спектр 3	0.09	8.80	1.39	0.21	0.20	0.50	88.81
4	Спектр 4	0.12	8.37	1.47	0.19	0.22	0.69	88.94
5	Спектр 5	0.08	6.93	1.94	0.20	0.18	0.52	90.15
6	Спектр 6	0.07	6.51	1.48	0.19	0.23	0.30	91.29

Растровый элементный анализ образца, отрезанного во II-м диапазоне, свидетельствует, что угол наклона кромок, также пересчитанный в линейный размер, составляет $\beta = 0,8$ мм, что меньше 1 мм (рис. 7).

Наиболее оптимальным режимом обработки является II-й диапазон, при силе тока $I = 180\text{--}210$ А, скорости резания $V = 2650\text{--}3266$ мм/мин, который удовлетворяет предъявляемым требованиям ISO 9013: 2002 при толщине листа в 12 мм [23].

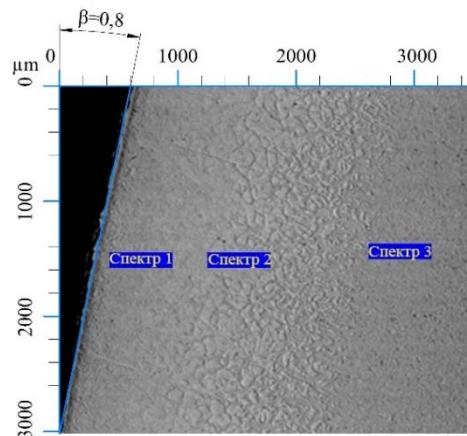


Рисунок 7 – Растровый элементный анализ образца, обработанного в режиме II-го диапазона

Элементный состав образца свидетельствует о низком содержании кислорода, что характеризует незначительное окисление и, соответственно, высокое качество подложки (табл. 5) [24].

Таблица 5
Химический состав образца, обработанного в II-м диапазоне, в весовых %

№	Точки анализа	C	O	Mn	Cr	Ni	Si	Fe
1	Спектр 1	0.10	0.10	1.50	0.29	0.25	0.51	97.25
2	Спектр 2	0.9	0.72	1.43	0.28	0.21	0.51	95.95
3	Спектр 3	0.11	0.854	1.44	0.26	0.29	0.46	96.60

При обработке в режиме III-го диапазона угол наклона кромок β , пересчитанный в линейный размер, составляет 1,4 мм, что превышает 1 мм (рис. 8). Снижение силы тока и скорости резания относительно II-го диапазона приводит к увеличению угла наклона β выше 1 мм, что не соответствует предъявляемым требованиям ISO 9013: 2002.

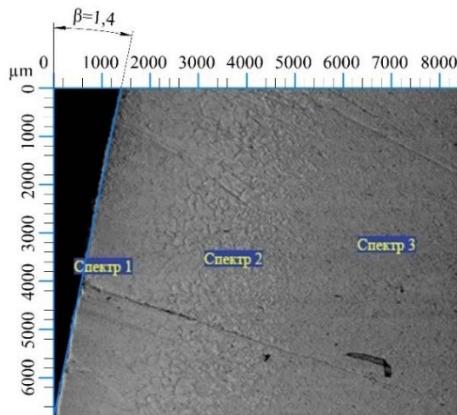


Рисунок 8 – Растровый элементный анализ образца, обработанного в режиме III-го диапазона

Элементный анализ образца в низких режимах плазменной резки свидетельствует о повышении процентного содержания кислорода, также наблюдается обезуглероживание поверхности, вероятно из-за окислительных процессов, таблица 6.

Таблица 6
Химический состав образца, обработанного в III-м диапазоне, в весовых %

№	Точки анализа	C	O	MN	CR	NI	SI	FE
1	Спектр 1	0.01	2.72	1.38	0.25	0.21	0.25	95.18
2	Спектр 2	0.08	2.65	1.46	0.28	0.27	0.49	94.77
3	Спектр 3	0.09	0.51	1.63	0.29	0.26	0.33	96.89

На графике наглядно видно (рис. 9), что увеличение силы тока от оптимального, II-го диапазона, ухудшает точность реза, значительно повышается отклонение угла кромок β от перпендикулярности и увеличивается глубина окалины h [25].

При этом необходимо иметь в виду, что для каждой толщины обрабатываемого материала определенного класса и марки существует критическое значение скорости v реза для конкретной величины тока дуги, выше которой не достигается сквозной прорез материала [26].

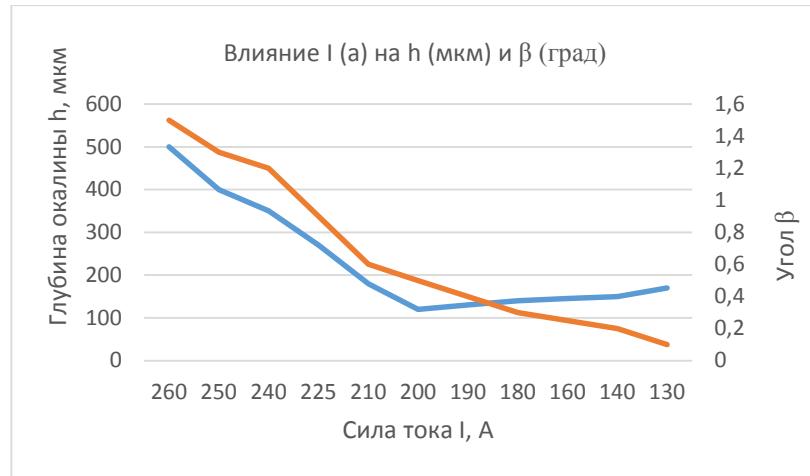


Рисунок 9 – Влияние силы тока I на глубину h отклонение кромок угла β от перпендикулярности

Сравнительный анализ экспериментальных данных показал (рис. 10), что при обработке во II -м диапазоне, при скорости резания $V = 2650$ - 3266 мм/мин, $\beta = 0,8$ мм, т.е. не превышает 1 мм, который соответствует требованиям ISO 9013: 2002.

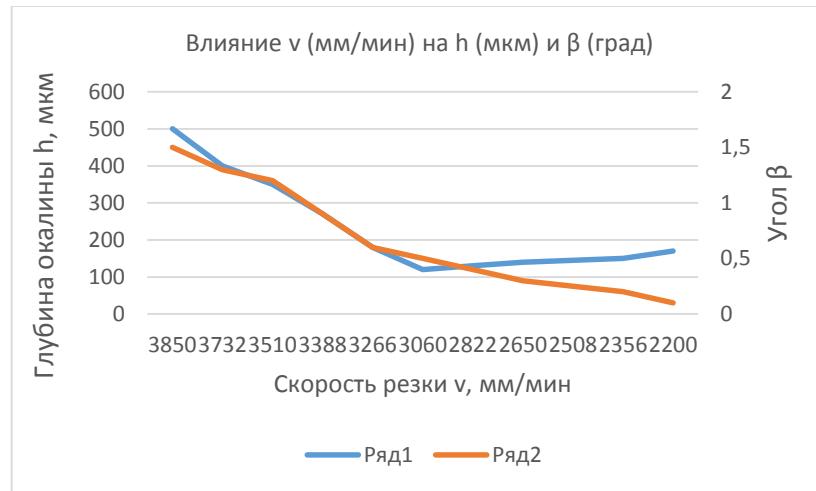


Рисунок 10 – Влияние скорости v на глубину h отклонение кромок угла β от перпендикулярности

Графики влияния силы тока и скорость резания показывают, что их увеличение, при прочих постоянных параметрах, ведет к увеличению угла β и, как следствие, оказывает более интенсивное влияние на истечение продуктов расплава стали из канала реза. Указанные параметры I -го и II -го диапазонов не могут быть приемлемы для раскроя заготовок с исследуемого листа [27].

На основе результатов проведенных исследований мы экспериментально установили следующие рациональные значения режимов резания для листового проката толщиной 12 мм из стали 09Г2С: $I = 180$ А, скорость резания $V = 2700$ мм/мин, при этом отклонение кромок от перпендикулярности угла $\beta = 0,8$ мм, глубина окалины $h=50$ мкм.

Из вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Исследования образцов листовой стали 09Г2С толщиной в 12 мм при различных режимах плазменной резки показало, что их структура характеризуется наличием мартенситного составляющего с различной глубиной окалины. При этом изменяется качественный состав структуры в широких пределах технологических параметров.

2. Для плазменной резки листового проката толщиной в 12 мм наиболее оптимальным режимом обработки является *II-й* диапазон, при силе тока $I = 180 - 210$ А, скорости резания $V = 2650-3266$ мм/мин. При этом угол наклона кромок, пересчитанный в линейный размер составляет $\beta = 0,8$ мм, что меньше 1 мм, который удовлетворяет предъявляемым требованиям ISO 9013:2002.

3. Определили рациональный режим плазменной резки исследуемого проката составляет: $I = 180$ А, скорости резания $V = 2700$ мм/мин, при этом отклонение кромок от перпендикулярности угла $\beta = 0,8$ мм, глубина окалины $h = 50$ мкм. Эти параметры отрезанных заготовок позволяют перейти к сварочным операциям для изготовления металлоконструкций, исключая трудоемкую операцию по зачистке кромок.

Список литературы

- 1 Марочник сталей и сплавов / Сорокин В.Г., Волосникова А.В., Вяткин С.А. и др. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
- 2 Лившиц Л.С., Хакимов А.Н. Металловедение сварки и термическая обработка сварных соединений. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1989. – 336 с.
- 3 Kombayev K.K., Kylyshkanov M.K., Lopukhov Yu.I. Influence of electrolytic-plasma processing of steel 18KhN3MA-Sh on the surface microstructure and hardness // Journal of the Siberian Federal University, a series of «Technology and Technology». – Krasnoyarsk, 2009. - #2 (4). Pp. 394-399.
- 4 Kozha E., Kombaev K.K., Dostaeva A.M., Smagulov D.U. Microarc oxidation of aluminum alloys. Vestnik KazNTU. – Almaty, 2014. – #2 (102). – Pp. 346-351.
- 5 Kombaev K.K., Smagulov D.U., Kozha E., Akhmetova G.E. Laboratory apparatus for electrolytic-plasma processing of steel // Scientific journal "Nanotechnologies science and production". - Moscow, 2016. – #4. – Pp. 49-55.
- 6 Kombaev K.K., Kozha E., Smagulov D.U., Sadeh B. Structural Phase Transitions of Low-Carbon Alloy Steels during Electrolitic-Plasma Processing // 2016 2nd International Conference on Artificial and Industrial Engineering. – Beiging, China, 2016. - Part 2. – Pp. 491-495.
- 7 Erkin K., Smagulov D. U., Kombayev K. Changing structure and properties of steel surface after electrolyte-plasma treatment // Vestnik KBTU, #2-#3 (41-42), 2017, pp. 101-105
- 8 Kozha E., Smagulov D.U., Akhmetova G.E., Kombaev K.K. For electrolytic plasma treatment of steel // NEWS of national academy of sciences of Kazakhstan. – ALMATY: NAS RK, 2017. – 4 (424). – C. 219-225.
- 9 K.K. Kombayev, L.I. Kveglis, S.E. Sandybay, A.T. Shokputova. Technology of electrolytum-plasma treatment of aluminum alloys // Journal «Scientific Israel – Technological Advantages» MATERIALS ENGINEERING & NEW TECHNOLOGIES, 2018. – Vol. 20. – No. 1. – Pp. 46-52.
- 10 Kombaev K. K., Toktar B. A. Innovations of increasing the microhardness of steel drill bit by electrolytic-plasma hardening // Achievement of high school science 2018: collection of articles of the V International Scientific Research Competition. – Penza, Russia: ICSN Science and Enlightenment, 2018. – Pp. 17-22.
- 11 K.K. Kombayev, M.V. Dudkin, L.I. Kveglis, M.K. Kylyshkanov // Materials of the International Scientific and Technical Conference dedicated to the 60th anniversary of the formation of D. Serikbayev EKSTU. "The role of the university in the creation of an innovative economy" September 26, Ust-Kamenogorsk, 2018. pp. 114-122.
- 12 K. K. Kombayev, M. V. Doudkin, A. I. Kim, M. Mlynaczak, B. K. Rakhadilov. Surface hardening of the aluminum alloys Al3 by electrolytic-plasma treatment. news of the academy of sciences of the republic of Kazakhstan. Kazakh national research technical university named after K.I. Satpayev SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES 4(436) JULY – AUGUST 2019, pp 220-229, Clarivate Analytics.
- 13 Polevoi G.V., Sukhinin G.K. Gazoplamennaia obrabotka metallov: Uchebnik dlja studentov uchrezhdennii srednego professional'nogo obrazovaniia [Flame machining metals: Textbook for students of secondary vocational education]. Moscow, Publishing Center «Academia», 2005. 336 p.
- 14 Popilov L.Ya. Elektrofizicheskaiia i elektrokhimicheskaiia obrabotka materialov: Spravochnik [Electrophysical and electrochemical processing of materials. Handbook]. 2nd ed. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1982. 400 p.
- 15 Grigor'iants A.G., Sokolov A.A. Lazernaiia rezka metallov [Laser cutting of metals]. Moscow, Vysshiaia shkola Publ., 1988. 127 p.

16. Afonin Yu.V., Ermolaev G.V., Malov A.N., Malov N.A., Orishich A.M., Shuliat'ev V.B., Pechurin V.A., Filev V.F. [Experimental study of gas-laser cutting of mild steel]. Trudy 4 Mezhdunarodnoi konferentsii «Lazernye tekhnologii i sredstva ikh realizatsii» [Proceedings of the 4th International Conference "Laser technology and their means of implementation"]. Saint Petersburg, 2003, pp. 47–54. (In Russian).
17. Grigor'iants A.G., Shiganov I.N., Misiurov A.I. Tekhnologicheskie protsessy lazernoi obrabotki: Uchebnoe posobie dlia vuzov [Technological processes of laser machining: Textbook for universities]. 2nd ed. Moscow, BMSTU Publ., 2008. 664 p.
18. Rakhimianov Kh.M., Zhuravlev A.I., Loktionov A.A., Rakhimianov A.Kh. Modelirovaniye protsessov tonkostruinoi plazmennoi rezki dlia obespecheniya tochnosti formirovaniia krivolineinykh konturov [High-precision. plasma arc cutting modeling for shaping accuracy of cam contours assurance]. Nauchnyi vestnik NGTU – Science Bulletin of NSTU, 2009, no. 4 (37), pp. 123–134.
19. Rakhimianov Kh.M., Loktionov A.A. [Impact of technology trickle plasma cutting on the formation of the surface roughness of the cut]. Sbornik nauchnykh trudov 7 Mezhdunarodnoi nauchno – tekhnicheskoi konferentsii "Sovremennye problemy mashinostroeniia" [Collection of Scientific Papers 7th International Scientific - Technical Conference "Modern Problems of Engineering", Tomsk, 11–13 November 2013]. Tomsk, TPU Publ., 2013, pp. 349–353. (In Russian).
20. Rakhimianov A.Kh. [Theoretical and experimental study of thermal processes in trickle plasma cutting sheet materials]. Sbornik trudov Vserossiiskoi nauchno – tekhnicheskoi konferentsii "Vysokie, kriticheskie elektro – i nanotekhnologii" [Proceedings of the All-Russian Scientific - Technical Conference "High critical electro – and nanotechnology"]. Electronic edition. Tula, TSU Publ., 2011. (In Russian).
21. Loktionov A.A., Rakhimianov Kh.M. [Increased efficiency in cutting sheet blank production]. Trudy 3 mezh~~z~~dunarodnoi nauchno – prakticheskoi konferentsii "Innovatsii v mashinostroenii" [Proceedings of the 3rd International scientific and practical conference "Innovations in Machine Building"], Barnaul, 2012, pp. 158–159. (In Russian).
22. Loktionov A.A., Zakharov V.V. [Trickle plasma cutting as an effective technology in the blank production]. Nauka. Tekhnologii. Innovatsii: Materialy Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii molodykh uchenykh, 2-4 dekabria 2011 g. v 6 chastiakh [Proceedings of All-Russian scientific conference of young scientists "Science. Technologies. Innovations", 2-4 December 2011 in 6 parts]. Novosibirsk, NSTU Publ., 2011, Part 2, pp. 29–30. (In Russian).
23. Rakhimianov A.Kh., Rakhimianov K.Kh., Shopf S.V. Issledovanie obrabatyvaemosti stali St3 metodom tonkostruinoi plazmennoi rezki [Study workability of the steel St3 trickle method for plasma cutting.]. Polzunovskii al'manakh – Polzunov Almanac, 2012, no. 1, pp. 121–124.
24. Rakhimianov Kh.M., Loktionov A.A. [Analysis of errors in forming trickle plasma cutting metal materials]. Sbornik trudov Vserossiiskaia nauchno-prakticheskaiia konferentsiiia "Sovremennye problemy v tekhnologii mashinostroeniia", posviashchennaia 100-letiiu so dnia rozhdeniiia professora Mukhanova I.I. [Proceedings of the International Scientific and Practical Conference "Modern Problems in Mechanical Engineering Technology", dedicated to the 100th anniversary of the birth of Professor II Mukhanova]. Novosibirsk, 2009, pp. 151–153. (In Russian).
25. Handbuch zum Thema Plasmaschneiden [eine elektronische Ressource]. Werkstatt Ausrüstung Leitner Josef. Salzweg, 2002. 66 p. Zugriffsmodus: http://wal.dcon.at/cu/wal/pdf/Handbuch_Plasmuschneiden_web.pdf
26. Loktionov A.A., Rakhimianov Kh.M., Zhuravlev A.I. [Depreciation cost elements in the thermal plasma torch cutting sheet material]. Materialy dokladov II Vserossiiskoi s mezhdunarodnym uchastiem nauchno-teknicheskoi konferentsii "Zhiznennyi tsikl konstruktionsnykh materialov (ot polucheniiia do utilizatsii)". Irkutsk, 25–27 aprelia 2012 [Proceedings of the 2nd All-Russian scientific conference with international participation "The life cycle of construction materials (from receipt to disposal)" (Irkutsk, 25-27 April 2012)]. Irkutsk, 2012, pp. 61015065. (In Russian).
27. Rakhimianov Kh.M., Loktionov A.A. Vliianie iznosa raskhodnykh elementov na tochnost' formoobrazovaniia pri tonkostruinoi plazmennoi rezke [Deterioration of consumable elements influence on accuracy forming at high- precision plasma cutting]. Obrabotka metallov (tekhnologii, oborudovanie, instrumenty) – Metal Working and Material Science, 2011, no. 4 (53), pp.14-18.

Получено 18.10.2019

МРНТИ 55.03

К.К. Толубаева¹, Е.Л. Нусеков², Ш.Г., Баймурзина², Б.А. Умарова²

¹Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

²Екибастузский инженерно-технический институт им. академика К.И. Сатпаева, г. Екибастуз

УСТОЙЧИВОСТЬ СИСТЕМЫ РОТОР-ЖИДКОСТЬ-ФУНДАМЕНТ, УСТАНОВЛЕННОЙ НА ПОДШИПНИКАХ СКОЛЬЖЕНИЯ, ПРИ КОЛЕБАНИИ

В статье рассматривается изучение механизма возникновения автоколебаний и влияний на динамику всей системы движения смазочного слоя подшипников, колебаний вязкой стратифицированной жидкости в полости ротора и фундамента.

Мәкаләде мойынтректердің майлайтын қабатының қозғалыс жүйесінің динамикасына және ротордың жөне іргетастың құысындағы тұтқыр стратифицирленген сұйықтықтың тербелістерінің өзін-өзі тербелу механизмін жөне оның әсерін зерттеу қарастырылады.

The article considers the study of the mechanism of self-oscillations and the effects on the dynamics of the entire system of motion of the lubricating layer of bearings, oscillations of a viscous stratified fluid in the cavity of the rotor and the foundation.

Как известно из практики, подшипники скольжения с жидкостной смазкой имеют ряд существенных преимуществ перед подшипниками качения: воспринимают значительные нагрузки, устойчивы при динамических возмущениях, работают при больших скоростях вращения, имеют большой срок службы, не вызывают серьезных аварий в случае неисправности, имеют низкую себестоимость и простоту в обслуживании.

Однако гидродинамические силы, действующие в смазочном слое подшипника, а также вязкая стратифицированная жидкость, частично заполняющая полость ротора, могут служить причиной возникновения автоколебаний. Изучение совместных влияний колебаний вязкой стратифицированной жидкости в полости ротора и фундамента на динамику всей системы движения смазочного слоя подшипников, а также механизма возникновения автоколебаний в рассматриваемой системе является задачей первостепенной важности.

В работе исследована следующая модель роторной системы.

Жесткий вал, по середине которого без перекоса установлен ротор массой m с цилиндрической полостью высотой h и радиусом R . Вал вращается с постоянной угловой скоростью Ω_0 на подшипниках скольжения, которые жестко связаны с массивным корпусом (фундаментом), прикрепленным к упругим изотропным опорам с коэффициентами жесткостей $c/2$ и приведенным коэффициентом демпфирования $k_1/2$. Учтем силы внешнего трения, приложенного к цилиндуру ротора с коэффициентом трения k_2 .

Цилиндр ротора частично заполнен вязкой двухслойной стратифицированной жидкостью с кинематическим коэффициентом вязкости ν_j . Обозначим массу фундамента и подшипников жестко связанных между собой через M , полярные координаты $-r, \phi$, радиальную и тангенциальную составляющие скорости частицы жидкости $-u_j$ и v_j .

Для вывода уравнений движения системы введем неподвижную систему координат Oxy и подвижную систему $O_2\xi\eta$, жестко связанную с ротором. Пусть в неподвижной системе координат x, y – координаты точки.

O_2 (центра шипа или цилиндра), x_1, y_1 – координаты центра тяжести фундамента O_1 , θ – полярный угол линии центров O_1O_2 .

Угловую скорость ротора Ω_0 считаем достаточно большой, что жидкость в полости принимает форму кольца с внутренним радиусом r_0 .

Пренебрегаем силой тяжести жидкости и гигроскопической силой, так как они намного меньше центробежной силой ($R\Omega_0^2 \geq g$)

Толщина слоя жидкости намного меньше его высоты. Тогда движение стратифицированной жидкости в полости ротора можно принять плоским.

С учетом вышеуказанных допущений и обозначений, а также введя комплексные вектора $z = x + iy$, $z = x_1 + iy_1$, $F_r = F_x + iF_y$, уравнения движения рассматриваемой системы можно записать в следующем виде:

а) уравнения движения ротора и фундамента

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{z} + k_2\dot{z} + 2(P_e - iP_\theta)e^{i\theta} &= F_r \\ M\ddot{z}_1 + cz_1 + k_1\dot{z}_1 - 2(P_e - iP_\theta)e^{i\theta} &= 0 \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

б) уравнения движения вязких жидкостей

$$\begin{aligned} \frac{\partial u_j}{\partial t} - 2\Omega_0 v_j - \frac{v_j}{r} \frac{\partial f_j}{\partial \varphi} &= -\frac{1}{\rho_j} \frac{\partial p_j}{\partial r} - z e^{-i(\Omega_0 t + \varphi)} \\ \frac{\partial v_j}{\partial t} + 2\Omega_0 u_j + \frac{v_j}{r} \frac{\partial f_j}{\partial r} &= -\frac{1}{r\rho_j} \frac{\partial p_j}{\partial \varphi} + i z e^{-i(\Omega_0 t + \varphi)}. \end{aligned} \quad (2)$$

Уравнение неразрывности при $\rho_j = const$ имеет вид :

$$\frac{\partial (ru_j)}{\partial r} + \frac{\partial v_j}{\partial \varphi} = 0; \quad (3)$$

лапласиан функций тока: $f_j = \frac{1}{r} \frac{\partial u_j}{\partial \varphi} - \frac{\partial v_j}{\partial r} - \frac{v_j}{r}$. (4)

Границные условия гидродинамической задачи:

а) условия прилипания частицы жидкости к стенке ротора ($r = r_0 = R$, условия на стенке ротора):

$$u_{n/r=R} = 0, \quad (5)$$

$$v_{n/r=R} = 0; \quad (6)$$

б) равенство величин компонентов скорости частицы, касательного и нормального напряжения жидкостей на их границах раздела ($r = r_j$), а также равенства их смещения от равновесного положения (условия на границах раздела жидкостей):

$$u_j = u_{j+1}, \quad (7)$$

$$v_j = v_{j+1}, \quad (8)$$

$$\partial \xi_j(\phi, t) / \partial t = u_j = u_{j+1}, \quad (9)$$

$$v_j \rho_j ((\partial u_j / \partial \phi) / r + \partial v_j / \partial r - v_j / r) = v_{j+1} \rho_{j+1} (1/r) (\partial u_{j+1} / \partial \phi) + \partial v_{j+1} / \partial r - v_{j+1} / r, \quad (10)$$

$$\begin{aligned} & - p_j + \rho_j \Omega_0^2 (r^2 - r_j^2) / 2 + 2v_j \rho_j \partial u_j / \partial r \Big|_{r=r_j+\xi} = \\ & = [p_{j+1} + \rho_{j+1} \Omega_0^2 (r^2 - r_j^2) / 2 + 2v_{j+1} \rho_{j+1} (\partial u_{j+1} / \partial r)] \Big|_{r=r_j+\xi}, \end{aligned} \quad (11)$$

условия (7) - (9) являются кинематическими, (10) и (11) – динамическими условиями;

в) условия равенства нулю компонентов касательного и нормального напряжения реакции жидкости на ее свободной поверхности:

$$v_1 \rho_1 (1/r (\partial u_1 / \partial \phi) + \partial v_1 / \partial r - v_1 / r) = 0, \quad (12)$$

$$p_1 - \rho_1 \Omega_0^2 (r^2 - r_0^2) / 2 + 2v_1 \rho_1 \partial u_1 / \partial r \Big|_{r=r_0+\xi} = 0; \quad (13)$$

г) кинематическое условие на свободной поверхности жидкости

$$\partial \xi_0(\phi_1 t) / \partial t = u_1 \Big|_{r=r_0}, \quad (14)$$

где u_j, v_j, ρ_j радиальные, тангенциальные составляющие скорости частицы и давление в j -жидкости соответственно; $\xi_0(\phi, t), \xi_j(\phi, t)$ – смещения свободной поверхности и границы раздела слоев жидкостей от равновесного состояния.

$F_z = F_x + F_y$ – комплексное выражение гидродинамической силы, которое определяется формулой

$$F_z = (Rh/m) \int_0^{2\pi} \sigma_{n|r=R} e^{i(\Omega_0 t)} d\phi, \quad (15)$$

где

$$\left. \begin{aligned} F_x &= Rh \int_0^{2\pi} \sigma_{n|r=R} \cos(\Omega_0 t + \phi) d\phi \\ F_y &= Rh \int_0^{2\pi} \sigma_{n|r=R} \sin(\Omega_0 t + \phi) d\phi \\ F_y &= Rh \int_0^{2\pi} \sigma_{n|r=R} \sin(\Omega_0 t + \phi) d\phi. \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

Здесь $\sigma_{n|r=R} = (p_{n|r=R} + \rho_n \Omega_0^2 (r^2 - r_0^2) - 2\nu_n \rho_n \partial u_n / \partial r)$ – нормальное напряжение самой тяжелой жидкости на стенку ротора, F_x, F_y – составляющие силы реакций жидкости по осям координат. Составляющие сил реакций смазочного слоя подшипника – P_e, P_θ определяются формулами:

$$P_e = \frac{6\eta LR_1^3}{\delta^2} [(\Omega_0 - 2\dot{\theta})F_1(a) + 2\dot{a}F_2(a)], \quad (17)$$

$$P_\theta = \frac{6\eta LR_1^3}{\delta^2} [(\Omega_0 - 2\dot{\theta})F_3(a) + 2\dot{a}F_4(a)], \quad (18)$$

где η – коэффициент вязкости смазывающей жидкости; L, R – длина и радиус втулки подшипников; δ – зазор между шипом и подшипником; r_i – радиус шипа; $\delta = R_i - r_i$

Сначала решаем дифференциальные уравнения движения жидкости (2) с граничными условиями (5) – (14) методом УМФ.

Представив движение ротора и фундамента на комплексной плоскости в виде:

$$z = \delta A e^{i\omega t}, \quad (19)$$

$$z_1 = \delta B e^{i(\omega t + \alpha)}, \quad (20)$$

находим комплексное выражение гидродинамической силы на стенке ротора:

$$F_r = F_x + iF_y = m_{L2} \delta (\phi + A\omega^2) \exp(i\omega t). \quad (21)$$

Исследуем устойчивость системы около ее равновесного состояния. Для этого разложим функции $F_1(a), F_2(a), F_3(a)$ и $F_4(a)$ по степеням a в окрестности $a = 0$ и далее, удерживая только линейные члены, имеем:

$$\left. \begin{aligned} P_e &= \chi_0 [(\Omega_0 - 2\dot{\theta})(F_1(0) + aF'_1(0)) + 2\dot{a}F_2(0)] \\ P_\theta &= \chi_0 [(\Omega_0 - 2\dot{\theta})(F_3(0) + aF'_3(0)) + 2\dot{a}F_4(0)] \end{aligned} \right\}, \quad (22)$$

где $\chi_0 = \frac{6\eta LR_1^3}{\delta^2}$.

Для первой и третьей гипотезы Зоммерфельда [17] $F_1(0), F'_1(1), F_2(0), F_3(0), F_4(0)$ равны нулю. Следовательно, обобщенные линеаризованные выражения проекций гидродинамической силы смазочного слоя примут вид:

$$\left. \begin{aligned} P_e &= 2\chi_0 \dot{a} F_2(0) \\ P_\theta &= a \chi_0 (\Omega_0 - 2\dot{\theta}) F'_3(0) \end{aligned} \right\}. \quad (3)$$

Для дальнейшего исследования переходим от z_1 к новой переменной z_2 т.е. имеем $z_1 = z - z_2$. Здесь $z_2 = \exp(i\theta)$ – вектор отклонения центра шипа от равновесного положения. $\dot{\theta} = \omega + \dot{\theta}_1$ – частота колебаний ротора, ω – частота автоколебаний системы на границе устойчивости, $\dot{\theta}_1$ – малые вариации частоты на границе устойчивости. Так как $e = a\delta$, т.е.

$$z_2 = a\delta e^{i\theta} \quad (24)$$

или

$$a\delta = z_2 e^{-i\theta} \quad (25)$$

С учетом (25) из системы (2) имеем:

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{z} + k_2 \dot{z} + M(\ddot{z} - \ddot{z}_2) + c(z - z_2) + k_1(\dot{z} - \dot{z}_2) &= F_r \\ M(\ddot{z} - \ddot{z}_2) + C(z - z_2) + k_1(\dot{z} - \dot{z}_2) &= 2(P_e - iP_\theta)e^{i\theta} \end{aligned} \right\} \quad (26)$$

Принимая во внимание (14) и (17), находим:

$$\frac{2}{\omega_0 m} (P_e - iP_\theta) e^{i\theta} = \chi \left\{ i[2[F'_3(0) - F_2(0)]\dot{\theta} - \Omega_0 F'_3(0)]z_2 + 2\dot{z}_2 F_2(0) \right\} \quad (27)$$

где $\chi = 3k_0$; $k_0 = \frac{4\eta L}{\varphi_1^3 m \omega_0}$ – характеристическая постоянная Тондла; $\varphi_1 = \frac{\delta}{R_1}$.

Для первой гипотезы Зоммерфельда $F_2(0) = F'_3(0) = \pi$.

Полагаем, что в окрестности устойчивого равновесного положения шипа $\theta = \omega t + \alpha$, т.е. $\dot{\theta} = \omega$, $\dot{a} = 0$, где α – угол заключенный между векторами \bar{z} и \bar{z}_2 .

Подставляя (22) в (24) с учетом (25) и (26), (27), получим систему однородных уравнений относительно a и A :

$$\left. \begin{aligned} \left[1 - (1 + \mu_1)\tau^2 - \mu_2 \phi_0 + i(D_1 + D_2)\tau \right] A + \left(\mu_1 \tau^2 - 1 - iD_1 \tau \right) e^{i\alpha} a &= 0 \\ \left(1 - \mu_1 \tau^2 + iD_1 \tau \right) A + \left[\mu_1 \tau^2 - 1 - i\tau D_1 - \chi F'_3(0)i(2\tau - s) \right] e^{i\alpha} a &= 0 \end{aligned} \right\}, \quad (28)$$

где $\omega_0 = \sqrt{\frac{c}{m}}$ – собственная частота колебаний системы, $\mu_2 = \frac{m_{L_2}}{m}$ – отношение массы жидкости к

массе ротора; $\mu_1 = \frac{M}{m}$ – отношение массы фундамента к массе ротора; $s = \frac{\Omega_0}{\omega_0}$ – безразмерная уг-

ловая скорость ротора; $\tau = \frac{\omega}{\omega_0}$ – безразмерная частота автоколебаний системы;

$D_1 = \frac{k_1}{m\omega_0}$; $D_2 = \frac{k_2}{m\omega_0}$ – безразмерные коэффициенты внешнего трения.

Из условия равенства нулю определителя системы (28) получим характеристические уравнения системы относительно τ .

$$\left[1 - \alpha_1 \tau^2 - \mu_2 \phi_0 + iD_2 \tau \right] \left[\mu_1 \tau^2 - 1 - i\tau D_1 - \chi F'_3(0)(2\tau - s) \right] - \left(1 - \mu_1 \tau^2 + iD_1 \tau \right) \left(\mu_1 \tau^2 - iD_1 \tau - 1 \right) = 0 \quad (29)$$

где

$$\phi_0 = \frac{\phi}{\omega_0^2} + \tau^2 \quad (30)$$

$$D_{12} = D_1 + D_2, \quad \alpha_1 = 1 + \mu_1.$$

В общем случае τ является комплексным числом, действительная часть которого определяет безразмерную частоту автоколебаний, а мнимая часть - степень неустойчивости системы.

Характеристическое уравнение (29) является трансцендентно-нелинейным, т.к. искомое число τ входит в аргументы функций Бесселя и Неймана.

В результате аналитического решения совместных уравнений движения ротора, фундамента и жидкостей в полости ротора определены:

- условия устойчивости движения ротора и фундамента;
- границы и ширина зоны неустойчивости системы;
- влияния изменений параметров ротора, фундамента, подшипников и жидкости на ширину и вид граничных кривых зоны неустойчивости, а также величину амплитуды автоколебаний системы.

Из условия стационарности решения уравнения движения системы, соответствующего установленной асинхронной прецессии ротора с постоянной амплитудой и угловой скоростью s , найдены амплитуды A и a автоколебаний ротора и фундамента.

Изучены совместные влияния колебания фундамента, ротора и жидкостей в полости ротора, а также гидродинамических свойств смазочного слоя и геометрических размеров подшипников на динамику всей системы.

Список литературы

1. Рахметолла А.Ш. Колебания и устойчивость вертикального, гибкого неуравновешенного ротора с полостью частично заполненной несколькими несмешивающимися вязкими жидкостями, установленного на упругом фундаменте / А.Ш. Рахметолла, Е.Л. Нуспеков // Вестник Каз.НПУ им. Абая. – Алматы, 2004. – № 2(10). – С. 215-220.
2. Тулешов А.К. Исследование вынужденных колебаний и автоколебаний неуравновешенного жесткого ротора с полостью, частично заполненной двумя вязкими несмешивающимися жидкостями / А.К. Тулешов, А.Ш. Рахметолла, Е.Л. Нуспеков, К.К. Толубаева // Вестник Национальный Инженерной Академии РК. – 2005. – № 4(18). – С. 36-42.
3. Нуспеков Е.Л. Гашение колебаний неуравновешенного жесткого ротора с полостью, частично заполненной двумя маловязкими жидкостями установленного на упругом фундаменте // Вестник Каз.НУ им. Аль-Фараби. – 2005. – № 2(45). – С. 97-104.
4. Тулешов А.К. Исследование вынужденных колебаний и автоколебаний неуравновешенного жесткого ротора установленного на упругом фундаменте, с полостью частично заполненной двумя вязкими несмешивающимися жидкостями / А.К. Тулешов, А.Ш. Рахметолла, Е.Л. Нуспеков, К.К. Толубаева // Вестник НАН РК. – 2005. – №4. – С. 108-113.
5. Соболев С.Л. О движении симметричного волчка с полостью, наполненной жидкостью // ПМТФ. – 1960. – №3. – С. 20-55.
6. Bauer H.F. Schwingungen nichttumschbarer Flusseigkeiten in rotierenden Kreiszylinder // ZAMM. – 1980. – Bd60. – № 12. – P.27-32.
7. Lichtenberg G. Experimentelle Untersuchung des Schwingung sverhaltens eines flüssigkeitsgefüllten Rotors mit Kreisbewirkung // VDI-Berichte. –1980. – № 381. – pp.161-165.

Получено 18.10.2019

МРНТИ 55.03

К.К. Толубаева¹, Е.Л. Нусеков², Ш.Г. Баймурзина², Б.А. Умарова²

¹Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск,

²Екибастузский инженерно-технический институт им. академика К.И. Сатпаева, г. Екибастуз

РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ СИСТЕМЫ РОТОР-ЖИДКОСТЬ-ФУНДАМЕНТ

В статье рассматривается решение уравнения движения ротора и фундамента методом комплексных амплитуд. В результате получено неустойчивое движение роторной системы.

Мақалада ротордың қозғалыс тендеуі және іргетасын көшенді амплитудалардың әдісімен шешу қарастырылған. Нәтижесінде ротордың тұрақсыз қозғалысы алынады.

The article is available to solve the equations of motion of the rotor and the baseline by the wired method of complex amplitudes. The result is an unstable motion of the rotor system.

Динамика роторных систем с полостями, частично заполненными стратифицированными жидкостями, недостаточно изучена. В настоящее время в технике и промышленности широкое применение нашли роторные системы (сепараторы, центрифуги, валы турбомашин и др.), основными назначениями которых являются обработка супензий, разделение твердой частицы от жидкой фазы, разделение жидкости по фазам.

Решение уравнения движения ротора и фундамента проводим методом комплексных амплитуд. Для этого введем комплексные векторы в виде: $z = x + iy$ и $z_1 = x_1 + iy_1$, где $i = \sqrt{-1}$ – мнимая единица.

Тогда уравнения движения ротора и фундамента на комплексной плоскости имеют вид:

$$\left. \begin{aligned} \ddot{z} + k^2(z - z_1) + n\dot{z} &= e\Omega_0^2 e^{i\Omega_0 t} + Fr \\ \ddot{z}_1 + k_0^2(z - z_1) + k_1^2\dot{z}_1 + n_1\dot{z}_1 &= 0 \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

где $Fz = Fx + iFy$ – комплексная величина гидродинамической силы; $\kappa = \sqrt{\frac{c}{m}}$ – собственная частота ротора; $\kappa_1 = \sqrt{\frac{c_1}{M}}$ – собственная частота фундамента; $\kappa_0 = \sqrt{\frac{c}{M}}$; $\mu = \frac{m}{M}$ – отношение массы ротора к массе фундамента; $\eta = \frac{\alpha_0}{m}$, $\eta_1 = \frac{\alpha_1}{M}$ – коэффициенты, учитывающие силы внешнего сопротивления на движения ротора и фундамента.

Движения неуравновешенного ротора и фундамента на комплексной плоскости представим в виде:

$$z = \gamma_r e^{i\Omega_0 t} + A e^{i\omega t}, \quad (2)$$

$$z_1 = \gamma_1 e^{i\Omega_0 t} + B e^{i\omega t}, \quad (3)$$

где первые члены в (2) и (3) описывают вынужденные колебания ротора и фундамента, обусловленные неуравновешенностью ротора, а вторые члены представляют автоколебания системы, вызванные колебаниями вязких жидкостей в полости и ротора. ω – частота автоколебаний ротора и фундамента.

Подставляя (2) в уравнения движения жидкости

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial u_j}{\partial t} - 2\Omega_0 v_j - \frac{v_j (\frac{\partial f_j}{\partial \varphi})}{r} &= -\frac{1}{\rho_j} \frac{\partial p_j^1}{\partial r} + x \cos(\Omega_0 t + \varphi) - y \sin(\Omega_0 t - \varphi) \\ \frac{\partial u_j}{\partial t} + 2\Omega_0 u_j + v_j (\frac{\partial f_j}{\partial \varphi}) &= -\frac{1}{r\rho_j} \frac{\partial p_j}{\partial \varphi} - x \cos(\Omega_0 t + \varphi) - y \sin(\Omega_0 t - \varphi) \end{aligned} \right\}$$

получим

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial u_j}{\partial t} - 2\Omega_0 v_j - \frac{u_j}{r} \frac{\partial f_j}{\partial \varphi} &= -\frac{1}{\rho_j} \frac{\partial p_j^1}{\partial r} + \omega^2 A \exp i(\sigma t - \phi) \\ \frac{\partial u_j}{\partial t} + 2\Omega_0 u_j + \frac{u_j}{r} \frac{\partial f_j}{\partial r} &= -\frac{1}{r\rho_j} \frac{\partial p_j}{\partial \varphi} - i\omega^2 A \exp i(\sigma t - \phi) \end{aligned} \right\}, \quad (4)$$

где $p_j^1 = p_j \gamma_r r p_j \Omega_0^2 e^{i\varphi}$, $\sigma = \omega - \Omega_0$ – частота колебаний жидкости относительно полости ротора.

γ_z, γ_1 – комплексные амплитуды вынужденных колебаний ротора и фундамента; A, B – комплексные амплитуды автоколебаний ротора и фундамента.

Теперь приступим к решению уравнения движения стратифицированной n -слойной вязкой жидкости методом разделения переменных. Для этого, используя

$$\partial(\frac{ru_j}{\partial r}) + \frac{\partial v_j}{\partial \varphi} = 0,$$

здесь

$$f_j = (\frac{1}{r}) (\frac{\partial u_j}{\partial \varphi}) - \frac{\partial v_j}{\partial r} - \frac{v_j}{r},$$

исключаем из системы (4) неизвестное давление p_j . Тогда получим уравнение параболического типа:

$$\frac{\partial f_j}{\partial t} - v_j \Delta f_j = 0. \quad (5)$$

Здесь $\Delta = (\frac{1}{r^2}) \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2} + (\frac{1}{r}) \frac{\partial}{\partial r} + \frac{\partial^2}{\partial r^2}$ – оператор Лапласа в полярной системе координат. Известно, что на движение ротора влияют волны только первого порядка, и свободные колебания ротора, фундамента и жидкости быстро затухают из-за внешних трений. Поэтому в случае вынужденных колебаний системы поле скоростей и давление в каждом слое жидкости, т.е. каждая из переменных u_j, v_j, P_j^1, f_j , представляются в форме

$$q(r, \varphi, t) = q^*(r) e^{i(\sigma t - \varphi)}. \quad (6)$$

Тогда решение (5) ищем в виде:

$$f_j = R_j(r) e^{i(\sigma t - \varphi)}. \quad (7)$$

Подставляя (7) в (5) получим уравнение Бесселя относительно $R_j(r)$:

$$R_j''(r) + \frac{R_j(r)}{r} + (\frac{\alpha_j^2 - 1}{r^2}) R_j(r) = 0,$$

где $R_j'(r), R_j''(r)$, – первая и вторая производные функций $R_j(r)$ по переменной r ;

$$\alpha_j = \sqrt{-\frac{i\sigma}{v_j}}.$$

Решение уравнения Бесселя имеет вид:

$$R_j(r) = C_1^j J_1(\alpha_j r) + C_2^j N_1(\alpha_j r).$$

Тогда функция $f_j(r, \varphi, t)$ представляется так:

$$f_j(r, \varphi, t) = [C_1^j J_1(\alpha_j r) + C_2^j N_1(\alpha_j r)] e^{i(\sigma-\varphi)} = Z_1(\alpha_j r) e^{i(\sigma-\varphi)}. \quad (8)$$

Здесь $Z_1(\alpha_j r) = C_1^j J_1(\lambda_j r) + C_2^j N_1(\lambda_j r)$ – линейная комбинация функции Бесселя $J_1(\alpha_j r)$ и Неймана $N_1(\alpha_j r)$ первого порядка.

Используя (8), $\partial(\frac{ru_j}{\partial r}) + \frac{\partial v_j}{\partial \varphi} = 0$, здесь $f_j = (\frac{1}{r})(\frac{\partial u_j}{\partial \varphi}) - \frac{\partial v_j}{\partial r} - \frac{v_j}{r}$,

имеем уравнение относительно функции $u_j(r, \varphi, t)$:

$$\left(\frac{r^2 \partial^2 u_j}{\partial r^2} \right) + \frac{3r \partial u_j}{\partial r} + u_j + \frac{\partial^2 u_j}{\partial \varphi^2} = r \partial \quad \frac{f_1}{\partial \varphi} = ir Z_1(\alpha_j r) e^{i(\sigma-\varphi)} \quad (9)$$

Решение уравнения (9) согласно (6) представим в виде:

$$u_j = U_j(r) e^{i(\sigma-\varphi)} \quad (10)$$

Подставим (10) в (9) и, разделяя переменные, получим относительно $U_j(r)$ неоднородное уравнение Эйлера:

$$rU_j(r) + 3U_j'(r) = -iZ_1(\alpha_j r), \quad rV_j(r) + 3V_j'(r) = -iZ_1(\alpha_j r).$$

Из решения данного уравнения и с учетом (10) выражение для функции $u_j(r, \varphi, t)$ запишется так:

$$u_j(r, \varphi, t) = [C_3^j + \frac{C_4^j}{r} - \left(\frac{v_j}{\sigma r} \right) Z_1(\alpha_j r)] e^{i(\sigma-\varphi)}. \quad (11)$$

В формулах (8) и (11) коэффициенты C_1^j , C_2^j , C_3^j и C_4^j являются постоянными интегрирования, которые определяются из граничных условий гидродинамической задачи.

Используя уравнение неразрывности $\partial(\frac{ru_j}{\partial r}) + \frac{\partial v_j}{\partial \varphi} = 0$ и с учетом (11) находим функцию:

$$v_j(r, \varphi, t) = -i[C_3^j - \frac{C_4^j}{r} - \left(\frac{v_j}{\sigma r} \right) Z_1(\alpha_j r)] e^{i(\sigma-\varphi)}, \quad (12)$$

где $Z_1'(\alpha_j r)$ – производная от $Z_1(\alpha_j r)$ по переменной r .

Теперь из второго уравнения системы (3) определим давление P_j' в любой точке жидкостей:

$$P_j(r, \varphi, t) = -i\rho_j r [(2\Omega_0 + \sigma)C_3^j + \frac{(2\Omega_0 - \sigma)C_4}{r^2} - \frac{2\Omega_0 v_j Z_1(\alpha_j r)}{\sigma} + iA\omega^2] e^{i(\sigma-\varphi)}. \quad (13)$$

Определяя из (13) давление на стенку ротора и учитывая (4) и

$$\sigma_{nr=R} = \left(\rho_{n/r=R} + \rho_n \Omega_0^2 (r^2 - r_0^2) - \frac{2v_n \rho_n \partial u_n}{\partial r} \right)$$

по формулам

$$\left. \begin{aligned} F_x &= Rh \int_0^{2\pi} \sigma_n / r = R \cos(\Omega_0 t + \varphi) d\phi \\ F_y &= Rh \int_0^{2\pi} \sigma_n / r = R \sin(\Omega_0 t + \varphi) d\phi \end{aligned} \right\}$$

находим комплексное выражение гидродинамической силы:

$$F_r = \left[-iv_n m_{Ln} \left[\alpha_n Z_0(\alpha_n R) - \frac{Z_1(\alpha_n R)}{R} \right] + m_{Ln} \omega^2 A - 2v_n m_{Ln} \left[\frac{-C_4^{(n)}}{R^4} + \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{\frac{2Z_1(\alpha_n R)}{R} - \alpha_n Z_0(\alpha_n R)}{\sigma R^2} \right] e^{i\omega t} + m_{Ln} \gamma_1 \Omega_0^2 e^{i\Omega_0 t}, \right] \quad (14)$$

где: $m_{Ln} = \pi \rho_n R^2 h$ – масса n -ой жидкости, необходимая для полного заполнения ротора, v_n – кинематический коэффициент вязкости n -ой жидкости (жидкость под номером n – самая тяжелая, находится у стенки цилиндра); $Z_0(\alpha_n r) = C_1^j J_0(\alpha_j r) + C_2^j N_0(\alpha_j r)$ – линейная комбинация функций Бесселя и Неймана нулевого порядка.

Теперь, используя граничные условия, находим постоянные интегрирования C_1^j , C_2^j , C_3^j и C_4^j ($j = 1, 2, \dots, n$).

Из уравнения $u_{n|r=R} = 0$, $v_{n|r=R} = 0$ имеем:

$$\frac{C_3^{(n)} + C_4^{(n)}}{R^2} - \left(\frac{v_n}{\sigma R} \right) Z_1(\alpha_n R) = 0, \quad (15)$$

$$\frac{C_3^{(n)} + C_4^{(n)}}{R^2} - \left(\frac{v_n [\alpha_n Z_0(\alpha_n R) - Z_1(\alpha_n R)]}{R} \right) = 0. \quad (16)$$

Условия на границах раздела жидкостей дают следующие уравнения:

$$C_3^{(j)} + \frac{C_4^{(j)}}{r_j^2} - \frac{v_j Z_1(\alpha_j r_j)}{\sigma r_j} = C_3^{(j+1)} + \frac{C_4^{(j+1)}}{r_j^2} - \frac{v_{j+1} Z_1(\alpha_{j+1} r_j)}{\sigma r_{j+1}}, \quad (17)$$

$$\begin{aligned} C_3^{(j)} + \frac{C_4^{(j)}}{r_j^2} - \frac{v_j [\alpha_j Z_0(\alpha_j r_j) - z_1(\alpha_j r_j)]}{\sigma r_j} = \\ = C_3^{(j+1)} + \frac{C_4^{(j+1)}}{r_j^2} - \frac{v_{j+1} [\alpha_{j+1} z_0(\alpha_{j+1} r_j) - Z(\alpha_{j+1} r_j)]}{\sigma r_j}, \end{aligned} \quad (18)$$

$$\begin{aligned} v_j \rho_j \left\{ \frac{4C_4^{(j)}}{r_j^3} - \frac{v_j}{\sigma} \left[\frac{-2\alpha_j}{r_j Z_0(\alpha_j r_j)} + \left(\frac{4}{r_j^2} - \alpha_j^2 \right) Z_1(\alpha_j r_j) \right] \right\} = \\ = v_{j+1} \rho_{j+1} \left\{ \frac{4C_4^{(j+1)}}{r_{j+1}^3} - \frac{v_j}{\sigma} \left[\frac{2\alpha_{j+1}}{z_0(\alpha_{j+1} r_j)} + \left(\frac{4}{r_j^2} - \alpha_{j+1}^2 \right) Z_1(\alpha_{j+1} r_j) \right] \right\}, \end{aligned} \quad (19)$$

$$\begin{aligned}
& \omega^2 C_3^{(j)} + (\Omega_0^2 + 2\Omega_0\sigma - \sigma^2 + \frac{4_i\sigma v_j}{r_j^2}) \frac{C_4^{(j)}}{r_j^2} - \frac{v_j}{\sigma r_j} [(2\Omega_0\sigma + \\
& + \sigma^2 + \frac{4_i v_i \sigma}{r_j^2}) J_1(\alpha_j r_j) - \frac{2_i v_i \sigma \alpha}{r_j} J_0(\alpha_j r_j)] C_1^{(j)} - \frac{v_j}{\sigma r_i} [(2\Omega_0\sigma + \\
& + \sigma^2 + \frac{4_i v_i \sigma}{r_j^2}) N_1(\alpha_j r_j) - \frac{2_i v_i \sigma \alpha_j}{r_j} N_0(\alpha_j r_j)] C_2^{(j)} = \xi_j \{ \omega^2 C_3^{(j+1)} + \\
& + \Omega_0^2 + 2\Omega_0\sigma_0\sigma - \sigma^2 + \frac{4_i v_i \sigma}{r_j^2}) C_4^{(j+1)} - \frac{v_j}{\sigma r_i} [(2\Omega_0\sigma + \sigma^2 + \frac{4_i v_i \sigma}{r_j^2}) = \\
& = J_1(\alpha_{j+1} r_j) - \frac{2_i \sigma v_{j+1} \alpha_{j+1}}{r_j} J_0(\alpha_j r_j)] C_1^{(j+1)} - \frac{v_{j+1}}{\sigma r_i} [(2\Omega_0\sigma + \sigma^2 + \\
& + \frac{4_i v_i \sigma}{r_j^2}) N_1(\alpha_j r_j) - \frac{2_i \sigma v_{j+1} \alpha_{j+1}}{r_j} N_0(\alpha_{j+1} r_j)] C_2^{(j+1)} \} - i\sigma\omega^2(1 - \xi_j) A
\end{aligned} \tag{20}$$

где: $\xi_j = \frac{\rho_{j+1}}{\rho_o}$ – отношение плотностей ($j=1, n-1$); ($r_{j+1}-r_j$) – толщина j -го слоя жидкости; r_1, r_2, r_{n-1} – радиусы раздела жидкостей.

Условия на свободной поверхности жидкости дают:

$$\frac{4C_4^{(j)}}{r_0^3} - \frac{v_1}{\sigma} - [-2 \frac{\alpha_1}{r_0} Z_0(\alpha_j r_0) + \frac{4}{r_1^2} - \alpha_1^2] Z_1(\alpha_1 r_0) = 0, \tag{21}$$

$$\begin{aligned}
& \omega^2 C_3^{(j)} + (\Omega_0^2 + 2\Omega_0\sigma - \sigma^2 + \frac{4_i \sigma v_j}{r_j^2}) \frac{C_4^{(j)}}{r_j^2} - \frac{v_j}{\sigma r_j} [(2\Omega_0\sigma + \\
& + \Omega_0^2 + \frac{4_i v_i \sigma}{r_0^2}) J_1(\alpha_1 r_0) - \frac{2_i v_i \sigma \alpha_1}{r_0} J_0(\alpha_j r_j)] C_1^{(1)} - \frac{v_j}{\sigma r_0} [(2\Omega_0\sigma + \\
& + \Omega_0^2 + \frac{4 v_1 i \sigma}{r_0^2}) N_1(\alpha_1 r_0) - \frac{2_i \sigma v_1 \alpha_1}{r_0} N_0(\alpha_1 r_0)] C_2^{(j)} = i\sigma A \omega^2.
\end{aligned} \tag{22}$$

Число неоднородных алгебраических уравнений, определяемое соотношениями (15) – (22), равно $4n$. Из решения системы неоднородных алгебраических уравнений определяются $4n$ неизвестные константы $C_1^{(j)}, C_2^{(j)}, C_3^{(j)}, C_4^{(j)}, \dots, C_1^{(n)}, \dots, C_4^{(n)}$. Найденные значения неизвестных констант $C_1^{(n)}, C_2^{(n)}, C_3^{(n)}$ и $C_4^{(n)}$ подставляя в (14) получим выражение гидродинамической силы.

Подставив данное значение гидродинамической силы в комплексное уравнение движения ротора (1) с учетом (2) и (3) имеем:

1) приравнивая выражения при одинаковой функции времени $e^{\Omega_0 t}$, получим систему двух неоднородных алгебраических уравнений относительно комплексных амплитуд вынужденных колебаний ротора γ_r и фундамента γ_f ;

2) приравнивание выражений при функции времени $e^{\omega t}$ дает систему двух однородных алгебраических уравнений относительно А и В. Из условия равенства нулю этой однородной системы находим характеристическое уравнение роторной системы относительно ω . Характеристическое число ω (частота автоколебаний) в общем случае является комплексным, действительная часть которого определяет частоту автоколебаний роторной системы, а мнимая часть характеризует степень ее неустойчивости.

Если характеристическое уравнение относительно ω имеет хотя бы один комплексный корень с отрицательной мнимой частью, то система будет неустойчивой, т.к. при подстановлении этого корня

в $e^{\omega t}$ при $t \rightarrow \infty$ экспоненциальная функция будет неограниченно возрастать. В результате получим нарастания амплитуды автоколебаний ротора и фундамента, т.е. получим неустойчивое движение роторной системы. Итак, зонам неустойчивости системы соответствуют те значения угловой скорости ротора s в области изменения параметров ротора, фундамента и жидкости, при которых характеристическое уравнение системы относительно ω имеет хотя бы один комплексный корень с отрицательной мнимой частью.

Характеристическое уравнение является сугубо трансцендентно-нелинейным, решение которого весьма затруднительно, т.к. искомая частота входит в аргументы функции Бесселя и Неймана. Вид характеристического уравнения при $n > 2$ сильно усложняется, становится очень громоздким и весьма сложным (неудобным) для проведения анализа, объяснения происходящих процессов и проведения инженерной оценки полученных результатов.

Список литературы

1. Рахметолла А.Ш., Нуспеков Е.Л. Колебания и устойчивость вертикального, гибкого неуравновешенного ротора с полостью, частично заполненной несколькими несмешивающимися вязкими жидкостями, установленного на упругом фундаменте // Вестник: Казахский Национальный Педагогический Университет им. Абая, 2004. – №2(10). – С. 215-220.
2. Тулешов А.К., Рахметолла А.Ш., Нуспеков Е.Л., Толубаева К.К. Исследование вынужденных колебаний и автоколебаний неуравновешенного жесткого ротора с полостью, частично заполненной двумя вязкими несмешивающимися жидкостями // Вестник Национальной Инженерной Академии РК, 2005. – №4(18). – С. 36-42.
3. Нуспеков Е.Л. Гашение колебаний неуравновешенного жесткого ротора с полостью, частично заполненной двумя маловязкими жидкостями установленного на упругом фундаменте // Вестник: Каз.НУ им. Аль-Фараби, 2005. – №2(45). – С. 97-104.
4. Тулешов А.К., Рахметолла А.Ш., Нуспеков Е.Л., Толубаева К.К. Исследование вынужденных колебаний и автоколебаний неуравновешенного жесткого ротора установленного на упругом фундаменте, с полостью частично заполненной двумя вязкими несмешивающимися жидкостями // Вестник НАН РК, 2005. – №4. – С. 108-113.
5. Соболев С.Л. О движении симметричного волчка с полостью, заполненной жидкостью // ПМТФ, 1960. – №3. – С. 20-55.
6. Bauer H.F. Schwingungen nichtim schbarer Flusseigkeiten in rotierenden Kreiszylinder. - ZAMM. Bd60, 1980. – №12. – Pp. 27-32.
7. Lichtenberg G. Experimentelle Untersuchung des Schwingung sverhaltens eines flüssigkeitsgefüllten Rotors mit Kreisbewirkung. VDI-Berichte, 1980. – № 381. – Pp.161-165.

Получено 18.10.2019

MRHTI 44.09

R.K. Uskenbayeva¹, A.B. Altayeva¹

¹The International Information Technology University, Almaty

FUZZY LOGIC BASED CONTROLLER FOR MAINTAINING COMFORT TEMPERATURE WITH MINIMIZING ENERGY

Today, the construction of an automated controller for energy efficiency in buildings is one of the main ways to reduce energy consumption by maintaining a level of comfort for habitants. In this article, we introduce an alternative way to save energy based on fuzzy logic. Fuzzy logic was widely used to simulate a model of energy consumption and to control heating, dampening devices and ventilation. As a result of the simulation, the behavior of the system and the relations of the control parameters of the comfort microclimate and the energy costs are shown.

Бүгінгі күні тұрғындар үшін жайлышық деңгейін сақтай отырып, ғимараттардағы энергия тиімділігін автоматтандыру құрылышы, энергияны тұтынудың азайтудың негізгі тәсілдерінің бірі болып табылады. Бұл мақалада айқын емес логикаға негізделген энергияны үнемдеудің

балама өдісі енгізіледі. Айқын емес логикага энергия тұтыну үлгісін модельдеу және жылыту күрьыштырып, дымқылдатқыш күрьыштар мен желдетуді бақылау үшін кеңінен қолданылды. Модельдеу нәтижесі ретінде жүйенің мінез-құлқы мен ынғайлылық микроклиматының басқару параметрлері мен энергия шығындарының қатынастары көрсетілген.

На сегодняшний день строительство автоматизированного контроллера энергоэффективности в зданиях является одним из основных способов снижения энергопотребления за счет поддержания уровня комфорта для жителей. В этой статье мы вводим альтернативный способ экономии энергии на основе нечеткой логики. Нечеткая логика широко использовалась для моделирования модели потребления энергии и контроля нагрева, увлажнения и вентиляции. В результате моделирования показаны поведения системы и отношения параметров управления комфортом микроклиматом и затраты энергии.

Keywords - energy consumption; microclimate control system; comfort level; HVAC.

The temperature field in the room depends on the horizontally or vertically disposed heat source which in turn can be either controlled (heater, air conditioner) or unmanaged (solar radiation, walling, windows, and doors that cause additional convection currents in the room) [1]. Important parameters influencing the indoor climate also include outdoor air temperature and pressure. If these parameter values are measured with high accuracy, short-term forecasting of changes in external weather conditions can be realized, which enables the system to respond to changes in the external environment in advance. The data on the distribution of the temperature field in the room, as well as its change over time (dynamics) enables the developed system to detect convective flows in space (e.g., drafts) and their sources. Because of this learning process, the control system can develop a series of management rules (sets of parameters of the environment) for different situations. The successful implementation of the Fuzzy-control system will largely depend on how the fuzzification management problem is solved. Therefore, it is necessary to form the linguistic variables for the comfort microclimate parameters and determine the appropriate membership functions.

The feeling of comfort is generated by a combination of parameters that determine the microclimate of premises, which include air temperature, air velocity, relative humidity, resulting temperature of the room, and local asymmetry of the resultant temperature. In [2], the boundary of knowledge of optimal and allowable values of parameters corresponding to the destination premises and the outside air temperature are provided.

Comfort Zone (optimal for the body combination of temperature, humidity, and air velocity) is provided for residential and public buildings in the warm season with the following parameters: air temperature 20–24 °C, relative humidity 30-60 %, and the threshold for air flow speed 0.25 m/s. In the cold season, the optimal values for air temperature, relative humidity, and the threshold for airflow speed are 20–22 °C, 30–45 %, and 0.5 m/s respectively. For production facilities, these parameters depend on the nature of the work. Optimal conditions allow air temperature changes in the human host within the zone from 0.5 to 1.5°C. Fluctuations in relative humidity in the zone of thermal comfort within 10% do not have a significant effect on the body. Thus, a comfortable dwelling can be achieved when the temperature, humidity, and air flow rates are known.

The central control unit of the system receives the following data: outdoor air temperature, outside atmospheric pressure outside, and the temperature at each point of the room. Based on this data, the control unit creates a two-dimensional matrix: deviation matrix of current temperature and the given temperature values in the room, as shown in Formula 1.

$$\begin{matrix} \Delta T_{1,1} & \Delta T_{1,2} & \dots & \Delta T_{1,n-1} & \Delta T_{1,n} \\ \Delta T_{2,1} & \Delta T_{2,2} & \dots & \Delta T_{2,n-1} & \Delta T_{2,n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \Delta T_{m-1,1} & \Delta T_{m-1,2} & \dots & \Delta T_{m-1,n-1} & \Delta T_{m-1,n} \\ \Delta T_{m,1} & \Delta T_{m,2} & \dots & \Delta T_{m,n-1} & \Delta T_{m,n} \end{matrix} \quad (1)$$

The matrix of the temperature variations of the field values in the room from the given set of values allows us to calculate the temperature gradient in the room. Based on the obtained data, a decision can be made that in the maximum/minimum temperature is the source of heating/cooling, respectively. In order

to train systems and predict its future state as a whole, the matrix velocity change of temperature field values at different points in the room are required to evaluate the response time of the system. Subsequently, the control unit can influence the climate by regulating the output of the heating device (heater) or the cooling unit (air conditioning). Velocity matrix of changes in the temperature at each point of indoor space, as shown in Formula 2.

$$\begin{matrix} T_{dT/dt}^{1,1} & \Delta T_{dT/dt}^{1,2} & \dots & \Delta T_{dT/dt}^{1,n-1} & \Delta T_{dT/dt}^{1,n} \\ \Delta T_{dT/dt}^{2,1} & \Delta T_{dT/dt}^{2,2} & \dots & \Delta T_{dT/dt}^{2,n-1} & \Delta T_{dT/dt}^{2,n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \Delta T_{dT/dt}^{m-1,1} & \Delta T_{dT/dt}^{m-1,2} & \dots & \Delta T_{dT/dt}^{m-1,n-1} & \Delta T_{dT/dt}^{m-1,n} \\ \Delta T_{dT/dt}^{m,1} & \Delta T_{dT/dt}^{m,2} & \dots & \Delta T_{dT/dt}^{m,n-1} & \Delta T_{dT/dt}^{m,n} \end{matrix} \quad (2)$$

To make a decision on the need to regulate the microclimate in the room, a set of three linguistic variables are used [3]. These are as follows:

$$\Delta T = |T_{current} - T_{desired}| \quad (3)$$

Here, $T_{current}$ is current value of the room temperature and $T_{desired}$ is desired value of the room temperature.

Figure 1 illustrates deviation of the current value from a desired temperature. This variable is the main indicator of the need for intervention by the developed control system for maintaining a desired microclimate:

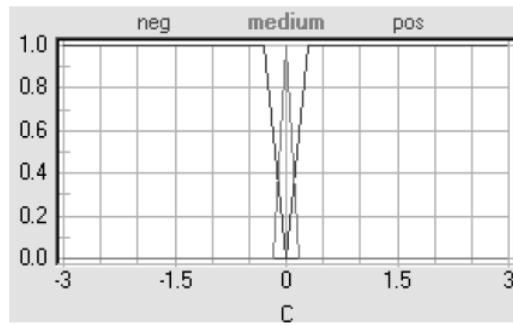


Figure 1 – Deviation of the current value of the given temperature

The system alternately iterates values of the temperature (Figure 1) deviations of the matrix, thereby analyzing the current state of the room temperature. The terms of the

linguistic variable ΔT are negative, neutral, and positive.

Next problem is the rate of change of temperature of the field values at a certain point in the room as illustrated in Figure 2.

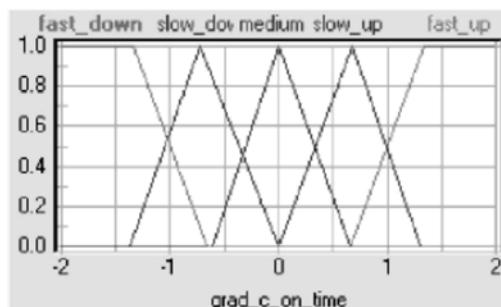


Figure 2 – The rate of change of the temperature field values to a certain point of the room

This variable reflects the reaction of the control object to external influences and shows the change in temperature over a certain finite time interval:

$$T_{\frac{dx}{dt}} = \frac{T_2 - T_1}{t_2 - t_1} \quad (1)$$

Here, T_1 and T_2 are temperature values at the start and end times, respectively, t_1 and t_2 are start and end time points, respectively. In view of the exceptional importance of the reaction times of the control object to external influences in the regulatory process, the linguistic variables include five terms: Rapid decrease, slow slide, neutrality, slow increase, and rapid increase.

An intelligent control system, which is a control system with intelligent support, can solve a problem without human intervention, thereby making decisions on the choice of control. At present, intelligent control technologies include the following areas [4]. Intelligent control system—control system with intellectual support that is able to solve the heuristic problem without human intervention by using expert systems, fuzzy logic, neural network structure, and associative memory. The generalized structure of the fuzzy control system is shown in Figure 3.

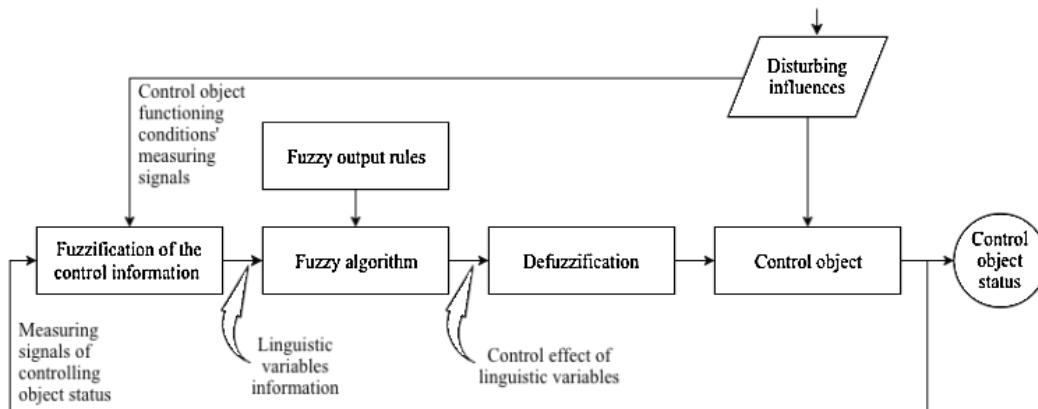


Figure 3 – Structure of the fuzzy control

When creating a fuzzy control system, the following basic questions need to be addressed:

- Presentation of the information used to manage in terms of fuzzy logic;
- Formulation of the rule base of fuzzy inference based on the expert knowledge and algorithm definition of control actions;
- Defuzzification describing control in terms of fuzzy logic in order to obtain the physical control actions in the system.

Resolution of the above questions is related to the need to perform research and development of relevant mathematical models that are applicable to process management in the building.

The micro-climate in the room is a fundamental factor for a healthy life and is determined by a number of physical quantities, such as temperature and humidity, the concentration level of harmful substances in it, and the rate of air flow (wind). These factors determine whether the subject experiences "thermal comfort"; is it hot or cold. In order to maintain a given level of microclimate and indoor air quality, it is necessary to develop a control system with economical power consumption for a given set of operating conditions [5, 6]. The design of fuzzy controller is a cyclically flowing process that can achieve the desired quality of management only after several iterations. Figure 4 illustrates design and optimization of fuzzy controller procedure. The problem is to determine the temperature corresponding to a level of control for the digital-to-analog converter regulator, the input variables of which are as follows: e (difference between the desired and actual temperature, $^{\circ}\text{C}$), Δe (the first derivative of temperature change during the computing cycle, $^{\circ}\text{C}/\text{min}$)

$$\Delta e = T_{\text{given}}(t) - T_{\text{current}}(t) \quad (2)$$

Here, $T_{\text{given}}(t)$, $T_{\text{current}}(t)$ are the given and current temperature, respectively.

We determine the linguistic fuzzy variables e and Δe fuzzy sets with corresponding identifiers for the membership functions $\mu(e)$ and $\mu(\Delta e)$. We also construct two membership functions. In one case, the argument is a temperature difference (e), in the second case, the argument is the rate of temperature change (Δe).

Naturally, the increase in the cooling or heating level should correspond to the temperature difference at a given time. The rate of temperature change is given as follows:

$$\Delta e = \frac{e(t_1) - e(t_2)}{t_1 - t_2} \quad (3)$$

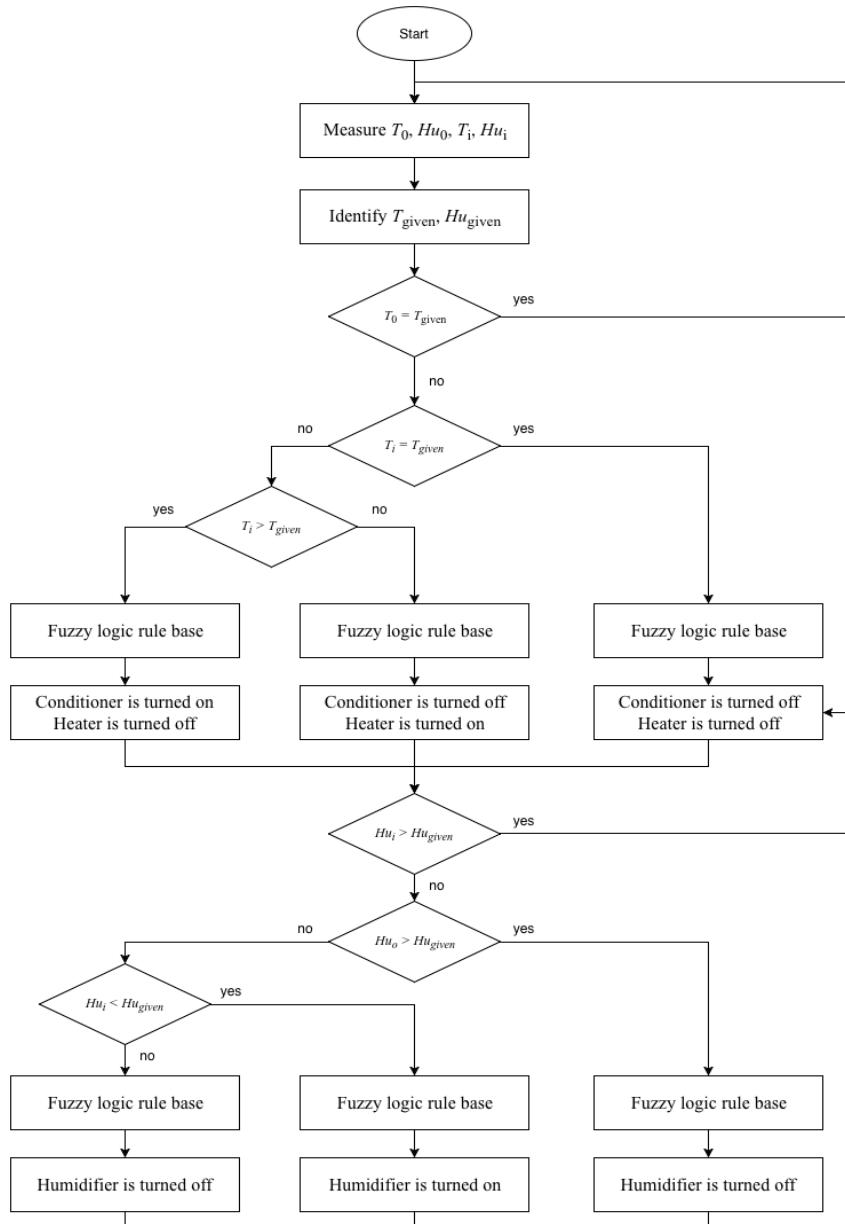


Figure 4 – Fuzzy controller design and optimization algorithm

As indoor temperature approaches the target temperature, the rate of temperature change therein will decrease, as well as, for example, the air condition cooling level.

Energy-efficient operation in buildings has a great deal of attention worldwide. In this paper, based on fuzzy logic approach, to develop a power management controller is used. Bottom up method is used to achieve a load profile of the prior art. Consumption of electricity (capacity) and time of day are used as input variables to the fuzzy controller. The output signal of the controller is to reduce the load consumption of construction and energy savings. Residential apartments with different facilities are considered. Subsequently, the ranking is set for different devices so that the total load reduction can be achieved by activating on / off control of HVAC system devices.

References

1. Veronika Földváry, Hana Pustayová Bukovianska, Dušan Petráš. Analysis of Energy Performance and Indoor Climate Conditions of the Slovak Housing Stock Before and After its Renovation: 6th International Building Physics Conference IBPC 2015 // Energy Procedia, November 2015. – Vol. 78. – Pages 2184-2189.
2. Yu, T., Lin, C.: An intelligent wireless sensing and control system to improve indoor air quality: monitoring, prediction, and preaction. International Journal of Distributed Sensor Networks (2015).
3. H. Zhang, A. Ukil Framework for Multipoint Sensing Simulation for Energy Efficient HVAC Operation in Buildings: 41st IEEE Annual Conf. on Industrial Electronics-IECON. – Yokohama, Japan, Nov. 2015.
4. Abraham S., Li X. A Cost-Effective Wireless Sensor Network System for Indoor air Quality Monitoring Applications. Procedia Computer Science, 2014. – Vol. 34. – Pp. 165-171.
5. Omarov, B., Suliman, A., Kushibar, K. Face recognition using artificial neural networks in parallel architecture // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. – 91(2). – Pp. 238-248. Open Access.
6. Taleghani, M., Tenpierik, M., Kurvers, S., a review into thermal comfort in buildings // Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2013. – Vol. 26. – Pp. 201-215.

Получено 18.10.2019

МРНТИ 669.1

В.ИО. Чернавин, А.Г. Гольцев, В.Г. Харинов

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

ПРОВОЛОЧНАЯ ФИБРА ИЗ ОТРАБОТАННЫХ КАНАТОВ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ ВИД ДИСПЕРСНОЙ АРМАТУРЫ

Рассмотрены преимущества и области применения стальфибробетона с проволочной стальной фиброй. Представлена технология получения фибры из отработанных канатов, разработанная ТОО «Научно-производственное объединение ИННОТЕХ».

Сым болат фибралы болат фибробетонды қолдану саласы мен артықшылықтары қарастырылған. «ИННОТЕХ ғылыми-өндірістік бірлестігі» ЖШС өзірлеген пайдаланылған арқандарадан фибралы алу технологиясы ұсынылған.

The advantages and applications of steel fiber reinforced concrete with wire steel fiber have been considered. The technology of fiber production from spent ropes developed by INNOTECH Research and production Association LLP is presented.

Ключевые слова: стальфибробетон, проволочная фибра, отработанные стальные канаты, дисперсная арматура.

С каждым годом всё большее применение в строительстве находит стальфибробетон (СФБ), как эффективный конструкционный материал. Наибольшее распространение в настоящее время

получила стальная проволочная фибра. Объемы ее производства и применения постоянно растут. В мировой практике используется свыше 300 тыс. т. стальной фибры в год. В Республике Казахстан, к сожалению, объем применения этого перспективного материала значительно меньше. Небольшие объемы применения СФБ в значительной степени объясняются недостаточным его производством и пониманием казахстанскими строителями возможностей и преимуществ материала, дефицитом нормативной документации, недостатком рекламы и отсутствием целенаправленной работы по его применению, особенно со стороны проектных организаций. Металлическая фибра улучшает механические характеристики бетона после набора им прочности, т.е. выполняет силовые функции. Армирование бетона такой фиброй способствует улучшению его прочностных характеристик (предел прочности при растяжении увеличивается в 2,5-3 раза, при изгибе – в 3,5 раза, при сжатии – в 1,5 раза), ударная прочность повышается в 10 раз, вязкость при достижении предела прочности – в 20 раз, сопротивление истираемости – в 2 раза, трещиностойкость – до 6 раз. Значительно повышается деформативность, морозостойкость, термостойкость, водонепроницаемость и коррозионностойкость бетонных конструкций. Повышение физико-механических свойств СФБ позволяет снизить массу бетонных конструкций от 15-20 % до 5-10 раз. Изготовление сеток, каркасов, установка арматуры и её закрепление в проектном положении приводят к значительным затратам труда. Целесообразность применения стальной фибры заключается в следующем:

- 1) применение фибрового армирования существенно сокращает или полностью исключает арматурные работы и позволяет совместить технологические операции приготовления бетонной смеси и её армирования, что ведет к сокращению трудовых затрат на их проведение до 40 %;
- 2) бетон, армированный фиброй, по свойствам аналогичен бетону с удвоенным количеством арматуры, т.к. фибры распределены в бетоне во всех направлениях, но в данном случае армирование фиброй получается дешевле, чем укладка двойной арматуры;
- 3) при обычном армировании в углах находится чистый бетон и применение фибрового армирования дает возможность усилить углы конструкций;
- 4) возможность регулирования толщины элемента (при обычном армировании нижняя часть бетона служит только для удерживания арматуры, поэтому при армировании фиброй можно уменьшить толщину конструкции);
- 5) при укладке арматуры сначала производится заливка, а затем арматуру поднимают до необходимого уровня. Точность при этом – приблизительная;
- 6) при армировании фиброй возможность ошибки исключена; фибра может применяться в нестандартных конструкциях, где проблематично использовать арматуру;
- 7) фибра обладает высокой коррозионной и износостойкостью.

Таким образом, высокая технико-экономическая эффективность СФБ-конструкций по сравнению с железобетонными достигается вследствие уменьшения трудоемкости и материалоемкости, повышения долговечности и увеличения межремонтного ресурса, а также исключения недостатков, присущих стержневому армированию [1].

В Казахстане СФБ применяется в основном в промышленных полах (АО «Азия Авто», Риддерский механический завод ТОО «Казцинк»).

Фибра заводского изготовления, применяемая в качестве дисперсного армирования, имеет такие недостатки, как высокая стоимость (200-400 тенге/кг) и отсутствие собственного производства на территории Республики Казахстан.

Однако перечисленные недостатки отсутствуют у стальной фибры из отработанных стальных канатов, применяемых в мостовых, подвесных, строительных кранах и надшахтных копрах. Обладая теми же физико-механическими свойствами, что и заводские варианты, фибра из отработанных канатов может считаться перспективным типом армирования, а за счет низкой себестоимости канатов (30 тенге/кг) и большого количества сырья не только в регионе (ВКО), а и в стране её можно считать полноправным конкурентом на рынке дисперсного армирования.

В настоящее время для получения фибры из отработанных канатов ТОО «Научно-производственное объединение ИННОТЕХ» в рамках подпроекта «Технология изготовления фибры из

техногенных отходов», финансируемого в рамках проекта «Стимулирование продуктивных инноваций», поддерживаемого Всемирным Банком и Правительством Республики Казахстан, реализует следующую технологию получения фибры, упрощенная схема которой приведена на рис. 1 [2].

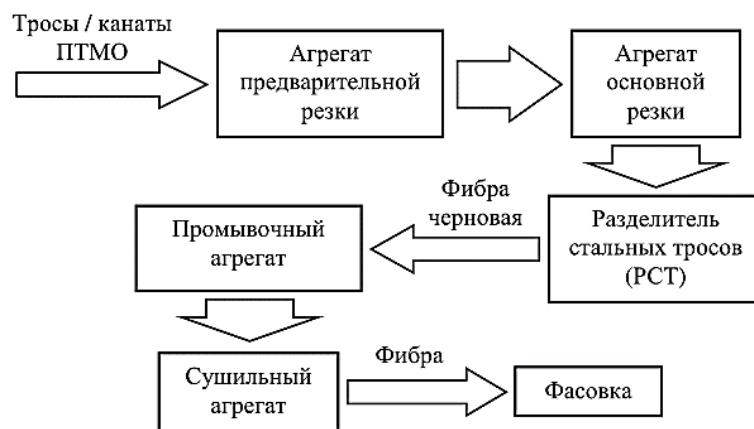


Рисунок 1 – Схема линии для изготовления фибры из отработанных канатов

На основании результатов, полученных в ВКГТУ им.Д. Серикбаева в рамках г/б НИР (договор с МОН РК №84-210-13 от 10.04.13) [2], с использованием разработанного оборудования предложен технологический процесс изготовления дисперсной арматуры – фибры.

Изготовление фибры, в общем случае, может производится следующим образом. Отработанные стальные канаты разрезают на отрезки заданной длины с помощью термофрикционной (предварительной) и абразивной (окончательной) дисковой резки. Полученные отрезки подвергают разделению на проволоки путем сложного сжимающе-истирающе-вибрационного воздействия в большой по протяженности зоне, что позволяет осуществлять разделение отрезков каната на проволоки за один проход через установку.

Далее дисперсная арматура в виде проволок, полученных в результате разделения отрезков каната, подвергается очистке от смазки и других загрязнений методом вибрационной мойки в ванне со специальной моющей жидкостью при сочетании химического, механического и гидродинамического воздействий на загрязнения. По достижении требуемого качества очистки фибры процесс мойки останавливается, фибра извлекается из ванны и отправляется далее на сушку или для использования по назначению.

Данный метод изготовления фибры с использованием для резки каната дисковых ножей, расщеплением отрезков каната на проволоки за счет сложного раздавливающе-истирающего воздействия на них за один проход между перетирающими поверхностями, качественной очисткой проволок дисперсной арматуры с моющей жидкостью в ванне, совершающей вибрационные колебания, позволит уменьшить энергоемкость и время процесса получения дисперсной арматуры, повысить производительность и эффективность процесса, уменьшить затраты на его проведение, повысить чистоту поверхности проволок, обеспечить хорошее сцепление проволок фибры с бетоном, а значит улучшить технологические свойства фибробетонов.

Производство проволочной фибры из отработанных канатов на оборудовании ТОО «Научно-производственное объединение ИННОТЕХ» с предварительной стоимостью 100-150 тенге/кг, что в два раза дешевле зарубежных аналогов, позволит расширить область применения СФБ [3]. Области эффективного применения сталифибробетона приведены в табл. 1.

Таблица 1.

Вид конструкций	Резерв экономии
1 Промышленные полы	1.1 Уменьшение толщины плиты пола 1.2 Снижение трудоёмкости и времени строительства до 40 % за счёт отсутствия необходимости изготовления и установки арматурных сеток 1.3 Увеличение износостойкости, ударной прочности и в целом долговечности 1.4 Снижение стоимости в деле до 24 %, приведённых затрат до 32 %
2 Сваи забивные	2.1 Снижение времени погружения сваи до 50 % 2.2 Высокая ударостойкость, что снижает брак (разрушение головы сваи) при забивке до 30 %
3 Стальфибробетонные безнапорные и низконапорные трубы	3.1 Уменьшение на 10–15 % толщины стенок 3.2 Увеличение несущей способности по сравнению с типовыми железобетонными до 2 раз
4 Кольца водопроводных и канализационных сетей	4.1 Уменьшение на 25 % толщины стенок при достаточной прочности, морозостойкости и водонепроницаемости 4.2 Снижение трудоёмкости до 30 %за счёт отсутствия необходимости изготовления и установки арматурных сеток
5 Стальфибробетонные тонкостенные элементы несъемной опалубки	5.1 Применение стальфибробетонной несъемной опалубки вместо инвентарной щитовой позволяет на 20-25 % снизить трудозатраты на строительной площадке, а также сократить сроки строительства

Важнейшим критерием эффективности работы СФБ является характеристика сцепления фибр с цементным камнем [1]. Основными факторами, влияющими на этот параметр, служат:

- соотношение длины фибры к её диаметру (l/d);
- шероховатость поверхности фибры;
- форма фибры.

Одновременно данные факторы не должны негативно сказываться на возможности приготовления бетонной смеси (перемешивание) и её однородности. Многочисленные исследования показали, что наиболее оптимальным соотношением является $l/d = 100$ (80-120). При $l/d \geq 120$ улучшается сцепление фибр с бетоном, но перемешивание бетонной смеси невозможно. При $l/d \leq 80$ улучшается однородность бетонной смеси и возможность её перемешивания, но снижается сцепление фибр (они выдергиваются из бетона при небольших усилиях).

Из механических способов обработки проволочной фибры с целью повышения прочности ее сцепления с цементным камнем заслуживает внимания с точки зрения эффективности и технологической доступности следующие:

- расплющивание концов фибры ($I_{\text{сц}}=8,9$);
 - зигзагообразное загибание фибры ($I_{\text{сц}}=4,7$),
- где $I_{\text{сц}}$ – отношение усилий выдергивания из цементного камня измененной фибры к обычной фибре (гладкой прямолинейной).

Из химических способов обработки фибры интересны следующие:

- нанесение покрытия из эпоксидной смолы и цемента ($I_{\text{сц}}=5,7$);
- горячее цинкование ($I_{\text{сц}}=7,8$).

Исходя из вышеизложенного, в настоящее время в ТОО «Научно-производственное объединение ИННОТЕХ» в рамках подпроекта «Технология изготовления фибры из техногенных отходов» выполняются следующие экспериментально-теоретические исследования: разработка технологии расплющивания концов фибры при резке канатов; зигзагообразное деформирование фибры; нанесение полимерного покрытия; цинкование.

Список литературы

1. Рабинович Ф.Н. Композиты на основе дисперсно армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции: Монография. – М.: Издательство АСВ, 2004. – 560 с.
2. Гурьянов Г.А. Совершенствование процессов и оборудования для производства компонентов фибробетона / Г.А. Гурьянов, А.В. Вавилов, М.В. Дудкин, В.Ю. Чернавин. – Усть-Каменогорск: ВКГТУ. – 2015. – 262 с.

3. Пухаренко Ю.В., Стерин В.С., Легалов И.Н. Многопрофильное применение фибробетонных конструкций: <http://www.allbeton.ru/article/306/13.html>.

Получено 18.10.2019

МРНТИ 29.19.17

Е.П. Шевчук¹, В.А. Плотников², Г.С. Бектасова¹

¹Восточно-Казахстанский государственный университет им. С. Аманжолова, г. Усть-Каменогорск, Казахстан

²Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Россия

**ВЛИЯНИЕ СОСТАВА БОРИРУЮЩЕЙ ПАСТЫ НА МИКРОТВЕРДОСТЬ ДИФФУЗИОННОГО
БОРИДНОГО СЛОЯ СТАЛИ 20 ПОСЛЕ ОТЖИГА В МУФЕЛЬНОЙ ПЕЧИ**

В статье представлены результаты исследований микротвердости диффузационных боридных слоев, образующихся с участием бора совместно с легирующим элементом – железом, способом нагрева в муфельной печи с применением различных составов борирующих обмазок конструкционной углеродистой стали 20. Результаты измерений получены при фронтальном исследовании поверхности, а также слоя в разрезе (по горизонтали и по вертикали).

Мақалада темір легирлеуші элементімен біріккен бор қатысуымен түзілген диффузиялық боридтік қабаттардың микротвёрдьлығын зерттеу қорытындылары көлтірлген. 20 болаттың құрылымды көміртекті болаттың боратқыш жабындардың әртүрлі құрамын қолдана отырып, муфельді пешті қыздыру әдісі қолданылды. Өтшеу нәтижелері беттің, сонымен қатар қабаттардың (көлденең және тігінен) бөлімінде фронтальды зерттеулері арқылы алынды.

The paper presents the results of investigations of the microhardness of diffusion boride layers formed with the participation of boron together with a doping element-iron. The method of heating in a muffle furnace using various compositions of borating coatings of structural carbon steel is St20. The results of the measurements were obtained with a frontal examination of the surface, and also in layers (horizontally and vertically) in a section.

Ключевые слова: микротвердость, диффузионный слой, боридный слой, микротвердомер.

Известно, что микротвердость металлов связана с удельной поверхностной энергией, которая является векторным свойством и зависит от напряжения в кристалле. Поэтому к оценке микротвердости диффузационных слоев следует подходить с учетом этих особенностей. Для получения сравнимых результатов измерения микротвердости необходимо измерять твердость в одинаковых условиях ориентации структуры слоя в одном и том же направлении или в разных с одинаковой ориентацией алмазного индентора относительно направления диффузии элементов [1].

В этом исследовании была поставлена цель измерения микротвердости диффузационного боридного слоя на поверхности упрочненной стали 20 и изучение изменения данного показателя по глубине слоя. Боридные слои, подвергаемые исследованию, были получены в результате отжига образцов, покрытых слоем специальной обмазки, в муфельной печи.

Экспериментальная часть. Отжиг образцов производился в лабораторной печи SNOL 30/1300, которая оснащена закрытыми нагревателями и осуществляет равномерный и быстрый нагрев с четырех сторон от 50°C до 1300°C и.

Конструкция печи – это камера (муфель), где набирается температура прогрева камеры печи до 1000°C. Сама камера выполнена из высококачественного вакуумированного волокна, а корпус – из стали, покрытой термоустойчивой порошковой краской. Нагреватели спирального типа, выполненные из никромовой проволоки, крепятся на керамических трубках, расположенных на двух боковых внутренних поверхностях камерах, и осуществляют нагрев с двух сторон. Высококачественные волокнистые термоизоляционные материалы минимизируют потери тепла, обеспечивая более быстрый нагрев, экономичное энергопотребление, а также позволяют долго сохранять жар (чем она надёжнее и меньше теплопотери, тем выше КПД изделия).

Процесс разогрева образца осуществляется путём прогрева массива муфеля: создаётся эффект духовки и обеспечивается равномерный прогрев.

Как известно, химико-термическая обработка, изменяя состав, структуру, а следовательно, и свойства поверхностных слоев материалов, является эффективным способом повышения долговечности деталей машин и инструмента, работающих в условиях различного износа при высоких температурно-силовых воздействиях. Данная обработка производится для повышения износостойкости, поверхностной, коррозионной и усталостной прочности стальных изделий [2-8, 12].

Для изучения кинетики роста боридных слоев на поверхности образцов стальных пластинок проводилось насыщение с помощью обмазки и кругового нагрева в печи. Паста для борирования содержала смесь порошков железа и бора в разных объемных пропорциях (25 % Fe-75 % H₃BO₃, 50 % Fe-50 % H₃BO₃, 75 % Fe-25 % H₃BO₃), гидроксид аммония и активированный уголь (углерод), при наличии или отсутствии в её составе жидкого стекла Na₂SiO₃ (концентрат). Борирование поверхности осуществлялось при высоких температурах (\approx 1000 °C) в течение 5 минут.

Жидкое стекло при смешивании со смесью порошков борной кислоты и железа создавало гелевую массу, в которой во время борирования наблюдается ряд химических процессов:

1) при температуре 50 °C происходит разложение активатора NH₄OH на аммиак в виде газа и воды;

2) при температуре 235°C происходит разложение борной кислоты на оксид бора и воду; борный оксид вступает в реакцию с углем и образуется чистый бор и угарный газ;

3) при температуре от 500 °C до 1000 °C аммиак разлагается на азот и водород в виде газа и исполняет роль переносчика бора в глубину структуры поверхностного слоя стальной пластины, образуя, таким образом, обширную диффузионную зону боридов железа [9].

В работе наблюдался значительный разброс экспериментальных значений микротвердости, что обусловлено различными составами обмазки поверхностного слоя исследуемых образцов. Поэтому в настоящей работе приводятся подробные составы обмазок 7 образцов (табл. 1), подвергаемых отжигу.

Таблица 1

№ образца	Состав обмазывающей пасты
1	Исходник без обмазки
2	50 % Fe+50 % H ₃ BO ₃ +NH ₄ OH+C+Na ₂ SiO ₃
3	50 % Fe-50 % H ₃ BO ₃ +NH ₄ OH+C
4	75 % Fe-25 % H ₃ BO ₃ +NH ₄ OH+C+Na ₂ SiO ₃
5	75 % Fe-25 % H ₃ BO ₃ +NH ₄ OH+C
6	25 % Fe+75 % H ₃ BO ₃ +NH ₄ OH+C+Na ₂ SiO ₃
7	25 % Fe+75 % H ₃ BO ₃ +NH ₄ OH+C

Измерение микротвердости велось по известной методике [13] как в направлении диффузии элементов, так и перпендикулярно этому направлению, т.е. по толщине слоя на его поперечном срезе, а также по краю образца.

Измерения микротвёрдости образцов выполнялось микротвердомером ПМТ-3 при нагрузке на индентор $P = 100$ г (0,98 Н) и времени выдержки при этой нагрузке 10 сек. В качестве индентора использовалась правильная четырехгранная алмазная пирамида с углом при вершине 136°, аналогично методу определения твердости по Виккерсу.

Микротвёрдость H_μ определяли в соответствии с требованиями ГОСТ 9450-60 и рекомендациями, приведенными в [13], с использованием формулы (1):

$$H_\mu = \frac{1854 P}{d_{\text{отп}}^2} [\text{кг} \cdot \text{с}/\text{мм}^2] = \frac{18.2 \cdot 10^3}{d_{\text{отп}}^2} [MH/\text{м}^2 = \text{МПа}], \quad (1)$$

где нагрузка P выражена в граммах, а диагональ отпечатка $d_{\text{отп}}$ – в микрометрах.

Результаты и обсуждения.

Проведены испытания на микротвёрдость исходного материала Ст20. Микротвёрдость исходного материала $H_\mu=22144$ МПа. После термического воздействия на обмазанные образцы определили микротвердость каждого из них и сравнили с исходными данными. Для этого сначала срезали обработанный смесью металлов и залили эпоксидной смолой, поставив металл перпендикулярно.

На рис. 1, 2, 3 можно видеть, как изменялась микротвердость в сравнении с другими образцами по видам проведения исследований – по горизонтали, по вертикали и по краю.

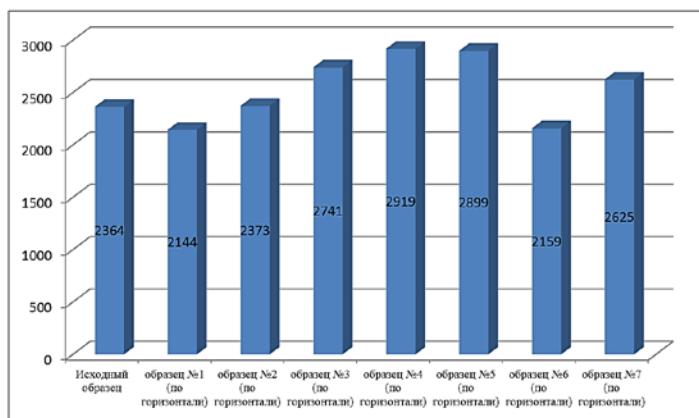


Рисунок 1 – Сравнительная диаграмма микротвердости образцов по горизонтали

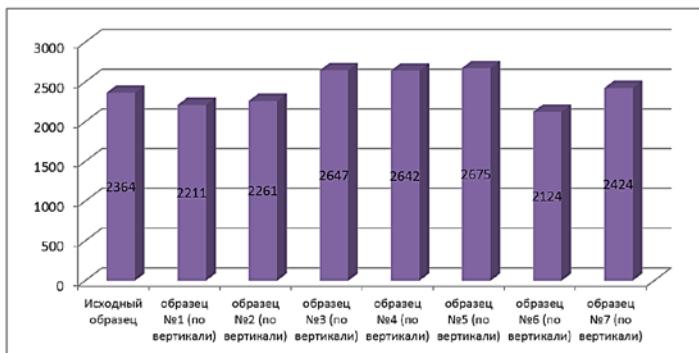


Рисунок 2 – Сравнительная диаграмма микротвердости образцов по вертикали

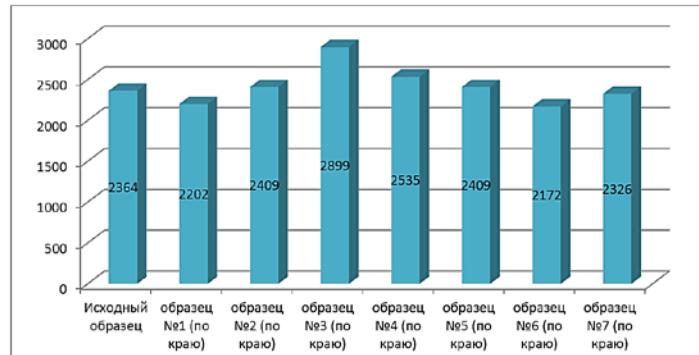


Рисунок 3 – Сравнительная диаграмма микротвердости образцов по краю

Такая разница в микротвердости объясняется различным фазовым составом слоев. При борировании наряду с боридами железа формируются фазы бора и интерметаллиды железа, обладающие меньшей твердостью. Меньшая микротвердость непосредственно на поверхности образцов объясняется образованием в этой зоне композиции боридов железа. В нижележащей зоне преимущественно формируются бориды железа [9, 11]. Под диффузионным слоем во всех случаях образуется переходная зона с крупнозернистой структурой (рис. 4).

Распределение микротвердости в ней зависит от природы легирующего элемента. Если же с бором диффундирует некарбидообразующий элемент – железо, то непосредственно под слоем образуется α -фаза с пониженной микротвердостью. Микротвердость диффузионных слоев зависит от состава расплава и режимов насыщения стали [10, 14].

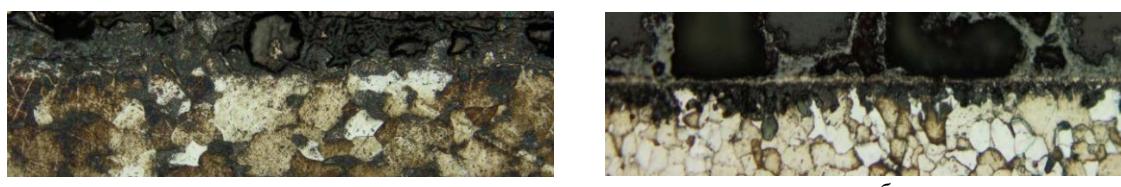


Рисунок 4 – Микроструктура исследуемых образцов:

a – исходный образец; б – образец, подвергнутый XTO с обмазкой, содержащей 25%Fe+75%H₃BO₃

Из вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. В настоящей работе впервые было установлено, что в продолжение процесса насыщения поверхностного слоя бором совместно с другими элементами бор оттесняется вглубь слоя с одновременным формированием в поверхностной зоне слоя интерметаллида легирующего элемента, наличие которого подтверждено рентгеноструктурным анализом.

2. Исследованиями установлен характер изменения микротвердости в зависимости концентрации компонента, обеспечивающего выделение легирующего диффузанта, участвующего вместе с бором в формировании боридного слоя.

3. В ходе исследования микротвердости диффузионных слоев на углеродистой стали 20 как по толщине слоя, так и на поверхности детали установлено влияние концентрации легирующего диффузанта на микротвердость диффузионных боридных слоев. Выявлена зависимость образования боридов железа от объемного содержания состава бор-железо в смеси обмазки.

Список литературы

1. Глазов В.М., Вигдорович В.Н. Микротвердость металлов. – М.: Металлургия, 1969. – 248 с.
2. Ворошнин Л.Г., Ляхович Л.С. Борирование стали. – М.: Металлургия, 1978. – 240 с.
3. Минкевич А.Н. Химико-термическая обработка металлов и сплавов. – М.: Машиностроение, 1965. – 492 с.
4. Обеднин Л.Ф., Афанасьев А.А., Локатош О.В. Влияние динамических нагрузок на процесс трения и износа сталей, упрочненных химико-термической обработкой // Вестник машиностроения. – М.: – 1970. – №12. – С. 23–24.
5. Лахтин Ю.М., Арзамасов Б. Н. Химико-термическая обработка металлов. – М.: Металлургия, 1985. – 256 с.
6. Ворошнин Л.Г. Многокомпонентные диффузионные покрытия. – Минск: Наука и техника, 1981. – 296с.
7. Ворошнин Л.Г. Борирование промышленных сталей и чугунов. – Минск: Беларусь, 1981. – 205 с.
8. Бельский Е.И., Ситкович М.В., Понкратин Е.И., Стефанович В.А. Химико-термическая обработка инструментальных материалов. – Минск: Наука и техника, 1986. – 247 с.
9. Смольников Е.А., Сарманова Л.М., Ковалева Л.И. Применение борирования для повышения стойкости режущего и штамповочного инструмента // Сб. трудов ВНИИинструмент. – М., 1982. – С. 181-184.
10. Тараков С.Ю., Трусова Г.В., Колубаев А.В., Сизова О.В. Структурные особенности боридных покрытий триботехнического назначения // МиТОМ. – 1995. – №6. – С. 35-38.
11. Кайдаш Н.Г. Влияние диффузионного насыщения на жаростойкость стали. – В кн.: Жаропрочность и жаростойкость металлических материалов. – М., Наука, 1976. – С. 216-220: ил.
12. Золоторевский В.С. Механические испытания и свойства металлов / В.С. Золоторевский. – М.: Металлургия, 1974. – 304 с.
13. Харитонов Л.Г. Определение микротвердости / Л.Г. Харитонов. – М.: Металлургия, 1967. – 46 с.
14. Миркин Л.И. Справочник по рентгеноструктурному анализу поликристаллов / Л.И. Миркин. – М.: Госиздат. Физ. мат. литературы, 1961. – 863 с.

Получено 18.10.2019



МРНТИ 86.21.00

Г.Т. Айткенова, Ж.Х. ЕсбенбетоваРГКП «Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда
Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан», г. Нур-Султан**ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОПАСНОСТЕЙ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ КАК ЭЛЕМЕНТ ОЦЕНКИ
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ**

В статье представлены результаты идентификации вредных и опасных производственных факторов по профессиям на примере одного из предприятий пищевой отрасли. Идентификация опасностей проводилась по методике расчета индивидуального показателя степени профессионального риска на рабочих местах основных и вспомогательных подразделений. Идентификация опасностей является важным этапом оценки профессионального риска и рекомендуется к использованию при оценке рисков и в разработке системы управления охраной труда на предприятиях независимо от вида экономической деятельности.

Мақалада тағам саласы кәсіпорындарының бірі мысалында кәсіптер бойынша зиянды және қауіпті өндірістік факторларды идентификациялау нәтижелері берілген. Кауіптерді идентификациялау негізгі және қосалқы бөлімшелердің жұмыс орындарында кәсіби тәуекел дәрежесінің жеке көрсеткішін есептей әдістемесі бойынша жүргізілді. Қауіптерді идентификациялау кәсіби тәуекелді бағалаудың маңызды кезеңі болып табылады және тәуекелдерді бағалау кезінде және экономикалық қызмет түріне қарамастан кәсіпорындарда еңбекті қорғауды басқару жүйесін өзірлеуде пайдалануға ұсынылады.

The article presents the results of the identification of harmful and hazardous production factors by profession on the example of one of the enterprises in the food industry. Hazards were identified by the method of calculating an individual indicator of the degree of professional risk at the workplaces of the main and auxiliary divisions. Hazard identification is an important step in the assessment of occupational risk, and is recommended for use in risk assessment and in the development of a safety management system for enterprises regardless of the type of economic activity.

Ключевые слова: безопасность и охрана труда, идентификация опасностей, оценка профессионального риска.

Влияние вредных факторов на организм работников зависит от его профессиональной деятельности и от производственной среды, в котором он работает. Многолетние исследования ученых многих стран мира показывают, что на долю вредных и опасных факторов, генерируемых производственной средой, приходится до 30 % причинных последствий отклонения здоровья работника, то есть здоровье работника зависит от профессиональных рисков, действующих при исполнении им трудовых обязанностей [1].

На сегодняшний день существуют различные методики оценки профессионального риска, направленные на улучшение условий труда и снижение производственного травматизма, влияющие на жизнь и здоровье работников. Вместе с тем анализ показал, что в современных условиях на предприятиях республики, данные методики использовать сложно из-за несоответствия отечественному законодательству. В связи с этим Институтом РГКП «РНИИОТ МТСЗН РК» разработана методика расчета индивидуального показателя степени профессионального риска (далее - Методика) [2, 3]. Данная методика была апробирована более чем на 15 предприятиях различных отраслей, форм собственности и управления.

Идентификация рисков (опасностей) является важным этапом в управлении профессиональными рисками, обеспечивающим достоверное информирование о реальных условиях труда на предприятиях.

В данной статье представлены результаты идентификации рисков (опасностей), согласно разработанной методике, на примере одного из предприятий, основными видами деятельности которого является производство безалкогольных напитков.

Предприятие относится к субъектам среднего предпринимательства, общая численность работников 98 человек. Организационная структура предприятия состоит из административно-управленческого (20 % от общей численности), основных (69 %) и вспомогательных подразделений (11 %).

Для определения идентификации опасностей на предприятии выделены следующие основные опасные и вредные производственные факторы:

- физические, с повышенными значениями уровней: ультрафиолетового излучения при выполнении электрогазосварочных работ (электрогазосварщик), шума, связанные со спецификой работы (операторы и купажист цеха производства продукции, токарь фрезеровщик);

- психофизиологические, с повышением параметров тяжести трудового процесса при выполнении ремонтных и погрузочных работ (грузчик, электрослесарь) и напряженности трудового процесса у операторов и купажистов, занятых в цеху производства продукции (психо-эмоциональная нагрузка, обусловленная спецификой работы);

- механические факторы, такие, как силовое воздействие (движущиеся машины и механизмы, острые кромки и т.п.); опасность поражения электрическим током при работе на имеющихся электроустановках, щитовых и т.п.

Для определения потенциальной опасности были идентифицированы рабочие места основных и вспомогательных подразделений.

В табл. 1 приведена идентификация опасностей на рабочих местах (по профессиям) в основных подразделениях предприятия.

Таблица 1

*Идентификация опасностей на рабочих местах (по профессиям)
в основных подразделениях предприятия*

Подразделения, должности, профессии	Виды опасностей (по номенклатуре согласно методике)
<i>Цех производства готовой продукции: начальник цеха производства продукции, мастер цеха, операторы цеха производства продукции, купажист, сервис-инженер линий розлива, инженер наладчик линии розлива, наладчик оборудования, мастер по ремонту оборудования, уборщик производственных помещений</i>	<ul style="list-style-type: none"> - падение работника при передвижении (с одной точки до другой) (M1.2); - падение, обрушение, обвал предметов (материалов, и т.д.) на работника (M1.3); - наезд транспортного средства при передвижении по территории предприятия (M2.1); - воздействие движущихся и врачающихся частей оборудования, механизмов, машин (M3.1); - воздействие элементов конструкции производственного оборудования, которые имеют острые углы, кромки, заусенцы и неровные поверхности, также воздействие высокой и низкой температур поверхности оборудования при движении работника (M3.2); - поражение электрическим током (M4.1); - угроза пожара или взрыва, в том числе вызванных электричеством (M5.1). Шум, напряженность трудового процесса

Следовательно, анализ идентификации опасностей на рабочих местах (по профессиям) предприятия показывает, что работники основного производственного подразделения подвергаются таким видам опасностей, как падение работника при передвижении, воздействие высокой и низкой температуры, поверхности оборудования при движении работника, угроза пожара, вызванного электричеством и т.д. В цеху производства продукции зафиксированы превышение уровней шума и напряженности трудового процесса.

В табл. 2 приведена идентификация опасностей на рабочих местах (по профессиям) вспомогательного подразделения предприятия.

Таблица 2

Идентификация опасностей на рабочих местах (по профессиям) вспомогательного подразделения предприятия

Подразделения, должности, профессии	Виды опасностей (по номенклатуре согласно методике)
<p><i>Лаборатория:</i> лаборант химвodoочистки, лаборант по приготовлению настоев.</p> <p><i>Склад готовой продукции:</i> заведующий складом, кладовщик, упаковщик склада экспедиции готовой продукции, грузчик.</p> <p><i>Энерготехническая служба:</i> Оператор по обслуживанию фреоновых холодильных установок энерготехслужбы, электрослесарь, слесарь сантехник.</p> <p><i>Механическая служба:</i> главный механик межсервиса, слесарь, электрогазосварщик, токарь фрезеровщик.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - падение работника при передвижении (M1.2); - падение, обрушение, обвал предметов на работника (M1.3); - падение, разрушение зданий, сооружений и их элементов (M1.4); - наезд транспортного средства при передвижении по территории предприятия (M2.1); - аварии на транспорте (M2.2); - воздействие движущихся и врачающихся частей оборудования, механизмов, машин (M3.1); - воздействие элементов конструкции производственного оборудования, которые имеют острые углы, кромки, заусенцы и неровные поверхности, также воздействие высокой и низкой температур поверхности оборудования при движении работника (M3.2); - поражение электрическим током (M4.1); - угроза пожара или взрыва, в том числе, вызванных электричеством (M5.1). <p>Инфракрасное излучение, ультрафиолетовое излучение, шум, тяжесть трудового процесса</p>

Проведенный анализ идентификации опасностей на рабочих местах (по профессиям) вспомогательного подразделения предприятия показывает, что работники подвергаются таким видам опасностей, как падение при передвижении (с одной точки до другой); падение, обрушение, обвал предметов на работника; падение, разрушение зданий, сооружений и их элементов; наезд транспортного средства при передвижении по территории предприятия; воздействие движущихся и врачающихся частей оборудования, механизмов, машин и т.д. (табл. 2). Также превышены уровни инфракрасного излучения, ультрафиолетового излучения, шума и тяжести трудового процесса.

Таким образом, по результатам идентификации опасностей в основных и вспомогательных подразделениях были определены вредности и опасности физического, психофизиологического и механического воздействия на организм работников.

Как отмечено выше, идентификация опасностей является одним из основных элементов оценки профессиональных рисков по разработанной методике и может быть использована в разработке системы управления охраной труда на предприятии.

Список литературы

1. Профессиональный риск. Теория и практика расчета / Под ред. А.Г. Хрупачева, А.А. Хадарцева. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2011. – 330 с.
2. Бисакаев С.Г., Абикенова Ш.К. Есбенбетова Ж.Х., Грибенко Л.А., Танабаева А.Е., Абилов А.К., Сарыбаева К.Д. Методика расчета степени индивидуального профессионального риска в зависимости от условий труда и состояния здоровья работника: Научное издание. Свидетельство о государственной регистрации прав на объект авторского права № 2259 от 3 октября 2017 года.
3. Бисакаев С.Г. Методические рекомендации по внедрению системы управления профессиональными рисками на предприятии / Бисакаев С.Г., Абикенова Ш.К., Есбенбетова Ж.Х. – Астана: РГКП «РНИИОТ МТЗСН РК», Астана, 2017 г. – С. 58.

Получено 18.10.2019

МРНТИ 86.35.00

Е.Ж. Князов, С.А. Бекеева, А.Д. КантарбаеваРГКП Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда
Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан, г. Нур-Султан

**ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ РИСК И АДАПТАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ РАБОТНИКОВ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

Представлены результаты оценки показателей адаптационного потенциала, усредненные по профессиям, и результаты оценки профессиональных рисков работников сельского хозяйства к производственным нагрузкам, а также зависимость степени адаптации к условиям среды от возраста работников сельского хозяйства. Установлено, что 50 % работников 46 профессий сельскохозяйственного предприятия находились в состоянии удовлетворительной адаптации и 50 % в состоянии напряжения механизмов адаптационных возможностей, что свидетельствует о вредных условиях труда, приводящих к ухудшению функционального состояния и адаптационных резервов организма. При этом результаты исследования показали, что удовлетворительная адаптация работников характерна для 1-ой, 2-ой и 3-й возрастных групп, тогда как для 2-ой и 4-ой установлены напряжения механизмов адаптации. Профессиональный риск 3 степени установлен у работника профессии сварщика, что связано с воздействием на рабочем месте химических факторов, таких как сварочный аэрозоль, марганец, соединения железа и хлора. По результатам оценки вредности условий труда установлено превышение уровней производственных факторов физического воздействия, таких как тепловое излучение, инфракрасное излучение, шум, а также концентрации химических факторов.

Еңбек қауіпсіздігі және еңбекті қорғау мәселелері жөніндегі мемлекеттік саясаттың негізгі бағыты еңбек процесінде адамның өмірі мен деңсаулығын сақтау үшін өндірістегі қауіпсіз еңбек жағдайларын қамтамасыз ету болып табылады. Қазақстанның Дүниежүзілік сауда ұйымына кіруі, Халықаралық еңбек ұйымының № 155 және № 187 конвенцияларын ратификациялау еңбекті қорғау саласындағы отандық еңбек заңнамасын дамыған өлдердің заңнамасымен үйлестіруді және көсібі тәуекелдерді басқару негізінде еңбекті қорғауды басқару жүйесін өнгізу бойынша белсенді жұмыс жүргізуі талап етеді. Қазақстан Республикасындағы көсіпорындарында зиянды және (немесе) қауіпті еңбек жағдайларында жұмыс істейтіндердің саны, өндірістік жарапттану деңгейі, соның ішінде өліммен аяқталған, көсіптік аурулар саны, еңбек ету қабілетінен айрылуы салдарынан жұмыс уақытының жоғалуы сияқты индикаторлардың динамикасы еңбекті қорғауды ұйымдастыруды жаңа инновациялық тәсілдерді белсенді іздестіруді талап етеді.

The main direction of state policy on safety and labor protection is to ensure safe working conditions in the workplace to preserve human life and health in the work process. Kazakhstan's accession to the World Trade Organization, ratification of conventions of the International Labor Organization No. 155 and No. 187 require harmonization of domestic labor legislation in the field of labor protection with the legislation of developed countries and active work to implement a labor protection management system based on occupational risk management. At enterprises in the Republic of Kazakhstan, the dynamics of such indicators as the number of people employed in harmful and (or) dangerous working conditions, the level of occupational injuries, including fatalities, the number of occupational diseases, the loss of working time due to loss of ability to work, require an active search for new innovative approaches to the organization of labor protection.

Ключевые слова: сельское хозяйство, условия труда, адаптационный потенциал организма, методы адаптации, механизм адаптации.

Трудовая деятельность работников сельского хозяйства, в том числе и механизаторов, протекает в условиях воздействия целого комплекса вредных профессионально обусловленных факторов условий труда, таких как шум и вибрация, микроклиматический дискомфорт, запыленность и загрязнённость воздуха рабочей зоны вредными веществами, чрезмерные физические и эмоциональные нагрузки [1]. Наряду с этим вредные условия труда могут служить факторами риска развития профессиональных заболеваний, являющихся причиной потери трудоспособности работников [2, 3].

Проблема сохранения здоровья работников сельскохозяйственного предприятия ставит основную задачу – обеспечение безопасности труда. При этом особое значение приобретает изучение

адаптационного потенциала организма работников сельского хозяйства, и в том числе механизаторов, в процессе трудовой деятельности, что позволит определить индивидуальный профессиональный риск и своевременно принять профилактические меры [1].

Исходя из вышеизложенного, целью исследования явилась оценка профессионального риска и функционального состояния адаптационного потенциала работников сельскохозяйственного производства к условиям труда и производственным нагрузкам.

Методы исследования.

На основании статьи 181 Кодекса РК от 18.09.2009 г. №193-IV «О здоровье народа и системе здравоохранения», с участниками исследований была проведена процедура оформления письменного информированного согласия на участие в исследованиях. Далее у каждого работника измерялся рост и масса тела, регистрировался возраст, пол. Также для расчетно-экспериментального определения функционального состояния и физической работоспособности работников исследуемого предприятия проводили измерения систолического и диастолического артериального давления по методу Короткова и частоты сердечных сокращений в покое. У работников рассчитывался адаптационный потенциал (АП) по методу Баевского Р.М., в соавт. [4,5]:

$$\text{АП} = 0,011 \times (\text{ЧСС}) + 0,014 \times (\text{САД}) + 0,008 \times (\text{ДАД}) + \\ + 0,014 \times (\text{В}) + 0,009 \times (\text{М}) - 0,009 \times (\text{Р}) - 0,273,$$

где ЧСС – частота сердечных сокращений, уд/мин; В – возраст в годах; САД и ДАД – систолическое и диастолическое артериальное давление, мм рт.ст.; ЧСС – частота сердечных сокращений, уд/мин; М – масса тела, кг; Р – рост испытуемого, см.;

По значению АП определялось функциональное состояние работников. Далее по шкале функционального состояния работники были отнесены к определенным группам (табл. 1).

Таблица 1
Шкала определения функционального состояния работников

Пороговые значения функционального состояния	Баллы
Удовлетворительная адаптация	менее 2,60
Напряжение механизмов адаптации	2,60 – 3,09
Неудовлетворительная адаптация	3,10 – 3,60
Срыв адаптации	более 3,60

Оценка профессионального риска проводилась на основе методики расчета индивидуального показателя степени профессионального риска, разработанной РГКП «РНИИОТ МТСЗН РК» [6]. Индивидуальный профессиональный риск рассчитывается на основе 5-ти показателей риска на рабочем месте для работника отдельно взятой профессии с учетом возможного воздействия факторов вредности условий труда, травмоопасности условий труда, безопасности производственного оборудования, обеспеченности средствами индивидуальной защиты и заболеваемости. С учетом последствий риски подразделяются на пять степеней:

- 1 степень – допустимый риск;
- 2 степень – низкий риск;
- 3 степень – средний риск;
- 4 степень – высокий риск;
- 5 степень – очень высокий риск.

Оценка профессиональных рисков проведена по 46 должностям и профессиям производственного персонала.

Результаты исследования.

При исследовании степени профессионального риска в разрезе по профессиям сельскохозяйственного предприятия было установлено, что из 46 профессий 1 степень риска у работников 25 профессий (54,3 %); 2 степень – 20 профессий (43,4 %); 3 степень – 1 профессии (2,3 %). Профессиональный риск 3 степени был установлен у сварщика. По результатам оценки вредности условий труда установлено превышение уровней производственных факторов физического воздей-

ствия, таких как тепловое излучение, инфракрасное излучение, шум, а также концентрации химических факторов, таких как сварочный аэрозоль, марганец, соединения железа и хлора.

С целью выявления зависимости функционального состояния организма от условий труда и степени профессионального риска была проведена оценка адаптационных возможностей работников. Общая численность участников обследования на предприятии отрасли сельского хозяйства составила 13 работников (7 мужчин и 6 женщин) из 8 различных профессий.

В табл. 2 представлены результаты оценки функционального состояния организма работников, с указанием профессий в 4-х группах функционального состояния работников, которые показаны в сравнительном анализе по 4 показателям профессионального риска. Установлено, что к удовлетворительной адаптации условиям труда (1 группа) относятся 4 профессии (50 % от общего количества профессий). Напряжение механизмов адаптации было установлено у работников 4 профессий (50 % от общего количества профессий). Неудовлетворительная адаптация и срыв адаптации функционального состояния у работников сельскохозяйственного предприятия не установлена.

Таблица 2

Показатели адаптационного потенциала, усредненные по профессиям и результаты оценки профессиональных рисков работников сельского хозяйства

Наименование профессии	Оценка функционального состояния работников		Степень ПР	В том числе:				
	баллы	группы		1*	2*	3*	4*	5*
1 группа (удовлетворительная адаптация до 2,6 балла)								
Зав.отделом НЗиК	2,215	1	1	1	2	1	2	1
Младший НС	1,823	1	1	1	2	1	2	1
Лаборант	1,795	1	1	1	2	1	2	1
Рабочий	2,313	1	2	2	2	3	2	1
2 группа (напряжение механизмов адаптации от 2,6 до 3,09 балла)								
Начальник АХО	3,024	2	2	2	2	1	2	1
Зав.отделом КиП	2,811	2	1	1	2	1	2	1
Лаборант	2,943	2	1	1	2	1	2	1
Рабочий	2,939	2	2	2	2	3	2	1

*1 – оценка вредности условий труда (вредности производственных факторов); 2 – оценка травмоопасности условий труда (опасности производственных факторов); 3 – оценка безопасности производственного оборудования; 4 – оценка обеспеченности средствами индивидуальной защиты; 5 – риск заболеваемости.

Сравнительный анализ оценки функционального состояния работников в возрастном аспекте с учетом стажа представлен в таблице 3. Работники предприятия (13 человек) были разделены на 3 возрастные группы: 1 группа – 18-30 лет; 2 группа – 31-40 лет; 3 группа – 51-60 лет.

Таблица 3

Зависимость степени адаптации к условиям среды от возраста работников сельского хозяйства

Возрастные группы	Количество обследованных	Группы функционального состояния			
		1*	2*	3*	4*
1 группа – 18-30 лет	3	100 % / 3 чел.	-	-	-
2 группа – 31-40 лет	2	50 % / 1 чел.	50 % / 1 чел.	-	-
3 группа – 51-60 лет	8	37,5 % / 3 чел.	62,5 % / 5 чел.	-	-
ИТОГО	13	54 % / 7 чел.	46 % / 6 чел.	-	-

*1 – удовлетворительная адаптация; 2 – напряжения механизмов адаптации; 3 – неудовлетворительная адаптация; 4 – срыв адаптации.

Результаты исследования показали, что 100 % работников 1 группы (3 человека) сельскохозяйственного предприятия находились в состоянии удовлетворительной адаптации, тогда как работники 2 и 3 возрастных групп (10 человек), находились в состоянии напряжения механизмов адаптационных возможностей организма. Как следует из представленных данных, зависимость степени адаптации к условиям среды от возраста работников 2 и 3 групп составляла 50 % и 37,5 %, что соответствовало состоянию функционального напряжения. С увеличением возраста работников значения изменились, что свидетельствует о снижении адаптационных возможностей у лиц данной группы и напряжения механизмов адаптации к действующей на организм нагрузке. Полученные данные свидетельствуют о вредных условиях труда, приводящих к ухудшению функционального состояния и адаптационных резервов организма [7].

Таким образом, исследование профессионального риска и функционального состояния работников сельскохозяйственного предприятия показало, что нарушение адаптационных механизмов проявляется на фоне вредных факторов производственной среды и соответственно приводит к средней степени профессионального риска. С возрастом у работников проявляется ухудшение функционального состояния организма, что приводит к напряжению механизмов адаптации. Рекомендуется провести профилактические мероприятия по оздоровлению работников данной категории. Для работника профессии слесарь (3 степень риска) необходимо обеспечить целенаправленные оздоровительные и профилактические мероприятия по повышению защитных свойств организма. При правильном проведении профилактических мер напряжение механизмов адаптации к условиям трудового процесса у работников достаточно быстро восстанавливается.

Из вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

- Условия труда работников сельскохозяйственного предприятия сопряжены с влиянием микроклимата, воздействием шума и вибраций, загрязнением воздуха рабочей зоны пылью и вредными химическими веществами.
- Факторы вредности условий труда оказывают воздействие на механизмы адаптации, приводя к снижению резервных возможностей организма работников.
- Выявлена зависимость влияния возраста на уровень функционального состояния организма и снижения адаптационных возможностей работников сельскохозяйственного предприятия.

Список литературы

1. Райкин С.С., Новикова Т.А. Оценка функционального состояния и адаптационных резервов механизаторов сельского хозяйства с различным стажем работы в профессии // Анализ риска здоровью. – 2015. – №3. – С. 55–60
2. Спирин В.Ф., Новикова Т.А., Герштейн Е.Г. Гигиенические проблемы управления профессиональными рисками у работников сельского хозяйства // Здравоохранение Российской Федерации. – 2008. – № 1. – С. 19–20.
3. Условия труда как факторы профессионального риска функциональных нарушений у механизаторов сельского хозяйства / Т.А. Новикова, С.С. Райкин, В.С. Буянов, В.Ф. Спирин, Р.Б. Рахимов // Анализ риска здоровью. – 2014. – № 2. – С. 48–53.
4. Коротков Н.С. К вопросу о методах исследования кровяного давления // Известия Императорской Военно-медицинской академии. – 1905. – Т. 11. – С. 365–367.
5. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. – М.: Медицина, 1997. – 320 с.
6. Методические рекомендации по внедрению системы управления профессиональными рисками на предприятии / Бисакаев С.Г., Абикенова Ш.К., Есбенбетова Ж.Х.//ISBN 978-601-06-4724-4. – Астана: РГКП «РНИИОТ МТСЗН РК», 2017. – 84 с.
7. Бекеева С.А., Еспенбетова Ж.Х., Нургазиева А.Е. Адаптационный потенциал водителей большегрузных автосамосвалов горнодобывающей промышленности // Наука и Мир, 2019. – № 2 (66). – Т. 1. С. 37–39.

Получено 18.10.2019

МРНТИ 86.00.00

Д.Б. Муканова, А.Б. Ибраева, Е.В. Саввин, С.Т. Шорманов, С.Т. Куанышбаев
РГКП «Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда
Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан», г. Нур-Султан

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗРАБОТАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА
И ИХ ВНЕДРЕНИЕ НА ПРАКТИКЕ**

В данной статье рассматриваются основные направления внедрения систем управления охраной труда в зарубежных странах. Проведен анализ нормативно-правовых документов и литературных источников в части истории создания системы управления охраной труда. Также исследованы различные алгоритмы подготовки и внедрения системы управления охраной труда на предприятиях.

Мақалада еңбек қауіпсіздігі жөне еңбекті қорғауды басқару жүйесін шетелдерге өнгізуідің негізгі бағыттары қарастырылады. Еңбекті қорғауды басқару жүйесінің құрылу тарихына қатысты нормативтік құжаттар мен әдеби деректерге талдау жасалды. Еңбекті қорғауды басқарудың негізгі проблемаларына талдау ұсынылған. Сондай-ақ көсіпорында еңбекті қорғауды басқару жүйесін дайындаудың жөне өнгізуін өртүрлі алгоритмдері зерттелген.

This article concerns the main directions of introduction of occupation health and safety management systems in foreign countries. The analysis of normative-legal documents and literary sources in a part of history of creation of the occupation health and safety management systems has been implemented. Various algorithms of preparation and introduction of the enterprises have been also investigated.

Ключевые слова: охрана труда, анализ, система управления охраной труда, разработка, внедрение, профессиональные риски.

Сохранение жизни и здоровья работающих в процессе трудовой деятельности является одной из приоритетных задач любого государства [1].

В этой связи охрана труда и здоровья граждан в Республике Казахстан возведена в ранг приоритетного направления социальной политики государства, поэтому статья 24 Конституции Республики Казахстан гласит, что каждый имеет право на труд в условиях, отвечающих требованиям безопасности и гигиены [2].

Говоря об уровне охраны труда в Казахстане, нельзя не отметить, что законодательство в этой сфере в настоящее время стремится соответствовать международным стандартам. Акты Международной организации труда находят свое воплощение практически во всех нормах национального законодательства, однако приходится констатировать, что на сегодняшний день в стране вопрос об охране труда и обеспечении безопасности на производстве, сохранении жизни и здоровья работников стоит довольно остро.

Действующая система управления в области охраны труда на недостаточном уровне предусматривает проведение мер по профилактике несчастных случаев на производстве, не стимулирует работодателей и страховые организации к улучшению условий труда, перекладывает ответственность за причины травматизма на самого пострадавшего, носит затратный и компенсаторный характер, ориентирована на устранение последствий травматизма и заболеваемости работников, выплату компенсаций пострадавшим.

На предприятиях в РК динамика таких индикаторов, как численность занятых во вредных и (или) опасных условиях труда, уровень производственного травматизма, в том числе и со смертельным исходом, количество профессиональных заболеваний, потери рабочего времени, вследствие утраты трудоспособности, требуют активного поиска новых инновационных подходов в организации охраны труда.

Особенно малый бизнес республики требует отдельного внимания. Большинство несчастных случаев на малых предприятиях происходит из-за отсутствия должной организации труда, низкой дисциплины, невыполнения должностными лицами и работниками обязанностей по соблюдению требований безопасности [4]. Особенno эти тенденции возрастают на фоне ежегодного увеличения их количества. Так, например, в 2018 году в республике было зарегистрировано 424 796 малых предприятий – это на 5 % больше зарегистрированных предприятий в 2017 году и на 22 % больше по сравнению с 2016 годом [3].

Факты свидетельствуют: в основном на предприятиях безопасностью труда начинают заниматься после произошедшего несчастного случая или после проверок надзорных органов. Все это вызывает тревогу и требует усиления внимания к проблемам охраны труда в сфере малого предпринимательства [4]. Также большую роль в сложившейся ситуации сыграл мораторий на проверки госорганами объектов малого и среднего бизнеса.

В последнее время практика показывает, что наиболее эффективно управлять охраной труда возможно только при использовании системного подхода. Реализовать такой подход можно при помощи внедрения системы управления охраной труда (СУОТ). Она предусматривает комплексный подход к формированию и реализации политики в области охраны труда, при которой все элементы взаимосвязаны и работают в четком взаимодействии [4].

Анализ нормативно правовых документов, литературных источников показывает, что СУОТ в странах постсоветского пространства, в том числе и в Республике Казахстан, начала развиваться после 1980 года. Разработке СУОТ предшествовали многие законодательные и нормативные документы, подготавливая условия для создания системности в работе по охране труда.

На основе законодательных и нормативных документов впервые в 1986 году были разработаны «Рекомендации по внедрению системы управления охраной труда в колхозах, совхозах и других сельскохозяйственных предприятиях». Разработанные рекомендации не имели перечень элементов системы и внедрять их было очень тяжело из-за недостаточного понимания самой системы управления охраной труда [5].

В 1987 году АПК СССР разработали «Общие положения и методические указания по управлению охраной труда в системе Госагропрома СССР» [9]. Этот документ оказался более конкретным и целенаправленным, его можно было применить к непосредственной работе по созданию СУОТ в организациях. Указанный нормативный документ был взят за основу при разработке Межгосударственного стандарта ГОСТ 1.0.230 – 2007.

Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.0.230-2007, требования которого идентичны требованиям Руководства МОТ-СУОТ 2001 (ILO-OSH 2001) [11], в настоящее время является основой для практической реализации унифицированных подходов к управлению безопасностью и охраной труда в странах ЕАЭС, в том числе и в Республике Казахстан.

Недостатком стандарта является то, что стандарт не согласуется с методологией современных систем менеджмента, реализованных в стандартах серий ИСО 9000 и ИСО 14000, которые основаны на лидерстве и ответственности высшего руководства. Также для полного понимания требований стандарта и облегчения разработки на его основе конкретных положений, правил и инструкций специалистам по охране труда нужны дополнительные пояснения, а также руководящие и нормативно закрепленные рекомендации по формированию и проведению согласованной политики по стандартизации, метрологии и сертификации в странах Содружества Независимых Государств.

В Республике Казахстан вся организация работ по разработке и внедрению СУОТ опирается на Трудовой кодекс Республики Казахстан и непосредственно на серию следующих национальных стандартов:

- СТ РК 12.0.001-2005 «ССБТ. Общие требования к системе управления охраной труда в организации»;
- СТ РК 12.0.003-2010 «Система стандартов безопасности труда. СУОТ в организации. Общие требования по разработке, применению, оценке и совершенствованию»;
- СТ РК 12.0.004-2010 «Система стандартов безопасности труда. СУОТ на малых предприятиях. Требования и рекомендации по применению»;
- СТ РК OHSAS 18001-2008 «Системы менеджмента профессиональной безопасности и здоровья. Требования»;
- СТ РК OHSAS 18002-2010 «Системы менеджмента в области охраны труда и предупреждения профессиональных заболеваний. Руководящие указания по внедрению СТ РК OHSAS 18001-2008»;
- СТ РК OHSAS 18002:2010 «Системы управления гигиеной труда и безопасностью на рабочем месте. Руководство по внедрению стандарта OHSAS 18001:2008».

Настоящие стандарты содержат требования к разработке, внедрению, оценке рисков, мониторингу, аудиту и работе по совершенствованию СУОТ на основе выполнения требований законодательства РК в области безопасности и охраны труда и представляют собой методическую основу для организации современных систем менеджмента в области охраны труда на предприятиях республики.

Однако стандарты имеют методические недостатки, в частности описаны все процессы управления рисками, в том числе оценка рисков, при этом отсутствует информация, как проводится оценка рисков и что нужно делать, какую документацию заполнять.

Вместе с тем, вышеперечисленные стандарты не нашли свое применение в управлении охраной труда на предприятиях из-за применимости их на добровольной основе, что не является стимулирующим фактором для внедрения на предприятиях различных отраслей РК.

В настоящее время к созданию систем менеджмента охраны труда в экономически развитых странах подходят в комплексе взаимосвязанных методов и средств, направленных на формирование безопасных и здоровых условий труда, на основе признанных стандартов, регламентирующих требования к разработке и внедрению систем управления охраной труда.

В отдельных компаниях системы менеджмента охраны труда интегрированы в систему общего менеджмента организации. Интегрированные системы менеджмента объединяют в единое целое взаимодействующие и взаимосвязанные процессы, составляющие суть деятельности предприятий. При этом обеспечивается эффективное управление не только рисками и безопасностью, а также экологическими аспектами, качеством, персоналом, ресурсами, финансами, в результате повышается конкурентоспособность компании.

В своих исследованиях голландский ученый Г. Хофтеде [13], анализируя управления охраной труда разных стран, выявил различия в поведении людей (табл. 1).

Таблица 1

*Особенности управления охраной труда в зарубежных странах
(по классификации культур Г. Хофтеде)*

Страны	Особенности трудового поведения
Великобритания	высокий уровень индивидуализма - руководство стимулирует активность отдельных людей и групп; - каждый работник дает обоснованные предложения по развитию организации; низкая дистанция власти - высокий уровень коммуникации (взаимодействие) в организации; - подчиненные выражают свои несогласия очень часто.
Финляндия	явное преобладание женской культуры - главная ценность – качество жизни, а не личная результативность и достижение; низкая дистанция власти - высокий уровень коммуникации (взаимодействие) в организации; - подчиненные выражают свои несогласия очень часто.
Япония	мужская культура - мотивами поведения является честолюбие; - на первом месте – результативность. преобладание коллективизма в организации - чувство долга и лояльность сотрудников, сплоченность; - высокий уровень этических норм в коллективе. Высокий уровень дистанции власти - многоуровневая структура организации, тенденция к централизации; - большое количество управляюще-контролирующих органов. Досрочность ориентации - упорство и настойчивость в достижений целей.
Канада	низкая активность власти - высокий уровень коммуникации (взаимодействие) в организации; - подчиненные выражают свои несогласия очень часто. Индивидуализм - руководство стимулирует активность отдельных людей и групп; - каждый работник дает обоснованные предложения по развитию организации.

При создании собственной модели СУОТ механическое перенесение моделей управления из одной среды в другую практически невозможно, так как необходимо учитывать влияние таких факторов, как особенность трудового поведения, форма собственности, размер предприятия, отраслевая специфика, конкурентоспособность и прочие условия.

Исследования показывают, что внедрение СУОТ на предприятиях строится на принципе предотвращения опасности. Самым перспективным и эффективным подходом к реализации «предотвращения опасности» на практике выступает процесс оценки и управления профессиональными рисками.

Ученые предлагают различные алгоритмы подготовки и внедрения СУОТ на предприятии.

Весь алгоритм внедрения СУОТ можно разделить на два последовательных этапа:

1. Опытная апробация системы, где проводится корректировка разработанной документации и проверка функционирования отдельных элементов системы на практике.

2. Окончательное введение СУОТ в действие.

Для перехода к новой СУОТ выделяются три необходимых условия [6]:

- вместо фактического реагирования на происшествия и материальной компенсации неблагоприятных последствий использовать систему оценки и управления профессиональными рисками;

- произвести замену системы формальных наказаний за несоответствие требованиям действующего законодательства на систему экономического стимулирования обеспечения безопасных условий труда;

- внедрение безопасных технологий и использование в системе страхования индивидуальных тарифов, рассчитанных по фактическим показателям профессионального риска.

Предложенный учеными А.Ф. Ахметовым и У.Г. Ибатуллиным [6] алгоритм подготовки и внедрения СУОТ на предприятии включает три основных этапа: предварительный, подготовительный и основной. На предварительном этапе принимается решение о разработке и внедрении СУОТ, издается соответствующий приказ. На подготовительном этапе главная задача состоит в объективной оценке эффективности действующей СУОТ. Основной этап внедрения включает: разработку политики и целей в области безопасности и охраны труда, плана внедрения, методического обеспечения, а также реализацию функционирования СУОТ.

Е.В. Юркинская, как и вышеизложенные авторы, выделяет три этапа внедрения СУОТ на предприятии [8]:

– предварительный этап (решение руководства о создании системы, проведение предварительной оценки системы);

– внедрение (разработка политики, целей и задач, планирование работ, выделение и описание процессов, обучение персонала, создание и поддержание системы мониторинга и осуществление корректирующих мероприятий на его основе);

– подготовка системы к сертификации.

А.А. Кулешов и Н.Г. Николаева предлагают работу по внедрению СУОТ на предприятии разделить на 4 этапа.

Первый этап – диагностика и анализ системы. На данном этапе проводятся сбор и анализ данных, оценка величины риска, анализ последствий, документальное обоснование. Разрабатываются методики идентификации опасностей и рисков на рабочих местах, а также определяются меры по предотвращению или снижению их уровня.

Второй этап – планирование, где определяется политика, цели и задачи в области охраны труда, разрабатываются программы в области охраны труда, мероприятия по улучшению состояния охраны труда.

Третий этап включает в себя создание документированных процедур, внедрение, оценку эффективности проведенных мероприятий. В рамках третьего этапа авторы предлагают разработать комплекс стандартов, в частности: «Проверка и мониторинг СУОТ», «Разработка и утверждение документации», «Готовность к аварийным ситуациям и ответное реагирование».

Четвертый этап – аудит [7].

Для внедрения СУОТ Ю.В. Дмитриева [9] предлагает этапы предварительной оценки, планирования и самого внедрения. Автор считает, что предварительная оценка состояния охраны труда

должна стать опорной точкой для измерения степени развития системы. На этапе планирования определяется цель создания такой системы, которая обеспечит соблюдение требований законодательства по охране труда, включит в себя необходимые элементы СУОТ и обеспечит постоянный рост эффективности охраны труда.

Автор О.В. Кузьмина отмечает, что для внедрения СУОТ следует идентифицировать опасности по подразделениям и сформировать общий перечень опасностей и оценки рисков предприятия. Помимо вводных и первичных инструктажей организовать обучение работников на курсах целевого назначения, а также регулярно проводить проверки знаний работников. Провести обновление наглядной агитации – плакатов по охране труда и промышленной безопасности. Регулярно проводить производственный контроль и мониторинг эффективного функционирования СУОТ и промышленной безопасности в соответствии с действующими законодательными и другими нормативно-правовыми актами [10].

О.В. Кузнецова в своей диссертационной работе отмечает, что развитие трудовых отношений в рамках отдельного предприятия должно быть направлено на управление профессиональными и производственными рисками с целью снижения вероятности их возникновения, а значит – на наиболее полное сохранение, развитие и использование человеческих ресурсов [13].

Авторами Д.Н. Шабанова, А.В. Александрова и др. рассмотрены современные нормативно-правовые основы и стандарты в области управления охраной труда в организации. Отражены изменения, произошедшие в российском трудовом законодательстве, касающиеся обязанности работодателя по созданию и обеспечению функционирования СУОТ. Раскрыты аспекты внедрения системы охраны здоровья и безопасности труда с учетом требований проекта международного стандарта ISO/DIS 45001 «Системы менеджмента охраны здоровья и безопасности труда». Требования и рекомендации по применению. Показано, что одним из современных направлений стандартизации в области охраны труда является развитие менеджмента риска [12].

Таким образом, внедрение СУОТ на предприятиях должно происходить с учетом действующих нормативных документов и разработанной документации по управлению безопасностью и охраной труда, методической основы современного управления охраной труда, основы решения вопросов обеспечения безопасности и охраны труда в производственных условиях

Путем выработки правил, разработки нормативной документации и положений, описывающих порядок создания, внедрения и поддержания эффективного функционирования СУОТ на основе стандартов достигается профессионализм, компетенции и контролируемое, предсказуемое поведение персонала, участвующего в производственной деятельности или оказания услуг.

Создание СУОТ на предприятиях и в организациях способствует совершенствованию работы по охране труда, ведет к сокращению производственного травматизма и профессиональной заболеваемости, а внедрение СУОТ, апробированной международной практикой, позволит усовершенствовать управление охраной труда в организациях республики. Наличие единой модели СУОТ позволяет устанавливать соответствие действий работодателя по охране труда нормативным требованиям охраны труда и безопасности производства.

Таким образом, СУОТ предприятия должна охватывать все стороны производственно-хозяйственной деятельности предприятия, быть методической основой современного управления охраной труда и основой решения вопросов обеспечения безопасности и охраны труда в производственных условиях.

По аналогии с Российской Федерацией для успешного внедрения СУОТ следовало бы разработать типовое положение для предприятий Казахстана.

Таким образом, современная стандартизация в области охраны труда во многом базируется на опыте, накопленном в предшествующие периоды своего развития, и для дальнейшего совершенствования нормативных документов в области охраны здоровья и безопасности труда необходима реализация концепции риск-ориентированного мышления, подразумевающей принятие соответствующих управленческих решений на основе анализа внутренних и внешних факторов функционирования предприятий [12].

Также внедрение на предприятиях системы управления охраной труда на примере ряда успешных стран (OHSAS-18001, MOT-СУОТ 2001 ILO-OSH 2001 и т.п.) обеспечивает наибольший эффект в профилактике нарушений охраны труда и снижении производственного травматизма, спо-

существует заинтересованности работодателя и каждого работника в непрерывном улучшении условий труда [11].

Список литературы

1. Петрова М.С., Петров С.В., Вольхин С.Н. Охрана труда на производстве и в учебном процессе.
2. Конституция Республики Казахстан / статья 24.
3. Министерство национальной экономики Республики Казахстан Комитет по статистике.
4. ГОСТ Р 12.0.007-2009. Система стандартов безопасности труда. Система управления охраной труда в организации. Общие требования по разработке, применению, оценке и совершенствованию.
5. Луковников А.В. Охрана труда. – Москва: Колос, 1984. – С. 7-20 / Пашин Н.П., Фролов О.П., Сорокин Ю.Г. и др. Охрана труда в России (исторический путь). – Москва: ФГУ ВНИИ охраны и экономики труда Россздрава, 2007. – С. 38-60.
6. Ахметов А., Ибатуллин У. Общий алгоритм. Подготовка и внедрение системы управления охраной труда в организации в соответствии с ГОСТ Р 12.0.007-2009. – №3, 2011.
7. Кулешов А.А., Николаева Н.Г. Внедрение системы управления охраной труда на примере организации ООО «Ак таш».
8. Юркинская Е.В. Формирование интегрированной системы менеджмента качества на предприятии. – Санкт-Петербург, 2003.
9. Общие положения и методические указания по управлению охраной труда в системе Госагропрома СССР/ Утв. зам. Пред. Госагропрома СССР В.И. Черноивановым 01.03.1988 г. и согл. с секретарем ЦК профсоюза работников АПК А.И. Поповым 25.11.1987 г.
10. Кузмина О.В., Оценка результатов внедрения и адаптации системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья на «АО Красмаш».
11. Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.0.230-2007. Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Общие требования
12. Шабанова Д.Н., Александрова А.В. Аспекты нормативно-правового регулирования и стандартизации в построении системы управления охраной труда в организациях / Научный журнал КубГАУ. – Краснодар, 2017.
13. Кузнецова О.В. Система управления охраной труда: институциональная трансформация и сбережение человеческих ресурсов. – Барнаул, 2014.

Получено 18.10.2019



МРНТИ 78.01

Н.К. Касымов

Военный институт Сухопутных войск г. Алматы

ВИДЫ ЭКСТРЕМИЗМА И ФОРМЫ ПРОЯВЛЕНИЯ ЭКСТРЕМИСТСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Научная статья посвящена проблемам экстремизма на современном обществе и нацелена на формирование общественного мнения, направленного на создание атмосферы нетерпимости к проявлениям экстремистской идеологии.

Фылыми мақала заманау қозамда экстремизм мәселері туралы қозамдық пікірді қалыптастыруа бағытталып, экстремистік идеологиялардың пайда болуына тәзбеушілікке арналған.

This scientific article is devoted to the problems of extremism in modern society and is aimed at the formation of public opinion aimed at establishing of the climate of intolerance towards the manifestation of extremist ideology.

Ключевые слова: Экстремизм (лат. *extremus* - крайний) – приверженность отдельных групп, лиц, организаций и т.п. к крайним взглядам, позициям и мерам в общественной деятельности. Религиозный экстремизм – нетерпимость по отношению к лицам, исповедующим другие религии, сопровождаемая призывами к совершению или совершением антиобщественных, зачастую противоправных, в том числе насилиственных, действий в отношении граждан. Национальный экстремизм – антиобщественная, зачастую противоправная, основанная на использовании насилиственных и иных крайних методов деятельность якобы по «по защите интересов своего народа (этноса)» в ущерб законным правам и интересам других граждан, проживающих на данной территории.

Явление, именуемое экстремизмом, наблюдается в разных формах, проникает во многие области человеческой деятельности. Экстремистские действия проявляются в религии, политике и т.д. Облик таких действий, способы их осуществления также весьма разнообразны. Несмотря на очевидную множественность видов экстремизма, его видовая классификация до сих пор не сформировалась, не оформилась на научной основе.

Характерно, что в ряде определений понятия «экстремизм», встречающихся в научной литературе и в публицистических источниках, данное явление интерпретируется как политическое. В качестве примера в первую очередь приводится политический экстремизм. Возможной причиной тому служат публичный характер проявления политического экстремизма, его освещение средствами массовой информации, быстрая реакция на политические действия со стороны органов власти. Из истории Советского Союза хорошо известно, насколько обширный отзвук находили в общественном мнении события на политической арене XX века, освещавшиеся как «белый террор» и как «красный террор».

Но, несмотря на первостепенное внимание, уделяемое политическому экстремизму в общественном мнении, этой формой далеко не ограничивается деятельность, направленная на подрыв законности и порядка, угрожающая таким фундаментальным ценностям, как жизнь, здоровье, свободомыслие, собственность. Наряду с политическим существует ряд других, не менее распространённых видов экстремизма. При этом разнообразие видов и областей их проявления обладает тенденцией к приумножению.

Экстремистские действия находят пристанище, убежище в политических, экономических, социальных процессах, в националистических движениях, в религии, объединяясь и перекочевывая из одной сферы в другую. С учетом этого обстоятельства возрастают потребность в классификации методов экстремизма, позволяющей глубже вникнуть в его структуру, понять своеобразие, взаи-

модействие и взаимопроникновение разных форм этого явления. Чем полнее и глубже мы постигнем суть, разберемся в отдельных элементах вредоносной структуры, тем больше шансов подавить, нейтрализовать противозаконную и преступную деятельность. В то же время, полноценный структурный анализ необходим во избежание искусственного, закономерного причисления к экстремизму легальных действий, преследуемых в корыстных интересах отдельных групп, отстаивающих свою власть и противодействующих добросовестной конкуренции.

Сконцентрируем внимание на таком распространённом виде экстремизма, как *религиозный экстремизм*.

Религиозный экстремизм отличается тем, что использует религиозное учение и символы как важный фактор привлечения людей, мобилизуя их на бескомпромиссную борьбу за торжество, главенство одного из учений вопреки другим.

В любой религии потенциально заложены предпосылки экстремизма, проявляющегося в разных формах и в различной степени. Религиозный культ предписывает определенное поведение, чувство зависимости от божества, следование обязанностям в виде заповедей. Религия обосновывает протест и сопротивление всему, что считается в ней неправедным, неверным. Поэтому в истории человечества религиозный экстремизм вспыхивал в разных странах, в недрах различных вероисповеданий.

Одной из главных причин религиозно-экстремистской деятельности служит отсутствие полноценного, качественного познания целостности мира ощущений и действий, места религии, ее сущности, миссии, доктринальной и содержательной направленности. Другая причина – кардинальная, стремительная смена мировоззренческой парадигмы, крах прежней устоявшейся системы ценностей и установок, что вызывает психологический дискомфорт в обществе, связанный с поиском истины, объекта для выражения религиозных чувств. Нередко подобным объектом становятся тоталитарные секты, агрессивно завлекающие в свои сети новых адептов, или другие экстремистские религиозные сообщества.

Суть религиозного экстремизма проявляется в отрицании системы традиционных для общества морально-этических ценностей и устоев, агрессивной пропаганде мировоззренческих аспектов, исповедуемых одной религией, желании и стремлении приверженцев определенной конфессии распространить свои религиозные представления и нормы на все общество.

Характерная черта религиозного экстремизма – нетерпимость к инакомыслию, ко всем иначе верующим и, особенно, к неверующим, проповедь своей исключительности над окружающими, ксенофобия. Религиозный экстремизм часто направлен против светского государства, существующего строя, действующих в нем законов и норм, в наиболее крайних формах ориентирован не теократическое правление. Он проявляется в сфере политики, культуры, межнациональных отношений, выступает в качестве религиозной мотивации, религиозного идеологического оформления экстремизма политического, национального.

Религиозный экстремизм – это сложное социальное явление, существующее в трех взаимосвязанных формах:

1) состояние общественного и индивидуального сознания, проявляющееся в гиперболизации религиозных идей, нигилизме и фанатизме;

2) идеология, религиозная доктрина, однозначно объясняющая проблемы окружающего мира, предлагающая простые способы их решения путем разделения на «добро» и «зло», придания доминирующего положения одному из аспектов бытия при игнорировании, нивелировании других норм;

3) совокупность опасных, противозаконных действий по реализации религиозных доктрин, установок, замыслов.

Современный религиозный экстремизм в своих действиях неотделим от терроризма. Сторонники и участники этой формы экстремистского поведения все чаще используют террор как средство утверждения собственных позиций, распространения религии, обращения в нее молодежи иноверцев. Религиозные террористы рассчитывают главным образом на психологический эффект своих действий, взывают не к разуму и логическим аргументам, а к эмоциям, инстинктам людей, к предрассудкам и предубеждениям, к мифологическим конструкциям.

Трагические результаты религиозного экстремизма свидетельствуют, что попытки преодолеть политические, социальные, национальные проблемы с помощью насилия, давления, принуждения не способствуют решению задач распространения религии, а лишь ведут к нарастанию и усугублению противоречий в обществе,искажению смысла и сущности религиозных заповедей миролюбия, почитания и любви к ближнему.

Политический экстремизм, как наиболее известный, очевидный для восприятия вид разрушительной деятельности, зарождается, пускает свои корни в момент политического кризиса, когда властные институты теряют легитимность, доверие, возрастает уровень коррупции. В такой ситуации обостряется борьба за власть политического характера (лидеров, партий, движений), звучат популистские лозунги, выходят на политическую арену харизматические лидеры, повышается роль грязных политтехнологий (подкуп, шантаж избирателей, война компроматов). Все это становится благоприятной средой для экстремистских действий, возникает большое количество политических сил радикального толка. Политика начинает играть в жизни простых людей слишком значимую роль, происходит поляризация точек зрения по острым вопросам истории и действительности, борьба переходит в уличные митинги, которые могут вылиться в прямые столкновения.

Политический экстремизм способен проявляться на различных уровнях, охватывая все большее общество в целом (революция, гражданская война), деятельность партий, движений, отдельные политические акции, то есть носить общегосударственный, региональный (национально-этнические конфликты, столкновения, отражающие противоречия в отдельно взятом городе, области) либо локальный характер (уличные акции, сопровождающиеся, к примеру, поджогом автомобилей, погромы на рынках). Такие проявления экстремизма могут быть стихийными, возникающими спонтанно в виде отдельных конфликтов, или заранее спланированными, продуманными, хорошо организованными.

Цели подобных политических действий видится как стремление «открыть глаза» власти на существующие проблемы, так и удовлетворение узкогрупповых интересов криминальных элементов, недальновидных политиков, вплоть до сведения счетов с конкурентами по бизнесу. Нередко подобные акции вызывают существенный общественный резонанс, сравнимый по масштабам с крупными событиями государственной важности, поэтому необходим постоянный мониторинг настроений в различных слоях общества, особенно среди молодежи, чтобы такие акции проходили как можно реже и не перерастали в масштабные.

Как отмечают российские исследователи А.Г. Интымакова и Н.П. Чередников, «к основным разновидностям политического экстремизма относятся программный, ситуационный и эмоциональный экстремизм. Облик программного экстремизма определяется типом идеологии и поставленной целью. Такой экстремизм характерен, например, для фашизма, прибегающего во имя осуществления своих политических целей к уничтожению противников и оппонентов или радикальному ограничению их прав. Ситуационный экстремизм вызывается положением субъекта, не оставляющим ему иных средств борьбы, кроме жестких. Он проявляется, например, в таких формах политической деятельности, как государственные перевороты и восстания. Эмоциональный экстремизм возникает как стихийная массовая реакция на то или иное событие или решение, резко изменяющее положение, в котором находится группа людей, и требующее ответного действия, но не дающее времени для его программирования или организации. Примером такого экстремизма являются бунты или стихийная ответная реакция, вызываемая действиями властей» [1].

Важная особенность политического экстремизма – его мотивы, в основе которых лежит либо идеология исключительности по расовому, национальному или социальному признаку, либо определенные события, значимые для жизни общества или его части, пусть даже малочисленной. В итоге неизменно следуют действия, акции в виде преследования, беспорядков, избиений, погромов или убийств. Под политическим экстремизмом следует понимать исключительно действия, направленные на свержение существующего политического и конституционного строя, на запугивание, террор и насилие. Но парой уличный экстремизм, проявленный в нападений на представителей иных рас, национальностей, социальных слоев, политических оппонентов, не менее опасен и преступен.

Приходится отмечать, что иногда возможен и наблюдается государственный экстремизм, проявляемый под флагом борьбы с экстремизмом, якобы присущим политической оппозиции. Органы государственной власти и послушные им средства массовой информации объявляют экстремизмом публикации, мнения, идеи, не влекущие за собой действий, преступных последствий, приносящих вред обществу, государству и людям. В экстремизме правомерно обвинять только тех лиц, мотивом поведения которых служат агрессия, беззаконие, сопровождаемое насилием, то есть действия с тяжкими последствиями, вредом для морального и физического здоровья людей, призывы к осуществлению подобных действий и их оправдание.

Отражение настроений электората, обсуждение мнений, бытующих в обществе или определенной его части, пусть даже малочисленной, или же их выражение в научной, академической дискуссии свидетельствуют о наличии политического экстремизма. В странах Европы, где актуальна проблема миграции, к власти приходят политики, провозглашающие радикальные лозунги правого толка, отражающие настроения определенной части общества. Но если такие лозунги не становятся призывом к насилию или преследованию мигрантов, а направлены на решение существующих проблем, и в их основу положен конструктивный мотив, диалог, то не следует считать их политическим экстремизмом. Хотя понятны опасения, вызываемые высказываниями крайне правых политиков в либеральных кругах общества.

Пропаганда крайних идеологий, противостоящих толерантности, опасна и деструктивна в том смысле, что может стать всплеском, толчком к экстремистским действиям, и потому должна подвергаться осуждению, развенчанию. Знание истории фашизма, его страшных последствий, призвано служить аргументом против такого рода опасных идей. Беспристрастный, объективный анализ социальных проблем, мониторинг настроений в казахстанском обществе должны стать прививкой от распространения опасной болезни экстремистского политического поведения.

Политический экстремизм – это явление крайне сложное, разноуровневое и разнонаправленное.

Экстремизм политической природы может исходить и от власти, и от тех, кто за нее борется, и от вполне мирных представителей гражданского общества, в определенный момент поставленных в трудное положение, поэтому разделить эти разновидности в зависимости от авторства возбудителей бывает крайне трудно. Наряду с подлинным политическим экстремизмом часто встречается и навязываемый.

Национальный экстремизм тесно связан с политическим. Само понятие «национальная идея» имеет два значения. Первое значение – гражданское, отождествляемое с границами государства, его символами, атрибутами власти, политическим строем. По такому признаку формировались многие государства Европы. «При этом принадлежность человека нации определяется на основе добровольного личного выбора и отождествляется с гражданством» [2]. Второе значение – этническая идентификация, то есть объединение через язык, культуру, обычаи и традиции предков, по родовому признаку. Большое количество этносов не имеют своего национального государства, некоторые испытывали различные формы притеснения, дискриминации, что продолжается и в настоящее время. Эти притеснения порождают различные формы национально-освободительного движения, борьбы за эманципацию народов, что является формой национального экстремизма как ответной реакции на уже совершенное насилие, то есть носит производный и вынужденный характер.

Корни данной формы экстремизма лежат в поиске национальной самоидентификации, национальной идеи – совершенно мирных и необходимых этапов развития любого народа. Национальная идея сочетает в себе набор ценностей, присущих и сформировавшихся в ходе становления народа, его менталитет, культуру, то есть все то, что объединяет общество, отличает его от других, делает его уникальным. Сам по себе поиск национальной идеи не относится к девиантному поведению, он просто дает возможность каждому народу понять свою самозначимость, исключительность, которая понимается только как способ идентификации, «поиск себя» по аналогии с человеческой личностью, но не говорит о подавлении, унижении человеческого достоинства других народов. Но в определенных исторических условиях, особенно в период социальных потрясений, войн, кризисов, сопровождаемых подавлением интересов того или иного этноса, рост националь-

ногого самосознания приобретает крайние формы, формирует проявления национального экстремизма.

Право на мирное самоопределение народов отражено в Уставе ООН, но зачастую попытки насилиственного отделения части территорий государств выливаются в агрессию, вызывают опасение и создают угрозу утраты территориальной целостности [3].

Сепаратизм – как крайняя форма этнической идентификации, оправдываемая правом наций на самоопределение в условиях сложившихся государств, установленных границ, территориального разделения, несет в себе враждебность, связан с насилием. Через сепаратизм политики, используя религиозные, культурные ценности, патриотические лозунги, преследуют свои узкие интересы, цели, ввергая народы во вражду, ненависть, войну. Опасность состоит еще в том, что приходя к власти в государстве, образованном по этническому признаку, националисты возбуждают различного рода преследования представителей других этносов. Крайний национализм тесно граничит с элементами фашизма, подменяет идею патриотизма национальной исключительностью, делит народы на лучших и худших.

С распадом СССР начался так называемый «парад суверенитетов», ярко отражающий нерешенные, накопленные десятилетиями противоречия, помноженные на амбиции местных лидеров. Поиск самоидентификации – сложный процесс, который по аналогии со становлением человеческой личности несет в себе отпечаток недовольства сложившимся положением, условиями жизни того или иного народа, часто преувеличенного, усиленного националистическими тенденциями. Возникает желание найти виновного в происходящих бедах, разрастаются обиды, начинается преследование якобы найденных виновных. Некоторые политики и средства массовой информации выдали под национальные проблемы трудности социально-экономической природы, для решения которых требуется не одно десятилетие. Обвинить во всех проблемах представителей других народов бывает гораздо проще.

В заключение необходимо отметить, что экстремизм – это социальная проблема. Деятельность экстремистской направленности становится одним из основных факторов, создающих угрозу национальной безопасности Республики Казахстан. Неуклонно повышается степень организованности экстремистов. Для достижения своих целей они активно укрепляют межрегиональные и другие связи, широко используют новейшие информационные и коммуникативные технологии, повышают уровень конспиративности при подготовке различных акций.

Усиление экстремистских угроз и факты вовлечения в совершение преступлений экстремистской направленности молодежи на территории Казахстана с 2000 годов по настоящее время подтверждают, что наиболее эффективным направлением борьбы с экстремизмом является комплексное использование сил, средств и методов всех субъектов противодействия ему.

Список литературы

1. Интымаков А.Г., Чередникова Н.П. Феномен экстремизма и терроризма в политике [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www/ekstremizm.ru/publikacii/politicheskiy-ekstremizm/item/547-fenomen-ekstremizma-i-terrorizma-v-politike>.
2. Чистяков Д.И. Этнический национализм и проблемы нациестроительства в контексте предотвращения экстремизма [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www/ekstremizm.ru/publikacii/nacionalnyy-ekstremizm/item/623-etnicheskie-nacionalizm-iproblemy-naciestroitelstva-v-kontekste-predotvrashteniya-ekstremizma>.
3. Шумилин А. С высоты Трампа // Новая газета. – 2019. – 27 марта. – №33.
4. Власов В.И. Экстремизм, терроризм, сепаратизм: политico-правовое осмысление в условиях глобализации. – М.: Издательство РАГС, 2001. – 443 с.
5. Поломошов А.Ф. Экстремизм как политический инструмент [Электронный ресурс]. - Режим доступа:<http://www/ekstremizm.ru/publikacii/politicheskiy-ekstremizm/item/552-ekstremizma-kak-politichesky-instrument>.
6. Современный политический экстремизм: понятие, истоки, причины, идеология, проблемы, организация, практика, профилактика и противодействие / Отв. ред. А.-Н.З. Дииров. – М.: РОСПЭН, 2009.

Получено 18.10.2019

УКАЗАТЕЛЬ
научных статей опубликованных в журнале
«Вестник ВКГТУ» в 2019 году

НАУКИ О ЗЕМЛЕ И ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ	№ стр.
<i>Абдугалиева Г.Ю., Имангазин М.К., Сатенова Ш.А., Абдрашев Р.</i> Анализ риска опасностей при разработке Мугоджарского месторождения диабазов Актюбинской области	3 3
<i>Акимбекова Н.Н., Саттарова Г.С., Нургалиева А.Д., Халиева Д.М., Идрисова Ж.К.</i> Источники выделения метана в отработанные пространства ликвидированных шахт	3 7
<i>Акылбаева А.Т., Мизерная М.А., Мизерный А.И., Канжапарова Ж.З., Мирионикова А.П.</i> Кварцево-жильные золоторудные месторождения Западно-Калбинской зоны (Восточный Казахстан) – перспективы восполнения минерально-сырьевой базы	2 3
<i>Ананин А.И., Нуршайыкова Г.Т., Абдрашева З.Ж.</i> Снижение потерь руды при камерно-столовой системе разработки путем отработки целиков с применением закладки выработанного пространства	2 8
<i>Ананин А.И., Проходов В.В., Нуршайыкова Г.Т., Тунгушбаева З.К.</i> Планирование горных работ с использованием возможностей объемного моделирования	4 3
<i>Ананина Е.А., Нуршайыкова Г.Т., Амралинова Б.Б.</i> Оценка возможности перезахоронения лежальных хвостов цианидного выщелачивания золота	2 13
<i>Ашикур Б., Ипалаев Т.Т., Касымов Д.К.</i> Расчет напряженно-деформированного состояния земляного полотна, усиленного геосинтетическими материалами	2 17
<i>Арынова Ш.Ж., Рихсанов Л.П., Шаймарданова Б.Х., Корогод Н.П.</i> Геохимическая особенность распространения урана в питьевой воде Павлодарской области	4 7
<i>Бакиров А.Г., Абдулина С.А., Жунусов А.К.</i> Исследование химико-минералогического состава золошлаковых отходов Аксуской энергетической компании	2 25
<i>Балбекова Б.К., Толеуова А.Р.</i> Исследование возможности протекания процессов кислотного выщелачивания редкоземельного сырья	4 10
<i>Беристенов А.Т., Жагипарова Т.Т.</i> Совершенствование структуры земельного баланса Республики Казахстан	4 13
<i>Дакиева К.Ж., Кумарбекулы С., Садыканова Г.Е., Даумова Г.К.</i> Гигиеническая характеристика условий труда на открытых карьерах Восточно-Казахстанского медно-химического комбината и Николаевской обогатительной фабрики	3 12
<i>Дужникова Е.В., Кряжева Т.В., Кенжин Б.М.</i> Минеральный состав руд и условия их образования на месторождении Коктасжал	1 3
<i>Дьячков Б.А., Амралинова Б.Б., Фролова О.В., Зимановская Н.А., Айтбаева С.С.</i> Рудоносность интрузивно-дайковых поясов Восточного Казахстана	4 17
<i>Жакупов А.А., Изенбаев Б.Ж., Кенжебай Р.Н., Аманбаева А.М., Оттел У.А.</i> Настоящее и будущее развития альтернативной энергетики	1 8
<i>Жакупов А.А.</i> Теоретические основы бальнеологических ресурсов	1 14
<i>Жетпісбай Г.А.</i> Тяжелый металл на водоемах – последствия медных рисков	4 21
<i>Иванов А.А., Пономарева М.В., Макат Д.К.</i> Краткий обзор поисковых признаков медно-порфировых месторождений	3 15
<i>Ипалаев Т.Т., Ашикур Б., Канасов А.К.</i> Расчет напряженно-деформированного состояния земляного полотна многопутного участка, сооружаемого на слабых основаниях с армированием геосеткой	3 21
<i>Карменова М.А., Попова Г.В.</i> Исследование возможностей построения 3D-моделей городских объектов в Agisoft Photoscan Pro	3 28
<i>Касымова Д.Б., Эділқанова М.Ә., Кокаева Г.А., Мамяченков С.В., Кушакова Л.Б.</i> Изучение минералогического состава золотосодержащей руды месторождения Казахстана	3 35
<i>Квон Св.С., Нестерова В.И., Щербакова Е.П.</i> Применение метода порошковой дифрактометрии для определения минерального состава медных руд	4 25
<i>Китапбаева А.А., Комекова Г.К., Кабатаева Ж.К.</i> Влияние фиторегуляторов на подсолнечник (<i>helianthus</i>)	3 38
<i>Китапбаева А.А., Комекова Г.К., Кабатаева Ж.К.</i> Иммуноферментный анализ на зараженность вирусными инфекциями сортов картофеля, выращиваемых в условиях ВКО	4 30

<i>Китапбаева А.А., Идрисеева Ж.К., Алипина К.Б.</i> Влияние селеносодержащих препаратов на рост и развитие Phlox nivalis и Celosia argentea var. Cristata	4	33
<i>Кузьмина О.Н., Дьячков Б.А., Мизерная М.А., Владыкиров А.Г., Амралинова Б.Б.</i> Главные типы золоторудных месторождений и рудопроявлений Зайсанской сутурной зоны большого Алтая	1	19
<i>Құрманбай Б.П., Масенов К.Б., Бітманов Е.Ж.</i> Экологическая оценка состояния экологической безопасности при лесных пожарах (летний период)	2	29
<i>Лутай С.С., Воробьев А.Л., Аубакирова З.А., Жаирбаева Г.А., Лутай А.О.</i> Применение фитостимуляторов для укоренения стеблевых черенков	1	27
<i>Лысакова Т.Н., Нұжанова А.М.</i> Биондикация как метод исследования почв на территории свалок твердых бытовых отходов Северо-Казахстанской области	1	33
<i>Матайбаева И.Е., Фролова О.В., Амралинова Б.Б., Кузьмина О.Н., Айтбаева С.С., Ақылбаева А.Т., Тунгушбаева З.К.</i> Редкометальное оруднение гранитоидов Калбы	2	34
<i>Мизерная М.А., Дьячков Б.А., Ақылбаева А.Т., Мирошникова А.П., Жұнусов А.А.</i> Золотосульфидные месторождения в черносланцевых образованиях Восточного Казахстана – перспективный источник благородных металлов	3	43
<i>Мун Да.Т.</i> Традиционные материалы в архитектуре населенных мест казахстанского участка Шелкового пути	1	37
<i>Набиева А.А., Кулепова Н.А., Мамяченков С.В.</i> Термодинамическое моделирование процесса грубого обезмеживания с использованием программного продукта Factsage	2	41
<i>Озгелдинова Ж.О., Алагуджаева М.А., Оспан Г.Т., Мукаев Ж.Т.</i> Прогнозируемые тенденции динамики геосистем бассейна реки Сарысу в условиях антропогенных воздействий	1	44
<i>Отаров Е.Ж., Исабек Т.К., Абейов Е.А., Орынбек Е.Е.</i> Анализ повторной отработки на подземных рудниках	4	38
<i>Рахметуллина С.Ж., Бакланова О.Е., Бугубаева А.Ж.</i> Влияние атмосферных условий на поведение концентрации вредных веществ в атмосфере региона	4	41
<i>Реутова Г.А., Даумова Г.К., Серая Н.В.</i> Термодинамическое исследование и факторный эксперимент в практике оптимизации параметров получения золота из сульфидных концентратов и окисленных руд в Республике Казахстан	4	47
<i>Саденова М.А., Жакупова Г.Б., Леваневский И.О., Федорчук Ю.М.</i> Исследование свойств техногенного фторсодержащего сырья с целью синтеза новых композиционных материалов	1	50
<i>Самарханов Т.Н., Мазбаев О.Б., Мырзагалиева А.Б.</i> Особо охраняемый природный памятник «Көктай самырысынды орманы» – объект экологического туризма	3	47
<i>Сатимбекова А.Б., Бекаулова А.А., Диканбаева А.К., Аугешов А.П., Умирзахов Н.У., Идрисеева Ж.К.</i> Изучение структурных изменений механо-термоактивированного серпентинита	1	57
<i>Саслуғаева Г.Е., Кәңес Ж.Е., Рамазанова Н.Е., Түлебекова А.С.</i> Оценка влияния производства «Казфосфат» на почвенный покров	2	45
<i>Саслуғаева Г.Е., Махамбетова Н.М., Рамазанова Н.Е., Түлебекова А.С.</i> Экологические проблемы водных ресурсов Южно-Казахстанской области	2	49
<i>Толубаева Қ.Қ., Лязат Ж.Т., Бейсембекова М.К.</i> Движение малых космических аппаратов, сгруппированных в форме тетраэдра на геостационарной орбите	3	52
<i>Түркеева Э.М., Рысбаева Ф.А., Тасыбаева Ш.Б.</i> О необходимости развития пищевых продуктов, предназначенных для предотвращения дефицита железа у населения	3	58
<i>Уразалиева М.Д., Гилажсов Е.Г., Изгалиев С.А., Сагинаев А.Т.</i> Изучение состава нефтешлама месторождения Кырыкмылтык	3	63
<i>Черненко З.И., Матайбаева И.Е.</i> Геологические условия формирования и оценка перспектив золоторудного объекта Бельсу (Жарма-Саурский район)	2	53
<i>Черненко З.И., Мизерная М.А.</i> Особенности образования и перспективная оценка золотоберезитового типа месторождения Баладжал (Западная Калба)	2	56
<i>Шаймарданова Б.Х., Рахымбердина М.Е., Ашикүр Б., Тогузова М.М., Касымов Д.К.</i> Исследование и разработка карт NDVI по космическим снимкам и данным с беспилотных летательных аппаратов	4	51

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИИ

<i>Абдрашит А.М., Келаманов Б.С., Ерекеева Г.С., Жумагалиев Е.У.</i> Исследование электротехнических свойств брикетов из дисперсной пыли газоочисток производства ферросиликоалюминия	1	60
---	---	----

<i>Абикенова Ш.К., Айткенова Г.Т.</i> Сравнительный анализ различных подходов в регулировании труда работников горнорудного предприятия	1	63
<i>Абдулина С.А., Иващенко Е.Н., Саурбаева Б.С.</i> Получение модифицированных антикоррозионных пигментов на основе фосфата цинка	2	62
<i>Азаматов Б.Н., Прохоренкова Н.В., Ерболатова Г.У., Жилкашинова А.М., Ерболатулы Д., Бектасова Г.С.</i> Физико-химические свойства покрытий из биосовместимых материалов, нанесенных микроплазмой на титановые имплантаты	3	67
<i>Айтпаева А.Р., Исабек Т.К., Хуангган Н.</i> Мероприятия по предотвращению выбросоопасности угольных пластов в зонах геологических нарушений	1	68
<i>Акимбекова Н.Н., Ахметова А.Ж., Саттарова Г.С., Каженова М.Ж., Идрисеева Ж.К.</i> Ликвидация аварий на объектах магистральных нефтепроводов	3	71
<i>Акказин А.Е., Жантасова Ж.З., Тлебалдинова А.С., Увалиева И.М.</i> Поиск данных с помощью интеллектуальных систем	3	75
<i>Алимханова А.Ж., Амангельдина М.А., Найзабаева А.А.</i> Исследование передачи данных с использованием светодиодных элементов освещения под управлением ЭВМ	4	58
<i>Алонцева Д.Л., Красавин А.Л., Оспанов О.Б.</i> Разработка методов определения 3D-температурного поля пламени в промышленном котлоагрегате для интеллектуального управления процессом горения угольного топлива	1	75
<i>Алонцева Д.Л., Красавин А.Л., Шадрин Г.К., Кадыролдина А.Т., Құсайын-Мұрат Ә.Т.</i> Разработка системы управления промышленным роботом-манипулятором для трехмерного сканирования поверхностей	1	81
<i>Алонцева Д.Л., Русакова А.В., Прохоренкова Н.В., Оразаметова С.М., Жилкашинова А.М.</i> Исследование пористости, шероховатости и коррозионной стойкости биосовместимых покрытий, напыленных плазмой на титановые имплантанты	2	67
<i>Алонцева Д.Л., Қантай Н., Русакова А.В., Герт С.С., Джес А.В., Садибеков А.Б.</i> Роботизированная технология микроплазменного напыления биосовместимых покрытий на титановые имплантанты	2	73
<i>Алонцева Д.Л., Красавин А.Л., Оспанов О.Б.</i> Разработка быстрого контура регулирования для интеллектуальной системы оптимального энергоэффективного управления процессами формирования топливно-воздушной смеси в паровых котельных	4	61
<i>Баймурданова Л.С., Погребняк О.Д., Уазырханова Г.К.</i> Исследование влияния переменных слоев композитных покрытий (TiAlSiY)N/CrN на конструктивные и механические свойства	4	67
<i>Бакланов А.Е., Бакланова О.Е., Григорьев Е.А., Кошубаев Ж.С., Абылаев Ф.Т.</i> Встроенная система управления светодиодной лампой на основе микроконтроллера Atmega 328	4	73
<i>Бакланова О.Е., Рыжкова Е.В.</i> Визуальный контроль качества технологических изделий с использованием методов компьютерного зрения	2	79
<i>Бакланова О.Е., Толегенова М.Е.</i> Разработка системы идентификации человека на основе биометрических признаков	3	78
<i>Бакланова О.Е., Рыжкова Е.В., Азаматов Б.Н., Азаматова Ж.К.</i> Разработка алгоритмов обработки изображений распознавания образов в задачах автоматического контроля качества	4	77
<i>Балыгынова А.М., Мерекекызы А.</i> Методика инженерного расчета роторной центрифуги	2	85
<i>Балыгынова А.М.</i> Расчет показателей сравнительной экономической эффективности роторной центрифуги для обезвоживания кормовой пивной дробины	2	91
<i>Балтаев Т.А., Кушалиев Д.К., Ерманова Б.А.</i> Сравнительный анализ изменения свойств и структуры материала в результате воздействия ультразвуковых механических колебаний	2	95
<i>Балтаев Т.А., Кушалиев Д.К., Ерманова Б.А.</i> Ультразвуковой метод стабилизации механических и геометрических параметров изделий	2	99
<i>Бестереков У., Ермеков С.Р.</i> Количественные температурные изменения состава водно-соленасыщенных растворов	1	88
<i>Бестереков У., Ермеков С.Р.</i> Температурные количественные изменения в составе растворителя в водно-солевых системах	2	104
<i>Блинаева Е.В., Блинаева Н.С., Ақбасова Д.Б., Попова Г.В., Нұрсадыкова Р.К.</i> Обработка данных эксперимента по инфразвуковому воздействию на образцы нефти	2	112
<i>Быжиков А.Қ., Тореханова М.Т., Комбаев К.К.</i> Альтернативная энергосберегающая технология локальной термической обработки горнодобывающего оборудования	4	81
<i>Волков В.Н., Кабдуллина Д.С., Тореханова М.Т., Зудова М.С., Сергиенко Н.П.</i> Плавка высоколегированной стали дуплекс-процессом	4	87
<i>Гольцев А.Г., Чернавин В.Ю., Ракижанова Ж.К.</i> Исследования применения специальных	4	90

добавок в бетоны				
<i>Ғаббысалик Р., Канаева С.Д., Мұратұлы Д.</i> Моделирование дуговой сварки на Simufact.Welding	3	84		
<i>Давыдов А.А., Макенов А.А., Токтарбеков Ш.Т.</i> Совершенствование условий движения на участке автомобильной дороги Усть-Каменогорск-Шемонаиха	1	92		
<i>Жакупова А.Т., Абдулина С.А., Богомолов А.В., Жакупов А.Н., Салина В.А.</i> Моделирование макроструктуры при разливке сплошных и полых непрерывнолитых заготовок	3	91		
<i>Жанабай Н.Ж., Утебаева А.Б., Салимов Ф.Р.</i> Расчет прочности предварительно-напряженных газо-нефтепроводов большого диаметра, работающих под давлением с учетом влияния внешней температурной среды	3	94		
<i>Жанабай Н.Ж., Утебаева А.Б., Салимов Ф.Р., Кулмаханова А.Ш., Мамырова Б.Ф.</i> Экспериментальные выводы применения предварительного напряжения при строительстве надземных газопроводов и нефтепроводов большого диаметра	4	94		
<i>Жаутиков Б.А., Романов В.И., Жаутиков Ф.Б., Жаслан Р.К., Жумагельдинов А.И., Абзабек Н.А., Тогызбаев О.Б.</i> Устройство для транспортировки материалов	4	97		
<i>Жукебаева Т.Ж., Куанышев А.Е.</i> Термодинамика реакций конвертирования штейна	1	100		
<i>Запасный В.В., Асанов Да.А., Садуакасова Г.Н., Ткаченко О.А., Запасный Е.В.</i> Исследования по определению наличия сероводорода в дымовых газах от котлов, сжигающих лузгу подсолнечника на маслозаводе АО «МАЙ»	3	98		
<i>Зарипов Р.Ю., Сембаев Н.С., Нуржасауов А.</i> Разработка конструкции вагонов-цистерн нового поколения	4	100		
<i>Золотарёв В.В., Овечкин Г.В., Омирбаев Е.Д., Сатыбалдина Д.Ж., Ташатов Н.Н.</i> Производительность алгоритмов декодирования сверточных кодов вблизи границы Шеннона для работы в беспроводных сетях	2	116		
<i>Иванова Т.С.</i> Имитационная модель электрической сети с частотно-регулируемым электроприводом (ЧРП), звеном источника бесперебойного питания (ИБП) и активным выпрямителем (АВ)	2	122		
<i>Идрисеева Ж.К., Даумова Г.К., Жаманбаева М.К.</i> Сорбция ионов хрома из сточных вод с применением механоактивированных цеолитов	1	106		
<i>Исанова А.А., Масленников О.О., Оналбаева Ж.С.</i> Исследование технологии производства стандартного образца драгоценных металлов и их сплавов	1	110		
<i>Кабдуллина Да.С., Тореханова М.Т.</i> Исследования свойств наплавленной поверхности сплавами I0X17H8C5Г2Т и I0X19H9C5M2РГТ дилатометрическим методом	3	103		
<i>Кабикенов С.Ж., Жаркенов Н.Б., Данилов О.Ф., Макенов А.А.</i> Разработка математической модели расчета резерва карьерных автосамосвалов для обеспечения коэффициента использования парка машин и выполнения плановых работ	2	130		
<i>Кантай Н., Касымжитов Н.К., Рахадилов Б.К., Пашковский М., Муратбеков Б.М.</i> Влияние высокой температуры на физические и механические свойства керамики	3	107		
<i>Кантуреева М.А.</i> Характеристики дорожного движения	2	135		
<i>Карымсакова И.Б., Денисова Н.Ф.</i> Использование полиномов Эрмита четвертого порядка для создания модели напыления манипуляционным роботом имплантов при помощи виртуального симулятора Roboguide	2	139		
<i>Келаманов Б.С., Самуров Е.К., Акуов А.М., Абдирашиит А.М., Жумагалиев Е.У.</i> Термодинамически-диаграммный анализ системы Ti-Fe-Si-C	3	112		
<i>Кереев А.К., Атанов С.К., Оспанов Е.А.</i> Выравнивание сырых данных в микроконтроллерах	2	145		
<i>Кизатова М.Е., Чаканова Ж.М., Боровский А.Ю., Абдрахманов Х.А., Султанова М.Ж.</i> Анализ содержания отходов, получаемых при производстве масличных культур и послеуборочной переработке	4	106		
<i>Киялбаев А.К., Киялбай С.Н., Дудкин М.В., Алимгазин Б.Т.</i> Система управления качеством при производстве дорожно-строительных материалов и работ	3	118		
<i>Киялбаев А.К., Киялбай С.Н., Дудкин М.В., Алимгазин Б.Т.</i> Повышение прочностных свойств дорожной одежды методом холодного ресайклинга	4	110		
<i>Красавин А.Л., Алонцева Да.Л., Жанузаков Е.Т., Рахметуллина С.Ж.</i> Математическое моделирование температурных полей для разработки роботизированной технологии микроплазменного напыления биосовместимых покрытий	1	114		
<i>Крыкбаев М.М., Кабдуллина Да.С., Комбаев К.К.</i> Плазменная резка конструкционных материалов и исследование свойств термического воздействия на сварные кромки шва	4	114		
<i>Курманов А.К., Камышева Н.А.</i> К вопросу динамики ударного измельчения	1	119		

Курманова Д.Т., Каменских Л.В. Опыт использования BIM-технологий в процессе обучения бакалавров строительной специальности	4	120
Курмашева Г.Р., Хамиева Н.С., Жумагалиев И.К. Расчет искусственного освещения в стеклообрабатывающих цехах компании «Стекло-Сервис»	3	122
Кулалиев Д.К., Балтаев Т.А., Ерманова Б.А. Разработка новой конструкции подшипника скольжения для узлов транспортной техники	2	149
Кулалиев Д.К., Балтаев Т.А., Ерманова Б.А. Инновационный ремонтный комплект для сайлентблока амортизатора	3	126
Левин Е.В., Сагитов Р.Ф., Балыгина А.М., Мерекекызы А., Василевская С.П., Касимов Р.Н. Технологические аспекты депарафинизации нефтепродуктов	1	125
Левин Е.В., Сагитов Р.Ф., Балыгина А.М., Мерекекызы А., Василевская С.П., Касимов Р.Н. Утилизация обезвоженного нефтешлама в дорожном строительстве	1	127
Левицкий Ж.Г., Нургалиева А.Д., Акимбекова Н.Н., Саттарова Г.С., Каженова М.Ж. Управление влиянием естественной тяги при экстремальных отрицательных температурах	1	131
Машекенова А.Х. Экспертная оценка процессов системы управления производственной надежностью автомобилей	1	135
Мехтиев А.Д., Югай В.В., Есенжолов У.С., Калиаскаров Н.Б. Некоторые вопросы развития двигателя с внешним подводом теплоты, работающего по циклу стирлинга, и перспективы его использования	4	122
Московец А.В., Сагитов Р.Ф., Балыгина А.М., Мерекекызы А., Василевская С.П., Волошин Е.В. Переработки нефтешлама методом низкотемпературного пиролиза	1	140
Мұратұлы Ә., Недобитков А.И. Анализ организации дорожного движения по улице Кабанбай Батыра г. Усть-Каменогорска	3	130
Мякинин А.А., Плотников С.В., Кимосов Р.Н., Жанысов С.А. Сверхпроводящий провод с добавлением иттрия для магнитно-резонансной томографии	1	144
Мякинин А. Процесс сфероидизации, структурно-фазовое состояние и механические свойства нержавеющей стали 316L, полученной методом 3D печати	3	135
Никифоров А.С., Приходько Е.В., Кинжисбекова А.К., Карманов А.Е., Шупеева Ш.М. Анализ условий работы и механизмов разрушения футеровок высокотемпературных агрегатов	3	140
Опанасюк А.С., Возный А.А., Плотников С.В., Уазырханова Г.К., Ердыбаева Н.К., Уазырханова Ж.К. Влияние послеростовой обработки на морфологию поверхности пленок Sn _x S _y , полученных в квазизамкнутом объеме	4	127
Плотников С.В., Лә Ф., Клиновицкая И.А. Повышение коэффициента полезного действия фотоэлектрических преобразователей на основе казахстанского кремния	2	154
Плотников С.В., Тұрлыбықұлы А., Мякинин А.А., Жанысов С.А. Измерение характеристик сверхпроводящего провода для МРТ	3	147
Плотников С.В., Ердыбаева Н.К., Пичугин В.Ф., Аубакирова Д. М. Структура поверхности, фазовый и химический состав азотсодержащих пленок оксидов титана, осажденных методом реактивного магнетронного распыления	4	130
Прокопьев А.В., Миргородский С.И., Ахмадиев Р.Б., Миргородский Л.С. Регулируемый комбинированный дроссель с деталями из титанового сплава	4	134
Пилембаев М.К. Новая концепция (парадигма) содержания автомобильных дорог с бетонным покрытием	2	161
Рыжкова Е.В., Азаматов Б.Н., Азаматова Ж.К., Мұхаметбек Ж.М., Бауржанова А.Б. Технология программирования станка с ЧПУ в среде MasterCam-2018 для изготовления медицинских имплантатов из титановых сплавов	4	139
Рыспаев А.Б., Бакланова О.Е. Система управления распознаванием речевой информации	3	149
Сакенова Р.Е., Ердыбаева Н.К., Погребняк О.Д., Кылышканов М.К. Устройство и свойства многослойных покрытий, полученных вакуумно-дуговым методом	4	144
Сапинов Р.В., Кулебанова Н.А., Суюндиков М.М., Олейникова Н.В. Перспективы получения олова из техногенного сырья в Казахстане	3	155
Сауханов Н.С., Казагачев В.Н. Модель светофорных объектов на улично-дорожной сети	4	151
Сұлтамұрат Г.И., Боранбаева Б.М., Қөбекен Е. Технология изготовления агломерационной шихты и проблемы совершенствования оборудования	1	149
Талапов В.В., Махиев Б.Е., Ханин А.В. Компьютерное проектирование: проблема выбора предмета обучения	4	155
Талапов В.В., Махиев Б.Е., Ханин А.В. Послесловие к BIM-форуму: кого и кому учить BIM-технологиям проектирования	4	157

<i>Токтар А.Б., Эдилбеков К.Е., Сериков С.Е., Комбаев К.К.</i> Влияние режимов плазменной резки на свойства кромки стали 09Г2С	4	160
<i>Толубаева К.К., Нусеков Е.Л., Баймурзина Ш.Г., Умарова Б.А.</i> Устойчивость системы ротор-жидкость-фундамент, установленной на подшипниках скольжения, при колебании	4	171
<i>Толубаева К.К., Нусеков Е.Л., Баймурзина Ш.Г., Умарова Б.А.</i> Решение уравнения движения ротор-жидкость-фундамент	4	176
<i>Тореханова М.Т., Кабдуллина Д.С.</i> Исследование влияния легирования азотом на структуру и свойства наплавленного металла	3	160
<i>Тұрлыбекұлы А., Плотников С.В.</i> Получение металлических биомиметических структур и нанесение на них апатит-композитных покрытий	1	156
<i>Увалиева И.М., Бельгинова С.А.</i> Создание функциональной модели системы аналитической обработки показателей здравоохранения и ее программная реализация	2	166
<i>Ускенбаева Р.К., Алтаева А.Б.</i> Контроллер на базе нечеткой логики для обеспечения температуры комфорта с минимизацией энергии	4	181
<i>Чернавин В.Ю., Гольцев А.Г., Харинов В.Г.</i> Проволочная фибра из отработанных канатов как эффективный вид дисперсной арматуры	4	186
<i>Шевчук Е.П., Плотников В.А., Бектасова Г.С.</i> Влияние состава борирующей пасты на микротвердость диффузионного боридного слоя стали 20 после отжига в муфельной печи	4	190
<i>Шеров К.Т., Габдысалык Р.</i> Экспериментальное исследование процесса фрезерования конусной поверхности с использованием специальных конусных фрез	1	163
<i>Шпис А.А.</i> Молоко, обогащенное кальцием	3	164
<i>Юров В.М., Гученко С.А., Лауринас В.Ч., Завацкая О.Н.</i> К вопросу о критическом радиусе наноструктур	1	169
<i>Юрлов В.Л., Даумова Г.К., Идрисева Ж.К., Петрова О.А.</i> Исследование оптимального состава смеси маслосодержащих шламов для рекультивации	2	174

ЭКОЛОГИЯ

<i>Абдрахманова Н.Б., Есекханова Г.А., Шорманов С.Т.</i> Сравнительный анализ законодательства по расследованию несчастных случаев на производстве в странах ближнего зарубежья	2	182
<i>Айткенова Г.Т., Есбенбетова Ж.Х.</i> Идентификация опасностей на рабочих местах как элемент оценки профессиональных рисков	4	194
<i>Бекеева С.А., Жанкулова Л.К., Князов Е.Ж.</i> Влияние условий труда на функциональное состояние работников обогатительной фабрики	2	187
<i>Бекенова М.А.</i> Организация медицинского обслуживания работников на предприятиях	2	193
<i>Есбенбетова Ж.Х., Шайхы Р.Т., Танабаева А.Е., Айткенова Г.Т.</i> Инновационные подходы к разработке новой системы управления охраной труда	3	168
<i>Князов Е.Ж., Бекеева С.А., Кантарбаева А.Д.</i> Профессиональный риск и адаптационный потенциал работников сельскохозяйственного предприятия	4	197
<i>Муканова Д.Б., Ибраева А.Б., Савин Е.В., Шорманов С.Т., Куанышбаев С.Т.</i> Исследование разработанных систем управления охраной труда и их внедрение на практике	4	201
<i>Сатимбекова А.Б., Бекаулова А.А., Диканбаева А.К., Ауешов А.П., Умирзахов Н.У., Идрисева Ж.К.</i> Переработка отходов производства хризотил-асбеста как фактор экологической безопасности окружающей среды	1	173
<i>Шорманов С.Т., Абдрахманова Н.Б.</i> Об анализе законодательных актов Республики Казахстан по применению Международных норм по вопросам безопасности и охраны труда	3	170

МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА, ХИМИЯ, ИНФОРМАТИКА

<i>Каргабайева Н.У., Күікбай А.Б., Султанова Б.К., Шакирова Ю.К.</i> Современные методы разработки баз данных для информационных систем	1	178
<i>Шакирова Ю.К., Савченко Н.К., Абильдаева Г.Б., Клюева Е.Г.</i> Разработка корпоративного медиа-портала	1	181

ВОЕННОЕ ДЕЛО И БЕЗОПАСНОСТЬ

<i>Касымов Н.К.</i> Виды экстремизма и формы проявления экстремистской деятельности	4	207
---	---	-----

МАЗМУНЫ

ЖЕР ТУРАЛЫ ФЫЛЫМДАР ЖӘНЕ
ГЕОГРАФИЯЛЫҚ ФЫЛЫМДАР

- Ананин А.И., Проходов В.В., Нуршайыкова Г.Т., Тунгушбаева З.К.* Көлемді модельдеудің мүмкіндіктерін қолдану арқылы тау-кен жұмыстарын жоспарлау 3
- Арынова Ш.Ж., Рихванов Л.П., Шаймарданова Б.Х., Корогод Н.П.* Павлодар облысының ауыз сүйнде уранның таралуының геохимиялық ерекшелігі 7
- Балбекова Б.К., Толеуова А.Р.* Сирек кездесетін шикізатты қышқылмен шаймалау процестерінің өту мүмкіндігін зерттеу 10
- Беристенов А.Т., Жагапарова Т.Т.* Қазақстан Республикасының жер балансының күрьымын жетілдіру 13
- Дьячков Б.А., Амралинова Б.Б., Фролова О.В., Зимановская Н.А., Айтбаева С.С.* Шығыс Қазақстанның интрузивтік дайкалық белдемдерінің кенденүі 17
- Жетпісбай Г.А.* Су айдындарындағы ауыр металл – мыстын келетін катерлердің эсерлері 21
- Квон С.С., Нестерова В.И., Щербакова Е.П.* Мысты кендердің минералды құрамын анықтауға үнтақты дифрактометрия әдісін қолдану 25
- Китапбаева А.А., Комекова Г.К., Кабатаева Ж.К.* Шығыс Қазақстан облысы жағдайында картоп дақылдарының вирустық инфекциямен зақымдануына иммуноферменттік талдау 30
- Китапбаева А.А., Идрисеева Ж.К., Алипина К.Б.* Құрамында селен бар препаратордың Phlox nivalis және Celosia argentea var. Cristata гүлдерінің өсуі мен дамуына әсері 33
- Отаров Е.Ж., Исабек Т.К., Абейов Е.А., Орынбек Е.Е.* Жер асты кеніштерінде қайта өндеуді талдау 38
- Рахметуллина С.Ж., Бакланова О.Е., Бугубаева А.Ж.* Атмосфералық жағдайдың атмосфераға зиянды заттардың концентрациясының мінез-құлқына әсері 41
- Реутова Г.А., Даумова Г.К., Серая Н.В.* Қазақстан Республикасында сульфидті концентраттар мен тотықкан кендерден алтын алу параметрлерін оңтайландыру тәжірибеліндегі термодинамикалық зерттеу және факторлық эксперимент 47
- Шаймарданова Б.Х., Рахымбердина М.Е., Ашикүр Б., Тогузова М.М., Касымов Д.К.* Фарыштық суреттер мен ұшқышсыз ұшу аппараттарынан алынған деректер бойынша NDVI карталарын зерттеу және өзірлеу 51

СОДЕРЖАНИЕ

НАУКИ О ЗЕМЛЕ
И ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Ананин А.И., Проходов В.В., Нуршайыкова Г.Т., Тунгушбаева З.К.* Планирование горных работ с использованием возможностей объемного моделирования 3
- Арынова Ш.Ж., Рихванов Л.П., Шаймарданова Б.Х., Корогод Н.П.* Геохимическая особенность распространения урана в питьевой воде Павлодарской области 7
- Балбекова Б.К., Толеуова А.Р.* Исследование возможности протекания процессов кислотного выщелачивания редкоземельного сырья 10
- Беристенов А.Т., Жагапарова Т.Т.* Совершенствование структуры земельного баланса Республики Казахстан 13
- Дьячков Б.А., Амралинова Б.Б., Фролова О.В., Зимановская Н.А., Айтбаева С.С.* Рудоносность интрузивно-дайковых поясов Восточного Казахстана 17
- Жетпісбай Г.А.* Тяжелый металл на водоемах – последствия медных рисков 21
- Квон С.С., Нестерова В.И., Щербакова Е.П.* Применение метода порошковой дифрактометрии для определения минерального состава медных руд 25
- Китапбаева А.А., Комекова Г.К., Кабатаева Ж.К.* Иммуноферментный анализ на зараженность вирусными инфекциями сортов картофеля, выращиваемых в условиях ВКО 30
- Китапбаева А.А., Идрисеева Ж.К., Алипина К.Б.* Влияние селеносодержащих препаратов на рост и развитие Phlox nivalis и Celosia argentea var. Cristata 33
- Отаров Е.Ж., Исабек Т.К., Абейов Е.А., Орынбек Е.Е.* Анализ повторной отработки на подземных рудниках 38
- Рахметуллина С.Ж., Бакланова О.Е., Бугубаева А.Ж.* Влияние атмосферных условий на поведение концентрации вредных веществ в атмосфере региона 41
- Реутова Г.А., Даумова Г.К., Серая Н.В.* Термодинамическое исследование и факторный эксперимент в практике оптимизации параметров получения золота из сульфидных концентратов и окисленных руд в Республике Казахстан 47
- Шаймарданова Б.Х., Рахымбердина М.Е., Ашикүр Б., Тогузова М.М., Касымов Д.К.* Исследование и разработка карт NDVI по космическим снимкам и данным с беспилотных летательных аппаратов 51

ТЕХНИКАЛЫҚ ФЫЛЫМДАР ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР		ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИИ	
<i>Алимханова А.Ж., Амангельдина М.А. Найзабаева А.А.</i> ЭЭМ басқаруындағы жарықдиодты жарықтандыру элементтерін пайдалана отырып деректерді беруді зерттеу	58	<i>Алимханова А.Ж., Амангельдина М.А. Найзабаева А.А.</i> Исследование передачи данных с использованием светодиодных элементов освещения под управлением ЭВМ	58
<i>Алонцева Д.Л., Красавин А.Л., Оспанов О.Б.</i> Бу казандықтарындағы ауа-отын қоспасын жасау процесін энергиялық тиімді басқарудың интеллектуалдық жүйесі ушін жылдам контурлық реттеуді жетілдіру	61	<i>Алонцева Д.Л., Красавин А.Л., Оспанов О.Б.</i> Разработка быстрого контура регулирования для интеллектуальной системы оптимального энергоэффективного управления процессами формирования топливно-воздушной смеси в паровых котельных	61
<i>Баймолданова Л.С., Погребняк О.Д., Уазырханова Г.К.</i> (TiAlSiY)N/CrN композитті жабындардың ауыспалы қабаттырының құрылымдық және механикалық қасиеттеріне асерін зерттеу	67	<i>Баймолданова Л.С., Погребняк О.Д., Уазырханова Г.К.</i> Исследование влияния переменных слоев композитных покрытий (TiAlSiY)N/CrN на конструктивные и механические свойства	67
<i>Бакланов А.Е., Бакланова О.Е., Григорьев Е.А., Кошубаев Ж.С., Абылаев Ф.Т.</i> Atmega 328 микроконтроллері негізінде орнатылған жарықдиодты шамды басқару жүйесі	73	<i>Бакланов А.Е., Бакланова О.Е., Григорьев Е.А., Кошубаев Ж.С., Абылаев Ф.Т.</i> Встроенная система управления свето-диодной лампой на основе микроконтроллера Atmega 328	73
<i>Бакланова О.Е., Рыжкова Е.В., Азаматов Б.Н., Азаматова Ж.К.</i> Сапаны автоматты бақылау есептерінде бейнерді тану кескіндерін өңдеу алгоритмдерін езірлеу	77	<i>Бакланова О.Е., Рыжкова Е.В., Азаматов Б.Н., Азаматова Ж.К.</i> Разработка алгоритмов обработки изображений распознавания образов в задачах автоматического контроля качества	77
<i>Быжиков А.Қ., Төреканова М.Т., Комбаев К.К.</i> Тау-кен жабдығының жергілікті термиялық өндөудің баламалы энергия үнемдеу технологиясы	81	<i>Быжиков А.Қ., Төреканова М.Т., Комбаев К.К.</i> Альтернативная энергосберегающая технология локальной термической обработки горнодобывающего оборудования	81
<i>Волков В.Н., Кабдуллина Д.С., Төреканова М.Т., Зудова М.С., Сергинко Н.П.</i> Жоғары легірленген болатты дуплекс-процесстен балықту	87	<i>Волков В.Н., Кабдуллина Д.С., Төреканова М.Т., Зудова М.С., Сергинко Н.П.</i> Плавка высоколегированной стали дуплекс-процессом	87
<i>Гольцев А.Г., Чернавин В.Ю., Ракижанова Ж.К.</i> Бетондарға арнайы қоспаларды қолдануды зерттеу	90	<i>Гольцев А.Г., Чернавин В.Ю., Ракижанова Ж.К.</i> Исследование применения специальных добавок в бетоны	90
<i>Жанабай Н.Ж., Утембаева А.Б., Салимов Ф.Р., Кулмаханова А.Ш., Мамырова Б.Ф.</i> Алдын ала кернеуленген жер үсті үлкен диаметрлі газ және мұнай құбырларының құрылышының эксперименталдық тұжырымдамалары	94	<i>Жанабай Н.Ж., Утембаева А.Б., Салимов Ф.Р., Кулмаханова А.Ш., Мамырова Б.Ф.</i> Экспериментальные выводы применения предварительного напряжения при строительстве надземных газопроводов и нефтепроводов большого диаметра	94
<i>Жаутиков Б.А., Романов В.И., Жаутиков Ф.Б., Жаслан Р.К., Жумагельдинов А.И., Абзабек Н.А., Тогызбаев О.Б.</i> Материалдарды тасымалдауға арналған құрылғы	97	<i>Жаутиков Б.А., Романов В.И., Жаутиков Ф.Б., Жаслан Р.К., Жумагельдинов А.И., Абзабек Н.А., Тогызбаев О.Б.</i> Устройство для транспортировки материалов	97
<i>Зарипов Р.Ю., Сембаев Н.С., Нұржасауов А.</i> Жана буын вагон-цистерналарының құрылымын езірлеу	100	<i>Зарипов Р.Ю., Сембаев Н.С., Нұржасауов А.</i> Разработка конструкции вагонов-цистерн нового поколения	100
<i>Кизатова М.Е., Чаканова Ж.М., Боровский А.Ю., Абдрахманов Х.А., Султанова М.Ж.</i> Майлы дақылдар өндірісінде және жинаудан кейінгі өңдеу кезінде алынатын қалдықтардың құрамын талдау	106	<i>Кизатова М.Е., Чаканова Ж.М., Боровский А.Ю., Абдрахманов Х.А., Султанова М.Ж.</i> Анализ содержания отходов, получаемых при производстве масличных культур и послеуборочной переработке	106

<i>Киялбаев А.К., Киялбай С.Н., Дудкин М.В., Алимгазин Б.Т.</i> Суық ресайклинг әдісімен жол киімінің беріктігін арттыру	110	<i>Киялбаев А.К., Киялбай С.Н., Дудкин М.В., Алимгазин Б.Т.</i> Повышение прочностных свойств дорожной одежды методом холодного ресайклинга	110
<i>Крыкбаев М.М., Кабдуллина Д.С., Комбаев К.К.</i> Конструкциялық материалдарды плазмалық кесу және жіктің дәнекерленген жиектеріне термиялық әсер ету қасиеттерін зерттеу	114	<i>Крыкбаев М.М., Кабдуллина Д.С., Комбаев К.К.</i> Плазменная резка конструкционных материалов и исследование свойств термического воздействия на сварные кромки шва	114
<i>Курманова Д.Т., Каменских Л.В.</i> Құрылымыс мамандығы бакалаврларын оқыту үрдісінде BIM-технологияларды колдану тәжірибесі	120	<i>Курманова Д.Т., Каменских Л.В.</i> Опыт использования BIM-технологий в процессе обучения бакалавров строительной специальности	120
<i>Мехтиев А.Д., Югай В.В., Есенжолов У.С., Калиаскаров Н.Б.</i> Стирлинг циклі бойынша жұмыс істейтін қозғалтқыштың сыртқы жылу беруін дамытудың кейір мәселелері және оны пайдалану перспективалары	122	<i>Мехтиев А.Д., Югай В.В., Есенжолов У.С., Калиаскаров Н.Б.</i> Некоторые вопросы развития двигателя с внешним подводом теплоты, работающего по циклу стирлинга, и перспективы его использования	122
<i>Опанасюк А.С., Возный А.А., Плотников С.В., Уазырханова Г.К., Ердыбаева Н.К., Уазырханова Ж.К.</i> Өсіден кейінгі өңдеудін квазитүйік көлемінде алынған Sn _x S _y пленкалары бетінің морфологиясына әсері	127	<i>Опанасюк А.С., Возный А.А., Плотников С.В., Уазырханова Г.К., Ердыбаева Н.К., Уазырханова Ж.К.</i> Влияние послеростовой обработки на морфологию поверхности пленок Sn _x S _y , полученных в квазизакрученном объеме	127
<i>Плотников С.В., Ердыбаева Н.К., Пичугин В.Ф., Аубакирова Д.М.</i> Реактивті магнетронды шашырату әдісімен тұндырылған титан оксидтерінің құрамында азот бар пленкалардың үстінгі бетінің құрылымы, фазалық және химиялық құрамы	130	<i>Плотников С.В., Ердыбаева Н.К., Пичугин В.Ф., Аубакирова Д.М.</i> Структура поверхности, фазовый и химический состав азотосодержащих пленок оксидов титана, осажденных методом реактивного магнетронного распыления	130
<i>Прокопьев А.В., Миргородский С.И., Ахмадиев Р.Б., Миргородский Л.С.</i> Титан қорытпасынан жасалған бөлшектері бар реттелетін аралас дроссель	134	<i>Прокопьев А.В., Миргородский С.И., Ахмадиев Р.Б., Миргородский Л.С.</i> Регулируемый комбинированный дроссель с деталями из титанового сплава	134
<i>Рыжкова Е.В., Азаматов Б.Н., Азаматова Ж.К., Мұхаметбек Ж.М., Бауржанова А.Б.</i> Титан қорытпаларынан медициналық импланттарды дайындау үшін MasterCam-2018 ортасында СББ бар станокты бағдарламалау технологиясы	139	<i>Рыжкова Е.В., Азаматов Б.Н., Азаматова Ж.К., Мұхаметбек Ж.М., Бауржанова А.Б.</i> Технология программирования станка с ЧПУ в среде MasterCam-2018 для изготовления медицинских имплантов из титановых сплавов	139
<i>Сакенова Р.Е., Ердыбаева Н.К., Погребняк О.Д., Кылышканов М.К.</i> Вакуумдоғалық әдіспен алынған көп қабатты жабындардың құрылымы мен қасиеттері	144	<i>Сакенова Р.Е., Ердыбаева Н.К., Погребняк О.Д., Кылышканов М.К.</i> Устройство и свойства многослойных покрытий, полученных вакуумно-дуговым методом	144
<i>Сауханов Н.С., Казагачев В.Н.</i> Қош-жол торабындағы бағдаршам объектілерінің моделі	151	<i>Сауханов Н.С., Казагачев В.Н.</i> Модель светофорных объектов на улично-дорожной сети	151
<i>Талапов В.В., Махиев Б.Е., Хапин А.В.</i> Компьютерлік жобалау: оқу пәнін таңдау мәселесі	155	<i>Талапов В.В., Махиев Б.Е., Хапин А.В.</i> Компьютерное проектирование: проблема выбора предмета обучения	155
<i>Талапов В.В., Махиев Б.Е., Хапин А.В.</i> BIM-форумға соңғы сөз: жобалаудың BIM-технологияларына кімді және кім үйретеді	157	<i>Талапов В.В., Махиев Б.Е., Хапин А.В.</i> Послесловие к BIM-форуму: кого и кому учить BIM-технологиям проектирования	157
<i>Токтар А.Б., Әділбеков К.Е., Серіков С.Е., Комбаев К.К.</i> Плазмалық кесу режимдерінің 09Г2С болат жиегінің қасиеттеріне әсері	160	<i>Токтар А.Б., Әділбеков К.Е., Серіков С.Е., Комбаев К.К.</i> Влияние режимов плазменной резки на свойства кромки стали 09Г2С	160

Толубаева К.К., Нұспеков Е.Л., Баймурзина Ш.Г., Умарова Б.А. Тербеліс кезінде жылжымалы мойынтректерге орнатылған ротор-сұйық-іргетас жүйесінің тұрақтылығы	171	Толубаева К.К., Нұспеков Е.Л., Баймурзина Ш.Г., Умарова Б.А. Устойчивость системы ротор-жидкость-фундамент, установленной на подшипниках скольжения, при колебании	171
Толубаева К.К., Нұспеков Е.Л., Баймурзина Ш.Г., Умарова Б.А. Ротор-сұйық-тық-іргетас козғалыс тендеуін шешу	176	Толубаева К.К., Нұспеков Е.Л., Баймурзина Ш.Г., Умарова Б.А. Решение уравнения движения ротор-жидкость-фундамент	176
Ускенбаева Р.К., Алтаева А.Б. Энергияны азайту арқылы қолайлы температуранны қамтамасыз ететін айқын емес логикаға негізделген контроллерді жабдықтау	181	Ускенбаева Р.К., Алтаева А.Б. Контроллер на базе нечеткой логики для обеспечения температуры комфорта с минимизацией энергии	181
Чернавин В.Ю., Гольцев А.Г., Харинов В.Г. Пайдаланылған арқандардан жасалған сым фибра дисперсиyalық арматураның тиімді түрі ретінде	186	Чернавин В.Ю., Гольцев А.Г., Харинов В.Г. Проволочная фибра из отработанных канатов как эффективный вид дисперсионной арматуры	186
Шевчук Е.П., Плотников В.А., Бектасова Г.С. Үстағыш паста құрамының муфельді пеште күйдірғеннен кейін 20 болаттың диффузионды борид қабатының микрояттылығына әсері	190	Шевчук Е.П., Плотников В.А., Бектасова Г.С. Влияние состава борирующей пасты на микротвердость диффузионного боридного слоя стали 20 после отжига в муфельной печи	190
<hr/>			
ЭКОЛОГИЯ		<hr/>	
Айткенова Г.Т., Есбенбетова Ж.Х. Жұмыс орындарындағы қауіптерді иден-тификациялау (анықтау) кәсіби тәуеу-келдерді бағалау элементі ретінде	194	Айткенова Г.Т., Есбенбетова Ж.Х. Иден-тификация опасностей на рабочих местах как элемент оценки профессиональных рисков	194
Князов Е.Ж., Бекеева С.А., Қантарбаева А.Д. Ауыл шаруашылығы кәсіпорындарының жұмысшыларының кәсіби тәуекелі және бейімделу кабілеттілігі	197	Князов Е.Ж., Бекеева С.А., Қантарбаева А.Д. Профессиональный риск и адаптационный потенциал работников сельскохозяйственного предприятия	197
Муканова Д.Б., Ибраева А.Б., Саввин Е.В., Шорманов С.Т., Куанышбаев С.Т. Зерттеуге әзірленген еңбекті қорғауды басқару жүйелерін және оларды іс-тәжірибеге енгізу	201	Муканова Д.Б., Ибраева А.Б., Саввин Е.В., Шорманов С.Т., Куанышбаев С.Т. Исследование разработанных систем управления охраной труда и их внедрение на практике	201
<hr/>			
ӘСКЕРИ ІС ЖӘНЕ ҚАУІПСІЗДІК		<hr/>	
Касымов Н.К. Экстремизмнің түрлері және экстремистік іс-әрекет көрінісі	207	Касымов Н.К. Виды экстремизма и формы проявления экстремистской деятельности	207
<hr/>			
ВОЕННОЕ ДЕЛО И БЕЗОПАСНОСТЬ		<hr/>	

**Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік
техникалық университетінің ХАБАРШЫСЫ**

Фылыми журнал
1998 жылы шыға бастады.

Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық келісім министрлігінде тіркеліп,
1998 ж. 27 ақпанында № 145-ж қуәлігі берілген.

**ВЕСТНИК Восточно-Казахстанского государственного
технического университета имени Д. Серикбаева**

Научный журнал
Издается с 1998 г.

Зарегистрирован Министерством информации и общественного согласия
Республики Казахстан. Свидетельство № 145-ж от 27 февраля 1998 г.

Редакторы – Редакторы
О.Н. Николаенко, С.С. Мамыраздыкова
Корректоры – Корректоры
О.Н. Николаенко, С.С. Мамыраздыкова
Руководитель издательства О.Н. Николаенко

Материалдарды компьютерде төрғен
және беттеген

Набор, верстка,
изготовление оригинал-макета
С.С. Мамыраздыкова

Басыға 29 желтоқсан 2019 ж. қол қойылды.
Форматы 84×108/16. Офсет қағазы.
Көлемі: 23,31 есептік баспа табагы, 22,77 шартты баспа табагы
Таралымы 350 дана. № 2575-2019 тапсырыс.
Бағасы келісім бойынша.

Подписано в печать 29 декабря 2019 г.
Формат 84×108/16. Бумага офсетная.
Объем: уч.-изд. л. 23,31 усл. печ. 22,77 л.
Тираж 350 экз. Заказ № 2575-2019.
Цена договорная.

Шығыс Қазақстан мемлекеттік
техникалық университеті
070004, Өскемен қаласы, Протозанов көшесі, 69

Восточно-Казахстанский государственный
технический университет
070004, г. Усть-Каменогорск, ул. Протозанова, 69