ISSN 1609-1825 (Print)
ISSN 2710-3382 (Online)

УНИВЕРСИТЕТ ЕҢБЕКТЕРІ

ТРУДЫ УНИВЕРСИТЕТА

№3
2024

- Машиностроение. Металлургия
- Геотехнологии. Безопасность жизнедеятельности
- Строительство. Транспорт
- Педагогика высшей школы. Экономика
- Энергетика. Автоматика. ИКТ

республикалық журналы

республиканский журнал

УНИВЕРСИТЕТ ЕҢБЕКТЕРІ

ТРУДЫ УНИВЕРСИТЕТА

3 (96)
2024

2000 жылдан бастап шығарылады
Мерзімділігі жылына 4 рет

Издается с 2000 года
Периодичность 4 раза в год

Журнал Қазақстан Республикасы Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің жанындағы Ақпарат комитетінде тіркелген (қайта есепке алу куәлігі № KZ63VPY00044097 15.12.2021 ж.)

Журнал зарегистрирован в Комитете информации при Министерстве информации и общественного развития Республики Казахстан (свидетельство о перерегистрации № KZ63VPY00044097 от 15.12.2021 г.)

МЕНШІК ИЕСІ
«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы (Қарағанды қаласы)

СОБСТВЕННИК
Некоммерческое акционерное общество «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда)

Главный редактор
Ю.Н. Пак
д-р техн. наук, профессор

Редакционный совет

Сагинтаева С.С. *ректор НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», д-р экон. наук, канд. физ.-мат. наук, проф. (председатель) (Казахстан)*

Куликов В.Ю. *проф. кафедры нанотехнологий и металлургии НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», академик МАИН, канд. техн. наук (зам. главного редактора) (Казахстан)*

Сагадиева К.К. *заведующий редакционно-издательским отделом НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (и.о. ответственного секретаря) (Казахстан)*

Ахметов Б.С. *проф. кафедры информатики и информатизации образования Казахского национального педагогического университета имени Абая, академик НИА, МАИН, д-р техн. наук (Казахстан)*

Байджанов Д.О. *проф. кафедры строительных материалов и технологий НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», академик МАИН, д-р техн. наук (Казахстан)*

Бирюков В.В. *декан факультета инженерной экономики и менеджмента НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», д-р экон. наук (Казахстан)*

Бранко Каталинич *проф. Венского университета технологий, д-р техн. наук, President IAE-CEB, Professor, Dr.sc., Dr.mult.h.c., Prof.h.c., President of DAAAM International (Австрия)*

Выжва С.А. *директор института геологии Киевского национального университета имени Т. Шевченко, д-р геол.-мин. наук, проф. (Украина)*

Демин В.Ф. *проф. кафедры разработки месторождений полезных ископаемых НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», д-р техн. наук (Казахстан)*

Жанбаев Р.А. *эксперт по устойчивому развитию городов и внедрению цифровых и зеленых технологий, канд. экон. наук, РОО «Национальная инженерная академия РК» (Казахстан)*

Жетесова Г.С. *директор по стратегическому развитию НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», академик КазНАЕН, д-р техн. наук, проф. (Казахстан)*

Жетписбаева Б.А. *проректор по стратегическому развитию НАО «Карагандинский университет имени Е.А. Букетова», д-р пед. наук, проф. (Казахстан)*

Ибатов М.К. *советник ректора НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», академик КазНАЕН, НИА РК, иностранный член Академии горных наук РФ, д-р техн. наук, проф. (Казахстан)*

Ибраев М.К. *декан химического факультета НАО «Карагандинский университет имени Е.А. Букетова», д-р хим. наук (Казахстан)*

Исагулов А.З. *исполнительный директор НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», академик МАИН, КазНАЕН, НАН ВШК, д-р техн. наук, проф. (Казахстан)*

Кадыров А.С. *проф. кафедры транспортной техники и логистических систем НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», д-р техн. наук (Казахстан)*

Коликов К.С. *зав. кафедрой горнопромышленной экологии Национального исследовательского технологического университета МИСиС, д-р техн. наук (Россия)*

Кошебаева Г.К. *проф. кафедры экономики и менеджмента предприятия НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», д-р экон. наук (Казахстан)*

Кристина Лисецка *проф. Экономического университета Каттовице, д-р экон. наук (Польша)*

Лукаш Варгула *PhD, ассоциированный проф. Познанского технологического университета (Польша)*

Нугужинов Ж.С. *директор КазМИРР, советник Российской академии архитектуры и строительных наук (РААСН), д-р техн. наук, проф. (Казахстан)*

Окишев К.Ю. *проф. кафедры термообработки и физики металлов ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», д-р физ.-мат. наук (Россия)*

Портнов В.С. *проф. кафедры геологии и разведки месторождений полезных ископаемых НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», академик МАИН, иностранный член Академии горных наук РФ, д-р техн. наук (Казахстан)*

Сахапов Р.Л. *зав. кафедрой дорожно-строительных машин Казанского государственного архитектурно-строительного университета, д-р техн. наук, проф. (Россия)*

Шеров К.Т. *проф. кафедры технологических машин и оборудования НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина», д-р техн. наук (Казахстан)*

Раздел 1

Машиностроение. Металлургия

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_3 УДК 669.11

Информационный анализ развития и проблем высокоэнтропийных сплавов

[1]**КВОН Светлана Сергеевна,** *к.т.н., профессор, svetlana.1311@mail.ru,*
[1]**ИСАГУЛОВ Аристотель Зейнуллинович,** *д.т.н., профессор, aristotel@kstu.kz,*
[1]***АРИНОВА Сания Каскатаевна,** *PhD, преподаватель, sanya_kazah@mail.ru,*
[1]**АУБАКИРОВ Дастан Рахметтолаевич,** *PhD, зав. кафедрой, dastan_kstu@mail.ru@mail.ru,*
[1]НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан,
**автор-корреспондент.*

Аннотация. *Проведен информационный анализ развития и проблем высокоэнтропийных и квазивысокоэнтропийных сплавов. Проанализировано 30 источников, являющихся фундаментальными работами или новейшими разработками в этой области. Показано, что, в отличие от первых представлений, структура ВЭС может быть также многофазной, включая фазы внедрения. Анализ показал, что развитие ВЭС на базе систем d-переходных металлов, по сути, является следующим шагом развития высоколегированных сталей и сплавов аустенитного, мартенситно-стареющего классов или DH-сталей. Основная проблема производства ВЭС – использование высокочистых металлов, что обусловливает высокую стоимость ВЭС. Предлагается решение этой проблемы частичной заменой чистых металлов соответствующими ферросплавами, что значительно упрощает технологию выплавки и снижает стоимость.*

Ключевые слова: *высокоэнтропийные сплавы, структура, фаза, интерметаллидные соединения, свойства, сплав Кантора.*

Введение

В настоящее время возможности получения и улучшения свойств сталей и сплавов традиционными методами практически исчерпаны, введение дополнительных видов обработки требует значительных как временных, так и материальных инвестиций.

В связи с этим современным трендом

получения уникальных эксплуатационных свойств деталей является разработка нового класса сплавов материалов – высокоэнтропийных сплавов (ВЭС).

При создании ВЭС, в отличие от традиционных способов, используется совершенно иной принцип создания сплава. Состав сплава содержит минимум 5 компонентов, предпочтительно в эквиатомной концентрации или при содержании каждого из элементов от 35 до 5%. Идея создания ВЭС основана на термодинамическом принципе повышения энтропии при смешении различных компонентов. Этот процесс сопровождается уменьшением свободной энергии, что повышает вероятность образования простых структур типа твердых растворов замещения повышенной стабильности. На сегодняшний день множество исследований [1-7] посвящено исследованию основных принципов создания ВЭС, их структуре и свойствам.

Исследовательская часть и обсуждение результатов

Работа [1] посвящена масштабному обзору ВЭС, начиная с истории возникновения ВЭС, вопросов термодинамики, классификации структуры ВЭС и заканчивая обзором механических свойств ВЭС. Согласно [2], уникальность свойств ВЭС объясняется наличием 4 «эффектов»: эффект высокой энтропии, эффект искажения решетки; эффект медленной диффузии и эффект «коктейля».

Эффект высокой энтропии – это гипотеза, объясняющая повышение свойств ВЭС образованием повышенного значения энтропии в многокомпонентной системе с эквиатомной концентрацией или в системе минимум с 5 компонентами. Предполагается, что энтропия смешения в таких системах намного выше, чем в обычных твердых растворах или при образовании интерметаллидных фаз.

Теория эффекта искажения решетки основана на том факте, что при формировании структуры ВЭС участвуют атомы разной природы, не подчиняющихся классическим правилам формирования твердых растворов (правила Юм-Розери). На рисунке 1 приведена схема, иллюстрирующая расположение атомов и вызванные искажения кристаллической решетки в классическом сплаве и ВЭС.

Рисунок наглядно иллюстрирует тот факт, что в «классическом» сплаве атомы других элементов окружены атомами элемента-растворителя. В структуре ВЭС доминирующий элемент отсутствует вовсе, атомы всех компонентов занимают равноценные позиции, что и приводит к повышению энтропии.

Предполагается, что диффузия в ВЭС протекает медленно [3]. Это предположение

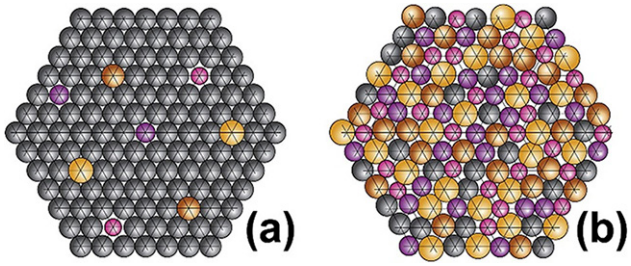


Рисунок 1 – Иллюстрация к расположению атомов в «классическом» сплаве (а) и ВЭС (б) [1]

основано на наблюдении, что при кристаллизации ВЭС формируются нанокристаллические и аморфные фазы, которые являются достаточно стабильными.

Термин «эффект коктейля» был впервые использован в работе [4]. Он был использован для описания свойств различных материалов, таких как аморфные металлические стекла и ВЭС. Смысл заключается в том, что смешивании нескольких компонентов имеет место синергический эффект, в результате действия которого свойства конечного продукта значительно превосходят свойства каждого компонента, взятого в отдельности. Именно эффектом «коктейля» объясняются одновременное повышение прочности и пластичности в ВЭС.

На рисунке 2 показана разница с точки зрения изменения термодинамических параметров, таких как энергия Гиббса и энтальпия при образовании регулярных и субрегулярных твердых растворов.

Из рисунка видно, что минимум свободной энергии приходится именно на эквиатомный состав в регулярных растворах; в субрегулярных растворах минимум свободной энергии (наиболее стабильная фаза) приходится на составы, смещенные от эквиатомной концентрации. Именно этим фактом объясняется то обстоятельство, что в субрегулярных растворах эквиатомная концентрация встречается редко.

При термодинамическом анализе ВЭС достаточно часто встречается мнение [4], что при формировании ВЭС нарушается одно из основных правил термодинамики – правило Гиббса. Однако автор работы [1] однозначно показывает, что правило Гиббса дает представление о максимальном количестве фаз, находящихся в равновесии на данный момент. При анализе бинарных систем равновесие в микроструктуре наблюдается при комнатной температуре. Однофазные области твердых растворов по площади значительно больше, чем, например, интерметал-

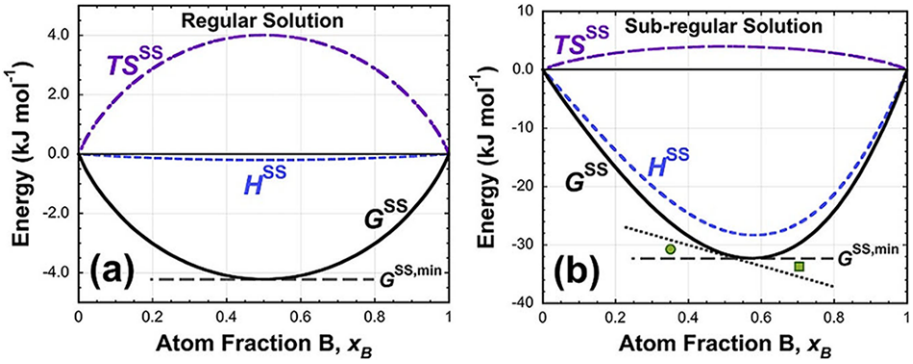


Рисунок 2 – Иллюстрация к изменению термодинамических характеристик при образовании регулярных (а) и субрегулярных растворов [1]

лидные включения, что и приводит к выводу о существовании одной-двух фаз в сплаве. В более сложных системах, как ВЭС, получить максимальное количество фаз согласно правилу Гиббса представляется практически маловероятным, поэтому при формировании фазовой структуры ВЭС следует ожидать числа фаз, меньшего, чем согласно правилу Гиббса.

Однако этот факт не нарушает его, а, скорее, подтверждает возможность образования других фаз в ВЭС помимо твердых растворов. В первых исследованиях по ВЭС предполагалось, что уникальные свойства ВЭС обусловлены существованием твердого раствора со значительным искажением решетки, но при этом обладающим термодинамической стабильностью.

На сегодняшний день наиболее распространенной классификацией ВЭС является классификация по элементам [1,3]. Первая группа включает сплавы на основе d-переходных металлов. По крайней мере, 4 элемента из таких элементов, как Al, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Ti и V, входят в состав ВЭС этой группы. Классическим является сплав Кантора [5], основанный на системе CoNiCrFeMn.

Надо отметить, что по распространенности элементов, входящих в состав ВЭС, первым является железо, а затем марганец. В более поздних работах [6] исследуются сплавы на основе сплава Кантора с введением дополнительных элементов, таких как V, Mo, B, Cu и другие. Сплавы этой системы можно рассматривать как следующий шаг развития высоколегированных сталей, таких как аустенитные, мартенситные, стали с DH-упрочнением и другие. Очевидно, что сплавы этой группы вызывают наибольший интерес исследователей, т.к. эти сплавы при определенных условиях уже могут иметь коммерческую привлекательность и конкретные области применения.

Вторая группа ВЭС основана на тугоплавких металлах, таких как Cr, Hf, Mo, Ti, V, Ta, W, Zr. Надо отметить, что сплавы этой системы встречаются в литературе значительно реже, согласно оценке [1] они составляют примерно 7% от всего объема исследованных ВЭС. Это обстоятельство можно объяснить: во-первых, повышенной сложностью изготовления, обусловленной высокой температурой плавления компонентов; во-вторых, меньшей доступностью исходных элементов.

Группа ВЭС, основанная на системе легких элементов, таких как Al, Be, Mg, Ti, Zn и др., связана с необходимостью получения новых материалов с низкой плотностью. Исследованию свойств и разработке сплавов этой группы посвящены такие работы, как [7], в которой рассматриваются ВЭС на основе системы AlFeMgTiZn. Как показали авторы этого исследования, ВЭС на основе данной системы, полученные из порошковых материалов методом механического легирования, демонстрируют высокую твердость и прочность при низкой плотности.

Авторы [8] исследовали структуру ВЭС на основе системы AlMgLiZnCu/Sn и показали, что структура является многофазной и содержит не только большую долю неупорядоченного твердого раствора, но и значительное количество интерметаллидных соединений, что приближает эти сплавы к структуре классических сплавов.

Сплавы следующей группы основаны на системе AlCuMnNiSnZn и представляют собой легированные бронзы и латуни. Принцип их создания – создание твердых растворов с учетом эквиатомной концентрации, поэтому их состав можно выразить общей формулой Al x Sn y Zn z [CuMnNi] (1-xyz) [9].

В работе [8] было отмечено, что увеличение содержания бора в сплавах группы Mo-V привело к снижению термической ста-

бильности аморфной матрицы. Кроме того, наблюдалась четкая зависимость между микротвердостью и содержанием бора: в сплавах системы Mo-B наблюдалось снижение твердости на 30 HV, а у сплавов системы V-B – увеличение твердости с 815 до 960 HV с увеличением содержания бора.

Последняя группа ВЭС согласно классификации, предложенной в [1], основана на металлах Ag, Au, Co, Cr, Cu, Ni, Pd, Pt, Rh и Ru. Сплавы этой системы предназначены, в основном, для катализа. Эти сплавы исследованы довольно мало, из последних работ можно упомянуть исследование [10], посвященное созданию сплава состава $Cu_{30}Au_{23}Pt_{22}Pd_{25}$, причем исследование направлено на создание пористой структуры, что связано с предполагаемым применением как катализатора.

Важнейшим вопросом при исследовании ВЭС и их структуры является вопрос о возможных фазах, формирующихся в ВЭС. Начальное представление о структуре ВЭС основывалось на мнении, что в большинстве ВЭС формируется однофазная структура твердого раствора замещения с простой решеткой типа ГЦК или ОЦК. Однако последние исследования [1, 8] показали, что в структуре ВЭС могут присутствовать и другие фазы, такие как интерметаллидные соединения, электронные соединения, причем, чем больше в составе элементов, тем выше количество фаз, что согласуется с правилом Гиббса.

Наиболее распространенными и, соответственно, наиболее исследованными фазами являются: твердые растворы (SS), твердые растворы и интерметаллиды (SS+IM) и только интерметаллиды (IM) (рисунок 3).

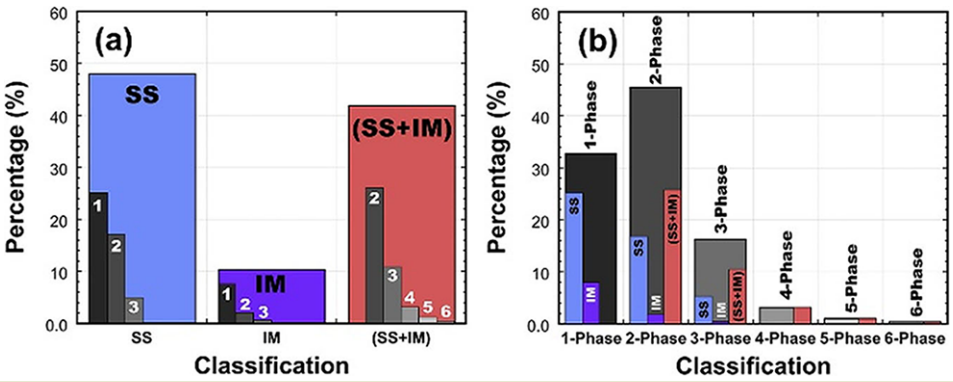
Как видно из рисунка 3 наиболее распространенными фазами в ВЭС являются неупорядоченные твердые растворы с ГЦК- или ОЦК-решеткой, интерметаллидные фазы типа фаз Лавеса и упорядоченные IM-фазы B2. Интерметаллидные соединения типа ГПУ встречается очень редко, как и другие электронные соединения.

Надо отметить, что анализ распространения фаз в ВЭС, проведенный в работе [1], показал, что распространенное мнение об однофазности структуры ВЭС является заблуждением. Действительно, структура многих ВЭС представлена одной фазой, но еще больше встречаются ВЭС с двухфазной структурой, также имеют место и более многофазные структуры.

Типичными однофазными структурами с ГЦК-решеткой являются сплавы Кантора, т.е. ВЭС, основанные на системе d-переходных металлов. Последующие исследования [3, 6, 7] показали, что легирование такими элементами, как V, Cu, Ti, дают новые возможности для благоприятных фазовых трансформаций и, следовательно, возможности управления структурой и свойствами сплавов.

В связи с тем, что для многих ВЭС используются тугоплавкие металлы, то в качестве способа получения сплава часто используется механическое сплавление в шаровых планетарных мельницах. Процесс заключается в измельчения чистых порошковых металлов до состояния наночастиц. Таким способом получают, например, сплавы системы FeCoNiXY, где в качестве XY выступают такие металлы, как Cr, V, Hf, Ti.

Достаточно распространенным методом получения ВЭС является плазменное спекание. Такой метод позволяет избежать проблем, связанных с явлением слипания при механическом легировании порошковых материалов. Такой метод получения ВЭС использовался в работах [11, 12] с использованием порошков металлов.



а – по типу фаз; б – по количеству фаз [1]

Рисунок 3 – Классификация структур ВЭС

Другим высокотехнологичным способом получения ВЭС является метод магнетронного распыления [13, 14]. Такой метод позволяет получать ВЭС в виде тонких пленок или покрытий на подложках.

Проведенный краткий анализ получения ВЭС и основных направлений развития составов и свойств позволяет сформулировать следующие выводы:

- в большинстве случае для получения ВЭС используются порошки чистых металлов;
- для получения ВЭС используются достаточно сложные технологии, такие как плазменное спекание, магнетронное распыление и пр.;
- наибольший интерес с точки зрения коммерческой привлекательности и промышленного использования представляют ВЭС на основе систем d-переходных металлов;
- развитие ВЭС на базе систем d-переходных металлов, по сути, является следующим шагом развития высоколегированных сталей и сплавов аустенитного, мартенситно-стареющего классов или DH-сталей;
- структура ВЭС может быть представлена различными фазами, такими, как твердые растворы с ГЦК- или ОЦК-решеткой, интерметаллидными фазами, включая фазы Лавеса и электронные соединения;
- термодинамика ВЭС подчиняется правилу Гиббса, но при этом в структуре чаще присутствует минимальное количество возможных фаз или меньше, чем максимальное согласно правилу Гиббса.

Надо отметить, что общим недостатком всех перечисленных ВЭС является их высокая стоимость по сравнению с традиционными материалами. Это связано как с шихтой, т.к. ВЭС выплавляются из чистых металлов, так и особенностями выплавки, которая включает обязательный переплав, ускоренную кристаллизацию и другие методы повышения гомогенности структуры.

Одним из возможных путей решения этих проблем может быть создание квазивысокоэнтропийных сплавов (КВЭС), принцип создания которых основан на энтропийном подходе, но с менее жесткими требованиями по шихте и составу. Такой термин, например, используется в работах [15].

Авторами данной работы были проведены начальные исследования по созданию КВЭС путем частичной замены чистых металлов в шихте на соответствующие ферросплавы. В лабораторных условиях был выплавлен аналог сплава Кантора с использованием следующей шихты: ферромарганец марки FeMn80C05 (ГОСТ4755-91), феррохром марки ФХ001А ГОСТ 4757-91, металлический никель марки Н-1у (ГОСТ 849-97) и металлический кобальт марки К1Ау (ГОСТ 123-2008). В результате был получен опытный сплав, состав которого приведен в таблице 1.

Далее на образцах были изучены микротвердость и предел прочности, результаты приведены в таблице 2.

Сравнение составов и исследованных свойств показывает принципиальную возможность получения сплава, близкого к КВЭС, с использованием не только чистых металлов, но и ферросплавов.

Очевидно, что частичное использование ферросплавов в качестве компонентов шихты позволяет снизить температуру выплавки и повысить коммерческую привлекательность сплава за счет более низкой стоимости шихтовых материалов.

Заключение

Информационный анализ работ по созданию ВЭС показал перспективность иссле-

Таблица 1 – Химический состав опытного сплава и сплава сравнения

№	Элемент, %	Fe	Cr	Mn	Co	Ni	Si+ ост
1	Опытный	15,3	23,3	22,4	19,1	19,2	0,70
2	Сплав Кантора	20,06	20,64	19,46	19,87	19,97	-

Таблица 2 – Результаты исследования микротвердости и предела прочности

№	Образец	Микротвердость, HV	Предел прочности, МПа
1	Опытный	130	430
2	Сплав Кантора	136	443

дований ВЭС на базе переходных металлов. Создание ВЭС на данных системах можно рассматривать как следующий шаг развития высоколегированных сталей и сплавов аустенитного, мартенситно-стареющего классов или DH-сталей. Одним из путей решения основной проблемы ВЭС может быть создание квазивысокоэнтропийных сплавов (КВЭС), т.е. сплавов, созданных на основе энтропийного подхода, но с менее жесткими требованиями по составу. Проведенные исследования показали, что частичная замена чистых металлов в шихте на соответствующие ферросплавы позволяет получить сплав, близкий по составу и свойствам к сплву Кантора.

Данные исследования проведены в рамках реализации программы Комитета науки МОН РК BR21882240 «Создание квазивысокоэнтропийного сплава с использованием казахстанского сырья и технологии производства прецизионных деталей на его основе».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Miracle D.B., Senkov O.N. A critical review of high entropy alloys and related concepts // Acta Materialia. – 2017. – Vol. 122. – Pp. 448-511. – DOI: 10.1016/j. actamat.2016.08.081
2. J.-W. Yeh // Recent Progress in High Entropy Alloys // Ann. Chim. Sci. Mat., 31 (2006), pp. 633-648.
3. Yeh J.-W., Chen S.-K., Lin S.-J., Gan J.-Y., Chin Ts.-Sh., Shun T.-Ts., Tsau Ch.-H., Chang Sh.-Y. Nanostructured High-Entropy Alloys with Multiple Principle Elements: Novel Alloy Design Concepts and Outcomes // Advanced Engineering Materials, 2004, 6 no. 8, 299-303.
4. Y. Zhang, T.T. Zuo, Z. Tang, M.C. Gao, K.A. Dahmen, P.K. Liaw, Z.P. Lu // Microstructures and properties of high-entropy alloys // Prog. Mat. Sci., 61 (2014), pp. 1-93.
5. Obzor issledovanij splavov, razrabotannyh na osnove jentropijnogo podhoda / Z.B. Bataeva, A.A. Ruktuev, I.V. Ivanov, A.B. Jurgin, I.A. Bataev // Obrabotka metallov (tehnologija, oborudovanie, instrumenty). – 2021. – T. 23, no. 2. – Pp. 116-146. – DOI: 10.17212/1994-6309-2021-23.2-116-146.
6. Cantor B., Chang I.T.H., Knight P., Vincent A.J.B. Microstructural development in equiatomic multicomponent alloys. Materials Science and Engineering: A, 2004, vol. 375-377, pp. 213-218. DOI: 10.1016/j.msea.2003.10.257.
7. Gali A., George E.P. Tensile properties of high- and medium-entropy alloys. Intermetallics, 2013, vol. 39, pp. 74-78. DOI: 10.1016/j.intermet.2013.03.018.7
8. J.-W. Yeh // Recent Progress in High Entropy Alloys // Ann. Chim. Sci. Mat., 31 (2006), pp. 633-648.
9. C.-J. Tong, M.-R. Chen, S.-K. Chen, J.-W. Yeh, T.-T. Shun, S.-J. Lin, S.-Y. Chang
10. Tung C.C., Yeh J.W., Shun T.T., Chen S.-K., Huang Y.-S., Chen H.-C. On the elemental effect of AlCoCrCuFeNi high-entropy alloy system. Materials Letters, 2007, vol.
11. Kochetov N.A., Rogachev A.S., Shhukin A.S., Vadchenko A.S. i dr. // Mehanicheskoe splavlenie mnogokoponentnoj poroshkovoj smesi Fe-Cr-Co-Ni-Mn i ee jelektroiskrovoe plazmennoe spekanie dlja polchenija kompaktnogo vysokojentropijnogo materiala // Izvestija VUZov. Poroshkovaja metallurgija i funkcional'nye pokrytija.
12. Prusa F., Senkova A., Kusera V., Capek J., Vojtech D. Properties of high-strength ultrafi ne-grained CoCrFeNiMn high-entropy alloy prepared by short-term mechanical alloying and spark plasma sintering // Materials Science and Engineering: A, 2018, vol. 734, pp. 341-352. DOI: 10.1016/j.msea.2018.08.014.
13. N.N. Trofimenko, I.Ju. Efimochkin, A.N. Bol'shakova // Problemy sozdanija i perspektivy ispol'zovanija zharoprochnyh vysokojentropijnyh splavov // Aviacionnye materialy i tehnologii, 2018, no. 2 (51), pp. 3-8.
14. Cantor B. Multicomponent and high entropy alloys // Entropy. – 2014. – Vol. 16 (9). – Pp. 4749-4768. – DOI: 10.3390/e16094749
15. Yang, L.; Li, Y.; Wang, Z.; Zhao, W.; Qin, C. // Nanoporous Quasi-High-Entropy Alloy Microspheres // Metals 2019, 9, 345. https://doi.org/10.3390/met9030345

Жоғары энтропиялық қорытпалардың дамуы мен проблемарына ақпараттық талдау

*[1]**КВОН Светлана Сергеевна,** т.ғ.к., профессор, svetlana.1311@mail.ru,*
*[1]**ИСАГУЛОВ Аристотель Зейнуллинович,** т.ғ.д., профессор, aristotel@kstu.kz,*
*[1]***АРИНОВА Сания Қасқатайқызы,** PhD, оқытушы, sanya_kazah@mail.ru,*
*[1]**АУБАКИРОВ Дастан Рахметтолаевич,** PhD, кафедра меңгерушісі, dastan_kstu@mail.ru@mail.ru,*
[1]«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Н. Назарбаев даңғылы, 56, Қарағанды, Қазақстан,
**автор-корреспондент.*

***Аңдатпа.** Жоғары энтропиялық және квази-жоғары энтропиялық қорытпалардың дамуы мен проблемаларына ақпараттық талдау жүргізілді. Осы саладағы іргелі жұмыстар немесе соңғы әзірлемелер болып табылатын 30 дереккөз талданды. Алғашқы көріністерден айырмашылығы, ЖЭҚ құрылымы енгізу фазаларын қоса алғанда, көп фазалы болуы мүмкін екендігі көрсетілген. Талдау көрсеткендей, d-өтпелі металл жүйелеріне негізделген ЖЭҚ-ті дамыту, шын мәнінде, аустениттік, мартенситтік-қартаю кластары немесе DH-болаттардың жоғары легірленген болаттары мен қорытпаларын дамытудың келесі қадамы болып табылады. ЖЭҚ өндірісінің негізгі проблемасы-жоғары таза металдарды пайдалану, бұл ЖЭС-тің жоғары құнын анықтайды. Бұл мәселені шешу таза металдарды тиісті ферроқорытпалармен ішінара ауыстыру арқылы ұсынылады, бұл балқыту технологиясын едәуір жеңілдетеді және құнын төмендетеді.*

***Кілт сөздер:** жоғары энтропиялық қорытпалар, құрылымы, фазасы, металлидті қосылыстар, қасиеттері, Кантор қорытпасы.*

Information Analysis of the Development and Problems of High-entropy Alloys

*[1]**KVON Svetlana,** Cand. of Tech. Sci., Professor, svetlana.1311@mail.ru,*
*[1]**ISAGULOV Aristotle,** Dr. of Tech. Sci., Professor, aristotel@kstu.kz,*
*[1]***ARINOVA Sania,** PhD, Lecturer, sanya_kazah@mail.ru,*
*[1]**AUBAKIROV Dastan,** PhD, Head of Department, dastan_kstu@mail.ru@mail.ru,*
[1]NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», N. Nazarbayev Avenue, 56, Karaganda, Kazakhstan,
**corresponding author.*

***Abstract.** An information analysis of the development and problems of high-entropy and quasi-high-entropy alloys is carried out. 30 sources have been analyzed, which are fundamental works or the latest developments in this field. It is shown that, unlike the first representations, the structure of the wind farm can also be multiphase, including the phases of implementation. The analysis showed that the development of wind farms based on d-transition metal systems is, in fact, the next step in the development of high-alloy steels and alloys of austenitic, martensitic-aging classes or DH-steels. The main problem of WPP production is the use of high-purity metals, which causes the high cost of WPP. A solution to this problem is proposed by partially replacing pure metals with appropriate ferroalloys, which will significantly simplify the smelting technology and reduce the cost.*

***Keywords:** high-entropy alloys, structure, phase, intermetallic compounds, properties, Cantor alloy.*

REFERENCES

1. Miracle D.B., Senkov O.N. A critical review of high entropy alloys and related concepts // Acta Materialia. – 2017. – Vol. 122. – Pp. 448-511. – DOI: 10.1016/j. actamat.2016.08.081
2. J.-W. Yeh // Recent Progress in High Entropy Alloys // Ann. Chim. Sci. Mat., 31 (2006), pp. 633-648.
3. Yeh J.-W., Chen S.-K., Lin S.-J., Gan J.-Y., Chin Ts.-Sh., Shun T.-Ts., Tsau Ch.-H., Chang Sh.-Y. Nanostructured High-Entropy Alloys with Multiple Principle Elements: Novel Alloy Design Concepts and Outcomes // Advanced Engineering Materials, 2004, 6 no. 8, 299-303.
4. Y. Zhang, T.T. Zuo, Z. Tang, M.C. Gao, K.A. Dahmen, P.K. Liaw, Z.P. Lu // Microstructures and properties of high-entropy alloys // Prog. Mat. Sci., 61 (2014), pp. 1-93.
5. Obzor issledovanij splavov, razrabotannyh na osnove jentropijnogo podhoda / Z.B. Bataeva, A.A. Ruktuev, I.V. Ivanov, A.B. Jurgin, I.A. Bataev // Obrabotka metallov (tehnologija, oborudovanie, instrumenty). – 2021. – T. 23, no. 2. – Pp. 116-146. – DOI: 10.17212/1994-6309-2021-23.2-116-146.
6. Cantor B., Chang I.T.H., Knight P., Vincent A.J.B. Microstructural development in equiatomic multicomponent alloys. Materials Science and Engineering: A, 2004, vol. 375-377, pp. 213-218. DOI: 10.1016/j.msea.2003.10.257.
7. Gali A., George E.P. Tensile properties of high- and medium-entropy alloys. Intermetallics, 2013, vol. 39, pp. 74-78. DOI: 10.1016/j.intermet.2013.03.018.7
8. J.-W. Yeh // Recent Progress in High Entropy Alloys // Ann. Chim. Sci. Mat., 31 (2006), pp. 633-648.
9. C.-J. Tong, M.-R. Chen, S.-K. Chen, J.-W. Yeh, T.-T. Shun, S.-J. Lin, S.-Y. Chang
10. Tung C.C., Yeh J.W., Shun T.T., Chen S.-K., Huang Y.-S., Chen H.-C. On the elemental effect of AlCoCrCuFeNi high-entropy alloy system. Materials Letters, 2007, vol.
11. Kochetov N.A., Rogachev A.S., Shhukin A.S., Vadchenko A.S. i dr. // Mehanicheskoe splavlenie mnogokoponentnoj poroshkovoj smesi Fe-Cr-Co-Ni-Mn i ee jelektroiskrovoe plazmennoe spekanie dlja polchenija kompaktnogo vysokojentropijnogo materiala // Izvestija VUZov. Poroshkovaja metallurgija i funkcional'nye pokrytija.
12. Prusa F., Senkova A., Kusera V., Capek J., Vojtech D. Properties of high-strength ultrafi ne-grained CoCrFeNiMn high-entropy alloy prepared by short-term mechanical alloying and spark plasma sintering // Materials Science and Engineering: A, 2018, vol. 734, pp. 341-352. DOI: 10.1016/j.msea.2018.08.014.
13. N.N. Trofimenko, I.Ju. Efimochkin, A.N. Bol'shakova // Problemy sozdanija i perspektivy ispol'zovanija zharoprochnyh vysokojentropijnyh splavov // Aviacionnye materialy i tehnologii, 2018, no. 2 (51), pp. 3-8.
14. Cantor B. Multicomponent and high entropy alloys // Entropy. – 2014. – Vol. 16 (9). – Pp. 4749-4768. – DOI: 10.3390/e16094749
15. Yang, L.; Li, Y.; Wang, Z.; Zhao, W.; Qin, C. // Nanoporous Quasi-High-Entropy Alloy Microspheres // Metals 2019, 9, 345. https://doi.org/10.3390/met9030345

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_11 УДК 669.168.004.18

Твердофазное восстановление оксидов FexOy и MnxOy углеродом в условиях низкотемпературного обжига шихты на основе марганцевых отходов

[1]ТАЖИЕВ Елеусиз Болатович, *PhD, старший преподаватель, eleusiz_t1990@mail.ru,*
[1]АРГЫН Айдар Абдилмаликулы, *PhD, старший научный сотрудник, aidarargyn@gmail.com,*
[2]*ЖОЛДАСБАЙ Ержан Есенбайулы, *PhD, доцент, zhte@mail.ru,*
[1]ҚҰРМАНСЕЙТОВ Мұрат Бауыржанұлы, *PhD, главный научный сотрудник, murat.kmb@mail.ru,*
[1]ҚОЙШИНА Гүлзада Мынғышқызы, *PhD, ассоциированный профессор, gulzada.koishina@mail.ru,*
[1]НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева», ул. Сатпаева, 22а, Алматы, Казахстан,
[2]АО «Жезказганский университет имени О.А. Байконурова», пр. Алашахана, 1б, Жезказган, Казахстан,
**автор-корреспондент.*

Аннотация. *На основании комплексных аналитических исследований, включающих методы атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой и рентгенофазового анализа промежуточных и конечных продуктов, изучен вещественный и минералогические составы марганцевых отходов Джездинского ГОКа. Показано, что низкое содержание железа и марганца в отходах предопределяет необходимость проведения предварительной операции по их обогащению. Изучен механизм поведения оксидов железа и марганца в условиях низкотемпературного обжига шихты, составленный на основе марганцевых отходов. На основании термодинамических расчетов реакций восстановления оксидов железа и марганца углеродом показана возможность полного восстановления железа до металла из высших и низших его оксидов. Твердофазному восстановлению углеродом подвергаются высшие оксиды марганца. Устойчивый оксид марганца при температурах проведения обжига до металла практически не восстанавливается в силу положительных значений свободной энергии Гиббса. Для повышения содержания железа в шихте необходимо предусмотреть добавление в шихту железосодержащих отходов с высоким содержанием железа, например, прокатной окалины и др. При компоновке окончательной шихты необходимо учитывать оптимальный расход углерода: расход углерода не должен превышать стехиометрически необходимое его количество для восстановления оксидов железа и марганца. Неиспользованный для восстановления MnO избыточный углерод останется в шихте и полностью будет использован в качестве восстановительного реагента при плавке. Полученный после обжига металлизированный продукт должен быть подвергнут грануляции с целью получения прочных гранулированных окатышей, которые будут представлять окончательную моношихту для получения ферромарганца высокого качества.*

Ключевые слова: *марганцевый отход, вещественный состав, фазовый состав, термодинамика, энергия Гиббса, углерод, твердофазное восстановление, оксид железа, оксид марганца.*

Введение

Мировая практика технологии производства ферросплавов построена на восстановительной плавке шихты, составленной из кусковых руд, кокса и флюса.

Одной из кардинальных проблем для

предприятий является переработка мелких материалов, получаемых при сортировке сырья основного производства стали, и мелких отходов от обогащения марганцевых и хромовых руд [1, 2, 3].

Мелкие материалы, образующиеся при сортировке исходного окускованного сырья на предприятиях не могут быть возвращены к переработке традиционными технологическими процессами, что связано с определенными издержками. Возвращение их в традиционный технологический цикл возможно постольку, поскольку они поддаются окускованию с максимально низкими издержками подготовки. Сегодня накопленные объемы отходов определяют критический уровень их влияния на грунтовые воды, водную флору и окружающую среду [4, 5, 6].

Наиболее распространенный способ окускования мелких рудных материалов, концентратов, а также мелкодисперсных отходов от обогащения руд – агломерация, которая реализуется при температуре 1450°С, не обеспечивает необходимой кондиции получаемого материала: для оптимального размягчения мелких частиц необходимы более высокие температуры (1600-1700°С), которые обычные агломерационные машины не выдерживают. Сегодня агломерация не представляется эффективной, как с точки зрения технологии, так и с экологической стороны.

Второй широко используемый способ подготовки мелкодисперсного материала к переработке – окускование путем организации производства окатышей. Процесс требует значительных издержек: измельчения мелких отходов до дисперсного состояния, расход связующих материалов, использование дополнительного оборудования.

Перечисленные недостатки сдерживают переработку мелких рудных материалов, концентратов и мелкодисперсных отходов от обогащения марганцевых и хромовых руд. В научной литературе известен ряд работ, направленных на решение вопроса переработки мелких отходов [7-11]. Несмотря на высокие технолого-экономические показатели, ни один из них не нашел широкого применения на практике. Сегодня выбор и обоснование технологии диктуются не только с точки зрения экономической целесообразности, но и с учетом обеспечения ее экологической безопасности. Разработанные технологии предполагают использование сложного оборудования, требуют большого расхода реагентов и сопровождаются большим выходом промежуточных продуктов, которые необходимо подвергать дальнейшей переработке.

Целесообразным представляется создание технологии для переработки сбалансированной шихты на основе мелких отходов с получением конечного металла (ферросплава) путем проведения предварительного твердофазного низкотемпературного обжига. Это требует пересмотра устоявшегося положения классической теории о том, что восстановление металлов из их оксидов коксом осуществляется исключительно в жидкой фазе при высоких температурах.

Вещественный и минералогические составы марганцевых и хромовых отходов от обогащения соответствующих руд уже предопределяют их переработку путем не жидкофазного, а твердофазного восстановления металлов из их оксидов твердым углеродом. При этом задача по переработке отходов сводится к составлению комплексной системы (шихты) на основе марганец- или хромсодержащих отходов с добавлением восстановительного реагента (углерода), которая подвергается низкотемпературному обжигу. Использование для приготовления шихты в качестве восстановителя не природного, а древесного угля, получаемого пиролизом из биологических отходов, начиная от сорняковых трав до отходов сельхозугодий (соломы, стеблей хлопчатника и др.), существенно повышает эффективность технологии с точки зрения экологических требований.

В настоящей работе на основании термодинамического анализа реакций взаимодействия оксидов железа и марганца с углеродом проведена оценка поведения оксидов железа и марганца, применительно к условиям низкотемпературного обжига шихты, составленной на основе марганцевых отходов.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования использованы пробы марганцевых отходов, полученные от обогащения марганцевых руд Джездинского ГОКа. Предварительно отобранные пробы фракции 5-8 мм были измельчены до крупности менее 1 мм.

Элементные составы исходных компонентов шихты и усредненные составы шихты определяли с помощью масс-спектрометра Agilent 7700 Series ICP-MS (США), методом оптической эмиссионной спектрометрии (Optima 2000 DV с индукционно-связанной плазмой фирмы «Perkin Elmer SCIEX»), а также с использованием гравиметрического и химического методов анализа.

Рентгенофазовый анализ проведен на приборе D8 Advance (Bruker AXS GmbH), α-Cu, напряжение на рентгеновской трубке 40/40. Обработка полученных данных дифрактограмм и расчет межплоскостных расстояний проводили с помощью программного обеспечения EVA. Расшифровка

проб и поиск фаз осуществляли с помощью программы Search/match с использованием Базы данных карточек ASTM. Ошибка полуколичественного анализа ±5%.

Кристаллооптические анализы проб проводили с использованием растрового электронного микроскопа и микроскопов Olympus BX-51 и Leica DM2500.

Основным методологическим принципом технологии является теоретическое описание металлургических процессов на основе термодинамического анализа реакций взаимодействия компонентов шихты с твердым углеродом, протекающих в условиях низкотемпературного обжига шихты (773-1873 К). Расчеты сводились к определению убыли свободной энергии Гиббса реакций в зависимости от температуры. Исходные данные получены из веб-сайта NIST-JANAF Thermochemical Tables (http://kinetics.nist.gov/janaf). Расчеты проведены с использованием специальной программы.

Результаты и их обсуждение

Элементный и фазовый состав марганецсодержащих отходов Джездинского ГОК показаны в таблицах 1 и 2.

Результаты рентгенофазового анализа отходов показали высокое содержание свободного кварца в них – 13% (таблица 2).

Железо и марганец, в основном, представлены в виде высших и низших оксидов. Шлакообразующие компоненты (SiO_2, Al_2O_3, CaO) представлены в виде свободного кварца, алюмосиликатов и кальцита.

В основу исследования поведения компонентов марганцевого отхода положен термодинамический анализ реакций взаимодействия между высшими и низшими оксидами железа и марганца с твердым углеродом. Выбранный температурный интервал (773-1873 К) охватывает область низкотемпературного обжига, применительно к переработке шихты, составленной на основе марганцевых отходов и угля.

Таблица 1 – Элементный анализ марганцевых отходов

Элементы	Содержание компонентов, % масс.	Элементы	Содержание компонентов, % масс.
O	44,64	K	0,258
Mn	16,32	Ca	16,631
Fe	4,68	Ti	0,167
Na	0,28	As	0,04
Mg	0,831	Cu	0,012
Al	1,38	Zn	0,072
Si	7,04	Pb	0,244
P	0,022	Sr	0,133
Cl	0,038	Ba	6,521
S	0,682	Pb	0,002

Таблица 2 – Результаты полуколичественного анализа отходов

Минералы	Формула	Содержание
Calcite	$Ca(CO_3)$	41,2%
Quartz, syn	SiO_2	13,0%
Braunite-1Q, syn	$Mn_7O_8(SiO_4)$	10,1%
Bixbyite, ferrian	$FeMnO_3$	9,9%
Baryte	$BaSO_4$	6,6%
Pigeonite	$Mg_{0.69}Fe_{0.23}Ca_{0.08}SiO_3$	6,0%
Dickite-2M1	$Al_2Si_2O_5(OH)_4$	5,6%
Hematite, syn	$Fe_{1.957}O_3$	4,6%
Iron Manganese	Fe_3Mn_7	3,0%

Механизм восстановления оксидов железа и марганца можно представить системой следующих реакций:

$$6Fe_2O_3 + C = 4Fe_3O_4 + CO_2, \quad (1)$$
$$\Delta G_T^\circ = 69,913 - 0,298 \cdot T$$

$$3Fe_3O_4 + 2C = 9FeO + CO_2 + CO, \quad (2)$$
$$\Delta G_T^\circ = 422,48 - 0,43 \cdot T$$

$$5FeO + 4C = 5[Fe] + CO_2 + 3CO, \quad (3)$$
$$\Delta G_T^\circ = 512,25 - 0,43 \cdot T$$

$$Fe_3O_4 + C = 3FeO + CO, \quad (4)$$
$$\Delta G_T^\circ = 196,96 - 0,2 \cdot T$$

$$FeO + C = Fe + CO, \quad (5)$$
$$\Delta G_T^\circ = 153,37 - 0,15 \cdot T$$

$$4MnO_2 + C = 2Mn_2O_3 + CO_2, \quad (6)$$
$$\Delta G_T^\circ = -232,8 - 0,2 \cdot T$$

$$6Mn_2O_3 + C = 4Mn_3O_4 + CO_2, \quad (7)$$
$$\Delta G_T^\circ = -199,25 - 0,15 \cdot T$$

$$2Mn_3O_4 + C = 6MnO + CO_2, \quad (8)$$
$$\Delta G_T^\circ = 45,74 - 0,23 \cdot T$$

$$MnO + C = Mn + CO, \quad (9)$$
$$\Delta G_T^\circ = 276,22 - 0,16 \cdot T$$

Зависимость свободной энергии Гиббса (ΔGT°) от температуры для реакций взаимодействия оксидов железа и марганца с углеродом показана на рисунках 1, 2.

Как показывают результаты термодинамических расчетов, фазовое превращение гематита, соответствующее его восстановлению углеродом по реакции (1), начинается уже при температуре ~773 К, о чем свидетельствует высокое значение свободной энергии Гиббса, равное ΔG_{773K} = –158 кДж/моль. Дальнейший рост температуры усиливает протекание реакции (1) и в пределах температуры обжига 1473 К достигает ΔG_{773K} = –370,5 кДж/моль (рисунок 1).

Образующийся по реакции (1) магнетит, вступая во взаимодействие с углеродом по реакциям (2) и (4), переходит в стабильный низший оксид железа – вюстит (FeO). Реакции начинаются при температуре 973 К и, с ростом температуры, повышаются (рисунок 1). При температуре 1473 К значения свободной энергии Гиббса для реакций (2) и (4) составляют: ΔG_{1473K} = –207,4 кДж/моль и ΔG_{1473K} = –98 кДж/моль, соответственно.

Установлена возможность восстановле-

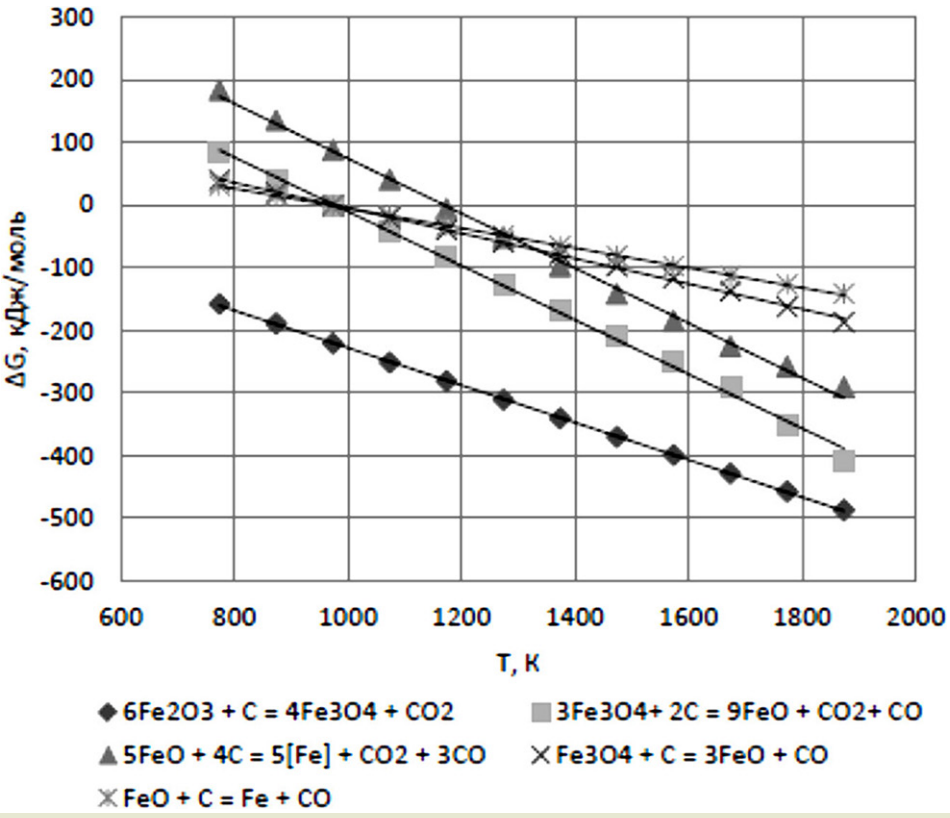


Рисунок 1 – Убыль свободной энергии Гиббса реакций (1)-(5) в зависимости от температуры

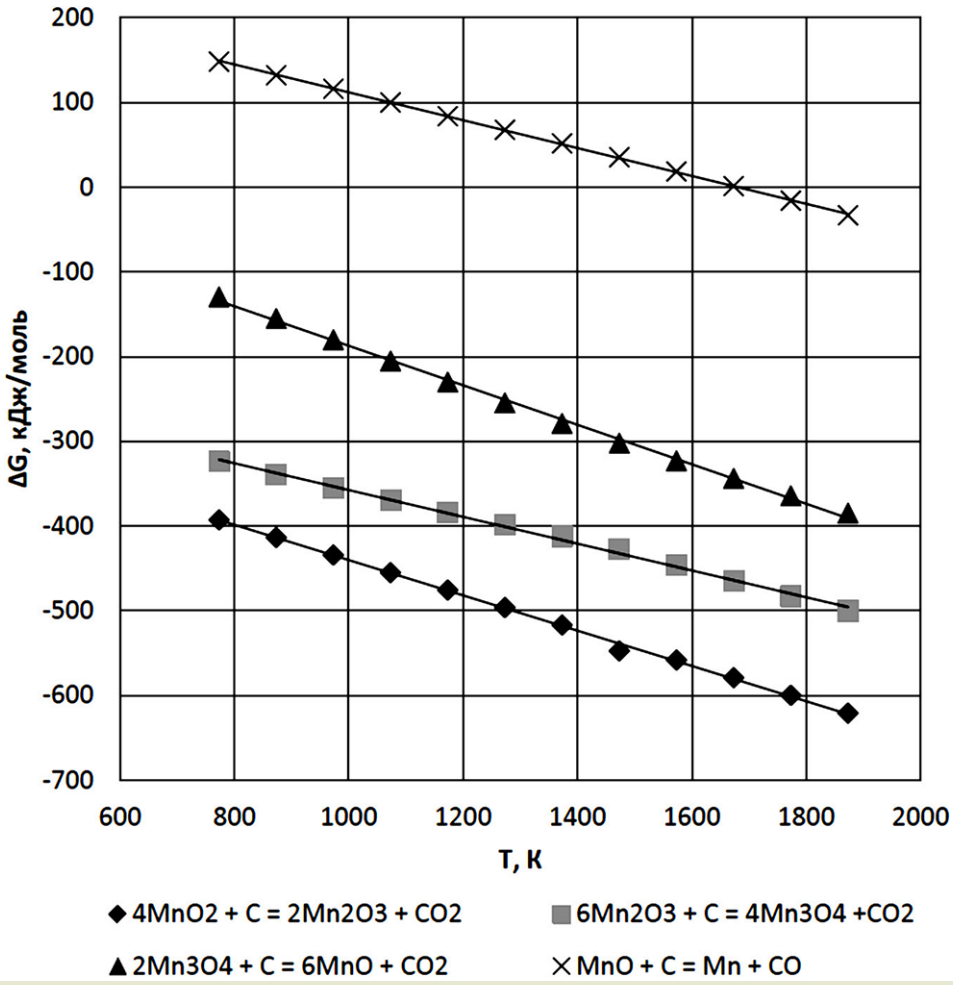


Рисунок 2 – Убыль свободной энергии Гиббса реакций (6)-(9) в зависимости от температуры

ния прочного вюстита углеродом до металлического железа, по реакциям (3), (5). Причем восстановление вюстита при стехиометрическом расходе углерода начинается несколько раньше, при температуре 973 К ($\Delta G_{973К}$ = –0,63 кДж/моль). При избыточном расходе углерода протекание реакции (5) при данной температуре невозможно, в силу положительного значения свободной энергии Гиббса, $\Delta G_{973К}$ = 87,71 кДж/моль. Протекание реакции (5) начинается при температуре 1073 К. Данное положение имеет важное значение для практики. При организации технологии получения ферромарганца из предварительно подготовленной шихты и твердофазного ее восстановления наличие избыточного расхода углерода не требуется.

Несколько иначе протекает механизм фазового превращения высших оксидов марганца до металлического состояния при обжиге.

На рисунке 2 видно, что высшие оксиды марганца начинают восстанавливаться углеродом до прочного его оксида MnO, по реакциям (6), (7) и (8), при температуре 773 К. Причем значения свободной энергии Гиббса указанных реакций при данной температуре, равные: $\Delta G_{973К}$ = –392,8 кДж/моль; $\Delta G_{973К}$ = –324 кДж/моль и $\Delta G_{973К}$ = –129,6 кДж/моль, соответственно, намного превышают значение свободной энергии Гиббса реакции (1) – восстановления гематита углеродом. Однако дальнейшее восстановление MnO до металла практически невозможно, о чем свидетельствуют положительные значения энергии Гиббса реакции (9) вплоть до температуры 1773 К. Восстановление низшего прочного оксида марганца возможно исключительно при высоких температурах – выше 1773 К (рисунок 2).

Из полученных результатов можно сформулировать механизм поведения оксидов железа и марганца в условиях низкотемпературного восстановительного обжига шихты, составленной на основе марганцевых отходов и твердого углерода. В процессе обжига железо полностью восстанавливается из своих оксидов до металлического

состояния. Высшие оксиды марганца полностью восстанавливаются до прочного своего оксида MnO, причем дальнейшее его восстановление в условиях низкотемпературного обжига до металлического марганца, практически невозможно. В результате в процессе обжига формируется металлизированный материал, готовый к дальнейшей восстановительной его плавке при высоких температурах.

Полученные результаты позволяют сделать ряд рекомендаций для практики. Учитывая, что содержание марганца в отходах незначительно (16-20%), перед подготовкой и компоновкой шихты необходимо проведение предварительной операции обогащения отхода. Для повышения содержания железа в шихте необходимо предусмотреть добавление в шихту железосодержащих отходов с высоким содержанием железа, например, прокатной окалины и др. При компоновке окончательной шихты необходимо учитывать оптимальный расход углерода: расход углерода не должен превышать стехиометрически необходимое его количество для восстановления оксидов железа и марганца по реакциям (1), (4), (5) и (6)-(9). При этом не использованный для восстановления MnO избыточный углерод, останется в шихте и полностью будет использован в качестве восстановительного реагента при восстановительной плавке.

После проведения обжига полученный металлизированный материал подвергается грануляции с целью получения прочных гранулированных окатышей, которые представляют окончательную моношихту для получения ферромарганца высокого качества путем восстановительной плавки при высокой температуре.

Выводы:

1. Обоснована возможность переработки марганцевых отходов от обогащения марганцевых руд Джездинского ГОКа путем проведения низкотемпературного обжига предварительно приготовленной шихты на основе отходов и угля.

2. На основании термодинамического анализа изучено поведение оксидов железа и марганца в условиях восстановительного обжига. Установлено, что при твердофазном взаимодействии оксидов железа и марганца с углеродом железо полностью восстанавливается из своих оксидов до металлического железа.

3. Результатами термодинамических расчетов показано, что в условиях обжига высшие оксиды марганца практически полностью восстанавливаются до MnO. Дальнейшее восстановление MnO до металлического марганца в условиях обжига не представляется возможным, о чем свидетельствуют положительные значения свободной энергии Гиббса реакции (9).

4. Полученные результаты будут использованы для проведения дальнейших экспериментальных исследований по переработке марганцевых и других отходов, направленных на разработку концептуальной технологии их переработки.

Исследования проводились в рамках грантового финансирования Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан на 2023-2025 годы по приоритетному направлению «Геология, добыча и переработка минерального и углеводородного сырья, новые материалы, технологии, безопасные изделия и конструкции» проекта AP19576391 «Разработка инновационной технологии получения новых сплавов из накопленных некондиционных многокомпонентных хром-, марганец содержащих отходов с применением Big Data».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Xie, M.Y.; Xu, H.; Dong, X.B.; Liu, J.H. Thermodynamic analysis of decarburization and hold manganese by mixed blowing carbon dioxide in high manganese stainless steel. Ferroalloy 2021, Vol. 52, Pp. 16-18.
2. Norberg, N.; et al. Use of biomass in integrated steelmaking – Status quo, future needs and comparison to other low – CO2 steel production technologies. Appl. Energy 2018, Vol.213, Pp. 384-407.
3. Mousa E., Wang C., Riesbeck J., Larsson M. Biomass applications in iron and steel industry: An overview of challenges and opportunities. Renew. Sustain. Energy Rev. 2016. No. 65. Pp. 1247-1266.
4. Matveeva V.A., Alekseenko A.V., Karthe D., Puzanov A.V. Manganese Pollution in Mining-Influenced Rivers and Lakes: Current State and Forecast under Climate Change in the Russian Arctic. Water. 2022, Vol. 14, No. 1091. DOI: https://doi.org/10.3390/w14071091

5. Monaci, F.; Ancora, S.; Bianchi, N.; Paoli, L.; Loppi, S. Combined use of native and transplanted moss for post-mining characterization of metal(loid) river contamination. Sci. Total Environ. – 2021. – Vol. 750. No. 141669 DOI:10.1016/j.scitotenv.2020.141669
6. Kim, Y. Geochemical Behavior of Potentially Toxic Elements in Riverbank-Deposited Weathered Tailings and Their Environmental Effects: Weathering of Pyrite and Manganese Pyroxene. Minerals 2020, Vol. 10, No. 413. DOI: https://doi.org/10.3390/min10050413
7. Есенгалиев Д.А., Исагулов А.З., Байсанов С.О. и др. Термографические исследования марганцевого сырья и шихт на его основе // Труды университета КарТУ. 2019. № 3. С. 23-26.
8. Байсанов С.О., Байсанов А.С., Есенгалиев Д.А. и др. Разработка технологии выплавки рафинированного ферромарганца с применением специальных комплексных восстановителей // Известия вузов. Черная металлургия. 2018. Т. 61. № 9. С. 689-694.
9. Akar Sen G. Application of full factorial experimental design and response surface methodology for chromite beneficiation by Knelson concentrator // Minerals. – 2016. Vol. 6, Iss. 1. P. 5.
10. Kumar C.R., Tripathy S.K., Rao D.S. Characterisation and pre-concentration of chromite values from plant tailings using floatex density separator // J. Miner. Mater. Charact. Eng. 2009. Vol. 8, Iss. 5. Pp. 367-378.
11. Tripathy S.K., Ramamurthy Y., Singh V. Recovery of chromite values from plant tailings by gravity concentration // J. Miner. Mater. Charact. Eng. 2011. Vol. 10, Iss. 1. Pp. 13-25.

Марганец қалдықтарына негізделген шихтаны төмен температуралы күйдіру жағдайында FexOy және MnxOy оксидтерін көміртегімен қатты фазалы тотықсыздандыру

*[1]**ТАЖИЕВ Елеусиз Болатович,** PhD, аға оқытушы, eleusiz_t1990@mail.ru,*
*[1]**АРГЫН Айдар Әбділмәлікұлы,** PhD, аға ғылыми қызметкер, aidarargyn@gmail.com,*
*[2]***ЖОЛДАСБАЙ Ержан Есенбайулы,** PhD, доцент, zhte@mail.ru,*
*[1]**ҚҰРМАНСЕЙТОВ Мұрат Бауыржанұлы,** PhD, бас ғылыми қызметкер, murat.kmb@mail.ru,*
*[1]**ҚОЙШИНА Гүлзада Мынғышқызы,** PhD, қауымдастырылған профессор, gulzada.koishina@mail.ru,*
[1]«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Сәтбаев көшесі, 22а, Алматы, Қазақстан,
[2]«Ө.А. Байқоныров атындағы Жезқазған университеті» АҚ, Алашахан даңғылы, 1б, Жезқазған, Қазақстан,
**автор-корреспондент.*

***Аңдатпа.** Индуктивті байланысқан плазмамен атомдық-эмиссиялық спектрометрия және рентгендік фазалық талдау әдістерін қамтитын аралық және соңғы өнімдерді кешенді аналитикалық зерттеулер негізінде Жезден КБК марганец қалдықтарының заттық және минералогиялық құрамы зерттелді. Қалдықтардағы темір мен марганецтің аз мөлшері оларды алдын-ала байыту операциясын жасау қажеттілігін анықтайды. Марганец қалдықтары негізінде жасалған шихтаны төмен температурада күйдіру жағдайында темір және марганец оксидтерінің бөлініп таралу механизмі зерттелді. Темір және марганец оксидтерінің көміртегімен тотықсыздану реакцияларының термодинамикалық есептеулеріне сүйене отырып, темірді оның жоғары және төменгі оксидтерінен металға толық тотықсыздандыру мүмкіндігі көрсетілген. Жоғары марганец оксидтері көміртектің қатты фазалық тотықсызануына ұшырайды. Күйдіру температурасында Гиббстің еркін энергиясының оң мәндеріне байланысты іс жүзінде тұрақты марганец оксиді металға дейін тотықсызданбайды. Шихтадағы темірдің мөлшерін арттыру үшін құрамында темірі жоғары қалдықтарды, мысалы, илектеу окалинаны және т.б. шихтаға қосуды қамтамасыз ету қажет. Соңғы шихтаны дайындау кезінде көміртектің оңтайлы шығынын ескеру қажет: көміртегі шығыны темір мен марганец оксидтерін тотықсыздандыру үшін стехиометриялық қажетті мөлшерінен аспауы керек. MnO-ны тотықсыздандыру үшін пайдаланылмаған артық көміртек шихтада қалады және тотықсыздандырып балқыту кезінде тотықсыздандырғыш реагент ретінде толығымен пайдаланылады. Жоғары сапалы ферромарганец алу мақсатында күйдіруден кейін*

алынған металдандырылған өнім соңғы моношихта болып берік түйіршіктер алу үшін грануляциялауға жіберілуі қажет.

Кілт сөздер: *марганец қалдықтары, заттық құрамы, фазалық құрамы, термодинамика, Гиббс энергиясы, көміртегі, қатты фазалық тотықсыздандыру, темір оксиді, марганец оксиді.*

Solid-phase Reduction of FexOy and MnxOy Oxides by Carbon Under Conditions of Low-temperature Firing of a Charge Based on Manganese Waste

[1]TAZHIYEV Yeleussiz, *PhD, Senior Lecturer, eleusiz_t1990@mail.ru,*
[1]ARGYN Aidar, *PhD, Senior Researcher, aidarargyn@gmail.com,*
[2]*ZHOLDASBAY Erzhan, *PhD, Associate Professor, zhte@mail.ru,*
[1]KURMANSEITOV Murat, *PhD, Chief Researcher, murat.kmb@mail.ru,*
[1]KOISHINA Gulzada, *PhD, Associate Professor, gulzada.koishina@mail.ru,*
[1]NCJSC «Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev», Satpayev Street, 22a, Almaty, Kazakhstan,
[2]JSC «Zhezkazgan Baikonurov University», Alashakhan Avenue, 1b, Zhezkazgan, Kazakhstan,
**corresponding author.*

Abstract. *Based on complex analytical studies, including methods of atomic emission spectrometry with inductively coupled plasma and X-ray phase analysis of intermediate and final products, the material and mineralogical compositions of manganese wastes of the Dzhezdinsky GOK have been studied. It is shown that the low content of iron and manganese in waste determines the need for a preliminary operation for their enrichment. The mechanism of behavior of iron and manganese oxides under conditions of low-temperature firing of a charge composed on the basis of manganese waste has been studied. Based on thermodynamic calculations of reactions of reduction of iron and manganese oxides by carbon, the possibility of complete reduction of iron to metal from its higher and lower oxides is shown. Higher manganese oxides are subjected to solid-phase reduction by carbon. Stable manganese oxide at the temperatures of firing to metal is practically not restored due to the positive values of the Gibbs free energy. To increase the iron content in the charge, it is necessary to provide for the addition of iron-containing waste with a high iron content to the charge, for example, rolling scale, etc. When arranging the final charge, it is necessary to take into account the optimal carbon consumption: carbon consumption should not exceed the stoichiometrically necessary amount for the reduction of iron and manganese oxides. The excess carbon not used for the reduction of MnO will remain in the charge, and will be fully used as a reducing reagent during the reduction melting. The metallized product obtained after firing must be subjected to granulation in order to obtain durable granular pellets, which will represent the final monoshift for the production of high-quality ferromanganese.*

Keywords: *manganese waste, material composition, phase composition, thermodynamics, Gibbs energy, carbon, solid-phase reduction, iron oxide, manganese oxide.*

REFERENCES

1. Xie, M.Y.; Xu, H.; Dong, X.B.; Liu, J.H. Thermodynamic analysis of decarburization and hold manganese by mixed blowing carbon dioxide in high manganese stainless steel. Ferroalloy 2021, Vol. 52, Pp. 16-18.
2. Norberg, N.; et al. Use of biomass in integrated steelmaking – Status quo, future needs and comparison to other low – CO2 steel production technologies. Appl. Energy 2018, Vol.213, Pp. 384-407.
3. Mousa E., Wang C., Riesbeck J., Larsson M. Biomass applications in iron and steel industry: An overview of challenges and opportunities. Renew. Sustain. Energy Rev. 2016. No. 65. Pp. 1247-1266.
4. Matveeva V.A., Alekseenko A.V., Karthe D., Puzanov A.V. Manganese Pollution in Mining-Influenced Rivers and Lakes: Current State and Forecast under Climate Change in the Russian Arctic. Water. 2022, Vol. 14, No. 1091. DOI: https://doi.org/10.3390/w14071091
5. Monaci, F.; Ancora, S.; Bianchi, N.; Paoli, L.; Loppi, S. Combined use of native and transplanted moss for post-mining characterization of metal(loid) river contamination. Sci. Total Environ. – 2021. – Vol. 750. No. 141669 DOI:10.1016/j.scitotenv.2020.141669
6. Kim, Y. Geochemical Behavior of Potentially Toxic Elements in Riverbank-Deposited Weathered Tailings and Their Environmental Effects: Weathering of Pyrite and Manganese Pyroxene. Minerals 2020, Vol. 10, No. 413. DOI: https://doi.org/10.3390/min10050413
7. Esengaliev D.A., Isagulov A.Z., Bajsanov S.O. i dr. Termograficheskie issledovanija margancevogo syr'ja i shiht na ego osnove // Trudy universiteta KarTU. 2019. No. 3. Pp. 23-26.
8. Bajsanov S.O., Bajsanov A.S., Esengaliev D.A. i dr. Razrabotka tehnologii vyplavki rafinirovannogo ferromarganca s primeneniem special'nyh kompleksnyh vosstanovitelej // Izvestija vuzov. Chernaja metallurgija. 2018. T. 61. No. 9. Pp. 689-694.
9. Akar Sen G. Application of full factorial experimental design and response surface methodology for chromite beneficiation by Knelson concentrator // Minerals. – 2016. Vol. 6, Iss. 1. P. 5.
10. Kumar C.R., Tripathy S.K., Rao D.S. Characterisation and pre-concentration of chromite values from plant tailings using floatex density separator // J. Miner. Mater. Charact. Eng. 2009. Vol. 8, Iss. 5. Pp. 367-378.
11. Tripathy S.K., Ramamurthy Y., Singh V. Recovery of chromite values from plant tailings by gravity concentration // J. Miner. Mater. Charact. Eng. 2011. Vol. 10, Iss. 1. Pp. 13-25.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_20 УДК 621.9.022

Формообразование задней поверхности многогранных твердосплавных пластин на шлифовально-заточных станках с ЧПУ

[1]**ВАСИЛЬЕВ Евгений Владимирович,** *к.т.н., доцент, wasilyev_@mail.ru,*
[2]***ШАХАНОВ Арслан Асанханович,** докторант, arslan_shahanov@mail.ru,*
[2]**ИСКАКОВ Руслан Маратбекович,** *к.т.н., ассоциированный профессор, rus.iskakov79@mail.ru,*
[1]Омский государственный технический университет, пр. Мира, 11, Омск, Россия,
[2]НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина», пр. Женис, 62, Астана, Казахстан,
**автор-корреспондент.*

***Аннотация.** Цель работы заключается в получении математического выражения для расчёта координат центра заготовки в относительных движениях в соответствии с третьей схемой формообразования. Определенный алгоритм моделирования третьей кинематической схемы формообразования детали инструментом может быть реализован средствами системы автоматического проектирования. Отмечено, что главные формообразующие движения – поступательное в направлении оси X, вращательные вокруг осей B и C управляются системой числового программного управления. Такой способ шлифования позволяет производить обработку задних поверхностей пластин любых форм, в том числе пластин, имеющих задний угол на гранях и вершинах. Показаны модели инструмента I и заготовки в начальном II и одном из промежуточных III положений, модели заготовки и инструмента для различных их взаимных расположений. Установлена связь между соответствующим поступательным и вращательным движением заготовки. Полученные зависимости были использованы при составлении управляющих программ на станке ВЗ-700Ф4 для шлифования многогранных твердосплавных пластин по контуру.*

***Ключевые слова:** моделирование, схемы формообразования, твердосплав, пластины, способ шлифования, припуск, затачивание, огибание.*

Введение

На машиностроительных предприятиях применяется современное оборудование с числовым программным управлением (ЧПУ), на котором используется твердосплавный режущий инструмент различной конструкции. Доля иностранного твердосплавного инструмента, применяемого на данном оборудовании превышает 95%. Стоимость данного твердосплавного инструмента зависит от курса валют и за последние годы выросла более чем в два раза.

Одним из эффективных способов снижения расходов на инструментальное обеспечение промышленных предприятий – это реновация твердосплавного инструмента алмазным шлифованием и затачиванием, использование изношенного твердосплавного инструмента, не подлежащего восстановлению, как заготовки для изготовления инструмента новой конструкции [1-3].

Производители современного режущего инструмента, в частности многогранных твердосплавных пластин (МТП) предлагают сдавать изношенный инструмент в переработку, ссылаясь на необратимые изменения в структуре твердого сплава, не позволяющие его дальнейшее использование, но массовые испытания изношенных и восстановленных МТП не подтверждают этот тезис [5-13]. Решить проблему выбора оптимальной геометрии с точки зрения вышеперечисленных параметров с минимальными финансовыми затратами возможно за счет реновации изношенных МТП алмазным шлифованием и затачиванием. Себестоимость восстановления изношенного инструмента может составлять до 20% от стоимости нового при практически идентичном периоде стойкости.

Цель исследования в обосновании эффективности реновации изношенных МТП

алмазным шлифованием и затачиванием как способа снижения расходов на инструментальное обеспечение машиностроительных предприятий, а также в получении математического выражения для расчёта координат центра заготовки в относительных движениях в соответствии с третьей схемой формообразования.

Методы исследования

В работе применялись современные и эффективные методы исследований. При шлифовании задних поверхностей МТП использовали способы копирования и бескопирования. Последний способ основан на применении станков с ЧПУ. Главные формообразующие движения осуществляли посредством шаговых электродвигателей. Использовались методы моделирования обработки заготовок, управляющие программы на шлифовально-заточной станок с ЧПУ, средства системы автоматизированного проектирования (САПР).

Научные результаты

Опыт массовой переточки и эксплуатации МТП новых и восстановленных инструментов позволил провести анализ основных положений, декларируемых фирмами-производителями:

- при обработке жаропрочных и титановых сплавов МТП с покрытием и без него показывают практически одинаковый период стойкости на черновых операциях. В ряде случаев у МТП с покрытием период стойкости увеличивается на 5-10%;

- при нанесении покрытий на МТП происходит притупление лезвия, что значительно сказывается на точности обработки, снижается шероховатость обработанной поверхности и происходит деформация обрабатываемой поверхности при обработке нежестких поверхностей. В ряде случаев необходимо выносить на первое место не условия стружколомания, а остроту лезвия, оказывающую значительное влияние на шероховатость обработанной поверхности и точности получаемых размеров;

- на черновых операциях для повышения периода стойкости МТП в дополнение к основной фаске необходимо шлифовать дополнительную фаску и осуществлять притупление лезвия.

Шлифование задних поверхностей МТП осуществляется копированием и бескопирным способом [14].

Способ копирования заключается в следующем (рисунок 1). На оси шпинделя 3 устанавливают копир 1 по форме, соответствующей шлифуемой пластине, делительный диск 2 и зажимную цапфу 4. Соосно шпинделю заготовки расположено зажимное устройство, имеющее вал 7, свободно вращающийся в корпусе и перемещаемый в осевом направлении с помощью гидроцилиндра 8. Пластину 5 зажимают между торцами зажимной цапфы 4, закрепленной на оси шпинделя 3, и зажимной цапфы 6, закрепленной на валу 7. В процессе обработки пластина прижимается к шлифовальному кругу посредством пружины 12. Съем установленного припуска с грани производится до касания корпуса 11 бабки изделия с упором 13. Обработка радиусов при вершине МТП производится путем обкатки копира 1 по опорной линейке 9.

Бескопирный способ шлифования задних поверхностей МТП основан на использовании станков с числовым программным управлением. Шлифование задних поверхностей пластин (граней и вершин) производят на станках с ЧПУ фирм Wendt (Германия), Agathon (Швейцария) и др. В этом случае главные формообразующие движения – поступательное в направлении оси X, вращательные вокруг осей B и C осуществляются с помощью шаговых электродвигателей, управляемых системой ЧПУ станка (рисунок 2) [14]. Такой способ шлифования позволяет производить обработку задних поверхностей пластин любых форм, в том числе пластин, имеющих задний угол на гранях и вершинах.

В работе [4] рассмотрены различные схемы формообразования задней поверхности МТП, которые возможно применить для написания управляющих программ на шлифовально-заточной станок с ЧПУ. Результаты моделирования показали, что схема шлифования задней поверхности МТП, где она совершает движение относительно инструмента – движение огибания, а инструмент – движение резания, не может быть реализована, так как при осуществлении движения огибания МТП выйдет за пределы рабочей поверхности шлифовального круга. Схема, где реализуются два взаимосвязанных движения: вращательное и возвратно-поступательное, МТП относительно инструмента может быть применена для написания управляющей программы на станок с ЧПУ.

Исходной моделью заготовки для формообразования является прямая призма, торцовым сечением которой является ромб (рисунок 3). Параметрами ромба являются величина H его стороны и углы α и β. При этом углы связаны зависимостью $\beta = \pi - \alpha$.

Для разработки алгоритма моделирования обработки такой заготовки в соответствии с изложенной третьей схемой формообразования [4], проанализируем положения моделей заготовки относительно

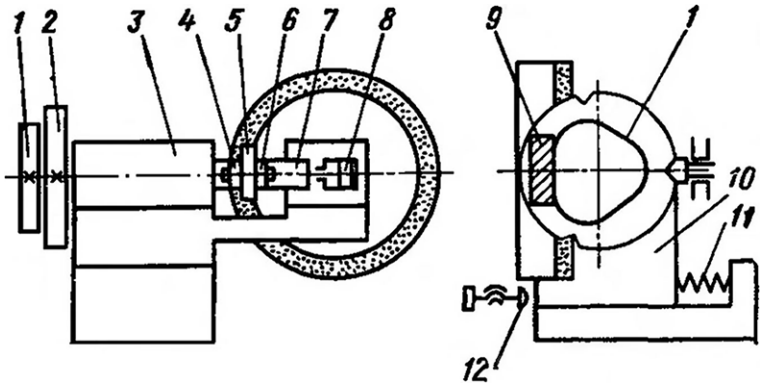
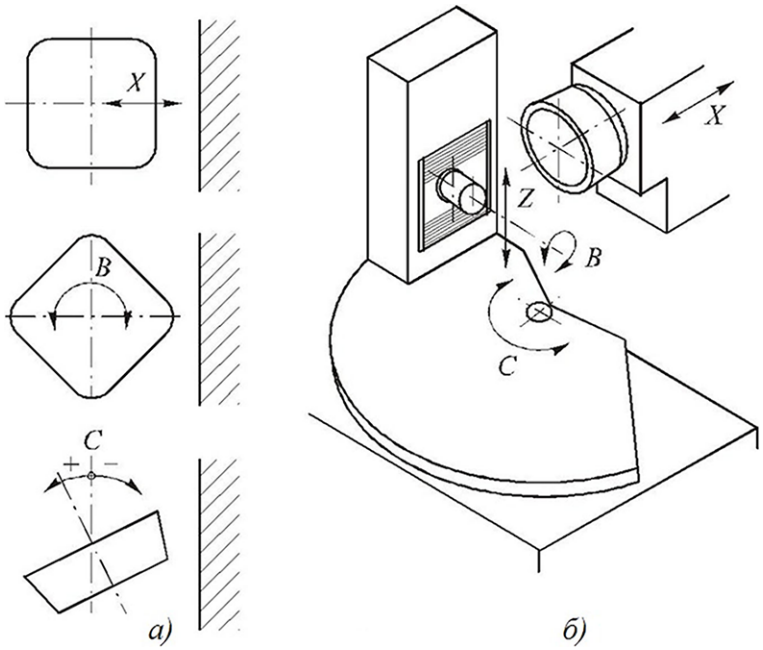


Рисунок 1 – Схема шлифования МТП по задней поверхности способом копирования



а – главные формообразующие движения; б – эти же движения на станке

Рисунок 2 – Схема шлифования задних поверхностей МТП на станке с ЧПУ

инструмента I, приведенные на рисунке 4.

Модель заготовки в начальный момент формообразования и её ребра находятся в положении II. При формообразовании ребра заготовка вращается вокруг точки А. После поворота заготовки на угол φ, она займет положение II. Тогда центр О основания призмы после поворота переместится в точку O_1. В этом случае после среза части припуска, заготовка и инструмент будут касаться по некоторой образующей. По этой же образующей они будут касаться, если заготовку переместить вдоль инструмента на величину O_1O_2=12. Тогда центры О и O_2 заготовки в различные промежутки времени будут находиться на линии возвратно-поступательного перемещения заготовки относительно инструмента. Отсюда следует, что для того чтобы заготовка совершала относительное возвратно-поступательное перемещение и вращательное вокруг оси, проходящей через центр О (для его различных положений), нужно:

1) сместить заготовку I относительно инструмента в новое положение II на величину, равную OO_2 (рисунок 5);

2) повернуть заготовку III вокруг центра O_2 на угол φ;

3) заготовка займет положение III (рисунок 5) такое же, что и при линейном смещении заготовки III (рисунок 4) вдоль инструмента.

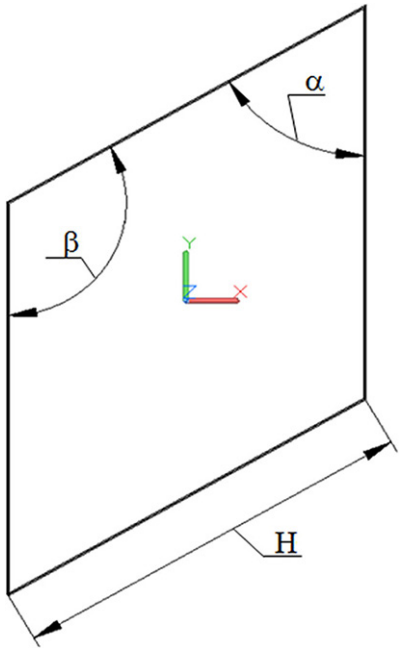


Рисунок 3 – Профиль заготовки

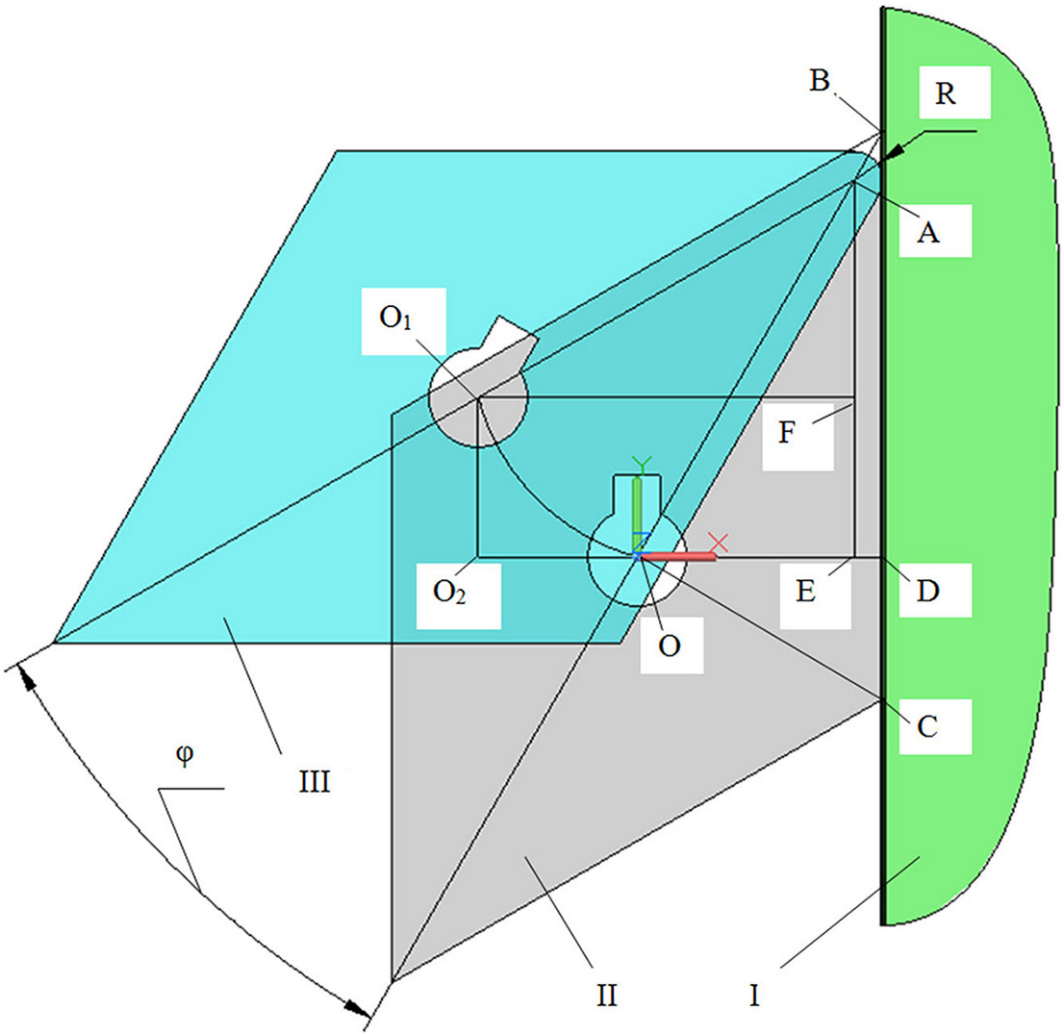


Рисунок 4 – Модели инструмента I и заготовки в начальном II и одном из промежуточных III положений

Приведённый алгоритм моделирования третьей кинематической схемы формообразования детали инструментом может быть реализован средствами САПР. Для разработки программы, в соответствии с этим алгоритмом, установим связь между соответствующим поступательным и вращательным движением заготовки.

Так, из треугольника OBC следует, что

$$OB = H \cdot \cos(\alpha/2).$$

Тогда

$$OD = OB \cdot \sin(\alpha/2),$$

$$OE = X_A = OD - R = \\ = H \cdot \cos(\alpha/2) \cdot \sin(\alpha/2) - R, \quad (1)$$

$$AE = Y_A = OE / \operatorname{tg}(\alpha/2). \quad (2)$$

В результате расстояние между точками O и A равно

$$|OA| = |O_1A| = \sqrt{x_A^2 + y_A^2},$$

а из треугольника O_1AF имеем

$$O_1F = OA \cdot \sin(\varphi + \alpha/2).$$

Следовательно, с учетом приведенных выше зависимостей, получим выражения для расчёта координат центра заготовки в относительных движениях в соответствии с третьей схемой формообразования

$$X_{01} = X_{02} = H \cdot \cos(\alpha/2) \cdot \sin(\alpha/2) - \\ -R - \sqrt{X_A^2 + Y_A^2} \cdot \sin(\varphi + \alpha/2), \quad (3)$$

$$Y_{02} = 0,$$

где X_A и Y_A определяются из выражений (1) и (2).

Полученные зависимости были использованы при составлении управляющих программ на станке ВЗ-700Ф4 для шлифования МТП по контуру (рисунок 6).

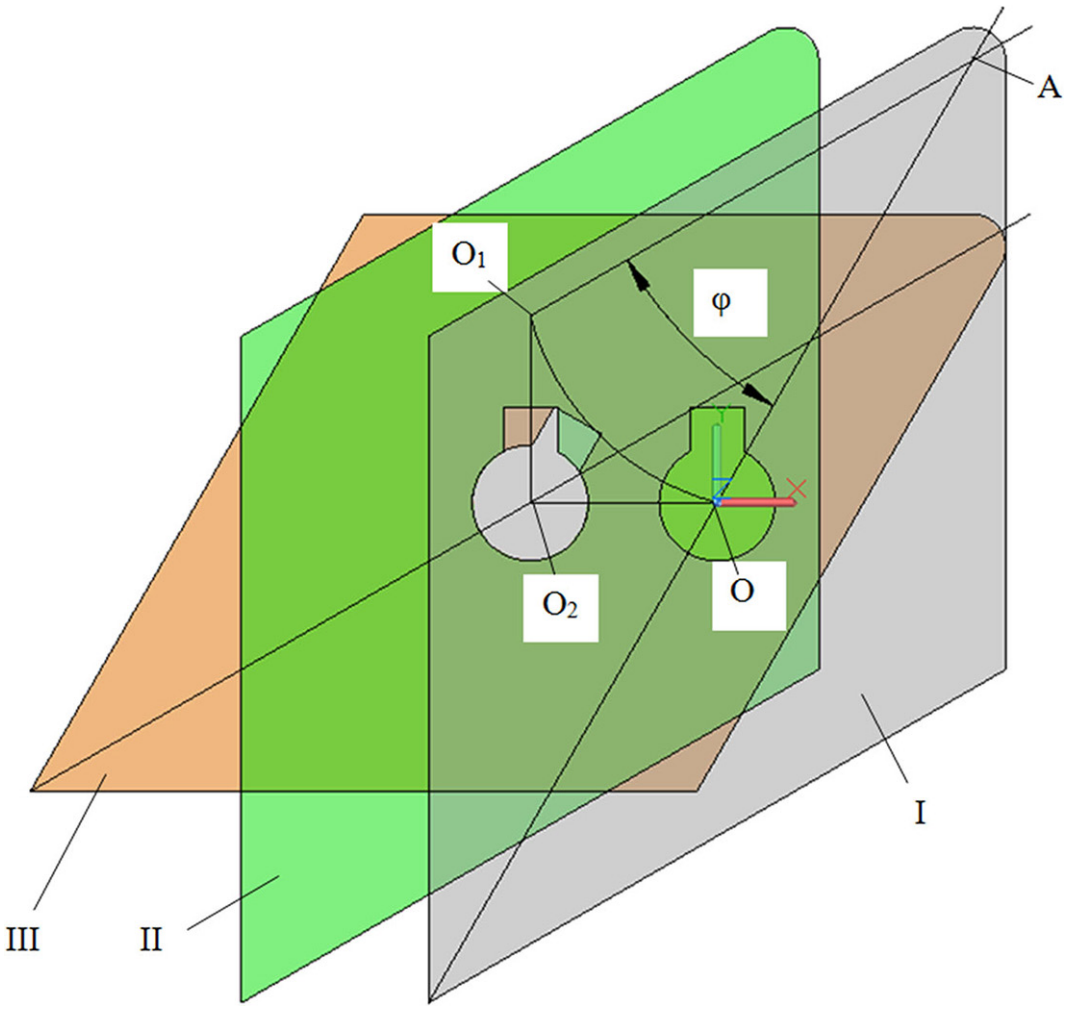


Рисунок 5 – Модели заготовки и инструмента для различных их взаимных расположений

Рисунок 6 – Переточенная МТП по задней грани на шлифовально-заточном станке с ЧПУ

Заключение

Таким образом, на основании проведенных исследований получены выражения для расчёта координат центра заготовки в относительных движениях в соответствии с третьей схемой формообразования. Установлена связь между соответствующим поступательным и вращательным движением заготовки. Определенный алгоритм моделирования третьей кинематической схемы формообразования детали инструментом может быть реализован средствами САПР. Результаты исследований могут быть практически использованы при разработке программ управления на шлифовальных станках с применением МТП на машиностроительных предприятиях для снижения расходов на инструментальное обеспечение, а также производителями инструмента для разработки новых МТП с улучшенными характеристиками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Vasily'ev E.V., Popov A.Y. Diamond Grinding of Hard-Alloy Plates. Russian Engineering research. – 2012. Vol. 32. – No. 11-12. Pp. 730-732.
2. Vasily'ev E.V., Popov A.Y., Bugai I.A., Nazarov P.V. Manufacture and Design of Special Hard-Alloy Mills. Russian Engineering research. – 2014. Vol. 34. No. 8. Pp. 522-523.
3. Vasily'ev E.V., Popov A.Y. Renovation Hard-Alloy End Mills on Numerically Controlled Grinding Machines. Russian Engineering research. – 2014. Vol. 34. No. 7. Pp. 466-468.
4. Vasily'ev E.V., Popov A.Y., Lyashkov A.A., Nazarov P.V. Developing a machining strategy for hard-alloy polyhedral inserts on cnc grinding and sharpening machines. Russian Engineering research. – 2018. Vol. 38. – No. 8. Pp. 642-644.
5. Васильев Е.В., Попов А.Ю. Определение рациональной геометрии режущей части переточенных твердосплавных пластин, предназначенных для чернового точения // СТИН. – 2014. – № 2. С. 16-21.
6. Васильев Е.В., Попов А.Ю. Реновация твердосплавных концевых фрез на шлифовально-заточных станках с ЧПУ // СТИН. – 2013.
7. Васильев Е.В. Повышение производительности алмазного шлифования твердосплавных изделий и ресурса кругов выбором оптимальных схем и режимов шлифования и характеристики круга: Автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.03.08 / Е.В. Васильев. – Омск, 2005. – 20 с.
8. Васильев Е.В., Попов А.Ю., Реченко Д.С. Алмазное шлифование твердосплавных пластин // СТИН. – 2012. – № 5 (56). – С. 7-10.
9. Васильев Е.В., Попов А.Ю. Реновация твердосплавных концевых фрез на шлифовально-заточных станках с ЧПУ // СТИН. – 2013. – № 12. – С. 11-14.
10. Vasily'ev E.V., Popov A.Y., Bugai I.A. Analysis techniques editing diamond wheels for precision carbide products. Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines. – Dynamics 2014. Omsk State Technical University Omsk.

Сандық бағдарламалық басқаруы бар ұнтақтағыш қайрау станоктарда көп қырлы қатты қорытпалы табақтардың артқы бетін пішіндеу

[1]ВАСИЛЬЕВ Евгений Владимирович, *т.ғ.к., доцент, wasilyev_@mail.ru,*
[2]*ШАХАНОВ Арслан Асанханұлы, *докторант, arslan_shahanov@mail.ru,*
[2]ИСКАКОВ Руслан Маратбекұлы, *т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, rus.iskakov79@mail.ru,*
[1]Омбы мемлекеттік техникалық университеті, Мира даңғылы, 11, Омбы, Ресей,
[2]«С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Жеңіс даңғылы, 62, Астана, Қазақстан,
**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Жұмыстың мақсаты – үшінші пішіндеу схемасына сәйкес салыстырмалы қозғалыстардағы дайындама центрінің координаталарын есептеу үшін математикалық өрнек алу. Құралмен бөлшекті қалыптастырудың үшінші кинематикалық схемасын модельдеудің белгілі бір алгоритмін автоматты жобалау жүйесі арқылы жүзеге асыруға болады. Негізгі пішіндеу қозғалыстары – X осі бағытында трансляциялық, B және C осі айналасында айналу сандық басқару жүйесімен басқарылатыны атап өтіледі. Тегістеудің бұл әдісі кез келген пішіндегі пластиналардың, соның ішінде шеттері мен үстіңгі жағындағы саңылау бұрышы бар пластиналардың артқы беттерін өңдеуге мүмкіндік береді. I аспаптың және дайындаманың үлгілері бастапқы II және III аралық позициялардың бірінде, дайындаманың үлгілері мен олардың әртүрлі салыстырмалы орналасуына арналған құралдың үлгілері көрсетілген. Дайындаманың сәйкес ілгерілемелі және айналмалы қозғалысы арасында байланыс орнатылды. Алынған тәуелділіктер ВЗ-700Ф4 станогында көп қырлы карбидті пластиналарды контур бойымен тегістеу үшін басқару бағдарламаларын жасау кезінде қолданылды.*

Кілт сөздер: *модельдеу, пішіндеу схемалары, қатты қорытпа, ендірмелер, тегістеу әдісі, артықшылық, қайрау, иілу.*

Formation of the Rear Surface of Multifaceted Carbide Inserts on Grinding and Grinding Machines with Numerical Control

[1]VASILY'EV Evgeny, *Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, wasilyev_@mail.ru,*
[2]*SHAKHANOV Arslan, *Doctoral Student, arslan_shahanov@mail.ru,*
[2]ISKAKOV Ruslan, *Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, rus.iskakov79@mail.ru,*
[1]Omsk State Technical University, Mira Avenue, 11, Omsk, Russia,
[2]NCJSC «S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University», Zhenis Avenue, 62, Astana, Kazakhstan,
**corresponding author.*

Abstract. *The purpose of the work is to obtain a mathematical expression for calculating the coordinates of the workpiece center in relative movements in accordance with the third shaping scheme. A certain algorithm for modeling the third kinematic scheme of forming a part with a tool can be implemented by means of an automatic design system. It is noted that the main shaping movements – translational in the direction of the X axis, rotational around the B and C axes are controlled by a numerical control system. This method of grinding makes it possible to process the rear surfaces of plates of any shape, including plates with a clearance angle on the edges and tops. The models of the tool I and the workpiece are shown in the initial II and one of the intermediate positions III, the models of the workpiece and the tool for their various relative positions. A relationship has been established between the corresponding translational and rotational motion of the workpiece. The obtained dependences were used in the preparation of control programs on the VZ-700F4 machine tool for grinding multifaceted carbide inserts along the contour.*

Keywords: *modeling, shaping schemes, hard alloy, inserts, grinding method, allowance, sharpening, bending.*

REFERENCES

1. Vasily'ev E.V., Popov A.Y. Diamond Grinding of Hard-Alloy Plates. Russian Engineering research. – 2012. Vol. 32. – No. 11-12. Pp. 730-732.
2. Vasily'ev E.V., Popov A.Y., Bugai I.A., Nazarov P.V. Manufacture and Design of Special Hard-Alloy Mills. Russian Engineering research. – 2014. Vol. 34. No. 8. Pp. 522-523.
3. Vasily'ev E.V., Popov A.Y. Renovation Hard-Alloy End Mills on Numerically Controlled Grinding Machines. Russian Engineering research. – 2014. Vol. 34. No. 7. Pp. 466-468.
4. Vasily'ev E.V., Popov A.Y., Lyashkov A.A., Nazarov P.V. Developing a machining strategy for hard-alloy polyhedral inserts on cnc grinding and sharpening machines. Russian Engineering research. – 2018. Vol. 38. – No. 8. Pp. 642-644.
5. Vasily'ev E.V., Popov A.Yu. Determination of the rational geometry of the cutting part of re-turned hard-alloy plates intended for rough turning // STIN. – 2014. – No. 2. Pp. 16-21.
6. Vasily'ev E.V., Popov A.Yu. Renovation of carbide end mills on CNC grinding and grinding machines // STIN. – 2013.
7. Vasily'ev E.V. Improving the productivity of diamond grinding of carbide products and the resource of wheels by choosing the optimal schemes and modes of grinding and wheel characteristics: Author. dis. … cand. tech. sciences: 05.03.08 / E.V. Vasily'ev. – Omsk, 2005. – 20 p.
8. Vasily'ev E.V., Popov A.Yu., Rechenko D.S. Diamond grinding of hard-alloy plates // STIN. – 2012. – No. 5 (56). – Pp. 7-10.
9. Vasily'ev E.V., Popov A.Yu. Renovation of carbide end mills on CNC grinding and grinding machines // STIN. – 2013. – No. 12. – Pp. 11-14.
10. Vasily'ev E.V., Popov A.Y., Bugai I.A. Analysis techniques editing diamond wheels for precision carbide products. Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines. – Dynamics 2014. Omsk State Technical University Omsk.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_28 ӘОЖ 621.771.014

Созу үрдісінде криогендік салқындату кезінде сымның механикалық қасиеттерінің өзгеруі

[1]*ВОЛОКИТИНА Ирина Евгеньевна, PhD, доцент, irinka.vav@mail.ru,
[1]ПАНИН Евгений Александрович, PhD, доцент, cooper802@mail.ru,
[1]АХМЕТОВА Гүлжаинат Есенжоловна, PhD, доцент, agulzhajnat@bk.ru,
[1]«Қарағанды индустриялық университеті» КеАҚ, Республика даңғылы, 30, Теміртау, Қазақстан,
*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Көміртекті болат сымды өңдеудің жаңа технологиясының оның механикалық қасиеттерінің өзгеруіне әсері зерттелді. Бұл технология сым иіргіштен шыққаннан кейін бірден криогендік салқындатуды қолданудан тұрады. Деформация криогендік және бөлме температурасында салыстыру үшін жүргізілді. Зертханалық эксперименттің нәтижелері сымды созғаннан кейін криогендік деформацияны қолдану дәстүрлі созумен салыстырғанда механикалық қасиеттерді жақсартатынын көрсетеді. Сонымен, төмен көміртекті болаттан жасалған сымды өңдеу кезінде үзілуге уақытша қарсылық 10%-ға, шығудың шартты шегі 11,5%-ға артады, үзілістен кейінгі салыстырмалы тарылу 6%-ға төмендейді. Әзірленген әдістен кейін сымның көлденең қимасы бойынша қалыптасқан құрылымның біркелкілігі микроқаттылықты өлшеу нәтижелерімен расталады. Диаметрі 5,0 мм Ст3 маркалы болат сымда криогендік салқындату орталық аймақтағы микроқаттылықтың 1320 МПа-дан 1745 МПа-ға дейін ұлғаюын тудырады, ал бетінде микроқаттылықтың өзгеруі 1347 МПа-дан 1842 МПа-ға дейін.

Кілт сөздер: сым, болат, созу, криогендік деформация, микроқұрылым, механикалық қасиеттері.

Кіріспе

Қазақстан Республикасы экономикасының алдында тұрған жоспарларды жүзеге асыру үшін өнеркәсіптің негізгі салаларын бірегей физикалық, механикалық және басқа да пайдалану қасиеттеріне ие сапалы металл өнімдерімен қамтамасыз ету қажет. Көбінесе бұл міндеттерді шешу жоғары энергия шығындарымен байланысты. Энергетикалық және шикізаттық ресурстарды үнемді пайдалану жағдайында, өнімдерді өңдеу кезінде мүмкін болатын ең аз уақытты жұмсауға мүмкіндік беретін салыстырмалы түрде қарапайым және арзан құрылғыларды пайдалану жағдайында жоғары беріктік пен икемділікті біріктіретін қасиеттері бар материалдарды алудың энергия және ресурс үнемдеу әдістерінің проблемасы үлкен практикалық маңызға ие [1].

Құрылымдық материалдардағы түйіршіктердің өлшемін ұсақтау олардың суық деформация жағдайында беріктік сипаттамаларын және ыстық жағдайда пластикалық сипаттамаларын едәуір жақсарта алады. Нәтижесінде түйіршіктердің өлшемін түбегейлі азайтуға мүмкіндік беретін технологияларды дамытуға тұрақты практикалық қызығушылық бар. Қазіргі уақытта материалтанушылар алдында субмикро – және нанокристалды құрылымдарды қалыптастыру міндеті тұр, сонымен қатар өнеркәсіптік пайдалануға жарамды көлемде. Бұл мәселені шешудің мүмкін әдістерінің бірі сұйық азот температурасындағы деформация (криогендік деформация деп аталады) болуы мүмкін. Деформацияның өте төмен температурасы қайтару үрдістерін айтарлықтай қиындатады және осылайша микроқұрылымды ұсақтауды айтарлықтай жылдамдатады деп болжануда [3].

Соңғы жылдары қысыммен өңдеу әдістерімен деформация кезінде сұйық азотты қолдану арқылы криогендік салқындату мүмкіндіктерін пайдалануға қызығушылық артты [3-5]. Машинажасау саласында төмен температуралы немесе суық өңдеуді алғаш рет 1937 жылы кеңес ғалымы А.С. Гуляев ұсынған [6] кейінірек шетелде қолданыла бастады. Көміртекті және легірленген болаттардың көптеген маркалары үшін мар-

тенситтік конверсияның толық соңы нөлден төмен температурада болады, сондықтан бөлме температурасына дейін салқындаған кезде құрылымда аустениттің белгілі бір мөлшері қалады. Қайта пайдалануға болатын жоғарытемпературалы шығдаулармен құрылымды одан әрі өзгерту мүмкін емес. Бұл берілген болат үшін мүмкін болатын қаттылық мәніне қол жеткізілмейтінін білдіреді. Сонымен қатар, қалдық аустенит уақыт өте келе біртіндеп бейнитке айналуы мүмкін, сондықтан аустенитті мартенситке толығымен ауыстырған жөн. Бұған болаттың өнеркәсіптік маркалары үшін плюс пен -140°С аралығында болуы мүмкін МК мартенситтік конверсияның соңғы температурасына дейін салқындату арқылы қол жеткізіледі. Сонымен қатар, криогендік өңдеу динамикалық қайтарумен немесе қайта кристалданумен бірге жүрмейді, бұл түйіршікті құрылымды тиімдірек ұсақтауға мүмкіндік береді. Мұндай деформацияның тағы бір артықшылығы металды қысыммен өңдеудің дәстүрлі әдістерімен салыстырғанда аз деформациялық күштерде беріктіктің едәуір артуы [7].

Сондықтан сұйық азоттың көмегімен сымнан шыққан кезде қарқынды салқындатуды қолдану ұсынылады, бұл материалдың беріктігі мен икемділігі үшін тиімдірек болады. Бұған дислокацияның қозғалғыштығының жоғарылауы және сонымен бірге олардың тығыздығының жоғарылауы арқылы қол жеткізуге болады.

Зерттеу материалдары мен әдістемесі

Технология кейіннен қондырғының бір сызығында термиялық өңдеу жүретін металды қысыммен өңдеудің біріктірілген үрдісін ұсынады. Сым тапсырмасының үрдісі қолданыстағы сымсозу технологиясынан және сым тапсырмасынан еш айырмашылығы жоқ. Сымның үшкір ұшы станның сым ұстағышына орнатылған сымға орнатылады, содан кейін криогендік салқындату бос резервуар – камерасы арқылы өтеді. Әрі қарай, сымның ұшы созу станының барабанына бекітіледі, сымның бірнеше бұралуы орналады. Әрі қарай, стан сымсозудың жұмыс жылдамдығына шығады. Сонымен қатар, криогендік салқындату камерасы сұйық азотпен толтырылады. Камера азотты қайта өңдеу жүйесімен жабдықталған.

Технологиялық процесс – көлденең қиманың төмендеуімен және кейіннен қарқынды салқындатумен сымды фильер арқылы созу. Деформация ошағында сым қарқынды қызады, температура + 120÷150°С дейін жетеді, содан кейін сым криогендік салқындату камерасына түседі, онда -200÷-196°С қарқынды салқындату жүреді.

Нәтижелер және оларды талқылау

Криогендік деформациялық өңдеуді созу арқылы қолдану дәстүрлі сымсозумен салыстырғанда механикалық қасиеттер кешенінің жоғарылауын қамтамасыз етуге мүмкіндік беретіні эксперименталды түрде көрсетілген. Атап айтқанда, төмен көміртекті болаттан жасалған сымды өңдеу кезінде уақытша үзілуге төзімділік 10%-ға, шартты аққыштық шегі 11,5%-ға артады, үзілістен кейінгі салыстырмалы тарылу 6%-ға төмендейді.

Әзірленген әдістен кейін сымның көлденең қимасы бойынша қалыптасқан құрылымның біркелкілігі микроқаттылықты өлшеу нәтижелерімен расталады. Диаметрі 5,0 мм Ст3 маркалы болат сымда криогендік салқындату орталық аймақтағы микроқаттылықтың 1320 МПа-дан 1745 МПа-ға дейін ұлғаюын тудырады, ал бетінде микроқаттылықтың өзгеруі 1347 МПа-дан 1842 МПа-ға дейін құрайды.

Болат сымның соққыға тұтқырлығы бір рет созылғаннан кейін бастапқы материалға ұқсас, температура -120...-196°С аралығында тұтқырлықтың төмендеуі байқалады. KCU мәні -196°С температурада 24 Дж/см2-ге тең болса да, жеткілікті жоғары.

Механикалық қасиеттердің біртектілігін анықтау үшін орташа арифметикалық үлгінің стандартты ауытқуға қатынасы ретінде есептелген кездейсоқ шаманың вариация коэффициентін (кездейсоқ шаманың салыстырмалы таралу өлшемі, бұл оның орташа мәнінің орташа таралуының қанша екенін көрсетеді) қолдандық. Схема бойынша механикалық қасиеттердің біртектілігін бағалау нәтижесінде алынған сымның ұзындығы бойынша механикалық қасиеттердің таралуы халықаралық стандартта рұқсат етілген мәндерден аспайтындығын көрсетті.

Криогендік созудан кейінгі беріктік сипаттамаларының жалпы бөлме температурасындағы созумен салыстырғанда артуы құрылымның ақау дәрежесінің жоғарылауымен, оның фрагментация деңгейімен және фрагменттер шекараларының күйінің өзгеруімен байланысты болуы мүмкін.

Бөлме температурасында болатты бұзудан кейін сыну фрактографиясын талдағанда жарықшақ тұтқыр болады, ол талшықты ыдырауға тән түйіршікті дене арқылы өтеді (сурет, а). Жарықшақтың пайда болу аймағындағы жарықшақтың беті жарықшақтың таралу бағытында созылған терең шұңқырлармен ұсынылған. Жарықшақтың таралу аймағы әртүрлі өлшемдегі тең осьті шұңқырлармен ұсынылған. Долом шұңқырлары азды-көпті жұқа арқалықтары бар ойпаттарға ұқсайды. Криогендік температурада сыналғаннан кейін сыну құрғақ фиброздық сыну түрінде болады, ол талшықты сынықка қа-

рағанда бүкіл сынық бетінде пластикалық деформацияның азырақ айқын белгілері бар тұтқыр ішілік сынықтың біртекті беті болып табылады (сурет, б). Сынақтың бөлме және криогендік температурасындағы жарықтардағы белдіктер арасындағы салыстырмалы түрде жұқа секіргіштер энергияны қажет ететін сыну үрдісін көрсетеді.

Төмен көміртекті болат сымның механикалық қасиеттерінің деңгейін «престеу-сымсозу» біріктірілген деформациялық өңдеу нәтижесінде пайда болған қасиеттер кешенімен салыстыру. Бұл біріктірілген технология көміртекті болат сымның деформациялық наноқұрылымының үздіксіз әдісі болғандықтан таңдалды, бұл әдіс сымды айтарлықтай өзгертпестен өндіру технологиясына оңай енеді. Осы мақалада жасалған әдіспен де, «престеу-сымсозу» кезінде де сымды өңдеу жылдамдығы шамамен бірдей. Сонымен қатар, көміртекті болат сымның механикалық қасиеттерінің деңгейі бойынша бай эксперименттік материал біріктірілген «престеу-сымсозу» технологиясынан кейін жинақталған. Салыстыру үшін деректер ретінде аз көміртекті болаттың механикалық қасиеттерінің мәндері пайдаланылды [8-10].

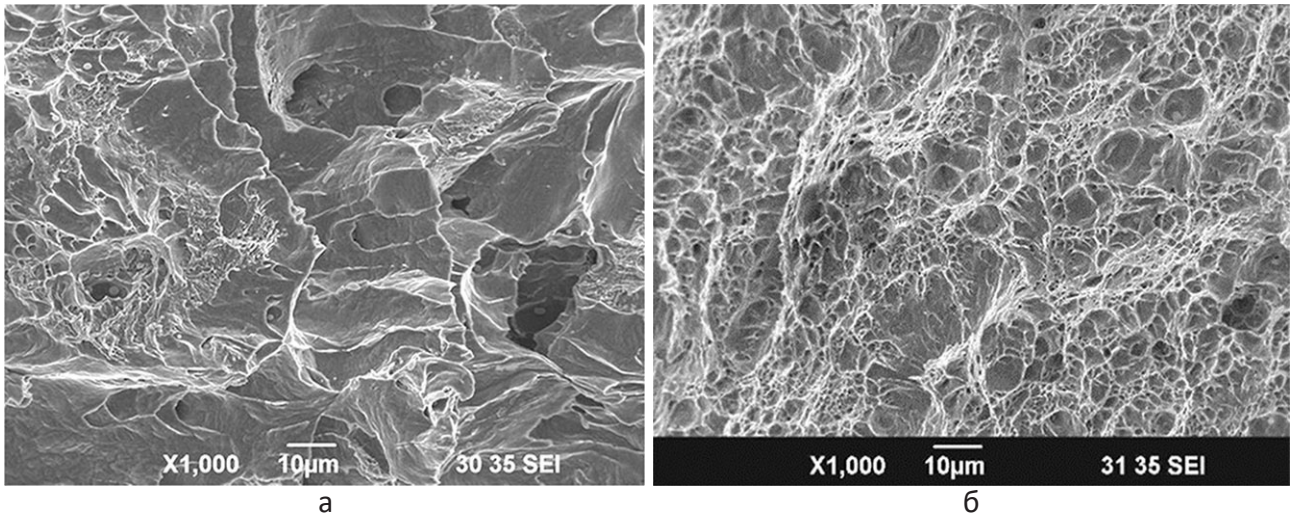
«Престеу-сымсозу» үрдісі деформация үрдісінде криогендік салқындатуды қолданумен салыстырғанда 1 өту кезінде аз көміртекті сымның қасиеттерінің өзгеруінің салыстырмалы түрде төмен қарқындылығын алуға мүмкіндік береді. Бұл ретте криогенді салқындатумен ұсынылған сымсозу әдісі бастапқы күйге қатысты шамамен 70-100 МПа-ға «престеу-сымсозу» біріктірілген технологиясымен салыстырғанда 1 өту кезінде Ст3 маркалы болаттан жасалған төмен көміртекті сымның үзілуіне уақытша қарсылықты арттыруға қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Қорытынды

Төмен көміртекті болаттан жасалған сымды криогендік өңдеу кезінде үзілуге уақытша қарсылық 10%-ке, шартты аққыштық шегі 11,5%-қа артады, үзілістен кейінгі салыстырмалы тарылу 6%-қа төмендейді.

Сымсозу арқылы деформацияның криогендік шарттары болаттың физика-механикалық қасиеттерін оңтайландыру үшін құрылымдық ресурсты іске асырудың қосымша факторы болып табылады.

Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырды (Грант № AP19576369).



а б

Сынғаннан кейін сым бетінің фрактографиясы

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Лежнев С.Н., Волокитина И.Е., Волокитин А.В. Влияние процесса прессование-волочение на изменение структуры и механических свойств стали // Сталь. 2017. 3. С. 44-48.

2. Glatt M., Hotz H., Kölsch P., Mukherjee A., Kirsch B., Aurich J.C. Predicting the martensite content of metastable austenitic steels after cryogenic turning using machine learning // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2021. V. 115. Pp. 749-757.
3. Kazemi S.S., Homayounfard M., Ganjiani M., Soltani N. Numerical and Experimental Analysis of Damage Evolution and Martensitic Transformation in AISI 304 Austenitic Stainless Steel at Cryogenic Temperature // Progress in Materials Science. 2019. Vol. 53. Pp. 893-979.
4. Nayan N., Narayana S.V.S., Abhay K. Jha, Bhanu Pant, S.C. Sharma, Koshy M. George, G.V.S. Sastry. Mechanical properties of aluminium-copper-lithium alloy AA2195 at cryogenic temperatures // Mater. Des. 2014. V. 58. Pp. 445-450.
5. Volokitin A., Naizabekov A., Volokitina I., Lezhnev S., Panin E. Thermomechanical treatment of steel using severe plastic deformation and cryogenic cooling // Mater. Lett. 2021, 304, 130598.
6. Гуляев А.П. Термическая обработка стали. М.: ГНТИ, 1953. 384 с.
7. Nadig D.S., Ramakrishnan V., Sampathkumaran P., Prashanth C.S. Effect of cryogenic treatment on thermal conductivity properties of copper // Advances in Cryogenic Engineering AIP Conf. Proc. 2012. 1435, pp. 133-139.
8. Hotza H., Smagab M., Kirscha B., Zhub T., Beckb T., Aurich J. Characterization of the subsurface properties of metastable austenitic stainless steel AISI 347 manufactured in a two-step turning process // Procedia CIRP. 2020. Vol. 87. Pp. 35-40.
9. Naizabekov A., Volokitina I., Volokitin A., Panin E. Structure and mechanical properties of steel in the process «pressing-drawing». Journal of Materials Engineering and Performance, 2019, vol. 28, no. 1, pp. 1762-1771.
10. Lezhnev S.N., Volokitina I.E., Volokitin A.V. Evolution of Microstructure and Mechanical Properties of Steel during Pressing-Drawing // Physics of Metals and Metallography. 2017. V. 118. No. 11. Pp. 1167-1170.

Изменение механических свойств проволоки при криогенном охлаждении в процессе волочения

[1]*ВОЛОКИТИНА Ирина Евгеньевна, *PhD, доцент, irinka.vav@mail.ru,*
[1]ПАНИН Евгений Александрович, *PhD, доцент, cooper802@mail.ru,*
[1]АХМЕТОВА Гульжайнат Есенжоловна, *PhD, доцент, agulzhainat@mail.ru,*
[1]НАО «Карагандинский индустриальный университет», пр. Республики, 30, Темиртау, Казахстан,

**автор-корреспондент.*

Аннотация. *Исследовано влияние новой технологии обработки проволоки из углеродистой стали на изменение ее механических свойств. Данная технология заключается в применении криогенного охлаждения сразу после выхода проволоки из фильеры. Деформирование проводилось при криогенной и для сравнения при комнатной температуре. Результаты лабораторного эксперимента показывают, что применение криогенной деформационной обработки после волочения проволоки улучшает механические свойства по сравнению с традиционным волочением. Так при обработке проволоки из низкоуглеродистой стали временное сопротивление разрыву повышается на 10%, условный предел текучести – на 11,5%, относительное сужение после разрыва понижается на 6%. Однородность формируемой структуры по сечению проволоки после разработанного метода подтверждена результатами измерения микротвердости. В проволоке из стали марки Ст3 диаметром 5,0 мм криогенное охлаждение вызывает увеличение микротвердости в центральной области с 1320 МПа до 1745 МПа, причем на поверхности изменение микротвердости составляет от 1347 МПа до 1842 МПа.*

Ключевые слова: *проволока, сталь, волочение, криогенная деформация, микроструктура, механические свойства.*

Change of Mechanical Properties of Wire Under Cryogenic Cooling in the Process of Drawing

*[1]*VOLOKITINA Irina, PhD, Associate Professor, irinka.vav@mail.ru,*
[1]PANIN Evgeny, PhD, Associate Professor, cooper802@mail.ru,
[1]AKHMETOVA Gulzhainat, PhD, Associate Professor, agulzhainat@mail.ru,
[1]NPJSC «Karaganda Industrial University», Republic Avenue, 30, Temirtau, Kazakhstan,
**corresponding author.*

Abstract. *The influence of a new technology of carbon steel wire processing on the change of its mechanical properties is investigated. This technology consists in the application of cryogenic cooling immediately after the wire exit from the die. Deformation was carried out at cryogenic temperature and for comparison at room temperature. The results of the laboratory experiment show that the application of cryogenic deformation treatment after wire drawing improves the mechanical properties compared to conventional drawing. So at processing of wire from low-carbon steel the tensile strength increases on 10%, conditional yield strength – on 11,5%, relative contraction after a break decreases on 6%. The homogeneity of the formed structure along the wire cross-section after the developed method is confirmed by the results of microhardness measurement. Cryogenic cooling of 5.0 mm diameter St3 steel wire causes an increase of microhardness in the central region from 1320 MPa to 1745 MPa, and on the surface the change of microhardness is from 1347 MPa to 1842 MPa.*

Keywords: *wire, steel, drawing, cryogenic deformation, microstructure, mechanical properties.*

REFERENCES

1. Lezhnev S.N., Volokitina I.E., Volokitin A.V. Vliyanie processa pressovanie-volochenie na izmenenie struktury i mekhanicheskih svojstv stali. Stal'. 2017. 3. Pp. 44-48.
2. Glatt M., Hotz H., Kölsch P., Mukherjee A., Kirsch B., Aurich J.C. Predicting the martensite content of metastable austenitic steels after cryogenic turning using machine learning // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2021. V. 115. Pp. 749-757.
3. Kazemi S.S., Homayounfard M., Ganjiani M., Soltani N. Numerical and Experimental Analysis of Damage Evolution and Martensitic Transformation in AISI 304 Austenitic Stainless Steel at Cryogenic Temperature // Progress in Materials Science. 2019. Vol. 53. Pp. 893-979.
4. Nayan N., Narayana S.V.S., Abhay K. Jha, Bhanu Pant, S.C. Sharma, Koshy M. George, G.V.S. Sastry. Mechanical properties of aluminium-copper-lithium alloy AA2195 at cryogenic temperatures // Mater. Des. 2014. V. 58. Pp. 445-450.
5. Volokitin A., Naizabekov A., Volokitina I., Lezhnev S., Panin E. Thermomechanical treatment of steel using severe plastic deformation and cryogenic cooling // Mater. Lett. 2021, 304, 130598.
6. Gulyaev A.P. Termicheskaya obrabotka stali. Moscow: GNTI, 1953. 384 p.
7. Nadig D.S., Ramakrishnan V., Sampathkumaran P., Prashanth C.S. Effect of cryogenic treatment on thermal conductivity properties of copper // Advances in Cryogenic Engineering AIP Conf. Proc. 2012. 1435, pp. 133-139.
8. Hotza H., Smagab M., Kirscha B., Zhub T., Beckb T., Aurich J. Characterization of the subsurface properties of metastable austenitic stainless steel AISI 347 manufactured in a two-step turning process // Procedia CIRP. 2020. Vol. 87. Pp. 35-40.
9. Naizabekov A., Volokitina I., Volokitin A., Panin E. Structure and mechanical properties of steel in the process «pressing-drawing». Journal of Materials Engineering and Performance, 2019, vol. 28, no. 1, pp. 1762-1771.
10. Lezhnev S.N., Volokitina I.E., Volokitin A.V. Evolution of Microstructure and Mechanical Properties of Steel during Pressing-Drawing // Physics of Metals and Metallography. 2017. V. 118. No. 11. Pp. 1167-1170.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_33 ӘОЖ 544.344

Al-Fe-Si-Zr жүйесінің фазалық құрамын сапалық және санды есептеу

[1]*СҰЛТАНБЕК Тоғжан Жұртшыбайқызы, докторант, togzhan-sultanbek@mail.ru,
[1]ДОСТАЕВА Ардак Мухамедиевна, PhD, профессор, ardak_erkekyz@mail.ru,
[2]БЕЛОВ Николай Александрович, т.ғ.д., профессор, belov.na@misis.ru,
[1]«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Н. Назарбаев даңғылы, 56, Қарағанды, Қазақстан,
[2]«МИСиС» ұлттық зерттеу технологиялық университеті, Ленин даңғылы, 4, Мәскеу, Ресей,
*автор-корреспондент.

Аңдатпа. *Композицияны есептеу және оңтайландыру Thermo-Calc бағдарламалық өнімінің көмегімен жүргізілді. Thermo-Calc бағдарламасы химиялық потенциалдардың температураға тәуелділігіне негізделген күй диаграммаларын жасайды. Thermo-Calc бағдарламасының TTAL5 термодинамикалық деректер базасында таңдалған химиялық құрамның қорытпалары үшін Al қатты ерітіндісінің құрамындағы легірлеуші элементтердің әсеріне есеп жүргізілді. Араластыру энергиясын ескере отырып, барлық фазалар үшін бос энергияның минималды теңдеуі шешілді. Мұнда темір мен кремнийдің 0,3-0,5% және 0,1-0,3% концентрация диапазонында Al-Fe-Si-Zr фазасын қалыптастыру арқылы қолайлы фазалық құрамды алу мүмкіндігі жасалады. Есептелген деректерге сүйене отырып, беріктігі жоғары ыстыққа төзімді өткізгіш қорытпаларды балқыту үшін негізгі шикізат ретінде алюминий бұйымдарының сынықтарын пайдалануға қатысты есептік деректердің негізділігі өндіріс процесінің экономикалық компонентіне оң әсер етеді.*

Кілт сөздер: *алюминий қорытпалары, Thermo-Calc, термиялық өңдеу, электр өткізгіштік, фазалық құрамы.*

Кіріспе

CALPHAD әдісі системадағы фазалық тепе-теңдік туралы барлық тәжірибелік ақпаратты, термохимиялық және термофизикалық зерттеулерден алынған барлық термодинамикалық ақпаратты біріктіреді. Әр фазаның термодинамикалық қасиеттерінің жиынтығы реттелетін параметрлері бар математикалық модельмен сипатталады. Параметрлер оңтайландыру арқылы есептеледі – модельді барлық ақпаратқа, соның ішінде бірге бар фазаларға сәйкестендіру. Осыдан кейін фазалық диаграмма мен фазалық жүйені құрайтын термодинамикалық қасиеттерді қайта санауға болады. CALPHAD әдісінің тұжырымдамасы фазалық диаграмманың дәйекті сипаттамасын алудан да, фазалық диаграмманың эксперименттік ақпарат жетіспейтін аймақтарында көптеген тұрақты фазалар мен олардың термодинамикалық қасиеттерін, сондай-ақ фазалық түрленділерді модельдеу арқылы метастабильді күйлерді сенімді болжаудан тұрады. Мәселе қорытпаның химиялық құрамын белгіленген шектерде өзгерту арқылы ең қысқа кристалдану интервалын табуға келіп тіреледі. Есептеулер негізі деректер қорында фазалардың термодинамикалық потенциалдары болып табылады. Фазаларды есептеуден қосуға және алып тастауға болады. Әрі қарай, барлық фазалардың теңдеулер жүйесі жасалады, бірақ бұл қазірдің өзінде қоспасы болғандықтан, оларды араластыру энергиясы бар.

Зерттеу әдістері мен нысандары

Құрылымдық құрамдас бөліктердегі элементтердің фазалық құрамын және ерігіштігін есептеу үшін TTAL5 деректер базасы пайдаланылды. Шарттар мен сипаттамалардың берілген жиынтығын қамтамасыз ететін қорытпалар құрылымында фазалық құрамды алу үшін фазалық құрамды модельдеу және легірлеуші элементтердің және температура параметрінің фазалық құрамы және ішінара құрылым бойынша әсерін бағалауға мүмкіндік беретін негізгі сандық сипаттамаларды есептеу қажет. Al-Cu-Mn-Zr жүйенің легірлеуші компоненттері сонымен қатар өткізгіш деформацияланған жартылай фабрикаттарды өндіру үшін шихталық материалдар ретінде қайталама шикізатты пайдалануға

мүмкіндік береді. Дегенмен, қолайлы фазалық композицияны қамтамасыз ету де алдын ала модельдеуді қажет етеді. Өткізгіш қорытпаларда кальций қоспаларын қолдану мүмкіндігін негіздеу (атап айтқанда, легірлеуді (Al) және темірді қолайлы морфологиясы бар фазаға байланыстыруды азайту үшін) де алдын ала модельдеуді қажет етеді.

Al-Fe-Si жүйесін талдау көрсеткендей, бұл үштік жүйе көптеген зерттеулерге қарамастан, фазалық құрамның өзгеруінің бастапқы фазалардың кристалдануы өрістерінің ығысуына байланысты кристалдану жылдамдығына тәуелділігінің жоғары дәрежесіне байланысты күрделі болып қала береді. Бұл зерттеу объектісі болып табылатын төмен легірленген қорытпалар саласына көбірек қатысты. Өткізгіш алюминий қорытпаларының химиялық құрамы туралы сипатталған аспектілердің негізінде термиялық тұрақты алюминий қорытпаларының фазалық құрамын оңтайландыру үшін 1-кестеде келтірілген келесі шарттарға сәйкес келетін химиялық элементтердің концентрация диапазоны таңдалды.

Al_8Fe_2Si үштік қосылысының морфологиясы темірдің кремнийге (Fe>Si) белгілі қатынасында түзіледі. Сондықтан практикалық іске асыру үшін перспективті өткізгіш қорытпалардың фазалық құрамын модельдеудің келесі тізбегі таңдалды:

- кремний бойынша 0,25 мас. % және цирконий үшін 0,15 мас. % қадамымен өндірісте алынған нәтижелерді пайдалану мүмкіндігін қамтамасыз ету үшін фазалық құрамды модельдеу;

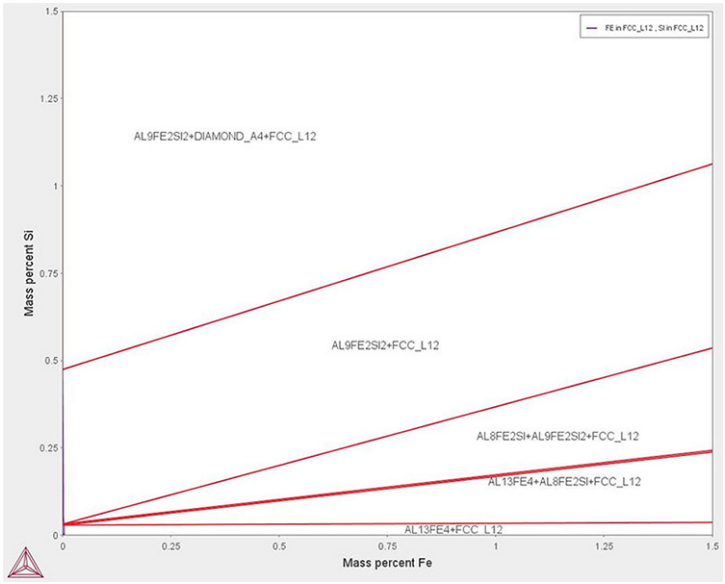
- деформациялық-термиялық өңдеу режимдерін кезекті негіздеу үшін модельдеу барлық температура диапазонында жүргізіледі.

Белгілі болғандай, өткізгіш материалдардың негізгі сипаттамалары қысыммен өңдеу кезінде электр кедергісі, механикалық беріктік, икемділік және дайындалу болып табылады. Электр өткізгіштік өткізгішті қорытпаның кристалдық торының бұрмалануына байланысты, ол өз кезегінде қорытпалардағы құрылымдық өзгерістерге де, құрылымдағы ақаулардың болуына да, жылу тербелістерінен атомдардың қозғалысына және бөтен атомдарды енгізу туралы, яғни ол көп жағдайда матрицалық қатты ерітіндінің қоспалану дәрежесіне байланысты болады. Бұл тәуелділік механизмі легірлеуші элементтер мен матрицаның атомаралық арақашықтығы мен фазааралық байланыстың түрі арасындағы байланыспен түсіндіріледі. Қатты ерітіндіге кіретін элементтердің концентрациясын сандық анықтау үшін ThermoCalc бағдарламалық құралының TTAL5 термодинамикалық деректер базасын пайдалану арқылы есептеулер жүргізілді. Есептеу метатұрақты Al_3Fe фазасының қалыптасу жағдайында жүргізілді. 350°C және 600°C температуралық режимдер үшін, 500°C жоғары температурада термиялық өңдеу кезінде құрылымға енгізу туралы әдебиеттік талдау нәтижелері бойынша құрамында темірі бар тұрақты модификацияларды қалыптастыру шарттары – Al_3Fe – таңдалды. Есептеу нәтижелері 2-кестеде келтірілген.

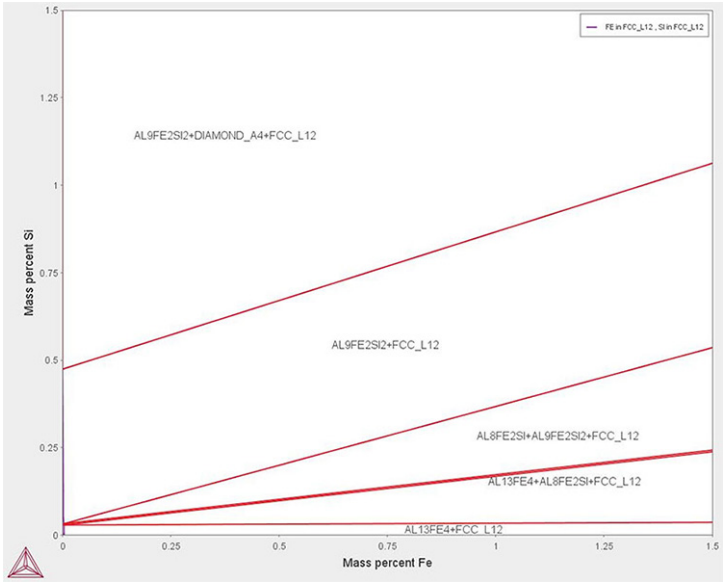
Қатты ерітіндінің құрамын және оның 2-кестедегі кремний мөлшері әртүрлі Al-1%Si қорытпасындағы үлесін сандық есептеу нәтижелеріне сүйене отырып, қатты ерітіндінің массалық үлесі температураның жоғарылауымен өсетінін көруге болады және қорытпадағы кремний неғұрлым көп болса, бұл айырмашылық соғұрлым көп болады. Thermo-Calc бағдарламасында жасалған осы есептеулерге сәйкес, қорытпадағы кремнийдің 1 мас. % мөлшерінде (Si) фазасының пайда болуы байқалады, бұл әрине қажет емес. Дегенмен, салқындату жылдамдығының әсерінен бастапқы кристалдану өрістерінің ығысуы көрсетілген, бұл есептелген мәліметтерді тәжірибелік тексеру қажеттілігін көрсетеді. Электр өткізгіштік негізінен қатты ерітіндінің легірлену дәрежесімен анықталатындықтан және есептеу нәтижелеріне сәйкес 350°C жоғары температурада құрамында кремнийі бар қорытпаларда, оның қатты ерітіндідегі ерігіштігі жоғарылап және кремний құрамына пропорционалды өссе, онда осы температураларда термиялық өңдеуді орындаған кезде электр өткізгіштігінің төмендеуін күту керек. Термиялық әсер ету – күйдіру кезінде қатты ерітіндінің

1-кесте – Белгілі өткізгіш қорытпалардың химиялық элементтерінің концентрация диапазоны

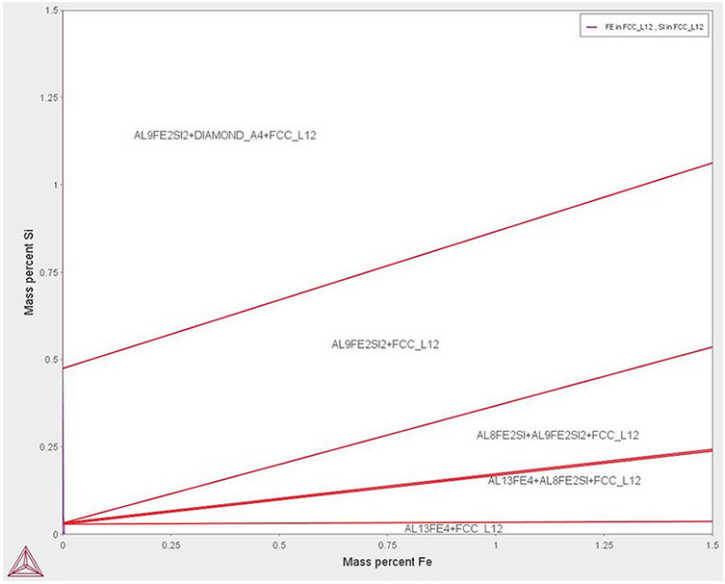
Массалық үлес, %	Химиялық элемент қорытпасының компоненті			
	Алюминий	Темір	Кремний	Цирконий
Max.	Негіз	1,00	1,00	0,60
Min.	Негіз	0,08	0,06	0,00



а



б



в

а) 400°С изотермиялық қима, б) 500°С изотермиялық қима, в) 600°С изотермиялық қима

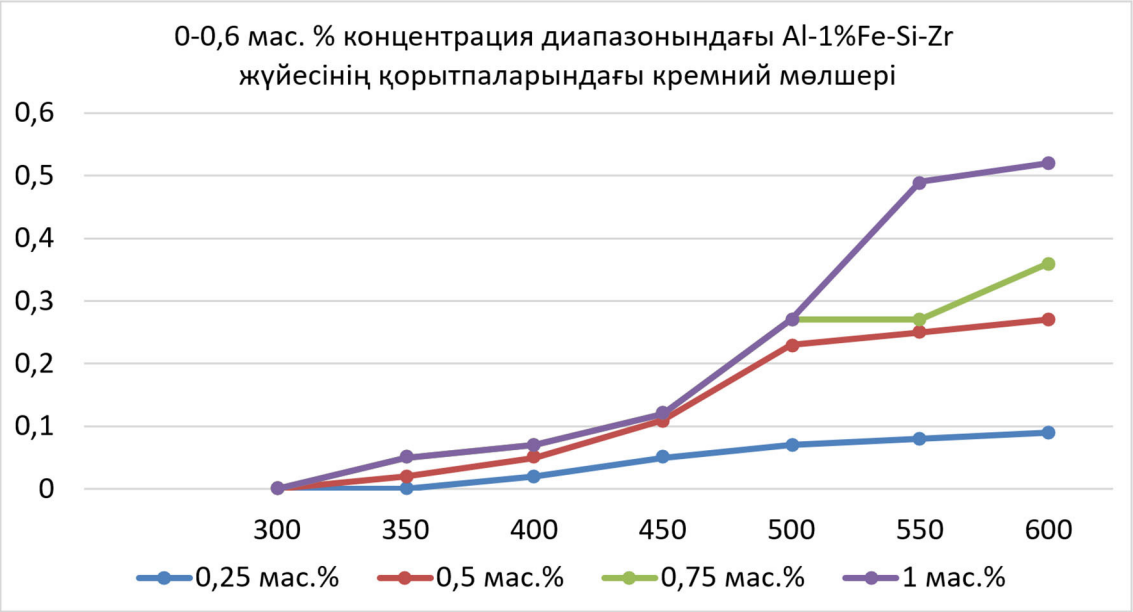
1-сурет – Al-1%Fe-Si жүйесі

2-кесте – Fe айнымалы концентрациясы бар Al-1%Si қорытпасы үшін әртүрлі температурадағы массалық үлестің (Qm(Al) және алюминий қатты ерітіндісінің (Al) құрамының есептелген мәндері

Қорытпа	Температура	Концентрация, мас. %			$Qm_{(Al)}$, мас. %
		Al	Si	Fe	
1Si	350	99,817	<0,001	<0,001	95,762
	400	99,725	0,001	<0,001	95,909
	450	99,523	0,004	<0,001	96,156
	500	99,425	0,005	<0,001	96,293
	550	99,457	0,005	0,001	96,309
	600	99,336	0,006	0,001	96,711
1Si 0,25 Fe	350	99,875	<0,001	<0,001	98,338
	400	99,788	0,001	<0,001	98,468
	450	99,585	0,004	<0,001	98,681
	500	99,217	0,007	0,001	99,004
	550	99,821	0,008	0,001	99,105
	600	99,047	0,008	0,001	99,140
1Si 0,5Fe	350	99,817	<0,001	<0,001	96,750
	400	99,758	0,001	<0,001	96,878
	450	99,545	0,004	<0,001	97,088
	500	99,375	0,006	<0,001	97,255
	550	99,314	0,006	0,001	97,275
	600	99,258	0,007	0,001	97,529
1Si 0,75Fe	350	99,884	<0,001	<0,001	96,750
	400	99,758	0,001	<0,001	96,878
	450	99,557	0,004	<0,001	97,088
	500	99,375	0,006	<0,001	97,255
	550	99,355	0,006	0,001	97,275
	600	99,217	0,007	0,001	97,529
1Si 1Fe	350	99,855	<0,001	<0,001	95,762
	400	99,796	0,001	<0,001	95,909
	450	99,536	0,004	<0,001	96,156
	500	99,487	0,005	<0,001	96,293
	550	99,456	0,005	0,001	96,309
	600	99,335	0,006	0,001	96,711

құрамына кіретін цирконий метастабилді бөлшектер түрінде бөлінеді. Бұл (Al) құрамындағы берілген элементтің концентрациясының төмендеуін, демек, меншікті электр өткізгіштігінің жоғарылауын білдіреді. Кремний электр өткізгіштікке анағұрлым күрделі әсер етеді, соның ішінде цирконий бойынша қатты ерітіндінің ыдырауын жеделдетуге ықпал етеді, сондықтан көп сатылы термиялық өңдеу процесінде кремнийдің ерігіштігінің температураға тәуелділігін байқаған жөн.

Есептеу нәтижелері бойынша қорытпадағы цирконий мөлшері кремнийдің (Al) ерігіштігіне әсер етпейді. Темірдің әсері (яғни, Fe-ның Si-ға қатынасы), керісінше, үлкен, өйткені бұл элемент Si-мен қосылыстар түзеді. Ең қолайлысы – 0,25 мас.% Si концентрациясы бар қорытпалар, өйткені тек



2-сурет – 350-600°С температура диапазонында алюминий қатты ерітіндісіндегі есептелген ерігіштік мәндері

550-600°С температура диапазонында бұл қорытпалардың қисық сызықтары 0,1 мас. % – кремнийдің ең төменгі концентрациясы шегінен өтеді. Бұл мән электрлік кедергісі 28,0 мкОм мм болатын А5Е маркалы электрлік алюминийдегі кремний концентрациясымен салыстырылады. Құрамында 0,5 мас. % қоспасы бар қорытпалар есептелген мәліметтерге сәйкес, қорытпадағы кремний қатты ерітіндіде 0,1 масс. % кремний, ол электр өткізгіштік мәнін төмендете алады және алынған нәтижелерді эксперименттік тексеруді қажет етеді.

Алынған тәуелділіктерді талдай отырып, темір қоспасының әсері өзгереді деген қорытынды жасауға болады. Бұл қоспа негізінен Al_3Fe фазасының бөлшектерінде болғандықтан, (Al) үлесі аздап төмендейді. Атап айтқанда, 300°С температурада 0,25 мас. % концентрациясы үшін Al-1%Fe және Al-1%Fe-0,3%Zr қорытпалары үшін Qm(Al) мәндерінің айырмашылығы 0,5% құрайды. Сондай-ақ, қатты ерітіндінің құрамын және оның массалық үлесін есептеу нәтижелері бойынша, сондай-ақ цирконий қоспасының меншікті электр өткізгіштігінің шамасына әсері туралы әдеби шолу деректері, жоғарыда сипатталғандай, екі фактормен анықталады: матрицалық ерітіндінің үлесі және ондағы қоспалар мен легірлеуші элементтердің концентрациясы.

Осылайша, есептеу нәтижелерінен темір, цирконий және кремнийдің күрделі әсері және фазалық құрамы, нәтижесінде беріктігі мен электр өткізгіштігі жоғарылайды.

Қорытынды

Al-Fe-Si-Zr системасының фазалық құрамының сапалық және сандық есебі құрамында 1% Fe бар төмен легірленген алюминий қорытпалары саласында жүргізілді. Құрамына, кристалдану жағдайларына және жасыту температурасына қарай қарастырылып отырған системаның төрттік қорытпаларында келесі фазалар болуы мүмкін: Al_3Fe, Al_6Fe, Al_8Fe_2Si, Al_5FeSi, (Si), Al_3Zr (L_{12}) және Al_3Zr (D_{023}). Алюминий қатты ерітіндісінің үлесі мен ондағы алюминий концентрациясының қорытпадағы кремний құрамына әртүрлі температуралардағы тәуелділіктері есептелді. Осы тәуелділіктер негізінде 0,2-0,3% Si кезінде темірдің Al_8Fe_2Si фазасына толық қосылуына және 400°С күйдіру кезінде алюминийдің қатты ерітіндісіндегі кремнийдің минималды концентрациясына сәйкес келетін ең қолайлы құрылымды жүзеге асыруға болатыны көрсетілген.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Белов Н.А. Фазовый состав промышленных и перспективных алюминиевых сплавов. – М.: МИСиС, 2010.
2. Белов Н.А., Алабин А.Н., Прохоров А.Ю., Скворцов Н.В. Влияние промежуточного отжига на электросопротивление проволоки низколегированных алюминиевых сплавов системы Al-Zr-Fe-Si // Металловедение и термическая обработка металлов. 2012. № 4. С. 14-19.
3. Белов Н.А., Алабин А.Н., Яковлев А.А. Влияние температуры отжига на фазовый состав литого сплава Al-0.55% масс. Zr // Известия вузов. Цветная металлургия. 2013. № 2. С. 50-56.
4. Короткова Н.О. Обоснование состава и режима термообработки проводниковых наноструктурных экономнолегированных алюминиевых сплавов с добавкой циркония: Дисс. ... канд. техн. наук. – Москва, 2018. – 197 с.
5. Amenova A., Smagulov D., Dostayeva A. New method of phase transformations calculation in metals with structural features of the initial and new phases // International Journal «Advanced Materials Research». – 2013. – Pp. 148-151.
6. Çadırlı E. Tecer H., Sahin M., Yılmaz E., Kırındı T., Gündüz M. Effect of heat treatments on the microhardness and tensile strength of Al-0.25 wt. % Zr alloy. Journal of Alloys and Compounds. No. 632. 2015. Pp. 229-237.

Качественный и количественный расчет фазового состава системы Al-Fe-Si-Zr

[1]*СҰЛТАНБЕК Тоғжан Жұртшыбайқызы, *докторант, togzhan-sultanbek@mail.ru,*
[1]ДОСТАЕВА Ардак Мухамедиевна, *PhD, профессор, ardak_erkekyz@mail.ru,*
[2]БЕЛОВ Николай Александрович, *д.т.н., профессор, belov.na@misis.ru,*
[1]НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан,
[2]Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Ленинский проспект, 4, Москва, Россия,
**автор-корреспондент.*

Аннотация. *Расчет и оптимизация состава производились с помощью программного продукта Thermo-Calc. Программа Thermo-Calc создает диаграммы состояния на основе температурной зависимости химических потенциалов. В базе термодинамических данных TTAL5 программы Thermo-Calc был произведен расчет влияния легирующих элементов в составе твердого раствора Al для сплавов выбранного химического состава. С учетом энергии перемешивания было решено минимальное уравнение свободной энергии для всех фаз. Здесь создается возможность получения подходящего фазового состава путем формирования фазы Al-Fe-Si-Zr в диапазоне концентраций железа и кремния 0,3-0,5% и 0,1-0,3%. Исходя из расчетных данных, обоснованность расчетных данных относительно использования лома алюминиевых изделий в качестве основного сырья для плавки высокопрочных жаропрочных проводящих сплавов положительно влияет на экономическую составляющую производственного процесса.*

Ключевые слова: *алюминиевые сплавы, Thermo-Calc, термообработка, электропроводность, фазовый состав.*

Qualitative and Quantitative Calculation of the Phase Composition of the Al-Fe-Si-Zr System

[1]*SULTANBEK Togzhan, *Doctoral Student, togzhan-sultanbek@mail.ru,*
[1]DOSTAYEVA Ardak, *PhD, Professor, ardak_erkekyz@mail.ru,*

[2]**BELOV Nikolay,** *Dr. of Tech. Sci., Professor, belov.na@misis.ru,*
[1]*NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», N. Nazarbayev Avenue, 56, Karaganda, Kazakhstan,*
[2]*National University of Science and Technology «MISIS», Leninsky Avenue, 4, Moscow, Russia,*
**corresponding author.*

Abstract. *The calculation and optimization of the composition was carried out using the Thermo-Calc software product. The Thermo-Calc program generates state diagrams based on the dependence of chemical potentials on temperature. In the TTAL5 thermodynamic database of the Thermo-Calc program, the calculation of the effect of alloying elements contained in a solid solution of Al for alloys of the selected chemical composition was carried out. Taking into account the mixing energy, the minimum equation of free energy for all phases is solved. Here it is possible to obtain a suitable phase composition by forming the Al-Fe-Si-Zr phase in the concentration range of iron and Silicon 0.3-0.5% and 0.1-0.3%. Based on the calculated data, the validity of the calculated data regarding the use of scrap aluminum products as the main raw material for smelting heat-resistant conductive alloys of high strength has a positive effect on the economic component of the production process.*

Keywords: *aluminum alloys, Thermo-Calc, heat treatment, electrical conductivity, phase composition.*

REFERENCES

1. Belov N.A. Phase composition of industrial and promising aluminum alloys. – Moscow: Misis, 2010.
2. Belov N.A., Alabin A.N., Prokhorov A.Yu, Skvortsov N.V. The effect of short-term annealing on the electrical conductivity of low-alloy Al-aminium groups of the AL-ZR-Fe-Si system // Meta-Research and mathematical processing of metals. 2012. No. 4. Pp. 14-19.
3. Belov N.A., Alabin A.N., Yakovlev A.A. The effect of annealing temperature on the nitrogenous content of Al cast alloy-0.55% drunk. Zirconium // University news. Non-ferrous metallurgy. 2013. No. 2. Pp. 50-56.
4. Korotkova N.O. Substantiation of the composition and mode of heat treatment of conductive nanostructured economically alloyed aluminum alloys with the addition of zirconium: Diss. ... Candidate of Technical Sciences. – Moscow, 2018. – 197 p.
5. Amenova A., Smagulov D., Dostayeva A. New method of phase transformations calculation in metals with structural features of the initial and new phases // International Journal «Advanced Materials Research». – 2013. – Pp. 148-151.
6. Çadırlı E. Tecer H., Sahin M., Yılmaz E., Kırındı T., Gündüz M. Effect of heat treatments on the microhardness and tensile strength of Al-0.25 % Zr alloy. Journal of Alloys and Compounds. No. 632. 2015. Pp. 229-237.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_40 UDC 541-138:651.35

Multicomponent Cathode Materials for Lithium-ion Batteries

[1]***DYUSSEMBAYEV Medet,*** *Doctoral Student, m.dyussembayev@gmail.com,*
[2]****KHABIYEV Alibek,*** *PhD, Senior Researcher, alibek1324@mail.ru,*
[1]*Kazakh-British Technical University, Tole Bi Street, 59, Almaty, Kazakhstan,*
[2]*Institute of Mechanics and Engineering named after academician U.A. Dzholdasbekov, Shevchenko Street, 28, Almaty, Kazakhstan,*
**corresponding author.*

Abstract. *A study of cathode materials used in lithium-ion batteries (LIBs) is presented. The primary focus is on multicomponent single-phase systems, namely solid solutions, such as Li-CoO_2-$LiNiO_2$-$LiMnO_2$. Although there is a substantial amount of data in this field, there are still unresolved problems regarding the alterations in the valence states of transition metals during cyclic charge-discharge operations. The need for further study in the area of composite cathode materials is discussed, particularly in exploring the use of interphase and grain-boundary amorphized structures to enhance the kinetic properties of lithium-ion batteries (LIB). The importance of conclusion highlights the significance of doing additional research in these domains with the objective of creating novel and effective cathode materials is emphasized. This research aims to enhance the performance and stability of lithium-ion batteries throughout their regular usage.*

Keywords: *lithium-ion batteries, cathode materials, solid solutions, composite materials, multicomponent systems, interfacial structures, grain-boundary amorphized structures.*

Introduction. LIBs for mobile devices, electric vehicles, and other power sources remain popular. Their utilization is limited by high power and energy density needs due to LIBs' positive electrode (cathode) energy intensity and kinetics.

Since their commercial launch, LIBs have been researched to improve their parameters and properties, however many are still lacking. This research considers two LIB cathode quality improvement methods. The first method seeks enhanced electrochemically active phases. The second method develops multicomponent materials from known structures. Composites made from known phases such as $LiFePO_4$, $LiMn_2O_4$, and $LiCoO_{0.18}Ni_{0.82}O_2$ can improve kinetics. A solid solution or composite has many advantages over individual chemicals. This may adjust material transport and electrochemical properties by varying composition, morphology, particle sizes, and microstructure.

These works strive to improve LIB cathode materials, a pressing research area. Most LIBs for portable electronics include cobalt cathodes, mainly $LiCoO_2$. Due to the phase change during lithium deintercalation to $0.5(Li_{0.5}CoO_2)$, this material cannot fully realize its high theoretical capacity [1]. Cobalt is expensive and poisonous. Thermal stability is also a problem for lithium cobalt cathodes. Due to these constraints, lithium-manganese spinel $LiMn_2O_4$ and lithium nickelate $LiNiO_2$ have been proposed as cathode materials. These materials, especially $LiMn_2O_4$, are cheaper and less poisonous. Considering this, the improvement of the cathode material is of particular relevance.

Materials and methods

Materials

Coatings based on aluminum oxide, as well as combined coatings based on aluminum oxide and carbon, were applied to the surface of a synthesized triple oxide of the composition $LiCo_{0.2}Ni_{0.4}Mn_{0.4}O_2$ and double lithium nickel cobalt oxide $LiNi_{0.82}Co_{0.18}O_2$ (TAK Technology Co., Ltd).

Application of aluminum oxide-based coatings to the surface was carried out according to two main methods. The first is the deposition of aluminum hydroxide on the surface of oxides from aqueous solutions using various precursors and by hydrolysis of aluminum isopropoxide in an environment of isopropyl or ethyl alcohols.

Methods

The synthesized samples were studied using elemental analysis, X-ray phase analysis, electron scanning microscopy with local microanalysis, and X-ray photoelectron spectroscopy.

The size and morphology of the particles were determined by scanning electron microscopy with local microanalysis (electronic JSM microscope 6700 type with energy dispersive X-ray analyzer, the company's workstation Carl Zeiss).

The principle of operation of a lithium-ion battery

Whitingham highlighted the potential of using the electrochemical intercalation of lithium in the positive electrode material of rechargeable current sources with a lithium anode. This was exemplified by the use of Li_xTiS_2. Nevertheless, the progress of lithium batteries has faced challenges in effectively executing the reversible functioning of a negative lithium metal electrode and choosing suitable electrolytes. In the early 1980s, several authors [2] suggested utilizing the idea of electrochemical intercalation of lithium for a negative electrode as well. The substitution of lithium metal with compounds capable of its reversible incorporation has resulted in the development of a novel generation of lithium batteries.

Research [3] has verified that some types of carbon can undergo reversible intercalation of lithium and can serve as a material for the negative electrode. Carbon is shown to be a very effective medium for lithium intercalation. The specific volume of carbon materials remains almost constant with repeated use, increasing by less than 10%, even when huge quantities of lithium are introduced. The positive electrode employs transition metal compounds that can undergo reversible oxidation and reduction reactions, allowing for the incorporation and extraction of lithium. The cathode material consists of a composite that includes carbon, typically carbon black, to enhance electrical conductivity, as well as a binder, typically polyvinylidene difluoride.

Figure 1 depicts the schematic diagram illustrating the functioning of a lithium-ion battery.

The equations of reactions in LIB with a lithium cobalt cathode is widely known and can be found in the literature. LIBs electrodes introduce and remove lithium ions from a structured matrix. Lithium ions leave the cathode matrix and enter the negative electrode (carbon anode) during charging. An electron is transmitted in the same way to compensate for the cathode's positive charge drop and the anode's profit. After discharge, the process reverses. Lithium-containing electrolytes transport lithium ions. A lithium cobalt cathode LIB reaction equation is well-known and available in the literature.

Multicomponent cathode materials

Composite cathode materials

The cathode materials in composite structures can be classified into two main groups:

1. Composites with numerous electrochemically active phases: Lithium cobaltate and lithium iron phosphate are examples. Composite materials with core-shell structures are included.

2. Composite materials made of metastable solid solutions: Examples include lithium-rich and transition metal oxide composites.

There are no energy storage solutions yet. Battery choices include hybrid batteries that combine two electrical current sources or active materials with a lower energy density but faster discharge. One source has a low cycling frequency but high energy storage per unit volume, while the other has the opposite [4]. Both methods complicate battery design and increase cost. Composite cathode batteries are possible.

Mixing electrochemically active cathode materials or active and inactive components creates composite materials.

Composites based on several electrochemically active phases

The study [5] investigates the feasibility of making a lithium-ion battery cathode from a mixture of active materials with high speed and specific capacity. The composite cathode was made from carbon-coated $LiFePO_4$ and $Li[Li_{0.17}Mn_{0.58}Ni_{0.25}]O_2$ or $LiCoO_2$. The authors prepared active ingredient combinations via thorough mixing, sequential distribution, and layer-by-layer organization. A material with constant active component distribution on the substrate has the best electrochemical properties. However, no material with electrochemical properties above additive values was achieved.

To obtain the desired features, composition, mass ratio, and morphology of functional material particles in a composite cathode made from electrochemically active phases are considered.

Multicomponent single-phase cathode materials

$LiCo_{1/3}Ni_{1/3}Mn_{1/3}O_2$ demonstrates exceptional performance in terms of capacity, power, service life, thermal stability, safety, and cost when compared to alternative oxide solutions in the Li-Co-Ni-Mn-O ternary system.

Multiple studies have been published, while there are still ongoing investigations. The precise valence states of transition metals (Co, Ni, Mn) under different cycle regimes are still

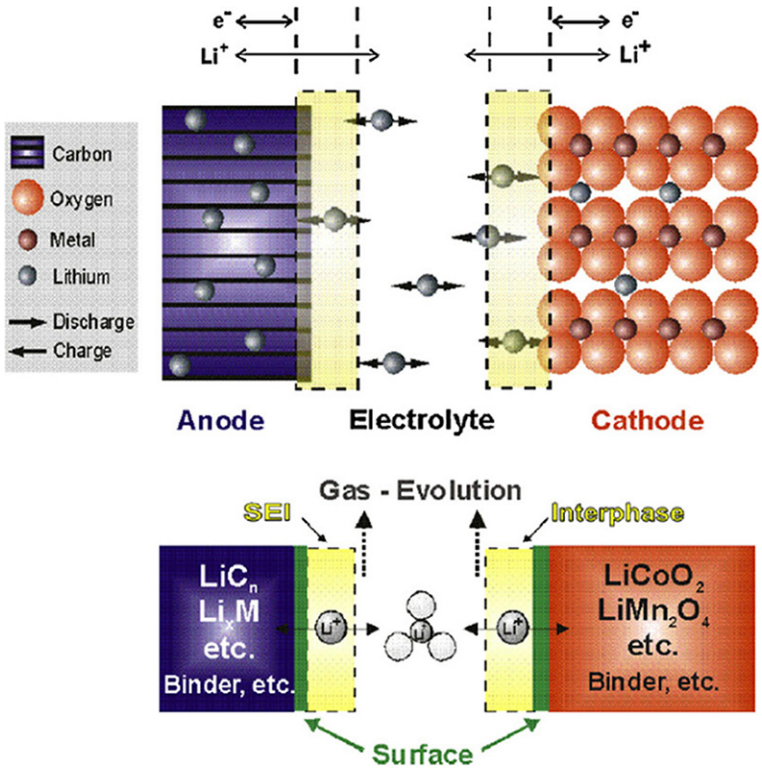


Figure 1 – The scheme of work of the LIB

unknown. Moreover, the influence of the stability of the valence state on the kinetics of the cathode material is still uncertain. In addition, the current body of research lacks adequate data on how synthesis methods and conditions affect the electrochemical properties of multicomponent cathode materials.

Currently, the generation of powerful electrical currents necessitates the use of positive electrodes made up of complex combinations of oxides, namely solid solutions found in double and ternary systems such as Li-Co-Ni-O, Li-Ni-Mn-O, and Li-Co-Ni-Mn-O[1].

Materials with a layered structure that contain transition metals are highly ideal for large-capacity lithium-ion batteries, especially those used in electric cars. This is because they have remarkable specific capacitance values, high cycle potential, and high oxide density.

Most cathode materials, including the Coulomb losses during the first cycle, fail to match the anticipated capacity. The losses are attributed to interactions taking place at the interface between the cathode material and the electrolyte, as well as losses happening during the cycling process. Utilizing protective coatings aids in reducing these losses.

The addition of manganese to solid Li-Co-Ni-O solutions improves their thermal stability and safety, while simultaneously decreasing prices. These compositions demonstrate enhanced stability during cycling in comparison to $LiCoO_2$ and mixed oxides of the Li-Co-Ni-O system.

Thus, it appears that Li-Co-Ni-Mn-O solid solutions with a balanced proportion of nickel and manganese exhibit greater stability.

Surface modification of single-phase cathode materials

Carbon coatings of cathode materials

$LiFePO_4$, a type of olivine crystal, has the potential to be used as a cathode in LIBs. The enticing characteristics of this substance include its high capacity of 170 mAh/g, low cost, and environmental safety. The primary limitation of $LiFePO_4/FePO_4$ contact is the hindered diffusion of lithium ions due to its low electrical conductivity. An effective approach involves applying an electrically conductive carbon coating onto olivine particles in order to enhance both electronic and ionic conductivity.

$LiFePO_4$/C is synthesized through the combination of organic carbon precursors with lithium, iron, and phosphate precursors. The mixture is subjected to a high-temperature annealing process in order to produce crystalline $LiFePO_4$. The application of high-temperature treatment causes the organic carbon precursor to undergo carbonization, resulting in the formation of a carbon layer. This carbon layer facilitates the conversion of Fe^{3+} to Fe^{2+} and also covers the $LiFePO_4$ particles. This inhibits the formation of phosphate grains. Multiple investigations indicate that $LiFePO_4$ particles are

typically coated with carbon.

$LiFePO_4/C$ is synthesized using organic carbon precursors such as resorcinol-formaldehyde, sugar, sucrose, glucose, and stearic acid. The precursors are subjected to thermal treatment at temperatures ranging from 500 to 800°C in an atmosphere devoid of reactive substances. The resulting $LiFePO_4$ particles have a size ranging from 100 to 200 nm and a carbon content of 3 to 15% by weight. These materials exhibit exceptional electrochemical properties, such as a discharge capacity of 160 mAh/g and favorable speed.

Coatings of cathode materials with metal oxides

Kweon et al. and Cho's group [6] utilized MgO, ZrO_2, AI_2O_3, TiO_2, and B_2O_3 oxides as coatings on $Li_xNi_{1-y}CoyO_2$ and $LiNiO_2$ lithiated oxide particles. Upon the addition of magnesium oxide to the surface of $Li_xNi_{1-y}CoyO_2$ mixed oxide, there was a little loss in its discharge capacity, but an improvement in its cyclic stability. The cyclic stability of ZrO_2-coated $LiNiO_2$ is superior to that of lithium nickelate because it experiences smaller changes in lattice parameters during cycling [7].

As stated in reference [8], metal oxide coatings do not effectively prevent structural changes caused by cycling. The actions occurring at the interface between the cathode and electrolyte have an impact on the functioning of the cell. LiPF6 electrolytes in lithium-ion batteries can undergo degradation at temperatures over 50°C, resulting in the formation of hydrofluoric acid. Transition metals undergo dissolution and precipitation in the electrolyte, resulting in the formation of electrochemically inert compounds.

Secondary reactions occurring at the electrodes can diminish cell performance, elevate electrical resistance, and disrupt the electrical connection between the active material and the conductive substrate.

When metal oxide coatings are exposed to HF, they undergo a transformation and become fluoride. This conversion process involves extracting F-ions from the oxide covering, resulting in a reduction of the HF level in the electrolyte. This reduces the degradation of the active cathode material throughout the cycling process.

The improved electrochemical properties of Kweon, Cho, Chen, Dunn, and Miyashiro cathode materials coated with metal oxides [9] can be attributed to this phenomenon.

Coating on single-phase cathode materials

When obtaining cathode materials based on solid solutions, the problems of their stability should be taken into account, therefore, the task of stabilizing the obtained compositions by applying nanocoating was set in the work. When choosing the composition of coatings, it was planned not only to solve the problem of protecting the surface from the effects of aggressive environmental factors, but also to increase the electronic conductivity of the cathode material to improve its kinetic characteristics. For this purpose, the following were carried out experiments on applying a combined coating based on aluminum and carbon oxides to the surface of a commercial sample of the composition $LiCo_{0.18}Ni_{0.82}O_2$ (SO Technology, China) and a sample of $LiCo_{0.2}Ni_{0.4}Mn_{0.4}O_2$ composition synthesized by us.

Aluminum oxide coatings were obtained from various precursors. According to electron microscopy data, aluminum oxide coatings obtained by using aluminum chloride as a precursor cover the surface of the particles with a dense layer (Figure 2a), coatings from aluminum nitrate solutions are more friable (Figure 2b).

Tests of the obtained samples showed a decrease in the specific discharge capacity compared to the initial double oxide $LiNi_{0.82}Co_{0.18}O_2$. The decrease in electrochemical characteristics can be explained by the formation of an excessively dense layer with good adhesion on the surface of the oxides. At the same time, the sample obtained from aluminum nitrate showed the best characteristics compared to the others.

Coatings of cathode materials with metal fluorides

The concentration of HF in the electrolyte decreases due to absorption, which prevents the deterioration of cathode materials by forming a protective film of metal fluorides. Therefore, AlF_3 can be applied as a coating for cathode materials. AlF_3 has thermodynamic stability similar to that of Al_2O_3. When the oxide coating reacts with water, it generates HF, which is then released into the electrolyte.

The AlF_3 coatings are both amorphous and have a low concentration, which makes them undetectable by XPA. The crystal lattice features of AlF_3 remain unchanged through surface changes, as indicated by [10]. This confirms that AlF_3 is exclusively present on the active cathode material.

The examination of LIB cathode material research uncovers various significant issues and unresolved obstacles. Although there is a large amount of data available on multicomponent single-phase systems, there are still numerous crucial areas that require further investigation.

Moreover, research on composite cathode materials is in its early stages. There is limited scientific investigation on the utilization of interfacial and grain-boundary amorphized structures to enhance the kinetics of ener-

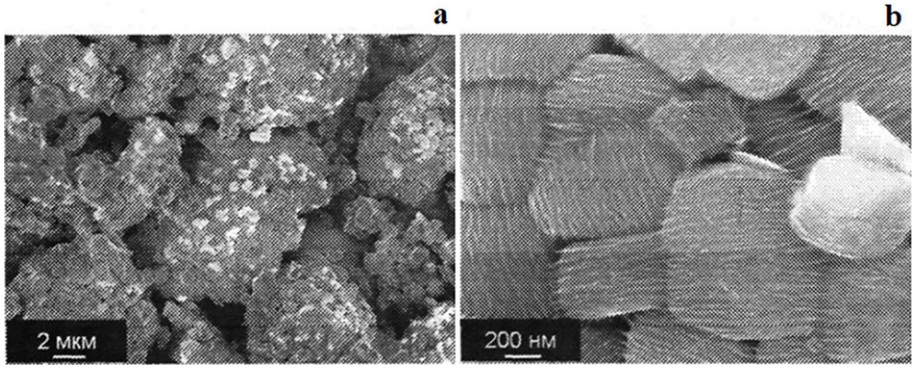


Figure 2 – Micrographs of samples with aluminum oxide coatings obtained from precursors: aluminum chloride (a) and aluminum nitrate (b)

gy-intensive lithium-ion batteries.

Conclusion. In conclusion, the paper discusses various crucial topics and presents several unanswered inquiries regarding cathode materials for lithium-ion batteries. Although there is a substantial amount of data available on solid solutions in multicomponent single-phase systems, the issue of changes in the valence states of transition metals (such as cobalt, nickel, and manganese) during cyclic charge-discharge processes is still unresolved. This emphasizes the necessity for further investigation focused on acquiring a profound comprehension of the mechanisms involved in chemical alterations within substances.

This study was funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (grant no. BR20280990-OT-23).

REFERENCES

1. Sita, L.E. et al. (2022) 'A simple process to resynthesize the $LiCoO_2$ and $LiNi_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O_2$ compounds from the cathode material extracted from a batch of spent LCO batteries', Journal of Alloys and Compounds. Elsevier, 894, p. 162350.
2. Yi, H. et al. (2023) 'Low-Cost Mn-based cathode materials for lithium-ion batteries', Batteries. MDPI, 9 (5), p. 246.
3. Chatterjee, K. et al. (2020) 'Synthesis, characterization and application of a non-flammable dicationic ionic liquid in lithium-ion battery as electrolyte additive', Scientific reports. Nature Publishing Group UK London, 10 (1), p. 9606.
4. Zhang, H. et al. (2020) 'Improving rate capacity and cycling stability of Si-anode lithium-ion battery by using copper nanowire as conductive additive', Journal of Alloys and Compounds. Elsevier, 822, p. 153664.
5. Cui, Z. et al. (2020) 'Improving cycling stability and rate capability of high-voltage $LiCoO_2$ through an integration of lattice doping and nanoscale coating', Journal of Nanoscience and Nanotechnology. American Scientific Publishers, 20 (4), pp. 2473-2481.
6. Mantripragada, B. S., Badam, R. and Matsumi, N. (2022) 'BIAN-Based Porous Organic Polymer as a High-Performance Anode for Lithium-Ion Batteries', ACS Applied Energy Materials. ACS Publications, 5 (6), pp. 6903-6912.
7. Zhu, Z. et al. (2020) 'Gradient-morph $LiCoO_2$ single crystals with stabilized energy density above 3400 W h L– 1', Energy & environmental science. Royal Society of Chemistry, 13 (6), pp. 1865-1878.
8. Bergstrom, H. K., Fong, K. D. and McCloskey, B. D. (2021) 'Interfacial effects on transport coefficient measurements in Li-ion battery electrolytes', Journal of The Electrochemical Society. IOP Publishing, 168 (6), p. 060543.
9. Yang, X. et al. (2021) 'Recent advances and perspectives on thin electrolytes for high-energy-density solid-state lithium batteries', Energy & environmental science. Royal Society of Chemistry, 14 (2), pp. 643-671.

10. Chen, Y. et al. (2022) 'Electrocatalytic surface nanoionics with strained interfaced and colossal conductivity for enhancing durability and performance of solid oxide fuel cell', Journal of Power Sources. Elsevier, 517, p. 230715.

Литий-ионды аккумуляторларға арналған көп компонентті катодты материалдар

[1]ДЮСЕМБАЕВ Медет Шарипханұлы, *докторант, m.dyussembayev@gmail.com,*
[2]*ХАБИЕВ Алибек Талгатбекұлы, *PhD, аға ғылыми қызметкер, alibek1324@mail.ru,*
[1]Қазақстан-Британ техникалық университеті, Төле би көшесі, 59, Алматы, Қазақстан,
[2]Академик Ө.А. Жолдасбеков атындағы механика және машинатану институты, Шевченко көшесі, 28, Алматы, Қазақстан,

**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Литий-ионды аккумуляторларда қолданылатын катодты материалдар бойынша зерттеу жұмыстары ұсынылған. Негізгі назар көп компонентті бір фазалы жүйелерге, атап айтқанда $LiCoO_2$-$LiNiO_2$-$LiMnO_2$ сияқты қатты ерітінділерге аударылады. Бұл салада деректердің айтарлықтай көлемі болғанымен, циклдік зарядсыздандыру операциялары кезінде өтпелі металдардың валенттілік күйлерінің өзгеруіне қатысты әлі де шешілмеген мәселелер бар. Композициялық катодты материалдар саласында, әсіресе литий-ионды аккумуляторлардың кинетикалық қасиеттерін жақсарту үшін фазааралық және астық шекарасындағы аморфты құрылымдарды пайдалануды зерттеуде қосымша зерттеулер жүргізу қажеттілігі талқыланады. Жаңа және тиімді катодты материалдарды жасау мақсатында осы салаларда қосымша зерттеулер жүргізудің маңыздылығын көрсетеді. Бұл зерттеу литий-ионды аккумуляторларды үнемі пайдалану кезінде олардың өнімділігі мен тұрақтылығын арттыруға бағытталған.*

Кілт сөздер: *литий-ионды аккумуляторлар, катодты материалдар, қатты ерітінділер, композиттік материалдар, көпкомпонентті жүйелер, фазааралық құрылымдар, дәндік шекаралық аморфизацияланған құрылымдар.*

Многокомпонентные катодные материалы для литий-ионных аккумуляторов

[1]ДЮСЕМБАЕВ Медет Шарипханович, *докторант, m.dyussembayev@gmail.com,*
[2]*ХАБИЕВ Алибек Талгатбекович, *PhD, старший научный сотрудник, alibek1324@mail.ru,*
[1]Казахстанско-Британский технический университет, ул. Толе би, 59, Алматы, Казахстан,
[2]Институт механики и машиноведения имени академика У.А. Джолдасбекова, ул. Шевченко, 28, Алматы, Казахстан,

**автор-корреспондент.*

Аннотация. *Представлено исследование катодных материалов, используемых в литий-ионных аккумуляторах. Основное внимание уделяется многокомпонентным однофазным системам, а именно твердым растворам, таким как $LiCoO_2$-$LiNiO_2$-$LiMnO_2$. Несмотря на значительный объем данных в этой области, все еще остаются нерешенными проблемы, касающиеся изменений валентных состояний переходных металлов во время циклических операций заряда-разряда. Обсуждается необходимость дальнейших исследований в области композитных катодных материалов, в частности, в изучении использования межфазных и зернограничных аморфизированных структур для улучшения кинетических свойств литий-ионных аккумуляторов. Подчеркивается важность проведения дополнительных исследований в этих областях с целью создания новых и эффективных катодных материалов. Данное исследование направлено на повышение производительности и стабильности литий-ионных аккумуляторов при их регулярном использовании.*

Ключевые слова: *литий-ионные аккумуляторы, катодные материалы, твердые растворы, композиционные материалы, многокомпонентные системы, межфазные структуры, зернограничные аморфизированные структуры.*

REFERENCES

1. Sita, L.E. et al. (2022) 'A simple process to resynthesize the $LiCoO_2$ and $LiNi_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O_2$ compounds from the cathode material extracted from a batch of spent LCO batteries', Journal of Alloys and Compounds. Elsevier, 894, p. 162350.
2. Yi, H. et al. (2023) 'Low-Cost Mn-based cathode materials for lithium-ion batteries', Batteries. MDPI, 9 (5), p. 246.
3. Chatterjee, K. et al. (2020) 'Synthesis, characterization and application of a non-flammable dicationic ionic liquid in lithium-ion battery as electrolyte additive', Scientific reports. Nature Publishing Group UK London, 10 (1), p. 9606.
4. Zhang, H. et al. (2020) 'Improving rate capacity and cycling stability of Si-anode lithium-ion battery by using copper nanowire as conductive additive', Journal of Alloys and Compounds. Elsevier, 822, p. 153664.
5. Cui, Z. et al. (2020) 'Improving cycling stability and rate capability of high-voltage $LiCoO_2$ through an integration of lattice doping and nanoscale coating', Journal of Nanoscience and Nanotechnology. American Scientific Publishers, 20 (4), pp. 2473-2481.
6. Mantripragada, B. S., Badam, R. and Matsumi, N. (2022) 'BIAN-Based Porous Organic Polymer as a High-Performance Anode for Lithium-Ion Batteries', ACS Applied Energy Materials. ACS Publications, 5 (6), pp. 6903-6912.
7. Zhu, Z. et al. (2020) 'Gradient-morph $LiCoO_2$ single crystals with stabilized energy density above 3400 W h L− 1', Energy & environmental science. Royal Society of Chemistry, 13 (6), pp. 1865-1878.
8. Bergstrom, H. K., Fong, K. D. and McCloskey, B. D. (2021) 'Interfacial effects on transport coefficient measurements in Li-ion battery electrolytes', Journal of The Electrochemical Society. IOP Publishing, 168 (6), p. 060543.
9. Yang, X. et al. (2021) 'Recent advances and perspectives on thin electrolytes for high-energy-density solid-state lithium batteries', Energy & environmental science. Royal Society of Chemistry, 14 (2), pp. 643-671.
10. Chen, Y. et al. (2022) 'Electrocatalytic surface nanoionics with strained interfaced and colossal conductivity for enhancing durability and performance of solid oxide fuel cell', Journal of Power Sources. Elsevier, 517, p. 230715.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_47 UDC 669.2/.8:669.537.4

Purification of Complex Solution of Zinc Sulfate from Copper Ions by Electrocementation Method

[1]***LIAKYN Lyazat,*** *Senior Lecturer, lyazat.liakyn@mail.ru,*
[2]***MAMYACHENKOV Sergey,*** *Dr. of Tech. Sci., Head of Department, svmamyachenkov@yandex.ru,*
[1]***ONALBAYEVA Zhanar,*** *PhD, Dean, zhanara-05@mail.ru,*
[2]***ANISIMOVA Olga,*** *Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, osanis@mail.ru,*
[1]**DAUMOVA Gulzhan,** *Cand. of Tech. Sci., Professor, Gulzhan.daumova@mail.ru,*
[1]NCJSC «D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University», D. Serikbayev Street, 19, Oskemen, Kazakhstan,
[2]Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin, Mira Street, 19, Yekaterinburg, Russia,
**corresponding author.*

Abstract. *The aim of this work is the effective removal of copper from a complex deferrous zinc sulfate solution by electrochemical cementation using a membrane electrolyzer. As a result of the study, the parameters of the process of purification using the membrane electrolyzer were determined. The parameters obtained from the results of the studies showed that the copper content in the solution can be reduced to 0.002 g/dm^3. At the same time, up to 99% of copper can be removed. Thus, after the electrochemical treatment, zinc sulfate solutions are sent to electrolysis, and copper obtained in the form of cathodic precipitates are sent to further processing.*

Keywords: *zinc sulfate solution, electrocementation, membrane electrolyzer, anion exchange membrane, removal of copper ions.*

Introduction

According to the latest research, in the coming decades, the shortage of the raw material base of many basic metals will lead to a sharp increase in their cost, for example, zinc and iron, which are relatively cheap at the moment, may soon become valuable metals [1]. Zinc reserves will be exhausted by 2030, and according to the proposed forecasts, rapid growth of metal prices can be expected in the near future, as a result of which recycling of waste and bringing various man-made resources into economic circulation will become a very profitable business [2].

The following conclusion can be drawn from the above data: since the cost of zinc increases due to the decrease in raw materials, the development of effective technologies for obtaining high-quality products from low-quality raw materials with a complex composition is an urgent issue. It is also an important opportunity to reduce the consumption of zinc powder used in the cement industry.

The presence of copper in the electrolyte used for zinc production reduces the efficiency of zinc deposition on the cathode and affects the purity of the zinc product. For this reason, the copper must be removed from the electrolyte before electrolytic deposition of zinc. Refining copper is usually done by adding zinc metal powder through a process called «cementation» [3]. The mechanism of cementation has not been sufficiently studied. This study considers the parameters such as cementation time, temperature, pH of the solution, activator concentration, zinc ion concentration in the electrolyte [4, 5].

Impurities such as cobalt and nickel lead to the formation of cathodic hydrogen at the zinc cathode [6, 7, 8], thus reducing the rate of zinc production. Impurities such as copper and cadmium can affect the purity of the obtained product [9], which in turn hinders the production of quality cathode zinc and lowers its cost [10].

This work presents a technology for extracting toxic Cd^{2+} from electrolytes of the galvanic process and wastewater containing SO_4^{2-} or Cl^-. With this technology, electrolysis in a two-chamber cell with an anion exchange

membrane allows Cd and H_2SO_4 solution to be returned to the process. It is recommended to remove Cl^-, Cd^{2+} from solutions by membrane electrolysis, which prevents Cl^- ions from passing into the anolyte with a chemically resistant cation exchange membrane of an insoluble anode and, accordingly, toxic Cl_2 gas from their oxidation in an insoluble anode. Therefore, it is possible to remove heavy metals from the solution with the help of a membrane electrolyzer [11].

Since the concentration of iron in the solution we are considering is 15-20 times higher than standard conditions, it is possible to convert divalent iron ions into trivalent iron in the anode cell of the membrane electrolyzer, and copper can be removed by electrocementing the de-ironed solution in the cathode cell [12].

The object of study is a low-quality solution of a complex composition obtained after atmospheric dissolution of the concentrate in the deposits of «Kazzinc» LLP: iron 30-32 g/dm^3, copper 0.5-2.5 g/dm^3.

The aim of this work is complex purification of low-quality zinc sulfate solution from impurities using the membrane electrolyzer.

Objects and methods of study

For the experiment, the productive solution obtained during the leaching of low-grade zinc concentrates was taken at the «Hydropolymet» experimental-industrial facility of «Kazzinc» LLP (Republic of Kazakhstan). According to the analysis, copper in the solution was 0.5-2.5 g/dm3. A mass spectrometer with an inductively coupled plasma ICP-MS 7500cx from «Agilent technologies» (USA) was used to determine the chemical composition.

The process of purifying complex zinc sulfate solution from copper ions was carried out in a two-chamber electrolyzer with anion exchange membranes separating the cathode and anode spaces. As a catholyte, a zinc sulfate solution containing copper ions purified from iron was used, and as an anolyte, a concentrated sulfuric acid solution was used. The electrolyzer was made of plexiglass, all fastening joints were made of stainless steel to prevent corrosion. Full data and an image of the membrane electrolyzer were given in the 1st part of the study, i.e. in the article on iron removal from zinc sulfate solution using a membrane electrolyzer [6].

The volume of electrolyte in the cell was 3.5 L, the rate of injection of electrolyte was constant – 3.5 L/h. The time of complete replacement of the electrolyte in the cell was 23-25 min. The solution was pumped from the containers using a peristaltic pump, and after the electrolyzer, the solution was sent to the ionomer 130 cell to measure pH.

Results and discussion

Series 1. Conditions: temperature 22.5°C; pH=3.5; current strength 25 A; current density 350 A/m^2; the voltage on the electrodes 6.5 V. The change of copper concentration depending on the electrocementation time is shown in Figure 1. Experiment results:

- pH of the solution is 2.2;
- Current yield (on copper) 48%;
- the final amount of copper in the electrolyte is 1.55 g/dm3;
- precipitate content in cathodes, %: Cu – 84.21, Zn – 15.49.

When the initial content of copper is 2.3 g/dm3, at first there is a decrease in the concentration of copper in the solution down to 1.72 g/dm^3, and then there is an increase in the concentration to 1.82 g/dm^3, which is explained by a slight dissolution of newly deposited copper precipitate.

Series 2. Conditions: temperature 22.5°C; pH=2.2; current strength 36 A; current density 500 A/m^2; the voltage on the electrodes 6.36 V, the initial amount of copper in the solution is 1.55 g/dm^3. The change of copper concentration depending on the time of electrocementation is shown in Figure 2.

The results of the experiment: pH of the solution is 2.12; current yield 48%; the final copper content in the electrolyte is 1.6 g/dm^3; precipitate content in cathodes, %: Cu – 75.59; Zn – 24,19. There is a change in the rate of deposition of copper compared to the initial concentration of 2 g/dm^3.

Series 3. Conditions: temperature 20.5°C; pH=0.95; current strength 36 A; current density 500 A/m^2; the voltage on the electrodes 6.36 V, the initial amount of copper in the solution is 0.33 g/dm^3. The change of copper concentration depending on the time of electrocementation is shown in Figure 3.

The results of the experiment: pH of the solution is 1.0; current yield 48%; the final amount of copper in the electrolyte is 0.0 g/dm3; precipitate content in cathodes, %, Cu – 79.15; Zn – 20,47.

Series 4. Conditions: temperature 20.5°C; pH=2.9; current strength 36 A; current density 500 A/m^2; the voltage on the electrodes 6.3 V, the initial amount of copper in the solution is 2.0 g/dm^3. Changes in copper and pH concentration depending on the time of electrocementing are shown in Figures 4-5. The results of the experiment: pH of the solution is 1.1; current yield 44%; the final amount of copper in the electrolyte is 0.002 g/dm^3; precipitate content in cathodes, %, Cu – 78.4; Zn – 23.9. The change of copper concentration at the outlet of the electrolyzer to the first measurement is 0.57 g/dm^3. A change in pH of the solution from 3.5 to 1.45 in the original electrolyte was

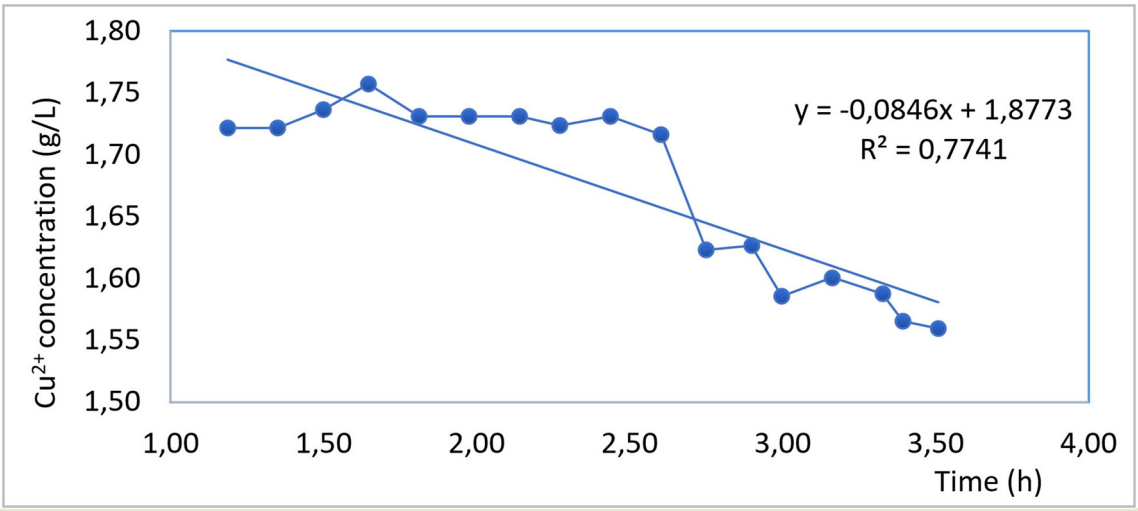


Figure 1 – Copper concentration depending on the electrocementation time, Series 1

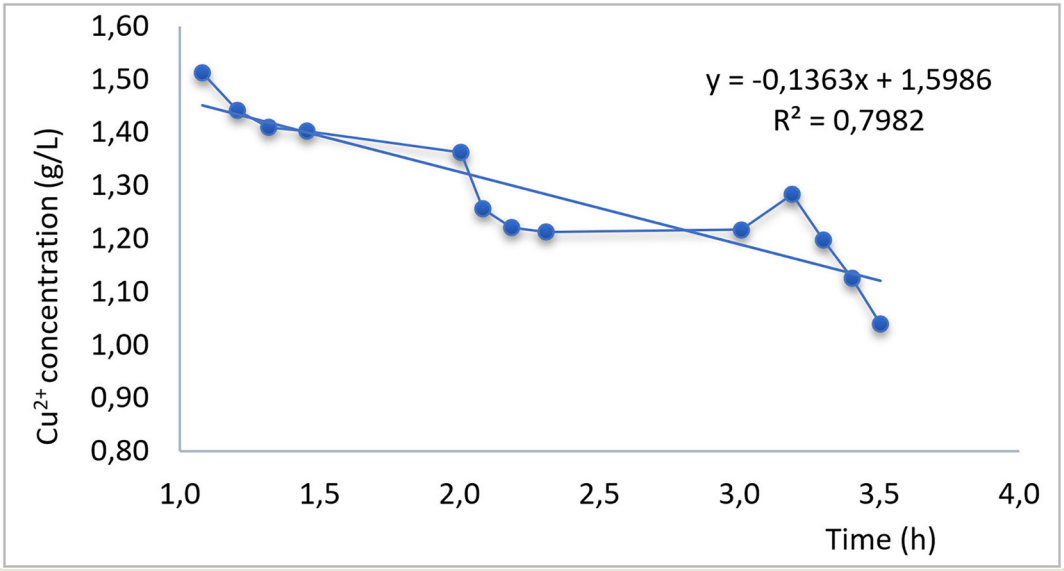


Figure 2 – Copper concentration depending on the electrocementation time

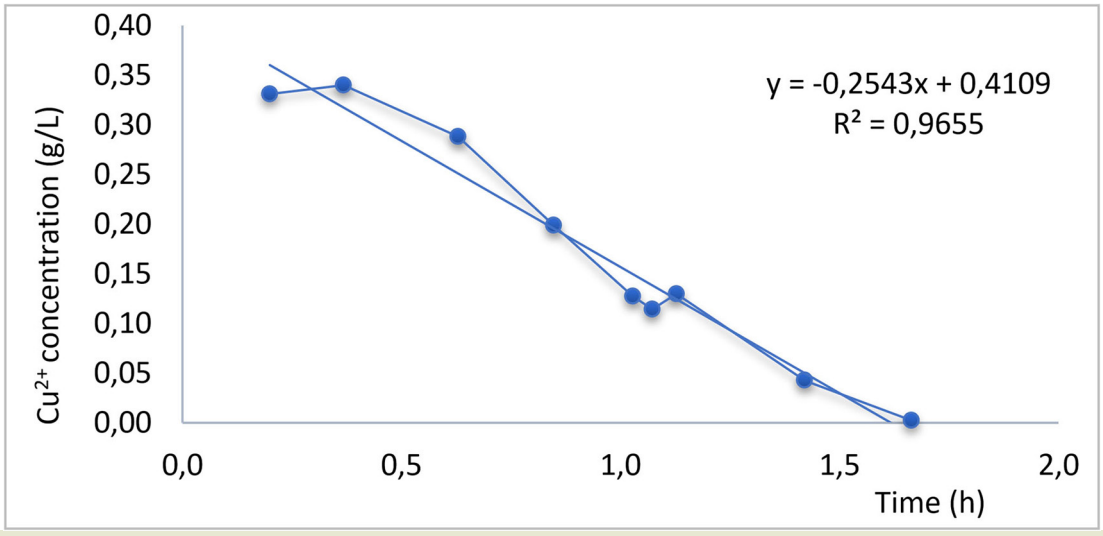


Figure 3 – Copper concentration depending on the electrocementation time

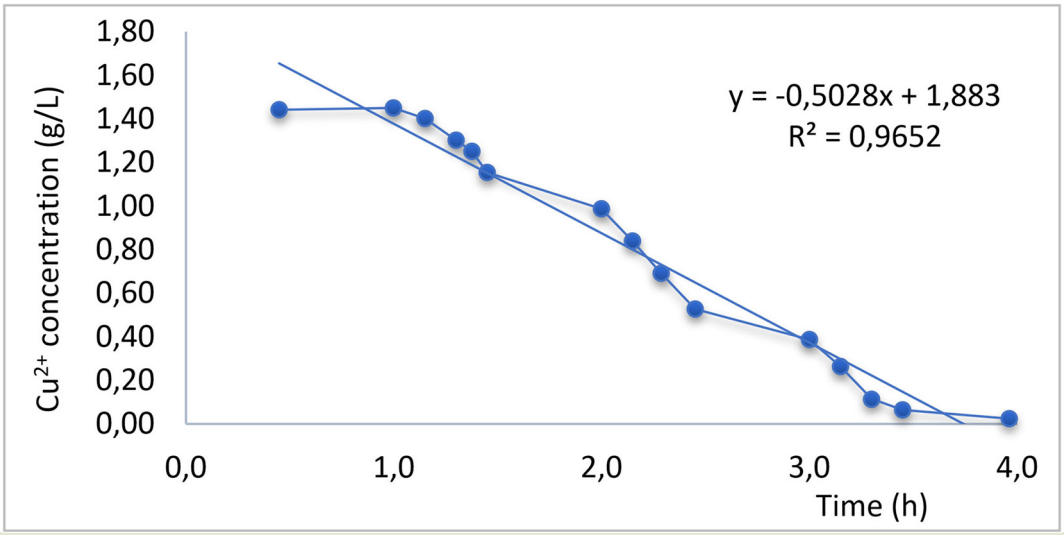


Figure 4 – Copper concentration depending on the electrocementation time, Series 4

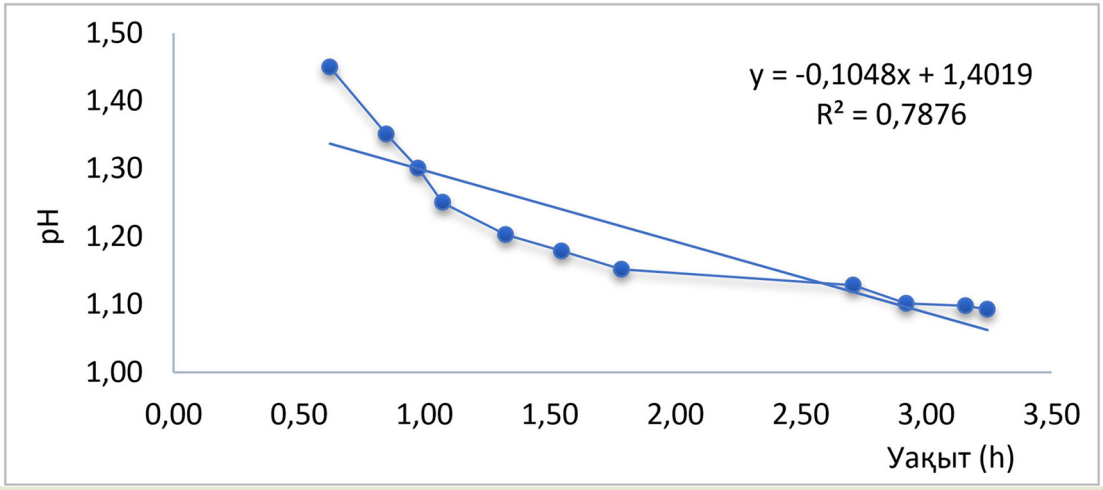


Figure 5 – Change in pH depending on the electrocementation time, Series 4

observed. A change in the pH value from the initial measured value indicates that hydrogen ions are initially formed in the cathode chamber, acidification of the medium occurs, and the following conclusions can be predicted:

- the release of hydrogen accelerates, therefore, the dissolution of the electrolyte remains low due to competing cementation reactions;
- due to the dissolution of the precipitate;
- with the reduction of H^+ ions, the rate of water discharge decreases to a high value of 1.1 and remains constant further, probably because the rate of copper reduction and water decomposition go hand in hand.

Cement precipitate is characterized by a higher copper content compared to the sludge obtained by the classical cementation scheme and is suitable for further processing. Microscopic examination revealed that the cement precipitate is a mixture of two fractions:

- small, red-brown color (copper with a small admixture of fine zinc powder);
- large, gray (mainly large zinc dendrites).

Conclusion

The results of complex laboratory studies allowed to draw the following conclusions: the following parameters were obtained in the electrocementation of zinc solutions: current density 230 A/m^2, conversion rate 1 dm^3/h, cell voltage 3 V, as a result of which the copper content can be reduced to 0.002 g/dm^3. As a result, more than 99% copper can be removed from the solution.

Acknowledgement

This research was funded by the Committee of Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AR22687268).

REFERENCES

1. Bryantseva O.S., Dyubanov V.G., Panshin A.M., Kozlov P.A. Replacement of reserves zinc based on the recycling of technogenic raw materials. Ekonomika regiona (2013). 2. 63-70.
2. https://1prime.ru/commodities/20221220/839245592.html
3. US 7,682,581 B2 Lehtinen L., Lahtinen M., Jyrala M., Vuokko M. Method for the removal of copper froma zinc sulphate solution. (2010), https://patentimages.storage.googleapis.com/b4/2f/6b/85f53f5c3256d0/US7682581B2.pdf
4. Karlsson T., Cao Y., Colombus Y., Steenari B.-M. Investigation of the kinetics and the morphology of cementation products formed during purification of a synthetic zinc sulfate electrolyte. Hydrometallurgy. (2018). 181, 169-179, doi:10.1016/j.hydromet.2018.09.0
5. Silwamba M., Ito M., Hiroyoshi N., Tabelin C.B., Hashizume R., Fukushima T., Park I., Jeon S., Igarashi T., Sato T. Recovery of Lead and Zinc from Zinc Plant Leach Residues by Concurrent Dissolution-Cementation Using Zero-Valent Aluminum in Chloride Medium. Metals. (2020) 10. 531. https://doi.org/10.3390/met10040531
6. Raghavan R., Mohanan P., Verma S. Modified zinc sulphate solution purification technique to obtain low levels of cobalt for the zinc electrowinning process. Hydrometallurgy. (1999). 51 (2). 187-206. doi:10.1016/s0304-386x(98)00076-0
7. Boyanov B.S., Konareva V.V., Kolev N.K. Purification of zinc sulfate solutions from cobalt and nickel through activated cementation. Hydrometallurgy. (2004). 73 (1-2). 163-168. doi:10.1016/j.hydromet.2003.09.002
8. Choi S., Yoo K., Alorro R.D., Tabelin C.B. Cementation of Co ion in leach solution using Zn powder followed by magnetic separation of cementation-precipitate for recovery of unreacted Zn powder. Minerals Engineering. (2020). 145. 106061. doi:10.1016/j.mineng.2019.106061
9. Vahidfard V., Shayesteh K., Abbasi P., Hosseini M. Analysis of effective parameters on cadmium cementation reaction from the perspective of diffusion. J. Part. Sci. Technol. (2021), 6 (2). 81-93. doi 10.22104/JPST.2021.4558.1175
10. Lu J., Dreisinger D.B., Houlatchi, G. Cobalt removal from zinc sulfate solution by Cu-Sb activated cementation with zinc dust – a new understanding, Electrometallurgy. the 2nd International Symposium on Electrometallurgy (2016). September 11-15. Quebec, Canada.
11. Turaev D.Y., Kolesnikov V.A., Popov N.A. Technology for the purification of electroplating washwater from cadmium ions by membrane and membraneless electrolysis. Theoretical Foundations of Chemical Engineering. (2020). 54. No. 1. Pp. 200-207.
12. Liakyn L., Onalbayeva Zh., Kulenova N., Daumova G., Mamyachenkov S., Anisimova O. Research of the process of purification of sulfate zinc solution from iron ions using anodic oxidation. Metals (2023). 13 (1). 88. https://doi.org/10.3390/met13010088

Күрделі құрамды мырыш сульфаты ерітіндісін электроцементациялау әдісі арқылы мыс иондарынан тазарту

*[1]**ЛИАҚЫН Ләзат,** аға оқытушы, lyazat.liakyn@mail.ru,*
*[2]**МАМЯЧЕНКОВ Сергей Владимирович,** т.ғ.д., кафедра меңгерушісі, svmamyachenkov@yandex.ru,*
*[1]**ОНАЛБАЕВА Жанар Сагидолдиновна,** PhD, декан, zhanara-05@mail.ru,*
*[2]**АНИСИМОВА Ольга Сергеевна,** т.ғ.к., доцент, osanis@mail.ru,*
*[1]**ДАУМОВА Гульжан Камалбеккызы,** т.ғ.к., профессор, Gulzhan.daumova@mail.ru,*
[1]«Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті» КеАҚ, Д. Серікбаев көшесі, 19, Өскемен, Қазақстан,
[2]Ресей Федерациясының бірінші президенті Б.Н. Ельцин атындағы Орал федералды университеті, Мира көшесі, 19, Екатеринбург, Ресей,
**автор-корреспондент.*

***Аңдатпа.** Зерттеудің мақсаты – күрделі құрамды темірден тазарған мырыш сульфаты ерітіндісін электрохимиялық цементация әдісімен мембраналы электролизер арқылы мыс иондарынан тиімді тазарту. Зерттеу нәтижесінде мембраналық электролизердің көмегімен ерітінділерді тазарту үрдісінің параметрлері анықталды. Зерттеу нәтижелері бойынша алынған параметрлер ерітіндідегі мыстың құрамын 0,002 г/дм^3 дейін төмендетуге болатындығын көрсетті. Бұл ретте 99%-ға дейін мыстан тазартуға болады. Осылайша, электрохимиялық тазартудан кейін мырыш сульфатының ерітінділері электролиздеуге жіберіледі, ал катодты тұнба түрінде алынған мыс одан әрі өңдеу үшін жіберіледі.*

***Кілт сөздер:** мырыш сульфаты ерітіндісі, электроцементация, мембраналы электролизер, анионалмастырғыш мембрана, мыс иондарынан тазарту.*

Очистка сложного составного раствора сульфата цинка от ионов меди методом электроцементации

*[1]**ЛИАҚЫН Ләзат,** старший преподаватель, lyazat.liakyn@mail.ru,*
*[2]**МАМЯЧЕНКОВ Сергей Владимирович,** д.т.н., зав. кафедрой, svmamyachenkov@yandex.ru,*
*[1]**ОНАЛБАЕВА Жанар Сагидолдиновна,** PhD, декан, zhanara-05@mail.ru,*
*[2]**АНИСИМОВА Ольга Сергеевна,** к.т.н., доцент, osanis@mail.ru,*
*[1]**ДАУМОВА Гульжан Камалбеккызы,** к.т.н., профессор, Gulzhan.daumova@mail.ru,*
[1]НАО «Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева», ул. Д. Серикбаева, 19, Усть-Каменогорск, Казахстан,
[2]Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, ул. Мира, 19, Екатеринбург, Россия,
**автор-корреспондент.*

***Аннотация.** Целью данного исследования является эффективное удаление меди сложного обезжелезенного раствора сульфата цинка методом электрохимической цементации с использованием мембранного электролизера. В результате исследования определены параметры процесса очистки растворов с помощью мембранного электролизера. Параметры, полученные по результатам исследований, показали, что содержание меди в растворе можно снизить до 0,002 г/дм^3. При этом можно удалить до 99% меди. Так, после электрохимической обработки растворы сульфата цинка направляют на электролиз, а полученную в виде катодных осадков медь направляют на дальнейшую переработку.*

***Ключевые слова:** раствор сульфата цинка, электроцементация, мембранный электролизер, анионообменная мембрана, удаление ионов меди.*

REFERENCES

1. Bryantseva O.S., Dyubanov V.G., Panshin A.M., Kozlov P.A. Replacement of reserves zinc based on the recycling of technogenic raw materials. Ekonomika regiona (2013). 2. 63-70.
2. https://1prime.ru/commodities/20221220/839245592.html
3. US 7,682,581 B2 Lehtinen L., Lahtinen M., Jyrala M., Vuokko M. Method for the removal of copper froma zinc sulphate solution. (2010), https://patentimages.storage.googleapis.com/b4/2f/6b/85f53f5c3256d0/US7682581B2.pdf
4. Karlsson T., Cao Y., Colombus Y., Steenari B.-M. Investigation of the kinetics and the morphology of cementation products formed during purification of a synthetic zinc sulfate electrolyte. Hydrometallurgy. (2018). 181, 169-179, doi:10.1016/j.hydromet.2018.09.0
5. Silwamba M., Ito M., Hiroyoshi N., Tabelin C.B., Hashizume R., Fukushima T., Park I., Jeon S., Igarashi T., Sato T. Recovery of Lead and Zinc from Zinc Plant Leach Residues by Concurrent Dissolution-Cementation Using Zero-Valent Aluminum in Chloride Medium. Metals. (2020) 10. 531. https://doi.org/10.3390/met10040531
6. Raghavan R., Mohanan P., Verma S. Modified zinc sulphate solution purification technique to obtain low levels of cobalt for the zinc electrowinning process. Hydrometallurgy. (1999). 51 (2). 187-206. doi:10.1016/s0304-386x(98)00076-0
7. Boyanov B.S., Konareva V.V., Kolev N.K. Purification of zinc sulfate solutions from cobalt and nickel through activated cementation. Hydrometallurgy. (2004). 73 (1-2). 163-168. doi:10.1016/j.hydromet.2003.09.002
8. Choi S., Yoo K., Alorro R.D., Tabelin C.B. Cementation of Co ion in leach solution using Zn powder followed by magnetic separation of cementation-precipitate for recovery of unreacted Zn powder. Minerals Engineering. (2020). 145. 106061. doi:10.1016/j.mineng.2019.106061
9. Vahidfard V., Shayesteh K., Abbasi P., Hosseini M. Analysis of effective parameters on cadmium cementation reaction from the perspective of diffusion. J. Part. Sci. Technol. (2021), 6 (2). 81-93. doi 10.22104/JPST.2021.4558.1175
10. Lu J., Dreisinger D.B., Houlatchi, G. Cobalt removal from zinc sulfate solution by Cu-Sb activated cementation with zinc dust – a new understanding, Electrometallurgy. the 2nd International Symposium on Electrometallurgy (2016). September 11-15. Quebec, Canada.
11. Turaev D.Y., Kolesnikov V.A., Popov N.A. Technology for the purification of electroplating washwater from cadmium ions by membrane and membraneless electrolysis. Theoretical Foundations of Chemical Engineering. (2020). 54. No. 1. Pp. 200-207.
12. Liakyn L., Onalbayeva Zh., Kulenova N., Daumova G., Mamyachenkov S., Anisimova O. Research of the process of purification of sulfate zinc solution from iron ions using anodic oxidation. Metals (2023). 13 (1). 88. https://doi.org/10.3390/met13010088

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_54 УДК 621.7

Изменение микроструктуры медной проволоки после скручивания в равноканальной ступенчатой матрице и волочения

[1]***ВОЛОКИТИН Андрей Валерьевич,** PhD, доцент, dyusha.vav@mail.ru,*
*[2]**ФЕДОРОВА Татьяна Дмитриевна,** магистр, оқытушы, tanyusik88@bk.ru,*
[1]НАО «Карагандинский индустриальный университет», пр. Республики, 30, Темиртау, Казахстан,
[2]НАО «Рудненский индустриальный университет», ул. 50 лет Октября, 38, Рудный, Казахстан,
**автор-корреспондент.*

***Аннотация.** Исследовано влияние новой технологии обработки медной проволоки на изменение ее микроструктуры. Данная технология заключается в деформировании проволоки во вращающейся равноканальной ступенчатой матрице при последующем волочении. Матрица вращается вокруг оси проволоки и тем самым создает напряжение за счет равноканальной угловой протяжки и скручивания в матрице. Деформирование проводилось при комнатной температуре. Результаты лабораторного эксперимента показывают, что применение такой совмещенной технологии позволяет получать проволоку с градиентной структурой. Поверхностный слой измельчен до 500 нм на глубину ≈ 1 мм. Далее размер зерен увеличивается к центральной части проволоки и составляет 4 мкм. Доля большеугловых границ в поверхностном слое деформированной проволоки составляет 68%, в среднем слое ≈ 42% и центре ≈ 25%.*

***Ключевые слова:** медь, волочение, скручивание, проволока, микроструктура, матрица.*

Введение

При волочении проволоки среднего и большого сечения использование больших обжатий и, следовательно, большого количества циклов деформирования нецелесообразно, так как исходный диаметр проволоки ограничен, а увеличение числа проходов приводит к уменьшению диаметра проволоки. Поэтому в последние два десятилетия большое внимание исследователей уделяется получению ультрамелкозернистых (УМЗ) структур в металлах и сплавах методами интенсивных (больших) пластических деформаций (ИПД), в связи с возможностями резкого – до 2-5 раз – повышения в них прочности. На сегодняшний момент к технологиям, наиболее эффективно измельчающим структуру, относятся методы, которые при многоцикловой обработке реализуют схему простого сдвига [1, 2]. Наиболее исследованным и используемым методом является равноканальное угловое прессование (РКУП).

Развитием технологий волочения и РКУП стало их объединение в один комбинированный процесс [3, 4]. Данный способ обработки давлением позволил преодолеть два существенных недостатка процесса РКУП, в результате чего стало возможным деформировать заготовки неограниченной длины, а также осуществлять процесс деформирования непрерывно и без образования пресс-остатка.

Однако, несмотря на указанные преимущества, данный совмещенный способ имеет недостаток, связанный с технологичностью процесса. Для достижения высокого уровня проработки требуется осуществлять несколько циклов деформирования. На практике это означает либо последовательную замену РКУ-матрицы и волочильного инструмента после каждого прохода (для однократного волочильного стана), либо создание достаточно длинной технологической линии (для многократного волочильного стана). Поэтому дальнейшим актуальным направлением развития совмещенного процесса «РКУП-прессование» является создание дополнительного уровня деформации, который позволит сократить требуемое количество циклов деформирования. При этом необходимо учитывать тот факт, что за счет

этой дополнительной деформации сечение заготовки не должно сильно изменяться, поскольку в случае уменьшения сечения может снизиться эффект какой-либо уже имеющейся стадии совмещенного процесса, а в случае ее увеличения процесс деформирования может оказаться невозможным. Всем указанным параметрам соответствует операция кручения, которая в развитии процессов ИПД представлена в виде классического процесса кручения под высоким давлением [5-7].

Ключевым отличием исследуемого в данной работе совмещенного процесса от метода «РКУП-волочение» является то, что в равноканальной ступенчатой матрице за счет ее вращения вокруг оси заготовки происходит скручивание заготовки, что позволяет создать дополнительный уровень деформации во всем поперечном сечении. При попадании заготовки в волочильный инструмент происходит калибровка поперечного сечения за счет прохождения канала фильеры. Равноканальная ступенчатая матрица, которая стоит до волоки, обеспечивает реализацию поперечной и продольной сдвиговых деформаций, что позволяет устранить главный недостаток процесса волочения – низкую пластичность.

В связи с этим использование усовершенствованного метода деформирования, сочетающего в себе схемы кручения, простого сдвига и классического процесса волочения, позволяет реализовать более высокий уровень проработки металла и расширить границы применения традиционных конструкционных материалов. Практическая значимость данной работы заключается в возможности внедрения усовершенствованной технологии в существующие волочильные станы путем добавления одного узла, без существенных изменений в конструкции стана или в технологии деформирования. Эта технология позволяет производить прутки и проволоку из цветных металлов и сплавов и имеет национальное и международное значение, так как улучшает прочностные характеристики за счет накопленной деформации и формирования градиентной микроструктуры.

Материал и методика исследования

В качестве образцов была использована медная проволока марки М1 диаметром 6,5 мм в термически обработанном состоянии для получения исходной равноосной структуры.

Суть технологического процесса заключается в деформировании проволоки во вращающейся равноканальной ступенчатой матрице и последующего волочения. Матрица вращается вокруг оси проволоки и тем самым создает напряжение за счет равноканальной угловой протяжки и скручивания в матрице. Вращение матрицы осуществляется в специально разработанном механизме, который устанавливается в линию оборудования волочильного стана, в блок с технологической смазкой, что позволяет осуществлять подачу смазки в матрицу и фильеру в блоке волочения. Смазка состоит из мыльной стружки и служит для уменьшения усилий, возникающих при протягивании стержней через рабочие канавки фильеры.

Для реализации совмещенной технологии при деформировании медной проволоки использовали промышленный барабанный волочильный стан В-1/550М. Деформирование проводилось при комнатной температуре с использованием маршрута Вс (вращение проволоки после каждого цикла деформирования осуществлялось на 90°). Количество проходов – 3. Уменьшение диаметра проволоки после каждого цикла деформирования составляло 0,5 мм. Так после 3 проходов деформирования мы получили проволоку диаметром 5,0 мм. Скорость волочения была равна 500 мм/с, при этом скорость вращения равноканальной ступенчатой матрицы была равна 30 об/мин.

Металлографический анализ был проведен на оптическом микроскопе Leica и для более детального анализа – на просвечивающем электронном микроскопе JEM2100. Темплеты и фольгу изготавливали из плоскостей, перпендикулярной и паралельной направлению волочения. Объекты для ПЭМ готовили струйной полировкой на приборе Tenupol-3 при комнатной температуре и напряжении 25В в 7% растворе H_3PO_4 в дистиллированной воде.

Дифракционные методы измерения ориентации кристаллов в локализованных областях, такие как EBSD, сегодня играют важную роль в определении характеристик мелкомасштабных микроструктурных особенностей. EBSD анализ проводился на приборе Philips XL-30 REM с полевым катодом. Для различения малоугловых границ зерен и высокоугловых границ зерен был проведен анализ статистики с использованием критического угла разориентации 15°. На EBSD-карте малоугловые и большеугловые границы показаны белыми и черными линиями, соответственно. Двойниковые границы Σ3 выделены красным цветом.

Результаты и их обсуждение

Металлографический анализ деформированной медной проволоки сначала был проведен на оптическом микроскопе для наблюдения общего вида измельчения структуры.

Исследование на оптическом микроскопе в поперечном сечении показывает градиентную структуру (рисунок 1). Поверхностный слой измельчен до 500 нм на глубину ≈ 1 мм. Далее размер зерен увеличивается к центральной части проволоки и составляет 4 мкм. Продольная структура удлинена и параллельна направлению волочения в поверхностном слое и более равнозерниста к центру.

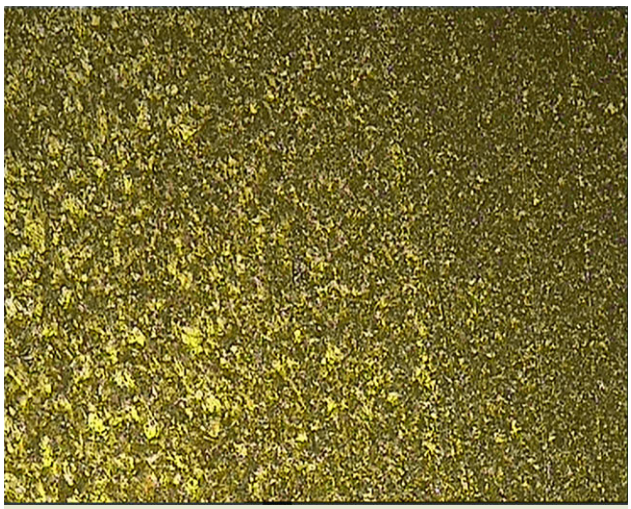
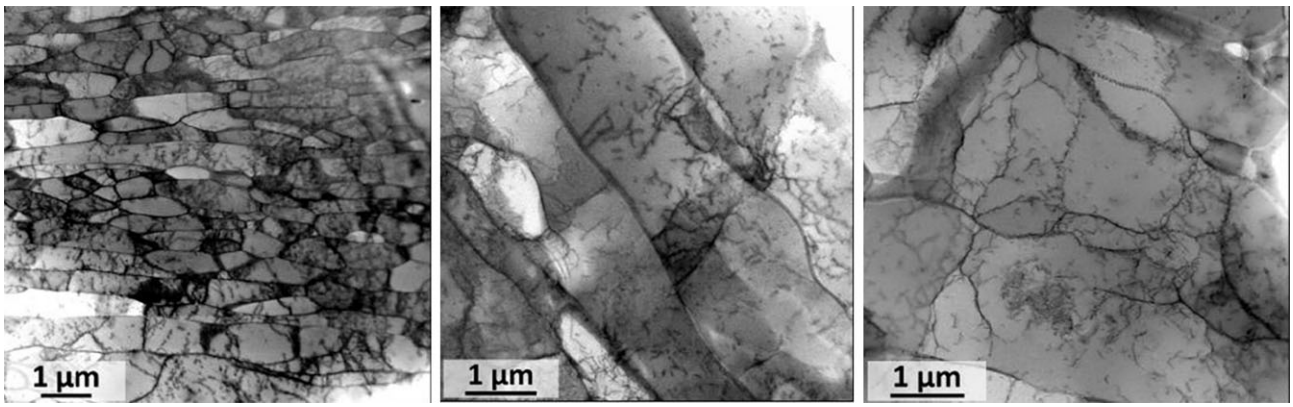


Рисунок 1 – Оптическое изображение микроструктуры деформированной медной проволоки (поперечное сечение)

На рисунке 2 показаны фотографии микроструктуры, полученные с помощью ПЭМ. Первое изображение получено на расстоянии ≈ 0,2 мм от поверхности проволоки (поверхностный слой) (рисунок 2а). Как видно, границы зерен волокнистые и изогнутые, что обычно характерно для большого количества дефектов, средний размер зерен составляет 500 нм. Следующее ПЭМ-изображение было получено на расстоянии ≈ 2 мм от поверхности проволоки (средний слой) (рисунок 2б).

Здесь сформирована бимодальная структура, которая состоит из мелких зерен с высокоугловыми границами и больших зерен с развитой субструктурой. Средний размер зерен составляет 2 мкм. Внутри зерен сформирована тонкая структура в виде скоплений дислокаций, и ячеек. Крупные зерна, скорее всего, образовались по механизму бездиффузионной рекристаллизации, так как если бы произошла динамическая рекристаллизация, зерна не имели бы искажений кристаллической решетки и не содержали бы дефектов. И последнее изображение было получено из центральной части проволоки (рисунок 2в). Структура представляет собой ячеистую дислокационную структуру деформационного происхождения со средним размером зерна 4 мкм. Наблюдаются как крупные зерна с небольшим количеством субграниц, а также зерна, содержащие большое количество субграниц.

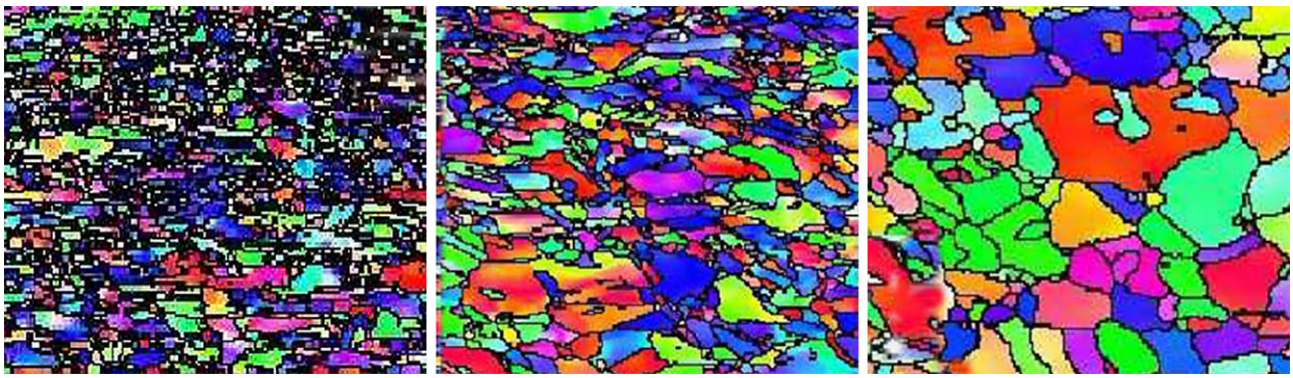
Для количественного анализа наличия большеугловых и двойниковых границ на разных глубинах был выполнен EBSD-анализ (рисунок 3). В результате EBSD-анализа было установлено, что зерна в деформированной проволоке с увеличением числа проходов ориентируются в направлении [100]. Практически все зерна вовлечены в процесс двойникования, в результате такого активного двойникования происходит увеличение большеугловых границ. Формирование новых большеугловых границ приводит к



а б в

а – поверхностный слой, б – средний слой, в – центральная часть

Рисунок 2 – Микроструктура деформированной медной проволоки (поперечное сечение)



а б в

а – поверхностный слой, б – средний слой, в – центральная часть

Рисунок 3 – Карты ориентации микроструктуры деформированной медной проволоки (поперечное сечение)

уменьшению среднего размера зерна. Как описано в работах [15, 16], напряжение, необходимое для зарождения двойника, с уменьшением размера зерна возрастает быстрее, чем напряжение, необходимое для активации скольжения. Этим можно объяснить то, что наибольшее количество двойников приходится на средний слой проволоки.

Доля большеугловых границ в поверхностном слое деформированной проволоки составляет 68%, в среднем слое ≈ 42% и центре ≈ 25%.

Выводы

В работе исследована медная проволока, продеформированная по новой технологии, отличительной особенностью которой является совмещение в одном очаге деформации схемы сдвига и схемы растяжения. Практическая значимость данной работы заключается в возможности внедрения усовершенствованной технологии в существующие линии установок путем добавления одного узла, без существенных изменений в конструкции стана или режима технологии. Эта технология позволяет производить прутки и проволоку из цветных металлов и сплавов и имеет национальное и международное значение, так как улучшает прочностные характеристики за счет накопленной деформации и формирования градиентной микроструктуры.

Данное исследование финансировалось Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (Грант № AP19676903).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Xu J., Li J., Shan D., Guo B. Microstructural evolution and micro/meso-deformation behavior in pure copper processed by equal-channel angular pressing // Materials Science and Engineering A. 2016. Vol. 664. Pp. 114-125.
2. Acarer M. Electrical, corrosion, and mechanical properties of aluminum-copper joints produced by explosive welding // Journal of Materials Engineering and Performance. 2012. Vol. 21. Pp. 2375-2379.
3. A. Naizabekov, I. Volokitina, A. Volokitin, E. Panin. Structure and mechanical properties of steel in the process pressing-drawing. Journal of Materials Engineering and Performance, 2019, Vol. 28, No. 1, Pp. 1762-1771.
4. Lezhnev S.N., Volokitina I.E., Volokitin A.V. Evolution of Microstructure and Mechanical Properties of Steel during Pressing-Drawing // Physics of Metals and Metallography. 2017. V. 118. No. 11. Pp. 1167-1170.
5. Volokitin A., Volokitina I., Panin E. Martensitic Transformation in AISI-316 Austenitic Steel During

Thermomechanical Processing // Metallography, Microstructure, and Analysis. 2022. Vol. 11 (4). Pp. 673-675.
6. Raab G.I., Gunderov D.V., Shafigullin L.N., Podrezov Yu.M., Danylenko M.I., Tsenev N.K., Bakhtizin R.N., Aleshin G.N., Raab A.G. Structural variations in low-carbon steel under severe plastic deformation by drawing, free torsion, and drawing with shear // Materials Physics and Mechanics. 2015. 3 (24). 242-252.
7. D.S. Nadig, V. Ramakrishnan, P. Sampathkumaran, C.S. Prashanth. Effect of cryogenic treatment on thermal conductivity properties of copper // Advances in Cryogenic Engineering AIP Conf. Proc. 2012. 1435, Pp. 133-139.
8. Hotza H., Smagab M., Kirscha B., Zhub T., Beckb T., Aurich J. Characterization of the subsurface properties of metastable austenitic stainless steel AISI 347 manufactured in a two-step turning process // Procedia CIRP. 2020. Vol. 87. Pp. 35-40.
9. Meyers M.A., Vöhringer O., Lubarda V.A. The onset of twinning in metals: a constitutive descripton // Acta Materialia. 2001. Vol. 49. Pp. 4025-4039.

Тең арналы сатылы матрицада бұралғаннан және тартылғаннан кейін мыс сымның микроқұрылымын өзгерту

***[1]*ВОЛОКИТИН Андрей Валерьевич,** PhD, доцент, dyusha.vav@mail.ru,*
***[2]ФЕДОРОВА Татьяна Дмитриевна,** магистр, преподаватель, tanyusik88@bk.ru,*
[1]«Қарағанды индустриялық университеті» КеАҚ, Республика даңғылы, 30, Теміртау, Қазақстан,
[2]«Рудный индустриялық университеті» КеАҚ, Қазанға 50 жыл көшесі, 38, Рудный, Қазақстан,
**автор-корреспондент.*

***Аңдатпа.** Мыс сымын өңдеудің жаңа технологиясының оның микроқұрылымының өзгеруіне әсері зерттелді. Бұл технология айналмалы тең арналы сатылы матрицадағы сымды деформациялаудан және одан кейін тартудан тұрады. Матрица сым осінің айналасында айналады және осылайша матрицадағы тең арналы бұрыштық тартқыш пен бұралу арқылы кернеу тудырады. Деформация бөлме температурасында жүргізілді. Зертханалық эксперименттің нәтижелері мұндай біріктірілген технологияны қолдану градиент құрылымы бар сымды алуға мүмкіндік беретіндігін көрсетеді. Беткі қабат 500 НМ-ге дейін тереңдікке дейін ұсақталған ≈ 1 мм. Әрі қарай, дәндердің мөлшері сымның орталық бөлігіне қарай ұлғаяды және 4 мкм құрайды. Деформацияланған сымның беткі қабатындағы үлкен бұрыштық шекаралардың үлесі 68%, ортаңғы қабатта ≈ 42% және орталықта ≈ 25% құрайды.*

***Кілт сөздер:** мыс, сымдау, бұрау, сым, микроқұрылым, матрица.*

Change in the Microstructure of Copper Wire After Twisting in an Equal-channel Step Matrix and Drawing

***[1]*VOLOKITIN Andrei,** PhD, Associate Professor, dyusha.vav@mail.ru,*
***[2]FEDOROVA Tatyana,** Master's Degree, Lecturer, tanyusik88@bk.ru,*
[1]NPJSC «Karaganda Industrial University», Republic Avenue, 30, Temirtau, Kazakhstan,
[2]NLC «Rudny Industrial University», 50 years of October Street, 38, Rudny, Kazakhstan,
**corresponding author.*

***Abstract.** The influence of a new technology of copper wire processing on the change of its microstructure is investigated. This technology consists in deforming the wire in a rotating equal-channel step matrix and subsequent drawing. The matrix rotates around the axis of the wire and thereby creates stress due to equal-channel angular pulling and twisting in the matrix. The deformation was carried out at room temperature. The results of the laboratory*

experiment show that the application of such a combined technology allows to obtain wire with gradient structure. The surface layer is milled to 500 nm to a depth of ≈ 1 mm. Further, the grain size increases towards the central part of the wire and is 4 μm. The share of large-angle boundaries in the surface layer of the deformed wire is 68%, in the middle layer ≈ 42% and in the center ≈ 25%.

Keywords: *copper, drawing, twisting, wire, microstructure, matrix.*

REFERENCES

1. Xu J., Li J., Shan D., Guo B. Microstructural evolution and micro/meso-deformation behavior in pure copper processed by equal-channel angular pressing // Materials Science and Engineering A. 2016. Vol. 664. Pp. 114-125.
2. Acarer M. Electrical, corrosion, and mechanical properties of aluminum-copper joints produced by explosive welding // Journal of Materials Engineering and Performance. 2012. Vol. 21. Pp. 2375-2379.
3. A. Naizabekov, I. Volokitina, A. Volokitin, E. Panin. Structure and mechanical properties of steel in the process pressing-drawing. Journal of Materials Engineering and Performance, 2019, Vol. 28, No. 1, Pp. 1762-1771.
4. Lezhnev S.N., Volokitina I.E., Volokitin A.V. Evolution of Microstructure and Mechanical Properties of Steel during Pressing-Drawing // Physics of Metals and Metallography. 2017. V. 118. No. 11. Pp. 1167-1170.
5. Volokitin A., Volokitina I., Panin E. Martensitic Transformation in AISI-316 Austenitic Steel During Thermomechanical Processing // Metallography, Microstructure, and Analysis. 2022. Vol. 11 (4). Pp. 673-675.
6. Raab G.I., Gunderov D.V., Shafigullin L.N., Podrezov Yu.M., Danylenko M.I., Tsenev N.K., Bakhtizin R.N., Aleshin G.N., Raab A.G. Structural variations in low-carbon steel under severe plastic deformation by drawing, free torsion, and drawing with shear // Materials Physics and Mechanics. 2015. 3 (24). 242-252.
7. D.S. Nadig, V. Ramakrishnan, P. Sampathkumaran, C.S. Prashanth. Effect of cryogenic treatment on thermal conductivity properties of copper // Advances in Cryogenic Engineering AIP Conf. Proc. 2012. 1435, Pp. 133-139.
8. Hotza H., Smagab M., Kirscha B., Zhub T., Beckb T., Aurich J. Characterization of the subsurface properties of metastable austenitic stainless steel AISI 347 manufactured in a two-step turning process // Procedia CIRP. 2020. Vol. 87. Pp. 35-40.
9. Meyers M.A., Vöhringer O., Lubarda V.A. The onset of twinning in metals: a constitutive descripton // Acta Materialia. 2001. Vol. 49. Pp. 4025-4039.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_60 УДК 621.5:631.354.024

Определение оптимальных параметров воздушного потока создаваемого пневмопогрузчиком уборочно-транспортного агрегата

[1]*АБУЛХАИРОВ Дармен Каратаевич, д.т.н., профессор, adk511@bk.ru,
[2]САГЫНГАНОВА Индира Кенесовна, PhD, старший преподаватель, sagynganova_ik@enu.kz,
[1]УСЕРБАЕВ Муратбек Турарбекович, к.т.н., зав. кафедрой, usermur@mail.ru,
[1]МЕНДАЛИЕВА Сауле Ильинична, к.т.н., старший преподаватель, saule-decanuf@mail.ru,
[1]БОБЕЕВ Абай Баханович, к.т.н., доцент, bobeevabai@mail.ru,
[1]НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина», пр. Женис, 62, Астана, Казахстан,
[2]НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева», ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан,
*автор-корреспондент.

Аннотация. Рассматривается проектирование рабочих органов уборочно-транспортного агрегата (УТА) для сбора сена. УТА состоит из подборщика сена, пневмопогрузчика и сборочной камеры. Исследован процесс заполнения камеры, определены характеристики пневмопогрузчика, обеспечивающего качественное выполнение данного процесса. Основным требованием к пневмопогрузчику является создание и поддержание технологических параметров – расхода воздуха при соответствующей скорости воздушного потока. Получено аналитическое выражение траектории движения частицы массы сена на выходе из погрузчика в зависимости от скорости воздушного потока и угла к горизонтали. Установлена взаимосвязь этой скорости с параметрами траектории полета частиц материала и размерами сборочной камеры. Оптимальным параметрам скорости 22-25 м/с соответствуют следующие габаритные размеры: длина – 5,0 м, высота – до 4,0 м.

Ключевые слова: уборочно-транспортный агрегат, подборщик, пневмопогрузчик, сборочная камера, габаритные размеры, скорость воздушного потока, расход воздуха, угол наклона к горизонтали, траектория движения частицы.

Введение

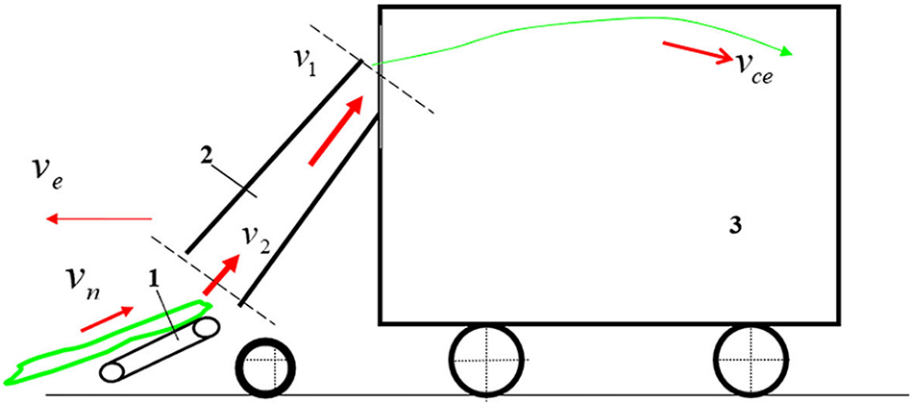
Механизация способствует повышению производительности труда, уменьшению бедности и улучшению продовольственной безопасности, но также может приводить к потере биоразнообразия и деградации земель. Авторы [1-3] подчеркивают необходимость сбалансированного подхода для достижения устойчивых результатов, предлагая широкий спектр технологических и институциональных решений для минимизации рисков и максимизации преимуществ механизации в агропродовольственных системах.

В предлагаемой технологии уборки сеносоломистой массы с поверхности поля предусматривается последовательное участие трех основных составляющих агрегата (рисунок 1): подборщика; пневмопогрузчика; сборочной камеры.

От их параметров и взаимодействия зависят: устойчивость протекания технологического процесса, производительность и затраты мощности на подбор, погрузка и формирование стога сена.

Проведем исследование работы рабочих органов (лопасти ротора) пневмопогрузчика сена с целью обоснования необходимых параметров воздушного потока.

Как правило, цикл работы уборочного агрегата завершается конечным продуктом – формированием копны, и его качество, несомненно, является оценочным показателем агрегата [4, 5].



1 – подборщик, 2 – погрузчик, 3 – сборочная емкость; v_e –движения УТА; v_n – скорость подбора сеносоломистого материала подборщиком; v_{ce} – скорость воздушного потока

Рисунок 1 – Общая схема уборочно-транспортного агрегата (УТА)

Поэтому будем исходить из предположения, что исследование процесса заполнения сборочной емкости, во взаимосвязи с его размерами, позволит определить характеристики соответствующего погрузочного средства, обеспечивающего качественное выполнение данного процесса в сочетании с высокой производительностью и низкими потерями продукта.

В процессе работы уборочного агрегата масса подается погрузчиком в сборочную емкость через его приемное окно, расположенное в верхней части передней стенки. Очевидно, что параметры потока воздушно-растительной смеси должны обеспечить качественное заполнение емкости массой, без образования пустот. При этом необходимо, чтобы поток был направлен в верхнюю часть заднего борта. В этом случае уплотнение сеносоломистой массы происходит более равномерно по всему объему емкости. С увеличением скорости потока увеличивается степень заполнения по всей длине сборочной емкости.

Таким образом, определим оптимальную величину скорости потока воздушно-растительного материала, его направление и дальность полета в сборочной емкости [6, 7].

Методика исследования параметров воздушного потока. Теоретическое определение траектории движения сеносоломистой массы сена на выходе из погрузчика в зависимости от скорости воздушного потока и угла к горизонтали представляет определенные трудности, поскольку сено не однородное тело и не движется компактным равномерным слоем. Принимая допущения – на элементарную частицу (рисунок 2), движущуюся с начальной скоростью v_1 под углом α к горизонту, действует сила тяжести mg, сила сопротивления движению R. Последняя направлена по касательной к траектории движения частицы. Найдем уравнения движения частицы в емкости.

Начальные условия движения частицы:

$$t = 0, x = 0, y = 0; \dot{x} = v_1 \cos\alpha, \dot{y} = v_1 \sin\alpha, \quad (1)$$

где $\dot{x}$ – производная перемещения, относительная скорость частицы по оси OX, м/с;

$\dot{y}$ – производная перемещения, равная относительной скорости частицы по оси OY, м/с.

Учитывая направления действия сил в системе XOY получим дифференциальное уравнение ускорения движения частицы сена в проекциях на эти оси:

$$\left.\begin{aligned} \ddot{x} &= -k\dot{x} \\ \ddot{y} &= g - k\dot{y} \end{aligned}\right\}, \quad (2)$$

где k – постоянный коэффициент, с$^{-1}$.

Проинтегрируем первое дифференциальное уравнение (2), записав его в виде $\frac{d\dot{x}}{dt} = -k\dot{x}$, разделим переменные:

$$\frac{d\dot{x}}{\dot{x}} = -kdt. \quad (3)$$

Первый интеграл уравнения (3) имеет решение:

$$\ln\dot{x} = -kt + C_1. \quad (4)$$

Подставив в (4) начальное условие из (1) при $t = 0$ будем иметь значение постоянной интегрирования $C_1 = \ln v_1 \cos\alpha$.

Заменив в уравнении (4) C_1 его значением, получим: $\ln\frac{\dot{x}}{v_1 \cos\alpha} = -kt$.

Решением этого уравнения будет:

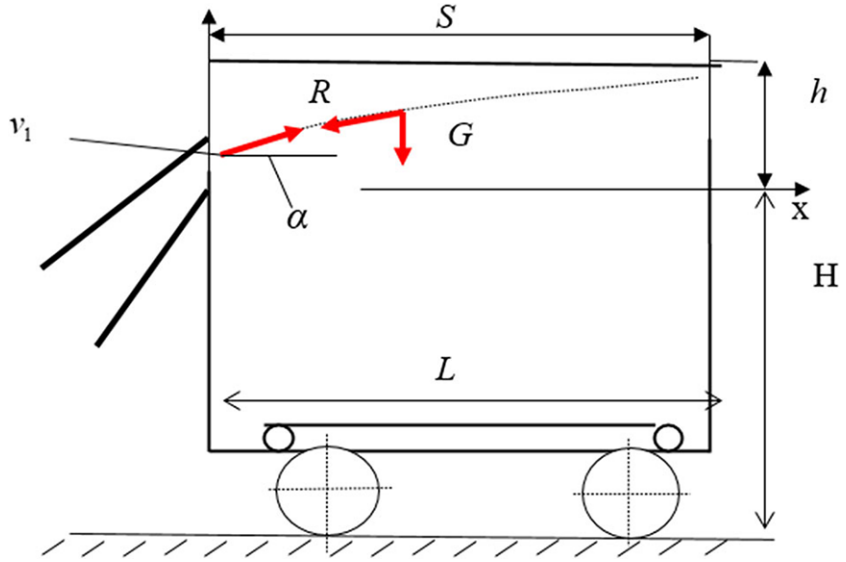


Рисунок 2 – Схема заполнения сборочной емкости

$$x = -\frac{v_1}{k}\cos\alpha \cdot e^{-kt} + C_2. \qquad (5)$$

Для определения C_2 подставим начальное условие из (1), когда при $t = 0$ $x = 0$. Отсюда $C_2 = \frac{v_1 \cos\alpha}{k}$.

С учетом значения постоянной интегрирования C_2 уравнение движения (5) примет вид:

$$x = \frac{v_1}{k}\cos\alpha(1 - e^{-kt}). \qquad (6)$$

Теперь перейдем к интегрированию второго дифференциального уравнения (2). Приняв во внимание, что $\ddot{y} = \frac{d\dot{y}}{dt}$, разделив переменные и найдя интеграл, получим:

$$-\frac{1}{k}\ln(g - k\dot{y}) = t + C_3. \qquad (7)$$

Подставив в уравнение (7) начальное условие из 1 (при $t = 0$, $\dot{y} = v_1 \sin\alpha$), имеем $C_3 = -\frac{1}{k}\ln(g - kv_1 \sin\alpha)$.

После замены в уравнении (7) C_3 его значением и объединения логарифмов запишем: $\frac{1}{k}\ln\left(\frac{g - kv_1 \sin\alpha}{g - k\dot{y}}\right) = t.$

Решая это уравнение относительно $\dot{y}$, после интегрирования получим:

$$y = \frac{g}{k}t + \frac{g - kv_1 \sin\alpha}{k^2}e^{-kt} + C_4. \qquad (8)$$

Подставив в уравнение (8) начальное условие из (1) при $t = 0$, $y = 0$, найдем $C_4 = -\frac{g - kv_1 \sin\alpha}{k^2}$.

Решением уравнения (8) траектории движения частиц по оси у будет:

$$y = \frac{g}{k}t + \frac{g - kv_1 \sin\alpha}{k^2}(1 - e^{-kt}). \qquad (9)$$

Совместным решением (6) и (9) находим искомое уравнение движения тела в прямоугольной системе координат:

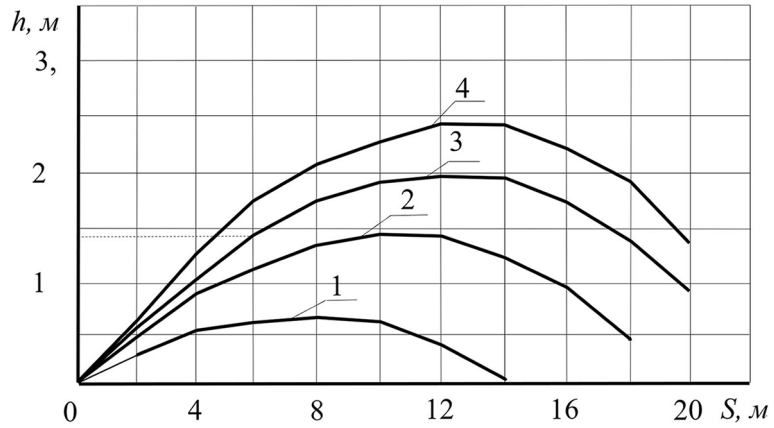
$$y = -\frac{g + kv_1 \sin\alpha}{kv_1 \cos\alpha} \cdot x + \\ + \frac{g}{k^2}\ln\left(1 - \frac{k}{v_1 \cos\alpha} \cdot x\right). \qquad (10)$$

Результаты исследования

Анализ (10) показывает, что высота подъема и дальность полета растительной массы зависят от начальной скорости v_1, угла α наклона последней к горизонту и постоянного коэффициента k. С увеличением скорости движения и угла наклона ее к горизонту высота подъема и дальность полета сеносоломистого материала возрастают, а с увеличением постоянного коэффициента снижаются.

В предварительных ориентировочных расчетах, выполненных по уравнению (10) были приняты предельные нормы на транспортные габариты согласно ГОСТ 12.2.019-86. Так, для значений высота $H + h = 4$ м, длина $L = 6$ м, $k = 0{,}34$, соответствует скорость воздушного потока $v_1 > 20$ м/с. При этом в уравнении (10) согласно рисунку 2: $x \le L$; $y \ge h$.

Анализ полученных расчетных траекторий движения частицы сена, представленных на рисунке 3, показывает, что наиболее приближенной к реальному процессу за-



1) α = 10 град; 2) α = 15 град; 3) α = 17 град; 4) α = 20 град

Рисунок 3 – Расчетные траектории полета частицы сена при различном угле α

грузки сборочной емкости является кривая 1 при $\alpha = 10°$. Отсюда, при средней скорости подаваемой массы $v_1 = 23$ м/с рациональное значение длины емкости находится в пределах 4-6 метров.

Скорости v_1 потока смеси воздуха и сеносоломистого материала соответствует определенная величина расхода воздуха, которую должен обеспечить прямоугольный воздухопровод погрузчика, с размерами прямоугольного окна a на b.

Для расчета расхода воздуха обратимся к понятию эквивалентный диаметр ($d_{эк}$). Как известно, при одинаковых площадях, воздух через круглое отверстие диаметром d проходит с меньшими потерями, чем через прямоугольное. На этом основании периметры $П_п$ и $П_о$ окон эквивалентны отношениям их площадей $F_п$ и $F_о$ [8, 9]:

$$\frac{П_п}{П_о} = \frac{F_п}{F_о} \text{ или } \frac{2(a+b)}{\pi d} = \frac{ab}{\pi \frac{d^2}{4}}. \quad (11)$$

Отсюда эквивалентный диаметр:

$$d_{эк} = \frac{2ab}{a+b}.$$

Тогда выражение для определения расхода воздуха будет следующим:

$$v_в = v_1 F_{экв} = v_1 \frac{\pi d_{экв}^2}{4}, \text{ м}^3/\text{с}$$
$$\text{или } v_в = 4\pi v_1 \frac{a_1^2 b_1^2}{(a_1+b_1)^2}, \text{ м}^3/\text{с}. \quad (12)$$

Таким образом, основным требованием к пневмопогрузчику сеносоломистого материала является способность создания и поддержания технологических параметров – расхода воздуха $v_в$ (12) при скорости воздушного потока v_1.

Заключение. Исследованием процесса погрузки установлена взаимосвязь скорости воздушного потока на выходе из погрузчика с параметрами траектории полета частиц сена и размерами сборочной емкости: скорости v_1, равной 22-25 м/с, соответствуют следующие габаритные размеры емкости: длина – 5,0 м, высота – до 4,0 м.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Thomas Daum. Mechanization and sustainable agri-food system transformation in the Global South. A review. – Agronomy for Sustainable Development (2023) 43:16.
2. Baudron, F., Sims, B., Justice, S., Kahan, D.G., Rose, R., Mkomwa, S., Kaumbutho, P. et al. 2015. Re-examining appropriate mechanization in Eastern and Southern Africa: two-wheel tractors, conservation agriculture, and private sector involvement. Food Security, 7 (4): 889-904.
3. Daum, T., Adegbola, Y.P., Kamau, G., Kergna, A.O., Daudu, C., Zossou, R.C., Crinot, G.F. et al. 2020. Perceived effects of farm tractors in four African countries, highlighted by participatory impact diagrams. Agronomy for Sustainable Development, 40 (6): 47.

4. Астафьев В.Л., Гайфуллин Г.З., Абулхаиров Д.К. и др. Комплексная механизация возделывания трав, заготовки и хранения грубых кормов в Северном Казахстане: Рекомендации / РГП «ЦелинНИИМЭСХ». – Костанай, 2005. 48 с.
5. Абулхаиров Д.К. Уборочно-транспортный агрегат как одноконтурная система // Материалы международной научно-практической конференции «Пищевая и легкая промышленность стратегии вхождения Республики Казахстан в число 50 наиболее конкурентоспособных стран мира». – 2-я часть, 17-18 октября 2007 г. – Алматы: АТУ, С. 156-159.
6. Заушицын В.Е. Исследование пневматического транспорта сеносоломистых продуктов // Сб. «Конструирование и производство СХМ / НТОМП Ростовское ОП. Ростов, 1991. 328 с.
7. Фатеев М.Н. Теоретические и экспериментальные исследования процесса транспортирования измельченной растительной массы рабочими органами роторного типа // Труды ВИСХОМ. Вып. 55, 656 с.
8. Абулхаиров Д.К., Сагынганова И.К., Усербаев М.Т. Обоснование технологической схемы и параметров механизма уплотнения сена в сборочной камере // «Университет еңбектері – Труды университета» Карагандинского технического университета. 2022. № 1.
9. Абулхаиров Д.К., Сагынганова И.К., Усербаев М.Т. Обоснование величины давления воздушного потока для транспортирования растительного материала // Там же. 2023. № 1.

Жинау-тасымалдау агрегатының пневматикалық тиегішінің ауа ағынының оңтайлы параметрлерін анықтау

[1]*АБІЛҚАЙЫРОВ Дәрмен Каратайұлы, *т.ғ.д., профессор, adk511@bk.ru,*
[2]САҒЫНҒАНОВА Индира Кенесқызы, *PhD, аға оқытушы, sagynganova_ik@enu.kz,*
[1]ӨСЕРБАЕВ Мұратбек Тұрарбекұлы, *т.ғ.к., кафедра меңгерушісі, usermur@mail.ru,*
[1]МЕНДАЛИЕВА Сәуле Ильинична, *т.ғ.к., аға оқытушы, saule-decanuf@mail.ru,*
[1]БӨБЕЕВ Абай Баханұлы, *т.ғ.к., доцент, bobeevabai@mail.ru,*
[1]«С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Жеңіс даңғылы, 62, Астана, Қазақстан,
[2]«Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті» КеАҚ, Сәтпаев көшесі, 2, Астана, Қазақстан,
**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Шөп жинау үшін егін жинау-көлік агрегатының (ЖКА) жұмыс органдарын жобалау қарастырылады. ЖКА шөп жинағыштан, ауа тиегіштен және құрастыру камерасынан тұрады. Камераны толтыру процесі зерттелді, осы процестің сапалы орындалуын қамтамасыз ететін пневматикалық тиегіштің сипаттамалары анықталды. Пневматикалық тиегіштерге қойылатын негізгі талап технологиялық параметрлерді – ауа ағынының тиісті жылдамдығымен ауа шығынын құру және қолдау болып табылады. Ауа ағынының жылдамдығына және көлденеңінен бұрышқа байланысты тиегіштен шыққан кезде пішен массасы бөлшектерінің қозғалыс траекториясының аналитикалық көрінісі алынды. Бұл жылдамдықтың материал бөлшектерінің ұшу траекториясының параметрлерімен және құрастыру камерасының өлшемдерімен байланысы орнатылған. 22-25 м/с жылдамдықтың оңтайлы параметрлері келесі жалпы өлшемдерге сәйкес келеді: ұзындығы – 5,0 м, биіктігі – 4,0 м дейін.*

Кілт сөздер: *жинау-тасымалдау агрегаты, іріктеуші, пневмопогрузчик, құрастыру камерасы, габариттік өлшемдері, ауа ағынының жылдамдығы, ауа шығыны, көлденеңге еңкею бұрышы, бөлшектердің қозғалыс траекториясы.*

Determination of Optimal Parameters of the Air Flow Created by the Pneumatic Loader of the Harvesting and Transport Unit

[1]*ABULKHAIROV Darmen, *Dr. of Tech. Sci., Professor, adk511@bk.ru,*

*[2]**SAGYNGANOVA Indira,** PhD, Senior Lecturer, sagynganova_ik@enu.kz,*
*[1]**USSERBAYEV Muratbek,** Cand. of Tech. Sci., Head of Department, usermur@mail.ru,*
*[1]**MENDALIYEVA Saule,** Cand. of Tech. Sci., Senior Lecturer, saule-decanuf@mail.ru,*
*[1]**BOBEEV Abay,** Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, bobeevabai@mail.ru,*
[1]NCJSC «S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University», Zhenis Avenue, 62, Astana, Kazakhstan,
[2]NPJSC «L.N. Gumilyov Eurasian National University», Satpayev Street, 2, Astana, Kazakhstan,
**corresponding author.*

***Abstract.** The design of working bodies of a harvesting and transport unit (HTU) for hay collection is considered. The HTU consists of a hay pickup, a pneumatic loader and an assembly chamber. The process of filling the chamber was investigated, and the characteristics of the pneumatic loader ensuring high-quality performance of this process were determined. The main requirement for the pneumatic loader is the ability to create and maintain technological parameters – air flow rate at a corresponding air flow velocity. An analytical expression was obtained for the trajectory of a hay mass particle at the outlet of the loader depending on the air flow velocity and the angle to the horizontal. The relationship between this velocity and the parameters of the material particle flight trajectory and the dimensions of the assembly chamber was established. The optimal parameters of the velocity of 22-25 m/s correspond to the following overall dimensions: length – 5.0 m, height – up to 4.0 m.*

***Keywords:** harvesting and transport unit, pick-up truck, pneumatic loader, assembly chamber, overall dimensions, air flow velocity, air flow rate, angle of inclination to the horizontal, trajectory of particle movement.*

REFERENCES

1. Thomas Daum. Mechanization and sustainable agri-food system transformation in the Global South. A review. – Agronomy for Sustainable Development (2023) 43:16.
2. Baudron, F., Sims, B., Justice, S., Kahan, D.G., Rose, R., Mkomwa, S., Kaumbutho, P. et al. 2015. Re-examining appropriate mechanization in Eastern and Southern Africa: two-wheel tractors, conservation agriculture, and private sector involvement. Food Security, 7 (4): 889-904.
3. Daum, T., Adegbola, Y.P., Kamau, G., Kergna, A.O., Daudu, C., Zossou, R.C., Crinot, G.F. et al. 2020. Perceived effects of farm tractors in four African countries, highlighted by participatory impact diagrams. Agronomy for Sustainable Development, 40 (6): 47.
4. Astaf'ev V.L., Gajfullin G.Z., Abulhairov D.K. i dr. Kompleksnaya mekhanizaciya vozdelyvaniya trav, zagotovki i hraneniya grubyh kormov v Severnom Kazahstane: Rekomendacii / RGP «CelinNIIMESKH». – Kostanaj, 2005. 48 p.
5. Abulhairov D.K. Uborochno-transportnyj agregat kak odnokonturnaya sistema // Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Pishchevaya i legkaya promyshlennost' strategii vhozhdeniya Respubliki Kazahstan v chislo 50 naibolee konkurentosposobnyh stran mira». – 2-ya chast', 17-18 oktyabrya 2007 g. – Almaty: ATU, pp. 156-159.
6. Zaushicyn V.E. Issledovanie pnevmaticheskogo transporta senosolomistyh produktov // Sb. «Konstruirovanie i proizvodstvo SKHM / NTOMP Rostovskoe OP. Rostov, 1991. 328 p.
7. Fateev M.N. Teoreticheskie i eksperimental'nye issledovaniya processa transportirovaniya izmel'chennoj rastitel'noj massy rabochimi organami rotornogo tipa // Trudy VISKHOM. Vyp. 55, 656 p.
8. Abulhairov D.K., Sagynganova I.K., Userbaev M.T. Obosnovanie tekhnologicheskoj skhemy i parametrov mekhanizma uplotneniya sena v sborochnoj kamere // «Universitet eñbekteri – Trudy universiteta» Karagandinskogo tekhnicheskogo universiteta. 2022. No. 1.
9. Abulhairov D.K., Sagynganova I.K., Userbaev M.T. Obosnovanie velichiny davleniya vozdushnogo potoka dlya transportirovaniya rastitel'nogo materiala // Tam zhe. 2023. No. 1.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_66 УДК 621.937.7

Планирование и экспериментальные исследования выбора оптимального параметра при плазменной резке

[1]***БУЗАУОВА Тоты Мейрбековна,** к.т.н., доцент, toty_77@mail.ru,*
[1]САРСЕНГАЛИЕВА Гулзада Кайратовна, магистрант, gulzada0101@mail.ru,
[1]НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан,
**автор-корреспондент.*

***Аннотация.** В данном исследовании применялись различные методы, включая литературный обзор, планирование экспериментов, математическое моделирование и натурные экспериментальные исследования. Такой многоаспектный подход обеспечил комплексное изучение влияния различных параметров на процесс плазменной резки и позволил разработать научно обоснованные рекомендации по оптимизации этих параметров. Полученные результаты обладают значительной практической значимостью и могут быть применены для улучшения качества реза, повышения производительности и снижения затрат на обработку. Выявленные зависимости и сформулированные рекомендации способствуют оптимизации процессов плазменной резки в различных отраслях промышленности. Анализируя математическую модель, было исследовано влияние скорости и мощности плазменной резки на точность выполнения процесса. По результатам исследований установлено, что скорость перемещения рабочего органа оказывает значительное влияние на точность реза, что подтверждает важность этого параметра для обеспечения высокого качества резки.*

***Ключевые слова:** планирование эксперимента, экспериментальные исследования, плазменная резка, оптимальные параметры, дефект поверхности реза.*

Введение. Плазменная резка – это процесс резки токопроводящих материалов с использованием струи сильно разогретой, ионизированной газовой смеси, известной как плазма (рисунок 1). Данный метод используется для резки различных металлов, таких как сталь, алюминий и медь, и отличается высокой скоростью и точностью [1]. Качество поверхности реза напрямую влияет на долговечность и надежность конечных продуктов, а также на затраты на их дальнейшую обработку.

Одной из основных проблем, с которой сталкиваются предприятия, является наличие дефектов [2, 3] поверхности реза, таких как налипший шлак и трещины [4]. Наиболее часто встречающимся дефектом, выявленным при плазменной резке фасонных образцов, является дефект поверхности реза [5]. Эти дефекты приводят к дополнительным затратам на шлифовку и доводку изделий, что снижает общую эффективность производства.

Целью данного исследования являются определение и оптимизация параметров плазменной резки для улучшения качества реза, повышения производительности и снижения затрат на обработку.

Литературный обзор. В статье [6] представлен детальный обзор дефектов, возникающих при плазменной резке, включая заусенцы, разводы и трещины. Рассмотрены основные факторы, влияющие на формирование дефектов, такие как скорость резки, газовая среда и состояние материала. В работе [7] представлены дефекты поверхности реза, возникающие при плазменной резке. В работе [8] авторы систематизируют типичные дефекты, и описывают основные факторы, влияющие на их формирование, такие как скорость резки, газовая среда и состояние обрабатываемого материала.

Проведенный обзор показывает, что существующие методы и технологии повышения качества реза имеют свои ограничения и не всегда позволяют достичь желаемых результатов. В этой связи актуальным является поиск параметров и условий плаз-

Рисунок 1 – Процесс плазменной резки

менной резки, которые бы минимизировали количество дефектов и улучшали качество готовой продукции.

Новизна исследования заключается в комплексном подходе к выбору оптимальных параметров плазменной резки. В отличие от традиционных методов, предлагается использовать многофакторный анализ для определения параметров, оказывающих наибольшее влияние на качество поверхности реза.

Результаты данного исследования могут существенно улучшить производственные процессы на предприятиях, сократить затраты на обработку и повысить качество конечной продукции.

Методы исследования: Литературный обзор, натурные экспериментальные исследования, математическое моделирование, статистический анализ данных, оптимизация параметров.

Методология исследования: Исследование процесса плазменной резки было проведено с использованием комплексного подхода, включающего несколько взаимосвязанных методов, что обеспечило всестороннее изучение и оптимизацию параметров процесса.

На начальном этапе исследования был проведен анализ существующей литературы по теме плазменной резки. Это позволило определить текущий уровень знаний, выявить часто возникающие дефекты при резке и актуальные проблемы, требующие решения.

На основе данных, полученных из литературного обзора, были проведены натурные испытания, где были изучены фасонные образцы и условия плазменной резки. Проведение натурных испытаний позволило собрать фактические данные о поведении процесса плазменной резки в условиях производства, обеспечив точную и обоснованную основу для последующего моделирования.

Для понимания и предсказания поведения процесса было использовано математическое моделирование. Использовался метод полного факторного эксперимента для систематического изучения влияния параметров на процесс плазменной резки. Моделирование позволило оценить влияние факторов и оптимизировать параметры резки. Проверка модели на основе собранных данных из натурных испытаний поможет убедиться в ее достоверности и применимости.

Таким образом, выбранный подход методологии соответствует последовательному итеративному улучшению и пониманию процессов, что является распространенным и эффективным подходом в научных и инженерных исследованиях.

Натурные экспериментальные исследования. Для планирования натурного эксперимента в качестве образцов были выбраны детали фасонной формы (шестиугольные): диаметр вписанной окружности – Ø50 мм, толщина – 10 мм, материал – сталь 45. Объектом исследования является станок плазменной резки предприятия ТОО «КарПЛАЗ». В эксперименте для выбора оптимальных параметров при плазменной резке на станке, разработанном сотрудниками ТОО «КарПЛАЗ», использовались четыре образца при двух различных скоростях резки и мощностях (рисунок 2). Каждый эксперимент повторялся три раза, чтобы учесть возможные отклонения и получить точные средние значения результатов. Наиболее частым видом дефектов, возникавших на поверхностях этих деталей, был дефект поверхности реза (задиры, заусенцы) (рисунок 3).

В процессе выполнения экспериментов функцией отклика является объем выявленных дефектов (V, мм^3). Независимые переменные, влияющие на этот объем дефектов являются: скорость перемещения рабочего органа и мощность резки (таблица 1). Скорость перемещения рабочего органа и мощность резки являются ключевыми факторами в процессе плазменной резки, влияющими на качество реза и возникновение дефектов. Выбор этих параметров как переменных в эксперименте обоснован исходя из их значимости для исследуемого процесса и целей нашего исследования.

Режимы резки задаются оператором, и станок автоматически выполняет резку ме-

Рисунок 2 – Образцы для эксперимента

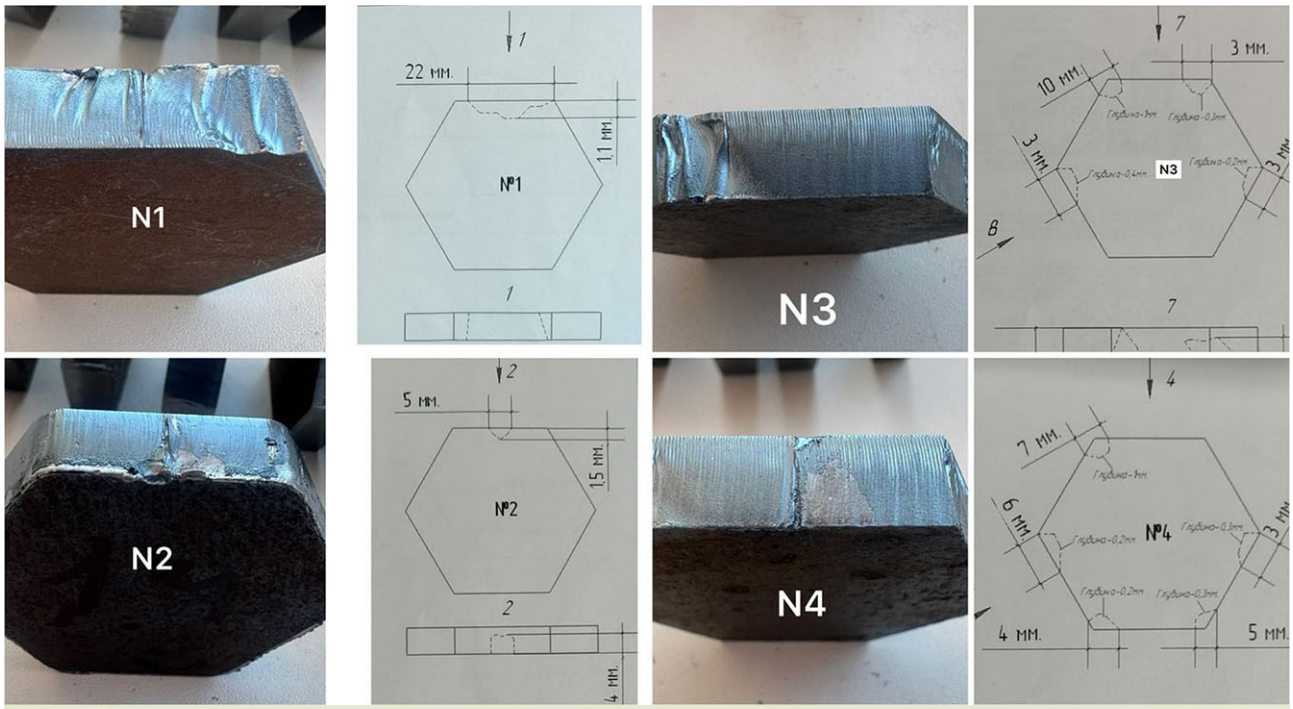


Рисунок 3 – Дефекты на поверхности образцов

Таблица 1 – Исходные данные для планирования эксперимента

№ эксперимента	Изучаемые факторы		Результаты опытов		
	z_1	z_2	y_1	y_2	y_3
1	1,2	1800	6,3	8,4	4,2
2	1,4	2000	2,42	0	0
3	1,4	1800	3	0	0
4	1,2	2000	6,3	10,8	8

z_1 – скорость резки, м/мин; z_2 – мощность резки, Вт.

талла согласно чертежу. Скорость перемещения рабочего органа была установлена на уровнях 1,2 м/мин и 1,4 м/мин, а мощность резки составляла 1,8 кВт и 2,0 кВт. Эти параметры были выбраны исходя из технических характеристик станка, модели XYZ, и для обеспечения оптимальной производственной эффективности. Для обоснования достоверности и воспроизводимости результатов, станок автоматически контролировал и поддерживал установленные параметры резки в течение всего эксперимента. Это включает систему автоматического мониторинга через программное обеспечение

управления станком и регулярные проверки оператором.

Для каждого фактора находим центр, интервал варьирования и зависимость кодированной переменной x_i от натуральной z_i по формуле:

$$x_i = \frac{z_i - z_i^0}{\lambda_i}, \quad (1)$$

где z_i^0 называют центром плана, λ_i – интервалом варьирования, которые находят с помощью соотношений.

Оформляем результаты в виде таблицы (см. таблицу 3).

При таком кодировании все новые переменные будут принимать значения от –1 до +1, т.е. $x_i \in [1;+1]$.

По следующей формуле считаем средние выборочные результатов для каждого эксперимента и результаты расчета заносим в таблицу 4:

$$\overline{y_1} = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} y_{ij}, \quad j = \overline{1,n}. \quad (2)$$

Строим матрицу планирования с учетом всех взаимодействий и средних значений отклика (таблица 4).

Вычисляем коэффициенты уравнения регрессии по формуле:

$$b_0 = \frac{1}{4}\sum_{i=1}^{4}\overline{y_j}, \quad b_j = \frac{1}{4}\sum_{i=1}^{4} x_{j1}\overline{y_j}. \quad (3)$$

Результаты расчета приведены в таблице 5.

После определения коэффициентов регрессии необходимо рассчитать среднее квадратическое отклонение. Это делается с целью оценки точности и надежности полученной регрессионной модели.

Дисперсия воспроизводимости $S^2_{\{y\}}$ определяется по формуле:

$$S^2_{\{y\}} = \sum_{j=1}^{n} S_j^2, \quad (4)$$

здесь внутренние суммы S_j^2 являются выборочными дисперсиями результатов опытов

Таблица 2 – Исходная матрица планирования ПФЭ 2^2

№ эксперимента	Изучаемые факторы		Результаты опытов		
	z_1	z_2	y_1	y_2	y_3
1	-	-	6,3	8,4	4,2
2	+	+	2,42	0	0
3	+	-	3	0	0
4	-	+	6,3	10,8	8

Таблица 3 – Кодирование факторов

Факторы	Верхний уровень	Нижний уровень	Центр	Интервал варьирования	Зависимость кодированной переменной от натуральной
z1	1,4	1,2	1,3	0,1	$x_1 = (z_1 – 1,3) / 0,1$
z2	2000	1800	1900	100	$x_2 = (z_2 – 1900) / 100$

Таблица 4 – Матрица планирования для обработки результатов

№ эксперимента	Факторы		Взаимодействия	Результаты опытов			Среднее результатов
	x_1	x_2	$x_1 x_2$	y_1	y_2	y_3	$\overline{y}_j$
1	-	-	+	6,3	8,4	4,2	6,3
2	+	+	+	2,42	0	0	0,806
3	+	-	-	30	0	0	1
4	-	+	-	6,3	10,8	8	8,36

Таблица 5 – Коэффициенты уравнения регрессии

b_0	b_1	b_2	$b_{1,2}$
4,1	-3,2	0,5	-0,6

для j-го эксперимента (j=1,…,n). Суммируя все элементы, получаем:

$$\sum_{j=1}^{4} S_j^2 = 14,5254.$$

Отсюда:

$$S_{\{y\}}^2 = \frac{1}{4}\sum_{j=1}^{4} S_j^2 = \frac{1}{4}\cdot 14,5254 = 3,631 \approx 3,6.$$

Определяем среднее квадратическое отклонение коэффициентов:

$$S_{\text{коэф.}} = \sqrt{\frac{S_{\{y\}}^2}{n\cdot m}} \approx \sqrt{\frac{3,6}{4\cdot 3}} \approx 0,547. \quad (5)$$

Из таблиц распределения Стьюдента по числу степеней 8 при уровне значимости $\alpha = 0,05$ находим $t_{\text{кр.}} = 2,31$. Следовательно, $t_{\text{кр.}} = 1,3$

Сравнивая полученное значение 1,3 с коэффициентами уравнения регрессии, видим, что все коэффициенты, кроме b_2, $b_{1,2}$, больше по абсолютной величине 1,3. Записываем уравнение регрессии в кодированных переменных:

$$y = 4,1 - 3,2x_1. \quad (6)$$

Исходное уравнение регрессии, используемое для построения модели, имело вид:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1, \quad (7)$$

где β_0 и β_1 – параметры регрессионной модели, определяемые методом наименьших квадратов на основе экспериментальных данных.

Проверка на адекватность модели проводится по критерию Фишера. Табличное значение критерия $F_{\text{табл.}} = 4,46$. Поскольку $F_{\text{расч.}} < F_{\text{табл.}}$, то уравнение регрессии (6) адекватно.

Преобразовав это уравнение, окончательно получаем его вид в натуральных переменных:

$$y = -32z_1 - 45,7. \quad (8)$$

Уравнение регрессии (8) позволяет количественно оценить влияние каждого из выбранных параметров (скорость перемещения и мощность резки) на объем дефектов, а также поможет выявить оптимальные значения этих параметров для минимизации дефектов или достижения наших целей исследования.

Результаты и обсуждение. В ходе проведенного исследования была разработана и проанализирована модель регрессионного анализа для оптимизации параметров плазменной резки, позволяющая минимизировать дефекты поверхности реза. Основное внимание было уделено исследованию влияния скорости резки и мощности резки на объем выявленных дефектов.

Проверка регрессионного уравнения на адекватность с использованием критерия Фишера показала, что модель является статистически значимой ($F_{\text{расч.}} < F_{\text{табл.}}$), что подтверждает адекватность полученного уравнения регрессии. Модель была преобразована в натуральные переменные для более практического применения. Итоговое уравнение в натуральных переменных $y = -32z_1 - 45,7$ позволяет легко интерпретировать результаты и применять их в реальных производственных условиях.

Выводы. Проведенное исследование предоставило комплексное понимание факторов, влияющих на качество плазменной резки, и разработало научно обоснованные методы для их оптимизации. Эти методы способствуют не только повышению эффективности производственных процессов, но и улучшению качества продукции.

На основании данных эксперимента рекомендуется проводить плазменную резку стали толщиной 10 мм при следующих параметрах: скорость резки $\vartheta = 1,4$ м/мин и мощность $P = 2000$ Вт. Эти оптимальные параметры обеспечивают высокое качество реза и минимизируют дефекты поверхности, что важно для производства качественных деталей с формой шестиугольника, диаметром вписанной окружности 50 мм и толщиной материала 10 мм из конструкционной стали 45.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Murat Z., Mohammed C., Mohammed A., Qasim A., Qasim Z. Developments in Plasma Arc Cutting (PAC) of Steel Alloys: A Review. Jurnal Kejuruteraan. 30 (1). 2018. Pp. 7-16. https://doi.org/10.17576/jkukm-2018-30.
2. Bhowmick S., Basu J., Majumdar G., Bandyopadhyay A. Experimental study of plasma arc cutting of AISI 304 stainless steel, vol., Issue 2, Part 1. 2018. Pp. 4541-4550.
3. Nedić B., Janković M., M. Radovanović, Globočki Lakić G. Quality of plasma cutting. International Conference of Tribology. Kragujevac, Serbia, 2013. Pp. 314-319.
4. Tsiolikas A., Kechagias J., Salonitis K. & Mastorakis N. Optimization of cut surface quality during CNCPlasma Arc Cutting process. Int J Syst. Part 10. 2016. Pp. 305-308.
5. Agrawal P., Bagal D., Pattanaik A., Barua A., Jeet S., Parida B. Experimental Investigation of Cutting Parameters in Plasma Arc Cutting Using Advanced Optimization Approach: A Comprehensive Review. Journal of Applied Engineering Research, vol. 14, no. 13, 2019. Pp. 107-208.
6. Mittal S., Mahajan M.D. Multi-Response Parameter Optimization of CNC Plasma Arc Machining Using Taguchi Methodology. Industrial Engineering Journal, vol. 11, Issue 12. Pp. 3458-3462.
7. Buzauova T.M., Lasch K., Musagul O. Modernization of the KarPLAZ Plasma Cutting Machine Design in Classic-B LLP. Труды университета №1 (94), 2024. С. 10-17. doi 10.52209/1609-1825_2024_1_10
8. Сидоров, А.А., Козлов, Б.Б. Технология плазменной резки металлов. Санкт-Петербург: Наука, 2019. – 216 с.

Плазмалық кесу кезіндегі тиімді параметрлерді таңдауды жоспарлау және тәжірибелік зерттеу

[1]*БУЗАУОВА Тоты Мейрбековна, *т.ғ.к., доцент, toty_77@mail.ru,*
[1]САРСЕНҒАЛИЕВА Гүлзада Қайратқызы, *магистрант, gulzada0101@mail.ru,*
[1]«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Н. Назарбаев даңғылы, 56, Қарағанды, Қазақстан,
**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Зерттеуде әртүрлі әдістер қолданылды, соның ішінде әдеби шолу, тәжірибені жоспарлау, математикалық модельдеу және табиғи тәжірибелік зерттеулер. Мұндай көп аспектілі тәсіл әртүрлі параметрлердің плазмалық кесу процесіне әсерін жан-жақты зерттеуді қамтамасыз етті және осы параметрлерді оңтайландыру бойынша ғылыми негізделген ұсыныстар жасауға мүмкіндік берді. Нәтижелер айтарлықтай практикалық маңыздылыққа ие және кесу сапасын жақсарту, өнімділікті арттыру және өңдеу шығындарын азайту үшін қолданылуы мүмкін. Анықталған тәуелділіктер мен тұжырымдалған ұсыныстар әртүрлі салалардағы плазмалық кесу процестерін оңтайландыруға ықпал етеді. Математикалық модельді талдай отырып, плазмалық кесу жылдамдығы мен қуатының процестің дәлдігіне әсері зерттелді. Зерттеу нәтижелері бойынша жұмыс органының қозғалу жылдамдығы кесу дәлдігіне айтарлықтай әсер ететіні анықталды, бұл жоғары кесу сапасын қамтамасыз ету үшін осы параметрдің маңыздылығын растайды.*

Кілт сөздер: *тәжірибені жоспарлау, тәжірибелік зерттеулер, плазмалық кесу, оңтайлы параметрлер, кесу бетінің ақаулары.*

Planning and Experimental Studies of Optimal Parameter Selection in Plasma Cutting

[1]*BUZAUOVA Toty, *Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, toty_77@mail.ru,*
[1]SARSENGALIYEVA Gulzada, *Master's Student, gulzada0101@mail.ru,*

[1]*NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», N. Nazarbayev Avenue, 56, Karaganda, Kazakhstan,*

**corresponding author.*

Abstract. *In this study, various methods were employed, including literature review, experimental design, mathematical modeling, and empirical experimentation. Such a multifaceted approach facilitated a comprehensive examination of the influence of different parameters on the plasma cutting process and enabled the development of scientifically grounded recommendations for optimizing these parameters. The obtained results hold significant practical significance and can be applied to enhance cut quality, increase productivity, and reduce processing costs. The identified dependencies and formulated recommendations contribute to the optimization of plasma cutting processes across various industrial sectors. Analyzing the mathematical model, the impact of cutting speed and power on process accuracy was investigated. The research findings revealed that the speed of the workpiece movement significantly influences cutting accuracy, underscoring the importance of this parameter in ensuring high-quality cuts.*

Keywords: *experimental planning, experimental studies, plasma cutting, optimal parameters, cut surface defect.*

REFERENCES

1. Murat Z., Mohammed C., Mohammed A., Qasim A., Qasim Z. Developments in Plasma Arc Cutting (PAC) of Steel Alloys: A Review. Jurnal Kejuruteraan. 30 (1). 2018. Pp. 7-16. https://doi.org/10.17576/jkukm-2018-30.
2. Bhowmick S., Basu J., Majumdar G., Bandyopadhyay A. Experimental study of plasma arc cutting of AISI 304 stainless steel, vol., Issue 2, Part 1. 2018. Pp. 4541-4550.
3. Nedić B., Janković M., M. Radovanović, Globočki Lakić G. Quality of plasma cutting. International Conference of Tribology. Kragujevac, Serbia, 2013. Pp. 314-319.
4. Tsiolikas A., Kechagias J., Salonitis K. & Mastorakis N. Optimization of cut surface quality during CNCPlasma Arc Cutting process. Int J Syst. Part 10. 2016. Pp. 305-308.
5. Agrawal P., Bagal D., Pattanaik A., Barua A., Jeet S., Parida B. Experimental Investigation of Cutting Parameters in Plasma Arc Cutting Using Advanced Optimization Approach: A Comprehensive Review. Journal of Applied Engineering Research, vol. 14, no. 13, 2019. Pp. 107-208.
6. Mittal S., Mahajan M.D. Multi-Response Parameter Optimization of CNC Plasma Arc Machining Using Taguchi Methodology. Industrial Engineering Journal, vol. 11, Issue 12. Pp. 3458-3462.
7. Buzauova T.M., Lasch K., Musagul O. Modernization of the KarPLAZ Plasma Cutting Machine Design in Classic-B LLP. Trudy universiteta, no. 1 (94), 2024. Pp. 10-17. doi 10.52209/1609-1825_2024_1_10.
8. Sidorov, A.A., Kozlov, B.B. Tehnologija plazmennoj rezki metallov. Saint Petersburg: Nauka, 2019. – 216 p.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_73 УДК 621.9

Анализ методов многопараметрической оптимизации для механической обработки деталей

[1]**ЖЕТЕСОВА Гульнара Сантаевна,** *д.т.н., профессор, zhetesova@mail.ru,*
[1]***ЖАРКЕВИЧ Ольга Михайловна,** к.т.н., профессор, zharkevich82@mail.ru,*
[2]**ХРУСТАЛЕВА Ирина Николаевна,** *к.т.н., доцент, hrustaleva_in@spbstu.ru,*
[1]**КОЖАНОВ Мурат Галиаскарович,** *магистр, старший преподаватель, spark.2011@mail.ru,*
[1]**ШАХАТОВА Алия Талгатовна,** *магистр, старший преподаватель, shakhatovaa@list.ru,*
[1]НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан,
[2]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ул. Политехническая, 29, Санкт-Петербург, Россия,
**автор-корреспондент.*

***Аннотация.** В современном мире цифровизация стала неотъемлемой частью различных отраслей экономики, включая производственные предприятия. Однако для эффективной работы и развития производственного процесса необходимо не только умение использовать новейшие технологии, но и способность анализировать и оптимизировать имеющиеся данные. Одним из наиболее эффективных методов анализа и управления данными является многокритериальный анализ. Этот метод позволяет учитывать множество факторов при принятии решений, что важно для производственных процессов, где присутствует множество переменных и ограничений. Вместе с тем, большие объемы данных, собираемые и хранящиеся предприятием, помогают улучшить качество принимаемых решений и повысить эффективность производственного процесса. Анализ данных позволяет выявить закономерности, прогнозировать поведение процессов и впоследствии оптимизировать их работу.*

***Ключевые слова:** оптимизация, критерий, ограничение, решение, целевая функция.*

Введение

В настоящее время работа промышленных предприятий осуществляется в условиях рыночной экономики, одной из основных черт которой является наличие конкуренции [1]. Таким образом, в современных экономических условиях повышение эффективности производственного процесса путем оптимизации его технологических параметров является одной из приоритетных задач промышленного предприятия [2].

В основе оптимизации технологического процесса лежит детализированная модель процесса изготовления изделия, описывающая изменение его состояния в виде набора параметров. На основе цифровой модели производится оптимизация целевых показателей за счет варьирования значений параметров управления в рамках заданных диапазонов значений [3].

С точки зрения управления технологический процесс механической обработки представляет собой сложную структуру, состоящую из последовательности изменяющихся состояний изделия [4]. Управление этим процессом заключается в определении оптимальных значений технологических параметров, чтобы достичь требуемых промежуточных состояний изделия.

В этом случае необходимо разработать наилучшую стратегию управления в многоуровневой иерархической системе, чтобы достичь оптимального целевого состояния объекта управления. Это состояние будет отличаться сбалансированной системой целевых показателей, определяющих общую эффективность системы.

Таким образом, оптимизация параметров технологического процесса механической обработки является одной из ключевых задач в рамках этапа технологической подготовки производства, решение которой

способствует повышению эффективности работы промышленного предприятия и поддержания его конкурентоспособности.

Целью данной статьи является обзор методов параметрической оптимизации процессов механической обработки деталей с учетом предиктивной аналитики многокритериального анализа.

Методы исследования

При анализе методов параметрической оптимизации процессов механической обработки деталей используются различные методы исследований, включая комплексный подход. Применяемые методы включают в себя теоретический анализ, ориентированный на обзор материалов по теме Производственного Цифрового Преобразования в период с 2021 по 2024 год, а также использование статических методов анализа и обработки информации. Важным аспектом является учет особенностей обработки данных большого объема на основе синтеза и анализа.

Результаты и обсуждение

В основе оптимизации технологического процесса лежит детализированная модель процесса изготовления изделия, описывающая изменение его состояния в виде набора параметров. На основе цифровой модели производится оптимизация целевых показателей за счет варьирования значений параметров управления в рамках заданных диапазонов значений.

Для управления большим объемом данных предполагаются сбор и обработка первичной информации, которая включает в себя параметры оборудования, характеристики установочно-зажимных приспособлений, параметры режущего инструмента, используемого в ходе технологического перехода, параметры технологических режимов, а также параметры средств контроля, применяемых при выполнении технологических операций (рисунок 1).

К методам оптимизации, используемым в работе с технологическими процессами механической обработки деталей, используют методы, указанные на рисунке 2.

Критериями оптимизации механической обработки деталей, как правило, являются:

- минимизация времени обработки ($t \rightarrow min$);
- минимизация шероховатости поверхности ($Ra \rightarrow min$);
- максимальная точность размеров ($T \rightarrow max$);
- минимизация износа инструмента ($\delta \rightarrow min$);
- минимизация энергопотребления ($W \rightarrow min$);
- максимальная производительность ($P \rightarrow max$).

Метод анализа иерархий позволяет анализировать различные альтернативные методы обработки деталей и сравнивать их с точки зрения различных критериев, таких как качество обработки, стоимость, скорость обработки, энергопотребление и другие.

Метод взвешенной суммы – метод многокритериальной оптимизации позволяет найти компромиссное решение при наличии нескольких конкурирующих критериев. В качестве оптимального решения выбирается комбинация параметров, для которой взвешенная сумма имеет наилучшее значение (например, минимальное для критериев минимизации и максимальное для критериев максимизации) [5].

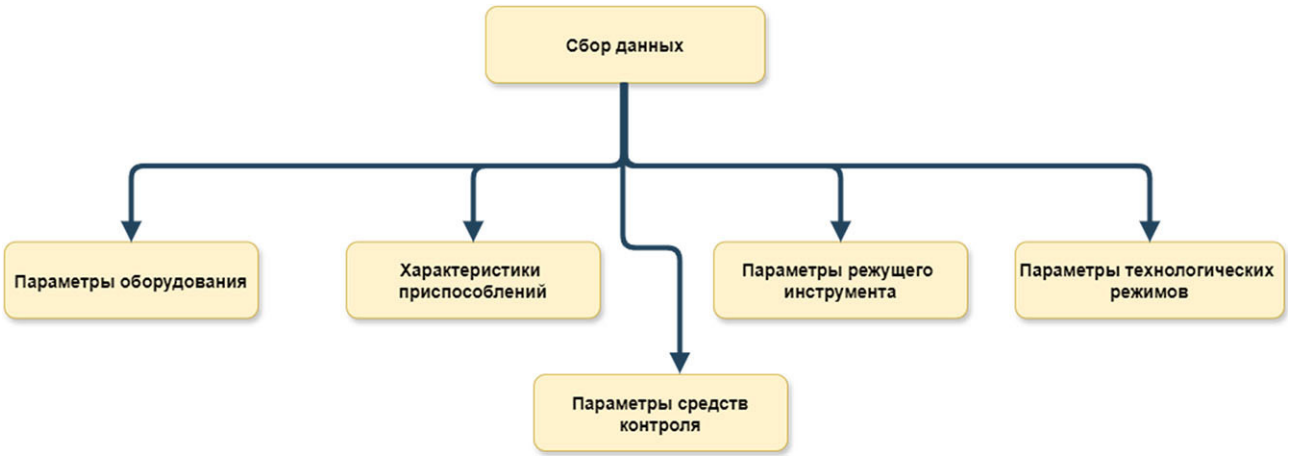


Рисунок 1 – Первичная информация для выбора оптимального варианта выполнения технологических операций

Рисунок 2 – Методы многопараметрической оптимизации

Метод главного критерия заключается в выборе одного, наиболее значимого критерия из множества и оптимизации процесса по этому критерию при условии, что значения остальных критериев не ухудшаются ниже определенного допустимого уровня. Из всех критериев выбирается один, который считается наиболее важным для достижения общей цели. Для каждого из оставшихся критериев устанавливается минимально допустимое значение. Оптимизация процесса проводится с целью достижения экстремального значения главного критерия при соблюдении ограничений на значения остальных критериев [6].

Метод Парето – это один из фундаментальных подходов в решении многокритериальных задач оптимизации. В отличие от методов, которые ищут одно единственное оптимальное решение, метод Парето определяет множество решений, каждое из которых является оптимальным в определенном смысле. Решение считается недоминируемым (или парето-оптимальным), если нет другого решения, которое было бы лучше по всем критериям. Иными словами, улучшение одного критерия неизбежно приводит к ухудшению хотя бы одного другого [7].

Метод идеальной точки – подход, предлагающий интуитивный и визуальный способ выбора оптимального решения из множества альтернатив. Согласно этому методу существует такое решение, которое одновременно оптимально по всем критериям. Это и есть идеальная точка. Каждое реальное решение можно оценить по расстоянию до идеальной точки в пространстве критериев. Чем ближе решение к идеальной точке, тем лучше оно считается. В качестве оптимального решения выбирается то, которое находится на минимальном расстоянии от идеальной точки [8].

Метод линейной свертки (или линейной комбинации) является одним из самых простых и часто используемых методов многокритериальной оптимизации. Его суть заключается в том, что все критерии сводятся к одному общему критерию – целевой функции, путем их линейной комбинации с определенными весовыми коэффициентами [9].

Метод контрольных показателей представляет собой подход к оптимизации процессов, при котором для оценки эффективности процесса используются специальные метрики – контрольные показатели. Эти показатели позволяют количественно оценить различные аспекты процесса, такие как производительность, качество, затраты и т.д. [10].

Метод проекции градиентов – это итеративный алгоритм оптимизации, который используется для поиска минимума (или максимума) функции многих переменных [11].

При использовании этого метода опреде-

ляется начальное приближение к решению. Вычисляется градиент функции в текущей точке. Градиент указывает направление наискорейшего возрастания функции. Делается шаг в направлении, противоположном градиенту, то есть в направлении наискорейшего убывания функции. Если новое значение переменных выходит за допустимые границы, то оно проецируется на область допустимых значений. Шаги повторяются до тех пор, пока не будет достигнута заданная точность или максимальное число итераций.

Каждый из методов многокритериальной оптимизации имеет свои преимущества и недостатки, которые представлены в таблице.

Выбор наиболее эффективного метода многокритериальной оптимизации для процессов механической обработки зависит от конкретных условий задачи. Каждый метод имеет свои сильные и слабые стороны, и оптимальный выбор будет зависеть от таких факторов, как:

- количество и характер критериев: для небольшого числа критериев могут подойти простые методы, такие как метод линейной свертки или метод идеальной точки. При большом количестве критериев и сложных взаимосвязях между ними более эффективными могут быть методы генетических алгоритмов или методы на основе нейронных сетей;

- наличие ограничений: если задача имеет жесткие ограничения, то методы, учитывающие ограничения (например, метод проекции градиентов), будут более подходящими;

- доступность информации: для некоторых методов требуется большая вычислительная мощность и данные о производных функциях;

- требуемая точность решения: если требуется высокая точность, то могут потребоваться более сложные методы оптимизации.

Выводы

Выбор оптимального метода многокритериальной оптимизации является комплексной задачей, требующей глубокого понимания как самой задачи, так и различных методов оптимизации. Не существует уни-

Преимущества и недостатки методов оптимизации [12]

Метод	Преимущества	Недостатки
Метод анализа иерархий	Структуризация проблемы. Учет качественных факторов. Интуитивная понятность. Гибкость	Субъективность. Трудность определения весов. Несогласованность суждений. Ограничения при большом количестве критериев
Метод взвешенной суммы	Гибкость в выборе критериев и весов. Возможность учета различных ограничений	Метод не учитывает возможные нелинейные взаимосвязи между критериями
Метод главного критерия	Возможность учета субъективных предпочтений лица, принимающего решение	Искусственное разделение критериев на главный и второстепенные
Метод Парето	Предоставляет все возможные оптимальные решения, позволяя выбрать наиболее подходящее с учетом конкретной ситуации	Множество Парето может содержать большое количество решений, что затрудняет выбор конечного варианта
Метод идеальной точки	Метод учитывает все критерии одновременно	Выбор метрики для расчета расстояния может существенно повлиять на результат
Метод линейной свертки	Простота реализации. Гибкость в выборе критериев и весов	Метод не учитывает возможные нелинейные взаимосвязи между критериями
Метод контрольных показателей	Позволяет оценить процесс в целом и выявить узкие места.	Точность результатов зависит от качества сбора и обработки данных
Метод проекции градиентов	Точность результатов зависит от качества сбора и обработки данных	Метод может застрять в локальном минимуме, если функция имеет несколько экстремумов

версального метода, который был бы эффективен во всех случаях. Поэтому рекомендуется тщательно анализировать каждую конкретную ситуацию и выбирать метод, который наилучшим образом соответствует поставленной задаче.

Выбор метода многокритериальной оптимизации также зависит от доступности необходимых технических средств и ресурсов для его применения. Уровень опыта и знания специалистов в области многокритериальной оптимизации также может повлиять на выбор оптимального метода.

В целом выбор оптимального метода многокритериальной оптимизации для механической обработки деталей требует комплексного анализа указанных факторов и может быть осуществлен на основе компромисса между ними.

Данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан по гранту AP23490796 «Разработка цифровых моделей производственного процесса, основанных на многокритериальном анализе управления BigData в рамках технологической подготовки производства машиностроительных предприятий» (2024-2026 гг.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Василевская А.А., Лунин И.А. Конкуренция и её роль в современной экономической системе // X Международная студенческая научная конференция. Студенческий научный форум – 2018. М., 2018. – С. 1-9.
2. Сиротинин С.И., Францева Т.Ю. Оптимизация производственных процессов путем внедрения дополнительных операций в технологический процесс производства // Современные научные исследования и инновации. 2019. № 12 [Электронный ресурс]. URL: https://web.snauka.ru/issues/2019/12/90868
3. Berg A.S., Nurzhanova O.A., Vytautas T., Berg A.A., Vitushenko D.V. Improvement of Base Sets for Complex Configuration Parts when Assessing their Manufacturability within Industry 4.0 // Material and Mechanical Engineering Technology. 2024. № 2. – С. 25-35.
4. Хрусталева И.Н., Хрусталев М.Б., Хохловский В.Н., Черных Л.Г., Шкодырев В.П. Минимизация трудоемкости выполнения комплекса вспомогательных действий для операций механической обработки // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2024. № 12. – С. 26-37.
5. Карпенко А.П., Савелов А.С. Модифицированный метод адаптивных взвешенных сумм в задаче многокритериальной оптимизации // Модифицированный метод адаптивных взвешенных сумм в задаче многокритериальной оптимизации. 2013. № 11. – С. 329-362.
6. Жукова М.С. Проблема выбора оптимальных решений задач многокритериальной оптимизации // Известия института менеджмента СГЭУ. 2022. № 1 (25). – С. 127-130.
7. Ершов О.В., Скворцов А.В., Лущакова И. Н. Многокритериальная оптимизация по Парето // 58-я Научная Конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР. Минск, 2022. – С. 78-83.
8. Louis Tay, Vincent Ng Ideal Point Modeling of Non-cognitive Constructs: Review and Recommendations for Research // Front. Psychol., Volume 9, 2018.
9. Борисов В.И. Метод свертки критериев для решения задачи многокритериальной оптимизации // Проблемы и тенденции научных исследований в системе образования: сборник статей Международной научно-практической конференции. – Тюмень, 2019. Ч. 1. – С. 25-26.
10. Коротченко А.Г., Кумагина Е.А., Сморякова В.М. Введение в многокритериальную оптимизацию. Учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2017. – 55 с.
11. Guodong Ma, Yufeng Zhang, Meixing Liu A generalized gradient projection method based on a new working set for minimax optimization problems with inequality constraints // Journal of Inequalities and Applications, volume 2, 2017. – Pp. 1-14.
12. Свитачева М.П. О некоторых многокритериальных методах выбора плановых решений // Социально-экономический и гуманитарный журнал Красноярского ГАУ. 2016. № 3. – С. 32-38.

Бөлшектерді механикалық өңдеуге арналған көп параметрлі оңтайландыру әдістерін талдау

*[1]**ЖЕТЕСОВА Гульнара Сантаевна,** т.ғ.д., профессор, zhetesova@mail.ru,*
*[1]***ЖАРКЕВИЧ Ольга Михайловна,** т.ғ.к., профессор, zharkevich82@mail.ru,*
*[2]**ХРУСТАЛЕВА Ирина Николаевна,** т.ғ.к., доцент, hrustaleva_in@spbstu.ru,*
*[1]**КОЖАНОВ Мурат Галиаскарович,** магистр, аға оқытушы, spark.2011@mail.ru,*
*[1]**ШАХАТОВА Алия Талгатовна,** магистр, аға оқытушы, shakhatovaa@list.ru,*
[1]«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Н. Назарбаев даңғылы, 56, Қарағанды, Қазақстан,
[2]Ұлы Петр Санкт-Петербург политехникалық университеті, Политехническая көшесі, 29, Санкт-Петербург, Ресей,
**автор-корреспондент.*

***Аңдатпа.** Қазіргі әлемде цифрландыру экономиканың әртүрлі салаларының, соның ішінде өндірістік кәсіпорындардың ажырамас бөлігіне айналды. Алайда, тиімді жұмыс істеу және өндіріс процесін дамыту үшін жаңа технологияларды қолдана білу ғана емес, сонымен қатар қолда бар деректерді талдау және оңтайландыру мүмкіндігі қажет. Деректерді талдау мен басқарудың ең тиімді әдістерінің бірі көп өлшемшартты талдау болып табылады. Бұл әдіс шешім қабылдау кезінде көптеген факторларды ескеруге мүмкіндік береді, бұл өзгермелілер мен шектеулер жиыны бар өндірістік процестер үшін маңызды. Сонымен қатар, кәсіпорын жинайтын және сақтайтын деректердің үлкен көлемі қабылданатын шешімдердің сапасын жақсартуға және өндіріс процесінің тиімділігін арттыруға көмектеседі. Деректерді талдау заңдылықтарды анықтауға, процестердің беталысын болжауға және кейіннен олардың жұмысын тиімділеуге мүмкіндік береді.*

***Кілт сөздер:** оңтайландыру, өлшемшарт, шектеу, шешім, мақсатты атқарым.*

Analysis of Multiparameter Optimization Methods for Mechanical Processing of Parts

*[1]**ZHETESSOVA Gulnara,** Dr. of Tech. Sci., Professor, zhetesova@mail.ru,*
*[1]***ZHARKEVICH Olga,** Cand. of Tech. Sci., Professor, zharkevich82@mail.ru,*
*[2]**KHRUSTALEVA Irina,** Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, hrustaleva_in@spbstu.ru,*
*[1]**KOZHANOV Murat,** Master's Degree, Senior Lecturer, spark.2011@mail.ru,*
*[1]**SHAKHATOVA Aliya,** Master's Degree, Senior Lecturer, shakhatovaa@list.ru,*
[1]NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», N. Nazarbayev Avenue, 56, Karaganda, Kazakhstan,
[2]Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University, Polytechnicheskaya Street, 29, Saint Petersburg, Russia,
**corresponding author.*

***Abstract.** In the modern world, digitalization has become an integral part of various sectors of the economy, including manufacturing enterprises. However, for the efficient operation and development of the production process, it is necessary not only to be able to use the latest technologies, but also to be able to analyze and optimize the available data. One of the most effective methods of data analysis and management is multicriteria analysis. This method allows you to take into account many factors when making decisions, which is important for production processes where there are many variables and constraints. At the same time, large volumes of data collected and stored by the enterprise help improve the quality of decisions made and increase the efficiency of the production process. Data analysis allows you to identify patterns, predict the behavior of processes, and subsequently optimize their operation.*

***Keywords:** optimization, criterion, constraint, solution, objective function.*

REFERENCES

1. Vasilevskaya A.A., Lunin I.A. Konkurentsiya i yeye rol' v sovremennoy ekonomicheskoy sisteme // X Mezhdunarodnaya studencheskaya nauchnaya konferentsiya. Studencheskiy nauchnyy forum – 2018. – Moscow, 2018. – Pp. 1-9.
2. Sirotinin S.I., Frantseva T.YU. Optimizatsiya proizvodstvennykh protsessov putem dopolnitel'nykh operatsiy v tekhnologicheskikh protsessakh proizvodstva // Sovremennyye nauchnyye issledovaniya i innovatsii. 2019. № 12 [Elektronnyy resurs]. URL: https://web.snauka.ru/issues/2019/12/90868
3. Berg A.S., Nurzhanova O.A., Vitautas T., Berg A.A., Vitushenko D.V. Sovershenstvovaniye bazovykh naborov dlya Detali slozhnoy konfiguratsii pri otsenke ikh tekhnologichnosti v ramkakh Industrii 4.0 // Tekhnologii materialovedeniya i mashinostroyeniya. 2024. № 2. – Pp. 25-35.
4. Khrustaleva I.N., Khrustalev M.B., Khokhlovskiy V.N., Chernykh L.G., Shkodyrev V.P. Minimizatsiya vypolneniya kompleksov vspomogatel'nykh deystviy dlya operatsiy mekhanicheskoy obrabotki // Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravleniye, vychislitel'naya tekhnika i informatika. 2024. № 12. – Pp. 26-37.
5. Karpenko A.P., Savelov A.S. Modifitsirovannyy metod adaptivnykh vzveshennykh summ v zadache mnogokriterial'noy optimizatsii // Modifitsirovannyy metod adaptivnykh vzveshennykh summ v zadache mnogokriterial'noy optimizatsii. 2013. № 11. – Pp. 329-362.
6. Zhukova M.S. Problema vybora optimal'nykh resheniy zadachi mnogokriterial'noy optimizatsii // Izvestiya instituta menedzhmenta SGEU. 2022. № 1 (25). – Pp. 127-130.
7. Yershov O.V., Skvortsov A.V., Lushchakova I.N. Mnogokriterial'naya optimizatsiya po Pareto // 58-ya Nauchnaya konferentsiya aspirantov, magistrantov i studentov BGUIR. Minsk, 2022. – Pp. 78-83.
8. Luis Tey, Vinsent Ng Ideal'no-tochechnoye modelirovaniye nekognitivnykh konstruktov: obzor i rekomendatsii dlya issledovaniya // Peredniy. Psikhol., Tom 9, 2018.
9. Borisov V.I. Metod svertki, primenyayemyy dlya resheniya zadach mnogokriterial'noy optimizatsii // Problemy i tendentsii nauchnykh issledovaniy v sisteme obrazovaniya: sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Tyumen', 2019. CH. 1. – Pp. 25-26.
10. Korotchenko A.G., Kumagina Ye.A., Smoryakova V.M. Vvedeniye v mnogokriterial'nuyu optimizatsiyu. Uchebno-metodicheskoye posobiye. – Nizhniy Novgorod: Nizhegorodskiy gosuniversitet, 2017. – 55 p.
11. Godun Ma, Yufen Chzhan, Meysin Lyu. Obobshchennyy metod proyektsii gradiyenta, osnovannyy na novom rabochem nabore dlya zadach minimaksnoy optimizatsii s ogranicheniyami-neravenstvami // Zhurnal neravenstv i prilozheniy, tom 2, 2017. – Pp. 1-14.
12. Svitacheva M.P. O nekotorykh mnogokriterial'nykh metodakh vybora planovykh resheniy // Sotsial'no-ekonomicheskiy i gumanitarnyy zhurnal Krasnoyarskogo GAU. 2016. № 3. – Pp. 32-38.

Раздел 2

Геотехнологии. Безопасность жизнедеятельности

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_80 УДК 331.45

Риск-ориентированный подход к выдаче СИЗ. Преимущества

ЖАНКУЛОВА Лаура Калниязовна, *магистр, старший научный сотрудник, laurazh@mail.ru, Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда, ул. Кравцова, 18, Астана, Казахстан.*

Аннотация. *Результаты НИР, полученные в ходе реализации НТП на тему: «Условия труда и профессиональные риски: классификация, категории и критерии группировки в рамках перехода к «зеленой экономике» (ИРН BR22182667)» РГП на ПХВ «РНИИОТ» МТСЗН РК, установили целесообразность отказа от типовых списочных норм выдачи средств индивидуальной защиты (СИЗ). Исходя из этого, имеется потребность в научном обосновании применения вводимого нового, так называемого, риск-ориентированного подхода (РОП), у которого принципиально иная парадигма. РОП к выдаче СИЗ предварительно осуществляет процедуру оценки влияния вредных и опасных факторов (ВОФ) воздействия на организм работников и связанных с ними профессиональных рисков (ПР), затем только переходит к стадии выбора СИЗ, целенаправленно обеспечивая защиту. Статья посвящена преимуществам данного нового подхода, нацеленного на безопасный и высокоэффективный труд, прогноз возможного наступления тех или иных профессиональных заболеваний (ПЗ), травм на случай неприменения релевантной защиты.*

Ключевые слова: *СИЗ, риск-ориентированный подход, вредные условия труда, вредные и опасные факторы, профессиональные заболевания.*

Введение

В Республике Казахстан правовая норма – «безопасный труд и здоровье человека» – гарантируется высшим законом – Конституцией согласно статье 24 [1]. Для достижения данной нормы одним из ключевых инструментов современной системы управления охраны труда (СУОТ), согласно Трудовому Кодексу и Рекомендации (№ 197) Международной организации труда (МОТ), является постоянное улучшение [2, 3].

Трудовая деятельность человека связана

с совокупностью ВОФ производственной среды, оказывающих отрицательное влияние на работоспособность и здоровье человека, несмотря на соблюдение гигиенических норм и требований. Кроме того, отдельные ВОФ могут инициировать ПЗ, а также ставить под угрозу жизнь работника. И такие условия труда в Казахстане квалифицируются как рабочий режим с отрицательными факторами трудового процесса [3].

Высокая занятость работников во вредных и/или опасных условиях труда, которая в целом по РК составляет 22,0%, продолжает прогрессировать. Ежегодно Казахстан на льготы и компенсации за рабочий режим с отрицательными факторами трудового процесса расходует в среднем около 120 млрд тенге, это только обследованные предприятия с численностью 1,71 млн человек, т.е. отражает лишь только пятую часть (19%), и неучтенными статистикой государственного уровня остаются многие предприятия. Например, если государство начнет выплачивать компенсацию и льготы для 8,9 миллионов всего занятого трудового населения, то тогда расходы составили бы более 600 млрд тенге в год, т.е. 1-2% от ВВП [4].

Целью научной статьи является демонстрация преимуществ применения вводимого РОП к выдаче СИЗ на «пилотных» предприятиях Казахстана.

Данная цель достигается через решение следующих задач: оценка обеспечения высокоэффективного безопасного труда вследствие предотвращения и/или минимизации спектра доминирующих и сопутствующих ВОФ, применения передовых СИЗ; прогноз возможного наступления тех или иных ПЗ, а также других последствий в случае неприменения релевантной защиты.

Научные результаты

В ходе исследования использована методология, построенная на оценке профессиональных рисков (ПР), и общепринятые научные методы, такие как: методы обобщения, группировки, сравнения и систематизации; экспериментальный метод прямых замеров; аналитические методы; документационной проверки; визуального осмотра [5].

Для решения перечисленных научных задач были продолжены исследования на трёх «пилотных» предприятиях РК обрабатывающей промышленности [5], условно обозначенные: Предприятие №1 – горно-металлургический комплекс, осуществляющий деятельность по производству ферросплавов и другой продукции; Предприятие №2 – металлообрабатывающий комплекс, специализируется на производстве гидромеханического оборудования и стальных конструкций; Предприятие №3 – по производству строительного кирпича из пластичной минеральной смеси, в виде искусственного камня.

С целью обеспечения высокоэффективного безопасного труда сначала на всех трёх предприятиях комплексно оценён спектр доминирующих и сопутствующих ВОФ рабочей среды производства, в т.ч. шум и вибрация, температурный режим, тяжесть труда с негативным эргономическим фактором, повышенные риски, напряженность трудового процесса, повышенная степень ответственности за результат собственной деятельности и других лиц (значимость ошибки), сенсорная нагрузка и её монотонность, режим и сменность работы, запыленная и загазованная рабочая среда, недостаточная освещенность, высотная и наземная травмобезопасность, лазерное излучение, инфракрасные и ультрафиолетовые излучения; повышенная скорость движения воздушного потока и влажность, неионизирующие электромагнитные излучения, электрические ток и поле и др.

Спектр потенциальных рисков от воздействия доминирующих и сопутствующих ВОФ производства включают: падение в рабочей зоне: падение с высоты или на глубину, и др.; дорожно-транспортное происшествие (ДТП): наезд транспортного средства, аварии и др.; воздействие производственного оборудования: конвейеры, движущиеся и вращающиеся части оборудования и т.п.; воздействие электрического тока и полей; угроза пожара или взрыва: воздействие дыма, пара, вредных газов и пыли; воздействие химических факторов: химические вещества, содержащиеся в воздухе рабочей зоны; воздействие физических факторов: климат/микроклимат (повышенная и пониженная температура, тепловое и неионизирующие излучения, повышенное атмосферное давление и шум; световая среда; общие производственные загрязнения.

На предприятиях №1-3 проводились: визуальный осмотр, инструментальный замер физических и химических факторов, экспертный метод оценки ПР. В процессе визуального обследования пилотных предприятий №1, №2 и №3 установлено, что выявленные риски имеют схожий характер с небольшими специфичными отличиями.

Например, только на предприятии №2 функционирует участок лазерной резки металлов, где выявлены риски от лазерных излучений. Также имеются риски падения во всех предприятиях с разницей высотных величин: на предприятии №1 – от 20 до 42 метров, а на №2 и №3 – до 20 метров. Риски, связанные с тепловым излучением от печно-

го оборудования с температурой до 1700°С и 900°С, выявлены на двух предприятиях – №1 и №3. Движущиеся и вращающиеся части конвейерного оборудования, механизмов, машин, инструментов (удары, захваты, сдавливания) создают риски бесперебойного характера на предприятии №3, а на остальных двух такого рода риски только периодические в течение дневной рабочей смены, которые создаются только при движении подвесного оборудования и недвижущихся режущих частей производственного оборудования на предприятиях №1 и №2.

Инструментальный прямой замер факторов на рабочих местах позволил установить количественные и качественные значения ВОФ по каждому предприятию. Далее все полученные данные подвергнуты сравнению с предельно допустимыми уровнями и нормами на предмет определения кратности их превышения гигиенических норм [6].

В данной работе приведены все ВОФ, за исключением воздействия производственных факторов химической природы (химические вещества, содержащиеся в воздухе рабочей зоны (аэрозоли, пары, газы, дымы и другие), и инициируемых ими ПЗ, которые были детально рассмотрены в виде отдельной научной статьи.

Шумовое загрязнение выше максимальных предельных норм 95 дБА были зафиксированы на предприятии №3, а в остальных двух: №1 и №2 также были выше нормативов и их числовые значения колебались в интервале 80-90 дБА.

По результатам НИР к категориям репрезентативных были отнесены рабочие места под воздействием: шума, недостаточной освещенности, промышленной пыли, преимущественно состоящих в составе оксидов марганца, хрома и железа и др., лазерных и ультрафиолетовых излучений, повышенной температуры, вероятного падения при поскальзывании на скользких поверхностях и/или с высоты, возможного наступления ДТП, работы, связанные с нервно-психологическими напряжениями и тяжестью.

В качестве релевантной защиты предусмотрены СИЗ: противошумные наушники со встроенной рацией и/или с подключением к рации для поддержания радиосвязи между участниками трудового процесса, каски с налобными индивидуальными осветительными приборами, респираторы с углеродным фильтром для защиты от пыли, преимущественно состоящих в составе оксидов марганца, хрома и железа, защитные очки с определенным светофильтром, обувь с нескользящим протектором, пояс предохранительный и его комплектующие, а также костюм огнеупорный изолирующий химический скафандрового типа из инновационных материалов с долгим сроком службы (до 10 лет).

Прогноз возможного наступления тех или иных ПЗ в случае неприменения релевантной защиты. Работники «пилотных» предприятий в процессе производственной деятельности ежедневно потенциально контактируют с ВОФ рабочей среды, которые сопряжены с вероятными травмами, несчастными случаями с летальным исходом (ТиНС) и ПЗ.

В плане прогнозирования ТиНС, а также установления наступления ПЗ и/или формирования отдаленных их последствий был проведен теоретический обзор научной медицинской литературы в контексте причинно-следственной их связи по видам ВОФ и рисков, выявленных на «пилотных» предприятиях №1-3, которые приведены в таблице.

Прогноз ПЗ. В случае неприменения релевантной СИЗ органов слуха, развитие нейросенсорной профессиональной тугоухости возможно ожидать по истечении: 5-ти лет трудового стажа, если уровень постоянного воздействия шума – 125 дБа, 10-ти лет – при более 90 дБА, а также 15-ти лет – до 90 дБА [8, 9]. Аналогичные уровни шумового воздействия более 90 дБА непрерывного действия были зафиксированы на предприятии №3, шумовые нагрузки до 90 дБА периодического воздействия установлены на предприятиях №1 и №2.

ПЗ органов зрения. На момент проведения научных исследований на всех трёх предприятиях количество рабочих мест с недостаточной освещенностью колебалось в интервале от 13,64 до 66,67%. По рекомендации членов научной группы слабое и/или отсутствующее общее освещение максимально было приведено в соответствие с нормами. Поскольку отсутствие источников точечного света – касок с индивидуальными осветительными приборами, могут быть причиной не только ПЗ, а также ТиНС, поэтому рекомендации о необходимости их применения оставлены без изменения. Недостаточное освещение рабочего места, перенапряжения в темноте могут создавать неблагоприятные условия для глаз и привести к формированию близорукости (миопии) у 50% работников [11].

Лазерные, ультрафиолетовые (УФ) лучи при резке металлов и сварочных работах могут быть причиной повреждения не только глаз человека, а также кожного покрова. Они поглощаются роговицей, кожей, но в больших количествах они приводят к ожогам, крайние проявления которых – «снежная слепота» и лазерный дерматит. В слу-

Виды ВОФ, вероятные последствия ПЗ и/или ТиНС

№	Наименования ВОФ	ПЗ	ТиНС	Прогнозное наименование ПЗ
1	Повышенный уровень шума	+	+	Нейросенсорная тугоухость
2	Недостаточная освещенность	+	+	Близорукость (Миопатия)
3	Лазерные, ультрафиолетовые лучи	+	+	Повреждение кожи и глаз человека
4	Повышенная температура и тепловое излучение	+	+	Нарушения теплообмена и их последствия
5	Падения на поверхностях и/или с высоты	-	+	-
6	Дорожно-транспортные происшествия	-	+	-
7	Тяжесть труда	+	+	Поражения позвоночных дисков
8	Напряжённость труда	+	+	Невротические расстройства, болезни сердечной системы и др.

чаях неприменения релевантных СИЗ такого рода последствия могут быть обнаружены у работников участка лазерной резки предприятия №3, а также сварочных участков всех трёх предприятий, которые сопряжены негативными воздействиями от УФ-лучей [12, 13].

Повышенная температура воздуха с незначительной подвижностью могут привести к острым тепловым заболеваниям с нарушениями теплообмена, таким как: тепловые удары, истощение, обмороки, судороги, обезвоживание. К такого рода негативным последствиям подвержены работники печного оборудования с температурой до 1700°С и 900°С двух предприятий – №1 и №3 соответственно и котельной установки предприятия №2. При несоблюдении мер предосторожности и неприменении соответствующих термоизолирующих СИЗ у данных работников интенсивное потоотделение может привести к обезвоживанию и потере солей, усилению кровотока, повышению давления, сердечным аномалиям и т.п. [14].

Необходимо подчеркнуть, что на всех трёх предприятиях количество работников, работающих в условиях тяжелого труда с негативным эргономическим фактором, остается постоянно высоким и составляет 80-85%. Данные негативные факторы могут спровоцировать поражения межпозвоночных дисков. Исследования выявили, что они могут сопровождаться грыжами, т.е. сдавливанием корешков и спинномозговых нервных окончаний и другими патологиями.

Работа в условиях нервно-психического напряжения (НПН) зачастую формирует нарушения функционального состояния работников, развитие артериальной гипертонии и приводит к невротическим расстройствам, в зависимости от степени психоэмоциональной напряженности труда [15]. На всех трёх предприятиях в условиях НПН работают большинство работников. В данном случае внедрение регламентированных коротких перерывов отдыха является релевантной мерой защиты, и применение СИЗ не предусмотрено.

Выводы

НИР под призмой оценки РОП с точки зрения его эффективности в выдаче СИЗ для обеспечения безопасного труда работников выявила следующие преимущества.

В первую очередь РОП в выдаче СИЗ направлен: на предотвращение несчастных случаев на производстве; сохранение здоровья и обеспечение безопасности работников; улучшение условий труда на рабочих местах; профилактику производственной заболеваемости.

Внедрение РОП может позволить: выявлять реальное вредное воздействие (в полном спектре) производственных факторов на каждом конкретном рабочем месте; реализовать обязанность работодателя по принятию мер, направленных на предотвращение любых рисков на рабочих местах и в технологических процессах; устанавливать гарантии за вредные условия труда персонально для каждого работника; избавить работодателя от выплат льгот и компенсаций, при обеспечении благоприятных и безопасных условий труда; внедрить новый механизм страхования от несчастных случаев на производстве, дифференцированный в зависимости от степени профессионального риска (скидки, надбавки).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конституция РК. https://adilet.zan.kz/rus/docs/K950001000_
2. Конвенция № 197 МОТ «Об основах, содействующих безопасности и гигиене труда». https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1400000243.
3. Трудовой кодекс Республики Казахстан от 23 ноября 2015 года № 414-V.
4. Статистика труда и занятости // Численность работников, занятых во вредных и других неблагоприятных условиях труда за 2012-2021 гг. Серия 17.
5. Отчет о НИР Риск-ориентированные организационно-экономические механизмы обеспечения безопасного труда в условиях современного Казахстана. УДК 331.45(574), государственный регистрационный № 0121РК00805.
6. ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».
7. Приказ МЗ РК от 15.10.20г. № ҚР ДСМ-131/2020 «Прохождение предварительных обязательных медицинских осмотров»» (с изм. от 28.01.22г.).
8. Приказ МТСЗН РК «Об утверждении Правил управления профессиональными рисками» от 11.09.20 г. № 363.
9. Аденинская Е.Е. Научное обоснование и разработка модели медицинского наблюдения за работниками, занятыми в условиях воздействия шума: Автореф. дис. – Москва, 2013. – 24 с.
10. Occupational Noise-Induced Hearing Loss. ACOEM Task Force on Occupational Hearing Loss / JOEM Vol. 54, No. 1, 2012.
11. Безденежных В.Н. Миопия – проблема XXI века // Молодой ученый. – 2015. – № 24 (104). – С. 253-255. – URL: https://moluch.ru/archive/104/24236/
12. Косарев В.В., Бабанов С.А. Профессиональные болезни. М.: ГЭОТАР-медиа, 2010. – 368 с.
13. Яшина М.А., Трунова И.Г., Пачурин Г.В., Шевченко С.М. К вопросу использования лазерного оборудования в цехах гибких автоматизированных производств // МЖПиФИ. – 2016. – № 12-7. – С. 1301-1306.
14. Интернет-ресурс. Влияние высоких и низких температур производственной среды на организм человека. https://medpodgotovka.ru/blog/vliyanie_vysokich_i_nizkich_temperatur
15. Ибраев С.А., Жарылкасын Ж.Ж., Отаров Е.Ж., Исмаилов Ч.У. Современные аспекты профессионального риска у лиц умственного труда // МЖПиФИ. – 2017. – № 3-1. – С. 62-65.

ЖҚҚ қолданудың тәуекелге бағытталған тәсілдері. Артықшылықтары

ЖАНҚҰЛОВА Лаура Қалниязовна, *магистр, аға ғылыми қызметкер, laurazh@mail.ru, Еңбекті қорғау жөніндегі республикалық ғылыми-зерттеу институты, Кравцова көшесі, 18, Астана, Қазақстан.*

Аңдатпа. *Мақала ҒТБ негізінде жүзеге асырылған ҚР ЕХӘҚМ «ЕҚРҒЗИ» ШЖҚ РМК зерттеулерінің: «Еңбек жағдайлары және кәсіптік тәуекелдер: «жасыл экономикаға» көшу шеңберінде жіктеу, санаттар және топтастыру критерийлері (ЖТН BR22182667)» нәтижелеріне арналған, яғни жеке қорғану құралдарын (ЖҚҚ) қамтамасыз етудің стандартты тізбелік нормаларынан бас тартуды айқындады. Осы ғылыми жұмыс аясында тәуекелге бағдарланған тәсіл (ТБТ) деп аталатын жаңа әдісті қолданудың ғылыми негіздемесін тұжырымдады, ол алдымен зиянды және қауіпті факторлардың (ЗҚФ) жұмысшылардың ағзасына әсерін және соған байланысты кәсіптік тәуекелдерді (КТ) бағалау процедурасын жүзеге асырады. Мақала қауіпсіз және жоғары тиімді жұмысқа бағытталған, осы жаңа тәсілдің артықшылықтарына, сонымен қатар тиімді ЖҚҚ қолданбау себептерінен кейбір кәсіптік ауруларға (КА) шалдығу немесе оның ықтималдығы және де жарақаттарды болжау тетіктеріне арналған.*

Кілт сөздер: *ЖҚҚ, тәуекелге бағытталған тәсіл, зиянды жұмыс жағдайы, зиянды және қауіпті факторлар, кәсіптік аурулар.*

A Risk-based Approach to PPE. Advantages

ZHANKULOVA Laura, *Master's Degree, Senior Researcher, laurazh@mail.ru,*
Republic Research Institute for Occupational Safety and Health, Kravtsova Street, 18, Astana, Kazakhstan.

Abstract. *The results of research obtained during the implementation of the scientific and technological progress on the topic: «Working Conditions and Occupational Risks: Classification, Categories, and Grouping Criteria in the Transition to the «Green Economy» (IRN BR22182667)» RSE on REM «RRIOSH» MLSSP of the Republic of Kazakhstan established the feasibility of abandoning the standard list norms for issuing personal protective equipment (PPE). Based on this, there is a need for a scientific justification for the application of a new, so-called risk-based approach (RBA), which has a fundamentally different paradigm. The RBA before issuing PPE firstly carries out the procedure for assessing the impact of harmful and dangerous factors (HDF) on the body of workers, and the associated occupational risks (OR), then only proceeds to the stage of choosing PPE purposefully providing protection. The article is devoted to the advantages of this new approach, aimed at safe and highly efficient work, the prediction of the possible onset of certain occupational diseases (OD), injuries in case of non-use of relevant protection.*

Keywords: *PPE, risk-based approach, harmful working conditions, harmful and dangerous factors, occupational diseases.*

REFERENCES

1. Konstitutsiya RK. https://adilet.zan.kz/rus/docs/K950001000.
2. Konventsiya No. 197 MOT «Ob osnovakh, sodeystvuyushchikh bezopasnosti i gigiyene truda».
3. Trudovoy kodeks Respubliki Kazakhstan ot 23 noyabrya 2015 goda No. 414-V.
4. Statistika truda i zanyatosti // Chislennost' rabotnikov, zanyatykh vo vrednykh i drugikh neblagopriyatnykh usloviyakh truda za 2012-2021 gg. Seriya 17.
5. Otchet o NIR Risk-oriyentirovannyye organizatsionno-ekonomicheskiye mekhanizmy obespecheniya bezopasnogo truda v usloviyakh sovremennogo Kazakhstana. UDK 331.45(574), gosudarstvennyy registratsionnyy No. 0121RK00805.
6. GOST 12.1.005-88 «SSBT. Obshchiye sanitarno-gigiyenicheskiye trebovaniya k vozdukhu rabochey zony».
7. Prikaz MZ RK ot 15.10.20g. No. QR DSM-131/2020 «Prokhozhdeniye predvaritel'nykh obyazatel'nykh meditsinskikh osmotrov»» (s izm. ot 28.01.22g.).
8. Prikaz MTSZN RK «Ob utverzhdenii Pravil upravleniya professional'nymi riskami» ot 11.09.20 g. No. 363.
9. Adeninskaya Ye.Ye. Nauchnoye obosnovaniye i razrabotka modeli meditsinskogo nablyudeniya za rabotnikami, zanyatymi v usloviyakh vozdeystviya shuma: Avtoref. dis. – Moscow, 2013. – 24 p.
10. Occupational Noise-Induced Hearing Loss. ACOEM Task Force on Occupational Hearing Loss / JOEM Vol. 54, No. 1, 2012.
11. Bezdenezhnykh V.N. Miopiya – problema XXI veka // Molodoy uchenyy. – 2015. – No. 24 (104). – Pp. 253-255. – URL: https://moluch.ru/archive/104/24236/
12. Kosarev V.V., Babanov S.A. Professional'nyye bolezni. Moscow: GEOTAP-media, 2010. 368 p.
13. Yashina M.A., Trunova I.G., Pachurin G.V., Shevchenko S.M. K voprosu ispol'zovaniya lazernogo oborudovaniya v tsekhakh gibkikh avtomatizirovannykh proizvodstv // MZHPiFI. – 2016. – No. 12-7. – Pp. 1301-1306.
14. Internet-resurs. Vliyaniye vysokikh i nizkikh temperatur proizvodstvennoy sredy na organizm cheloveka. https://medpodgotovka.ru/blog/vliyanie_vysokich_i_nizkich_temperatur
15. Ibrayev S.A., Zharylkasyn ZH.ZH., Otarov Ye.ZH., Ismailov CH.U. Sovremennyye aspekty professional'nogo riska u lits umstvennogo truda // MZHPiFI – 2017. – No. 3-1. – Pp. 62-65.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_86 УДК 553.3/4

Перспективы попутного извлечения благородных металлов из руд месторождений железистых кварцитов Центрального Казахстана

[1]***ЖУНУСОВ Акылбек Асыраркулович,** к.г.-м.н., главный научный сотрудник, zunussov44@mail.ru,
[1]**ИДЫРЫШЕВ Рахметолла Баязиевич,** к.г.-м.н., ведущий научный сотрудник, rahmetolla13@mail.ru,
[2]**МИЗЕРНАЯ Марина Александровна,** к.г.-м.н., доцент, mizernaya@bk.ru,
[1]ТОО «Институт геологических наук имени К.И. Сатпаева», Satbayev University, ул. Кабанбай батыра, 69, Алматы, Казахстан,
[2]НАО «Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева», ул. Д. Серикбаева, 19, Усть-Каменогорск, Казахстан,
*автор-корреспондент.

Аннотация. *В допалеозойских и палеозойских отложениях Центрального Казахстана известны более тридцати рудопроявлений и месторождений железистых кварцитов. Они составляют Карсакпайскую, Улытаускую зоны и Жуантобинский бассейн железистых кварцитов, административно расположенных в Улытауской, Жамбылской и Костанайской областях. Природа их определяется образованием океанического дна в период от раннего докембрия до нижнего палеозоя. Железистые кварциты региона приурочены к различным геологическим образованиям протерозоя – кремнисто-спилито-зеленосланцевой, порфироидно-сланцевой, карбонатно-кремнисто-терригенной формаций, которые представлены различными свитами. Наиболее железоносными являются балбраунская, бурмашинская, шагирлинская, биитская в Южном Улытау, а также сууктальская жаксыкаиндинская свиты карсакпайской серии в Северном Улытау. Жуантобинский бассейн железистых кварцитов представлен рудоносными отложениями одноименной свиты бетпакдалинской серии. Отдельные аналитические данные по содержанию благородных металлов в железистых кварцитах и изучение их в подобных образованиях ближнего и дальнего зарубежья определяют их перспективность на данные элементы, что требует более детального изучения.*

Ключевые слова: *благородные металлы, железистые кварциты, месторождение, железисто-кремнистая формация, углеродисто-кремнистые сланцы, карсакпайская серия, золотое оруденение, перспективы, мартит, гематит.*

Введение

Как известно, минеральные ресурсы относятся к категории исчерпаемых и невозобновляемых, что требует более полного определения и последующем извлечения всех полезных компонентов из отрабатываемых руд. Установленные запасы золота в недрах земли составляют немногим более 55 тыс. тонн [8]. При текущих темпах добычи это золото из недр будет извлечено через 15-20 лет. Возникает необходимость извлекать полезные элементы из нетрадиционного минерального сырья, где они присутствуют в качестве попутных компонентов или примесей.

В Казахстане имеются различные геолого-генетические типы железорудных месторождений – более 200 объектов [«Месторождения железа Казахстана», 2015]. Однако благородные металлы в них практически не изучены и при отработке месторождений полностью теряются. Чтобы информировать геологов в этом отношении, повысить интерес к изучению благородных металлов (БМ) в этих типах рудных объектах, приведем краткий обзор литературных

данных по распространению их в месторождениях железистых кварцитов соседней России.

О распространении благородных металлов в месторождениях железистых кварцитов полные обзоры имеются в работах Н.И. Чернышева, С.П. Молоткова, О.Г. Резниковой, В.И. Старостина и мн. др. [10, 11].

В этом отношении наиболее изученной является железисто-кремнистая формация докембрия и палеозоя Центрального Казахстана.

В настоящее время в различных структурно-формационных зонах региона опоискованы и изучены около трех десятков объектов железистых кварцитов, которые тяготеют к вулканогенно-осадочным образованиям различного временного диапазона допалеозоя и палеозоя.

Значительные по размерам и запасам месторождения железисто-кремнистой формации слагают Карсакпай-Улытаускую и Бетпакдалинскую (Жуантобинскую) железорудные зоны (Жунусов, 1986). Докембрийские железисто-кремнистые образования имеют достаточно устойчивые сходства и различия в наборе рудовмещающих пород и руд. Общей для них является приуроченность к образованию кремнисто-спилито-зеленосланцевой формации и относится к металлогеническим комплексам океанического дна.

Основными районами развития железистых кварцитов являются антиклинорные поднятия и массивы: Улытауский, Аргынатинский, Шуйский и Жуантобинский. Толщи, содержащие железисто-кремнистые формации, выдержаны по простиранию на десятки километров. В целом для них характерны те же структурно-текстурные черты, что и для рассмотренных выше аналогичных образований других регионов. Из благородных металлов в железистых кварцитах Казахстана изучено только Au и только качественно.

Установлено несколько стратиграфических уровней развития железистых кварцитов [А.С. Крюков, 1983]. Первый представлен железисто-кремнистой формацией карсакпайской серии нижнего протерозоя Улытау, второй – бетпакдалинской серией верхнего протерозоя (месторождения Гвардейское, Жуантобинский антиклинорий) (см. рисунок), третий – братолюбовской серией венд-рифея Ишимской Луки. В Улытауском антиклинории в их разрезе развиты кварциты и кремнистые сланцы преимущественно светлых оттенков. Отмечаются прослои кварц-серицитовых сланцев. На Гвардейском месторождении кварциты развиты слабо, имеют вишневую, бурую и темно-серую окраску. Сланцы сформированы за счет порфироидов и порфиритоидов. Определенный интерес может представлять палеозойская железисто-кремнистая формация палеозоя, представленная несколькими железорудными зонами в данном регионе.

А.И. Ершовым и О.Л. Ершовой [1991] установлена приуроченность золотого оруденения к бортовым частям мелких поднятий карсакпайского рудного поля. Золото отмечается в виде самородных зерен размером в сотые доли миллиметра, а также в виде примеси в пирите (максимальные концентрации Au приурочены к участкам развития тонкокристаллического пирита). Выделена продуктивная золото-кварцевая ассоциация. Выявлена следующая последовательность процессов образования железистых кварцитов Улытау: 1 – углеродизация осадочных и вулканогенно-осадочных пород; 2 – региональный метаморфизм, послойное избирательное окварцевание, приведшее к образованию железистых кварцитов (раскристаллизация железистых гелей формирование кварца-1); 3 – метасоматическое окварцевание с образованием пирита, арсенопирита и кварца-2; 4 – гематитизация: образование псевдоморфоза гематита-1 по магнетиту (мартит); 5 – формирование золотокварцевой ассоциации с кварцем-3; 6 – повторная гематитизация, отложение гематита-2 с формированием радиально-лучистых и пластинчатых агрегатов, развивающихся по зернам мартита.

Углеродизация пород развивается в черносланцевых отложениях и кварцитах с реликтовой полосчатостью. Черный цвет неокварцованных пород обусловлен наличием тонкодисперсного углерода. В нем присутствуют очень тонкие обособления самородных золота и серебра, образовавшиеся, по-видимому, за счет распада металлоорганических соединений. Строение самородных металлов почковидное. В окварцованных породах углеродистое вещество часто отсутствует, не исключено, что оно окислялось при окварцевании. В этих породах отмечается первично-осадочный метаколлоидный пирит, который затем раскристаллизовался до кубического.

По их мнению, в железистых кварцитах Улытау золото-кварцевая ассоциация связана с кварцевыми прожилками. Цвет золота желтый, пробность 730, размеры индивидов от тысячных до десятых долей и даже единиц миллиметров. В отдельных образцах присутствует до 100 знаков золота. По морфологии золотины имеют следующие разновидности: интерстиции между зернами кварца и мартита (размер 0,01-0,001 мм); коррозионные каемки вокруг зерен кварца и мартита; в трещинах тонкие листочки, раз-

меры которых иногда достигают 0,2х0,4х1,0 мм. Образование золота связано с процессами окварцевания и сульфидизации.

В.А. Глоба и В.С. Шибко [1974] в пределах Улытауского срединного массива установили золотоносность определенных по составу и положению в разрезе метаморфических отложений докембрия. Древнейшие толщи региона представлены четырьмя сериями (снизу вверх): бектурганской, аралбайской, карсакпайской и ерементауской, общей мощностью от 4 до 10 км. Характерной их общностью является двучленное строение. Нижняя половина каждой из серий сложена преимущественно вулканогенными отложениями средне-основного состава, верхняя – существенно терригенными образованиями, чередующимися с кислыми вулканитами.

В процессе регионального метаморфизма отложения низов разреза преобразовывались в амфиболиты – зеленокаменные породы, а терригенные осадки и кислые вулканиты – в слюдистые сланцы. По степени метаморфизма отложения нижних серий отвечают амфиболитовой фации (бектурганская серия), верхних серий – фации зеленых сланцев (карсакпайская серия). В зоне перехода этих двух фациально-формационных ритмов фиксируются отложения кварц-железистого состава. Среди них преобладают кварциты и кварцевые сланцы, в различной степени насыщенные минералами железа, – магнетитом, гематитом, пиритом. Мощность этой переходной пачки составляет 150-250 м. Яркими представителями этих образований являются месторождения Балбрауын, Керегетас в Карсакпайском синклинории, Гвардейское в Жуантобинском поднятии и др., в различной степени детальности изученные нами.

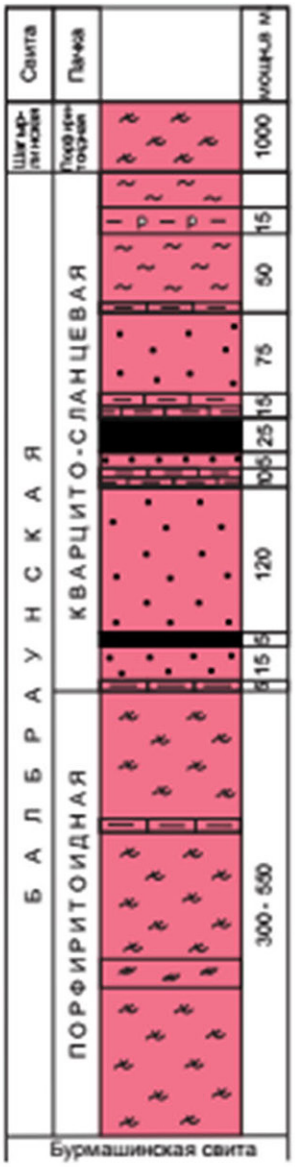
В.А. Глоба и В.С. Шибко [1974] установили повышенную золотоносность железистых кварцитов бектурганской серии. В протолочках установлено самородное золото в количестве от 1 до 200 знаков размером 0,01-0,15 мм в срастании с пиритом и гематит-магнетитовыми агрегатами. Пробность золотин 778-980. Содержание Au в пирите по результатам атомно-абсорбционного анализа достигает 10 г/т. Форма золотин комковатая, пластинчатая, губчатая, каплевидная. В протолочках железистых порфироидов и кварцево-слюдистых сланцев количество золотин в протолочках достигает 380, средний размер частиц 0,06 мм, наибольший – 0,2 мм. Пробность золотин 785-850. По спектральным анализам в пирите установлены Au (до 5 г/т) и Ag (до 100 г/т). В протолочках проб аналогичных пород верхней ерементауской серии присутствует золото (до 49 знаков) размером 0,025 мм проволочковидной, каплевидной и изометричной форм. Проба золота 895. В ряде случаев отмечается золотая минерализация в кварцево-слюдистых сланцах и филлитах (базальная часть унгулинской свиты). Решающую роль, по мнению авторов, в локализации золотой минерализации в толщах Улытау играли условия седиментации. Метаморфогенные процессы приводили лишь к перераспределению золотой минерализации.

Т.М. Жаутиковым и З.С. Тилеповой [1984] проведены исследования по определению золотоносности джеспилитов Шуйского, Улытауского и Аргынатинского поднятий. Установлено, что железистые кварциты почти во всех случаях содержат Au по результатам атомно-абсорбционной спектрометрии от 0,003-0,006, до 0,079 г/т. Наиболее благоприятным для его накопления, по мнению авторов, являются горизонты тонкополосчатых кварцитов.

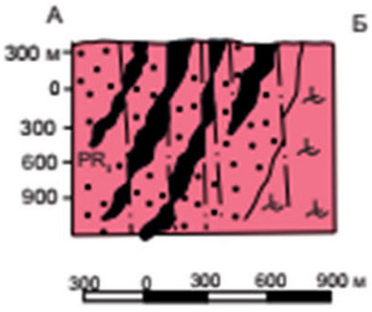
Следует отметить и то, что Улытауский регион сходен с геологическим строением зарубежных областей, в которых локализованы крупнейшие месторождения золотоносных конгломератов: Витватерсранд (ЮАР), Тарква (Гана), Жакобина (Бразилия). В древних толщах Улытау, наряду с железистыми кварцитами и метаморфическими сланцами, присутствуют конгломераты, кварцевые гравелиты и другие породы кремнисто-терригенной формации, а также углеродистые сланцы и графитизированные разности пород.

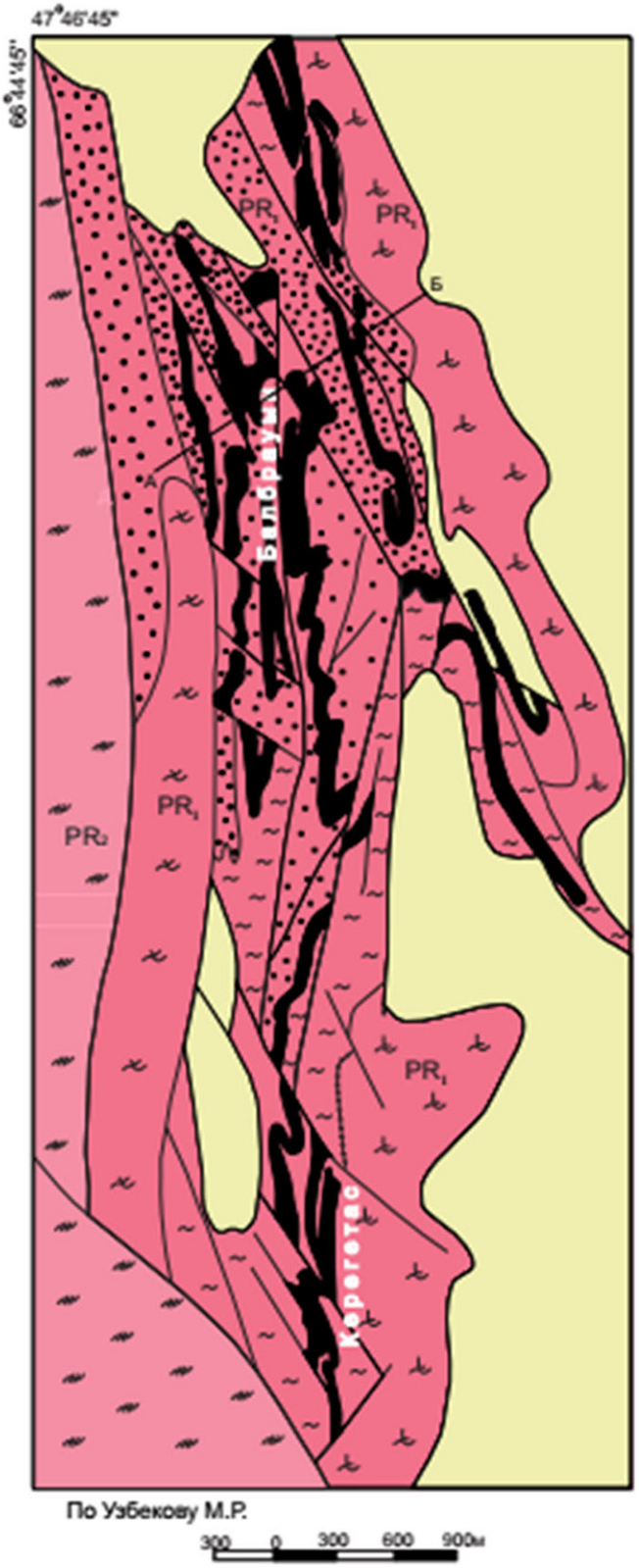
Известно, что основным критерием локализации золотого оруденения в древних конгломератах в региональном плане являются: наличие молассовых формаций, крупных впадин с компенсированным осадконакоплением, терригенно-зеленокаменных поясов с базитовым и гранитоидным магматизмом в пределах древних питающих провинций. Факторами локального плана служат: борта бассейнов седиментации, граничащие по сбросам с воздымающимися областями питания; фации галечных пляжей у стабильных береговых зон вдоль подножья структурных уступов, наличие несогласия или размыва, разделяющего циклы; наличие кварцево-галечных конгломератов, кварцито-песчаников; кварцево-серицитовый состав цемента; геохимические и шлиховые ореолы золота. Вышеизложенные критерии характерны также и для тесно ассоциирующих с конгломератами кварцитов, кварцито-песчаников, углеродсодержащих сланцев и филлитов.

На основании этих данных, Д.Д. Дуйсенбеков [1991] выдвинул в качестве положи-



Стратиграфическая колонка рудоносного отложения Карсакпая





1 – кайнозойские отложения; 2 – боздакская свита PR2: глинисто-кремнисто-карбонатные породы, кремнисто-углистые сланцы, конгломераты и песчаники; 3 – нижний протерозой: порфиритоиды, сланцы разного состава, железистые кварциты; 4 – кварц-серицитовые сланцы и кварциты; 5 – кварц-серицитовые, серицит-кремнистые сланцы; 6 – базальтовые порфиритоиды; 7 – горизонты окварцованных мраморов; 8 – кварциты; 9 – порфироиды; 10 – горизонты железистых кварцитов; 11 – разломы; 12 – геологические границы

Геологическая карта и разрез месторождения Балбрауын

тельных факторов золотоносности древних толщ Улытау следующие: наличие древней линейной протоструктуры; развитие горизонтов и линз конгломератов, гравелитов и кварцито-песчаников со следами золотоносности; наличие золота в кварцитах и железистых кварцитах; хорошая сортировка и окатанность галек конгломератов; развитие конгломератов в низах серий. По его представлениям, перспективы выявления крупных месторождений золота в древних конгломератах Улытау ограничены, но возможно обнаружение мелких объектов.

Приведенные материалы показывают распространение благородных металлов, в основном золота, в месторождениях железистых кварцитов Казахстана. Однако этот материал пока качественный. Следует отметить, что в настоящее время имеется большое количество опубликованных работ по методам изучения благороднометалльного оруденения в рудах железа, по прогнозированию и выбору технологий обогащения и извлечения Au и МПГ [«Методические рекомендации…», 1991; и многие другие работы]. При оценке на БМ выделенных типов рудных объектов, прежде всего, необходима надежная аналитическая база для их определения. В монографической работе по платиновым месторождениям России Д.А. Додин, Н.М. Чернышов и Б.А. Яцкевич [2000] рассмотрели методы анализа МПГ. В нем авторы пришли к весьма неутешительному выводу: «В ближайшее время при оценке проявлений МПГ в углеродсодержащих комплексах мы не сможем полностью доверять ни одному из существующих методов анализа». За последние 20 лет ситуация существенно не изменилась. Таким образом, следует отметить, что в этой ситуации данную проблему необходимо решать комплексно как в геологическом, так и аналитическом направлении. Если вопрос о благороднометаллоносности железистых кварцитов решится положительно, то перспектива освоения крупных запасов железа этих регионов будет реальной.

Выводы

1. Месторождения железистых кварцитов в Центральном Казахстане сосредоточены в нескольких рудоносных свитах допалеозоя и палеозоя и приурочены к различным структурно-формационным зонам.

2. Анализ и сопоставление их с аналогами месторождений ближнего и дальнего зарубежья ставит необходимость их дальнейшего изучения и освоения со стороны недропользователей на предмет извлечения нетрадиционного минерального сырья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глоба В.А., Шибко В.С. К сингенетической золотоности докембрийских метаморфических толщ Улутау // Геология, геохимия и минералогия золоторудных районов и месторождений Казахстана. Вып. 1. Алма-Ата: Каз ИМС, 1975. С. 28-31.
2. Додин Д.А., Чернышов Н.М., Яцкевич Б.А. Платинометалльные месторождения России. Санкт-Петербург: Наука, 2000. 755 с.
3. Дуйсенбеков Д.Д. О перспективах золотоносности древних терригенных толщ Улутау // Геология, минералогия и геохимия новых и нетрадиционных типов золотого оруденения Казахстана. Сб. научных трудов; Каз ИМС. Алма-Ата, 1991. С. 22-27.
4. Ершов А.И. Золотоносность древних железистых кварцитов Казахстана // Геология, минералогия и геохимия новых и нетрадиционных типов золотого оруденения Казахстана. Сб. научных трудов; Каз ИМС. Алма-Ата, 1991. С. 16-22.
5. Жаутиков Т.М., Тилепова З.С. Золотоносность железистых кварцитов Казахстана // Изв. АН КазССР. Сер. геол. 1984. С. 50-52.
6. Жунусов А.А. Геохимические особенности железистых кварцитов Центрального Казахстана // Геохимия в локальном металлогеническом анализе. – Новосибирск, 1986. – С. 41-43.
7. Крюков А.С. Бетпакдалинский железорудный бассейн (геология и перспективы железистых кварцитов докембрия). 1983. 22 с.
8. Рафаилович М.С. Золото недр Казахстана: геология, металлогения, прогнозно-поисковые модели. Алматы, 2009.
9. Старостин В.И., Пелымский Г.А., Леоненко Е.И., Сакия Д.Р. Золото в месторождениях железистых

кварцитов Восточно-Европейской платформы // Известия высших учебных заведений. 2005. № 14. С. 27-42.
10. Чернышов Н.М., Абрамов В.В., Кузнецов В.С. К вопросу о выборе технологий обогащения и извлечения благородных металлов из железистых кварцитов, черных сланцев и продуктов их переработки // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: геология. № 2. 2009. С. 110-122.
11. Чернышов Н.М., Молотков С.П., Резникова О.Г. Золото-платиноносность главнейших типов железорудных формаций мира (информационно-аналитический обзор) // Научный журнал «Вестник ВГУ». Серия геология. 2003. № 2. С. 3-28.

Орталық Қазақстанның темірлі кварцитті кендерінен асыл металдарды қосымша алудың болашағы

[1]*ЖҮНІСОВ Акылбек Асыраркулович, *г.м.ғ.к., бас ғылыми қызметкер, zunussov44@mail.ru,*
[1]ИДЫРЫШЕВ Рахметолла Баязиевич, *г.м.ғ.к., жетекші ғылыми қызметкер, rahmetolla13@mail.ru,*
[2]МИЗЕРНАЯ Марина Александровна, *г.м.ғ.к., доцент, mizernaya@bk.ru,*
[1]«Қ.И. Сәтбаев атындағы Геологиялық ғылымдар институты» ЖШС, Сәтбаев Университеті, Қабанбай батыр көшесі, 69, Алматы, Қазақстан,
[2]«Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті» КеАҚ, Д. Серікбаев көшесі, 19, Өскемен, Қазақстан,
**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Орталық Қазақстанның палеозойға дейінгі және палеозойлық түзілімдерінде темірлі кварциттердің отыздан астам кен білінімдері мен кенорындары белгілі. Олардың жаралуы алғашқы докембрий мен төменгі палеозойға шейінгі мұхит түбі геодинамикалық жағдайымен байланысты. Темірлі кварциттер протерозойдың әртүрлі геологиялық түзімдерінде-кремнийлі-спилит-көктүсті тақтатасты, порфироидты-тақтатасты, карбонатты-кремнийлі-терригенділердің жеке свиталарымен байланысты дамыған. Олар Қарсақпай, Ұлытау зоналары және Жуантөбе темірлі кварциттер бассейні түрінде белгілі. Оңтүстік Ұлытауда қарсақбай сериясының балбрауын, бұрмашы, шағырлы, бейіт, ал Солтүстік Ұлытауда – суықтал, жақсықайынды свиталарымен берілген. Жуантөбе темірлі кварциттер бассейні бетпақдала сериясының жуантөбе свитасының темірлі кенді түзілімдерінен тұрады. Осы нысаналардағы жекеленген аналитикалық мәліметтері алыс, жақын шетелдердегі осындай құрамды кенорындардағы асыл металдар мөлшері, мұндай нысаналардағы элементтерді анықтауға байланысты зерттеулерді тыянақты жүргізуді қажет етеді.*

Кілт сөздер: *асыл металдар, темірлі кварциттер, кенорындары, темірлі-кремнийлі формация, көмірлі-кремнийлі тақтатастар,қарсақбай сериясы, алтынды кендену, болашағы,-мартит, гематит.*

Prospects for Associated Extraction of Precious Metals from the Ores of Ferruginous Quartzite Deposits in Central Kazakhstan

[1]*ZHUNUSOV Akylbek, *Cand. of Geol. and Min. Sci., Chief Researcher, zunussov44@mail.ru,*
[1]IDYRYSHEV Rahmetolla, *Cand. of Geol. and Min. Sci., Leading Researcher, rahmetolla13@mail.ru,*
[2]MIZERNAYA Marina, *Cand. of Geol. and Min. Sci., Associate Professor, mizernaya@bk.ru,*
[1]LLP «Institute of Geological sciences named after K.I. Satpaev», Satbayev University, Kabanbay batyr Street, 69, Almaty, Kazakhstan,
[2]NCJSC «D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University», D. Serikbayev Street, 19, Oskemen, Kazakhstan,
**corresponding author.*

Abstract. *More than thirty ore occurrences and deposits of ferruginous quartzite are known in the Pre-Paleozoic and Paleozoic deposits of Central Kazakhstan. They make up the Karsakpai, Ulytau zones and the Zhuantobinsky basin of ferruginous quartzites, administratively located in Ulytau, Zhambyl and Kostanay regions. Their nature is determined by the formation of the ocean floor in the period from the Early Precambrian to the Lower Paleozoic. Ferruginous quartzites of the region are confined to various geological formations of the Proterozoic-siliceous-spilite-green slate, porphyroid-shale, carbonate-siliceous-terrigenous, which are represented by various formations. The most iron-bearing are the Balbraun, Burmashinskaya, Shagirlinskaya, Biitskaya in Southern Ulytau, as well as the Suuktalskaya Zhaksykindinsky formations of the Karsakpai series in Northern Ulytau. The Zhuantobinsky basin of ferruginous quartzites is represented by ore-bearing deposits of the Betpakdalinsky series formation of the same name. Separate analytical data on the content of precious metals in ferruginous quartzites and their study in similar formations of the near and far abroad determine their prospects for these elements, which requires a more detailed study.*

Keywords: *precious metals, ferruginous quartzites, deposit, ferruginous-siliceous formation, carbonaceous-siliceous shales, Karsakpai series, gold mineralization, prospects, martite, hematite.*

REFERENCES

1. Globa V.A., Shibko B.S. On the syngenetic gold content of the Precambrian metamorphic strata of Ulutau // Geology, geochemistry and mineralogy of gold mining areas and deposits of Kazakhstan. Vol. 1. Alma-Ata: Kaz IMS, 1975. Pp. 28-31.
2. Dodin D.A., Chernyshov N.M., Yatskevich B.A. Platinum metal deposits of Russia. St. Petersburg: Science, 2000. 755 p.
3. Duisenbekov D.D. On the prospects of gold bearing in ancient terrigenous strata of Ulutau // Geology, mineralogy and geochemistry of new and unconventional types of gold mineralization in Kazakhstan. Sat. scientific works. Kaz IMS. Alma-Ata. 1991. Pp. 22-27.
4. Ershov A.I. Gold content of ancient ferruginous quartzites of Kazakhstan // Geology, mineralogy and geochemistry of new and unconventional types of gold mineralization in Kazakhstan. Sat. scientific works. Kaz IMS. Alma-Ata. 1991. Pp. 16-22.
5. Zhautikov T.M., Tilepova Z.S. Gold content of ferruginous quartzites of Kazakhstan // Izv. Academy of Sciences of the KazSSR. Ser. geol. 1984. Pp. 50-52.
6. Zhunusov A.A. Geochemical features of ferruginous quartzites of Central Kazakhstan // Geochemistry in local metallogenic analysis. – Novosibirsk, 1986. – Pp. 41-43.
7. Kryukov A.S. Betpak-dala iron ore basin (geology and prospects of Precambrian ferruginous quartzites). 1983. P. 22.
8. Rafailovich M.S. Gold of the subsoil of Kazakhstan: geology, metallogeny, forecasting and prospecting models. Almaty, 2009.
9. Starostin V.I., Pelymsky G.A., Leonenko E.I., Sakiya D.R. Gold in deposits of ferruginous quartzites of the East European Platform // News of higher educational institutions. 2005. No. 14. Pp. 27-42.
10. Chernyshov N.M., Abramov V.V., Kuznetsov V.S. On the issue of choosing technologies for enrichment and extraction of precious metals from ferruginous quartzites, black shales and their processed products // Bulletin of Voronezh State University. Series: geology. No. 2. 2009. Pp. 110-122.
11. Chernyshov N.M., Molotkov S.P., Reznikova O.G. Gold-platinum content of the main types of iron ore formations in the world (information and analytical review) // Scientific journal «Bulletin of VSU». Geology series. 2003. No. 2. Pp. 3-28.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_93 УДК 624.13.003.12

Изучение геологии Северо-Тянь-Шаньского трагического оползня

[1]*КАДИРОВА Жанар Бакбергеновна, магистр, старший преподаватель, ardak_janar@mail.ru,
[2]БАЙМАХАН Рысбек Баймаханұлы, д.т.н., профессор, brysbekbai@gmail.com,
[1]НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан,
[2]НАО «Казахский национальный женский педагогический университет», ул. Гоголя, 114, Алматы, Казахстан,
*автор-корреспондент.

Аннотация. Предложена методика реконструкции и исследования предоползневого состояния трагического оползня «Ак-Кайн» Северного Тянь-Шаня. Представлены сведения об исследовании этого горного склона, расположенного вдоль трассы Алматы – Талгар, над одноименным санаторием. Излагаются результаты геологического исследования строения, состава грунтовых отложений с вершины до подножия Северного склона, по которому шел оползень. Также визуальным изучением останков оползневых масс установлены слоистости первоначального положения покровных грунтов и нижележащих слоев. Разработана геометрическая модель начального до оползневого строения склона с его геологическими отложениями как по склону, так и по глубине в сторону базальто-гранитной скальной поверхности. Результаты исследования показаны в виде картинок точных зон и слоев от верхней точки склона до подножия. Смысл предлагаемой методики заключается в целенаправленном поэтапном проведении научных исследований начиная с изучения геологии, тектоники региона, строения, состава грунтов, связанных, с учетом элювиально-делювиально-пролювиальных зон, их физико-механических, прочностных свойств, особенно обращается внимание на реальную анизотропию состава грунтовых отложений и их свойств. Описываются разработанные алгоритмы изучения инфильтрационных движений дождевых вод. В целом результаты данной работы позволяют проводить целенаправленные исследования методами механико-математического моделирования по оценке и определению критического состояния для прогноза места к началу отрыва грунта со склона.

Ключевые слова: горный склон, оползень, элювий, делювий, пролювий.

Введение

Весна в 2004 году в Северном Тянь-Шане запомнилась непрерывными дождливыми днями. В одном из таких дней, ночью 11 марта 2004 года с западного склона горы «Ак Кайн» сошел огромный оползень [1]. Сегодня другие многочисленные предгорные склоны Или Алатау находятся в таком критическом состоянии, у подножия которых находятся многочисленные жилые здания и экономические объекты. К примеру грунтовые отложения горы Кок-Тобе тоже находятся в предоползневом состоянии. В таком же состоянии находятся и другие предгорные районы Кенсайского массива, санаторий «Каменское плато», дачные участки «Широкая щель», зона отдыха «Медеу» и «Чимбулак», урочище «Бутаковка», санаторий «Ремизовка», микрорайон «Казахфильм» и санаторий «Алма-Арасан» [2].

В ущельях у подножия этих горных склонов находятся многочисленные населенные пункты, санатории, школьные лагеря, сейсмические и метеорологические станции. Для прогноза оползня, в связи с опасным состоянием этих склонов, необходимо изучить причину и механизм прошлого обвала. Для изучения надо начать с определения геологического строения грунтовых отложений. Для этого нами выбран оползень «Ак Кайн», где погибли все жильцы двухэтажного дома и были погребены хозяйственные постройки санатория «Ак Кайн» [3]. Следы линии отрыва грунта от стенки обрыва и форма отрыва грунтовых масс по линии скольжения показаны на рисунке 1.

Рисунок 1 – Область начального отрыва грунтовых масс оползня «Ак Кайн»

Прежде чем приступить к исследованию этапов движения грунтовых масс этого склона, необходимо выяснить геологическое строение грунта, связанное с гравитационными процессами. Ими являются продукты выветривания: элювий, делювий, пролювий. Основным содержанием склоновых геологических процессов является транспортировка материала вниз по склону под действием силы тяжести. Способы транспортировки весьма разнообразны, и этим обусловлено соответственно большое число выделяемых типов склоновых отложений.

Определение этих фаций по работе [1], [4] имеет следующие значения.

Элювий – (продукты выветривания, оставшиеся на месте), представляет собой геологическое тело, развитое на определенной площади, сложенное продуктами переработки поверхностных ГП процессами выветривания.

Коллювий – обломочный материал, образующийся в ходе гравитационных процессов и включающий склоновые осыпи.

Делювий – делювиальные отложения на склонах, накапливаются вдоль подножия гор и возвышенностей. Образуется путем размыва и переноса дождевыми и талыми снеговыми водами продуктов выветривания ГП. Делювий широко распространен в горных районах.

Пролювий – материал конусов выноса.

Конус выноса – форма рельефа, которая имеет вид конуса, образуется из рыхлого обломочного материала (пролювия) в устьевой части временных водных потоков. Конус выноса образуется потому, что водный поток при выходе на равнину теряет свою силу и взвешенный в нем материал осаждается. Так как скорость течения потока резко падает, то сначала осаждаются крупные обломки, затем мелкие.

Факторы, от которых зависит проявление склонового процесса: размерность обломочного материала на склоне, наличие растительного покрова, степень увлажнения, крутизна склона.

Задачи исследования. Целью данной работы является реконструкция состояния склона горы «Ак Кайн» к моменту начала оползневого процесса [5]. Для изучения состояния склона на месте оползня Северного Тянь-Шаня авторами этой статьи неоднократно проводились визуальные исследования методов определения следов, путь движения и останки оползневых масс, которые показаны на рисунках 2а и 2б. На рисунке 2б запечатлено повторное визуальное исследование останков оползневой массы одним из авторов статьи в 2010 году.

Авторы поставили перед собой следующие задачи научного исследования:

- определить геометрию западного склона «Ак Кайн»;
- восстановить геологическое строение грунтовых отложений склона;
- определить зоны распространения продуктов выветривания;
- определить послойный состав и строение грунтовых отложений;
- построить геометрические модели склона до и после оползня.

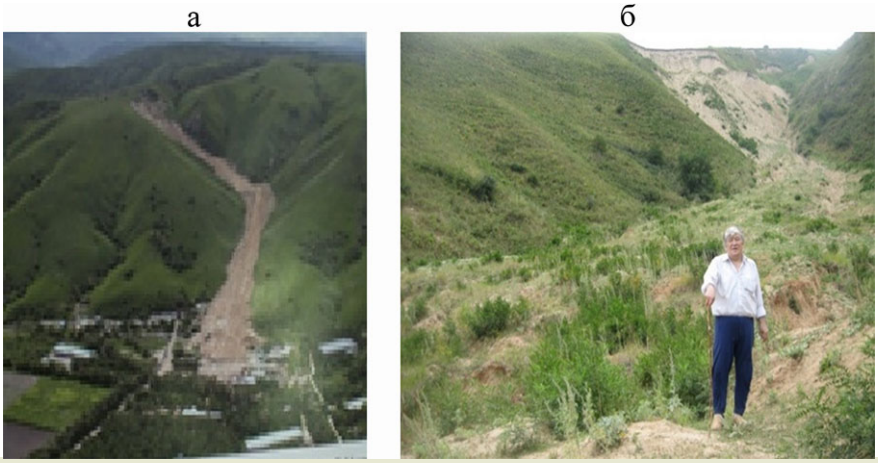
Визуальное обследование останков оползня «Ак Кайн» показал, что грунты склона образованы в основном разновидностями суглинков со смесями песчаными и супесчаными грунтами. Как видно из рисунка 2б, поверхностные грунты склона в крупном плане состоят из двух слоев анизотропного строения [6].

Результаты теоретико-визуального исследования

Останки оползневых масс и пути их продвижения, а также грунтовые отложения прилегающих склонов изучались систематически в течение 16-ти лет, с 2004 по 2020 годы, с неоднократными выездами на эти места. Изучены геология горных склонов и строение их грунтовых отложений. Некоторые подытоженные результаты многолетних исследований этого трагического оползня показаны на рисунке 3.

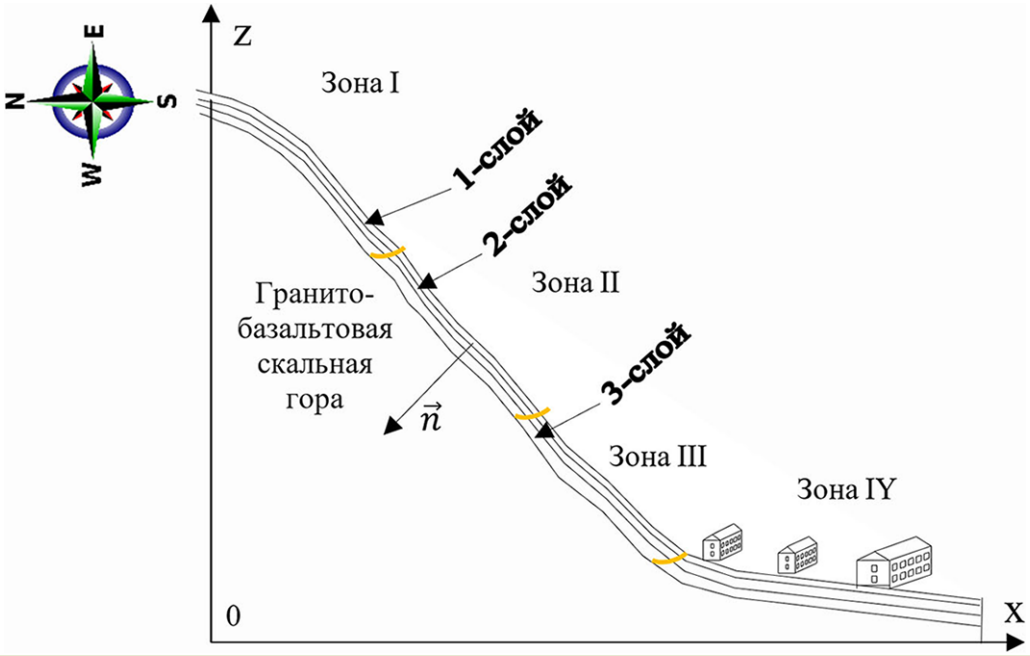
Судя по останкам, грунты поверхностного отложения состоят в основном из песчаных суглинков, суглинистых грунтов и песчаных глин. Начальная высота склона составила 80 метров. Точка отсчета подножия склона была на глубине 35 метров, угол наклона склона θ, около 72°.

Удалось выяснить, что оползневый склон состоял из 4-х зон фации с потолка до под-



а – путь движения оползневой массы в 2004 году;
б – вид этого пути и останки массы оползня в 2010 году

Рисунок 2 – Вид оползня «Ак Кайн»

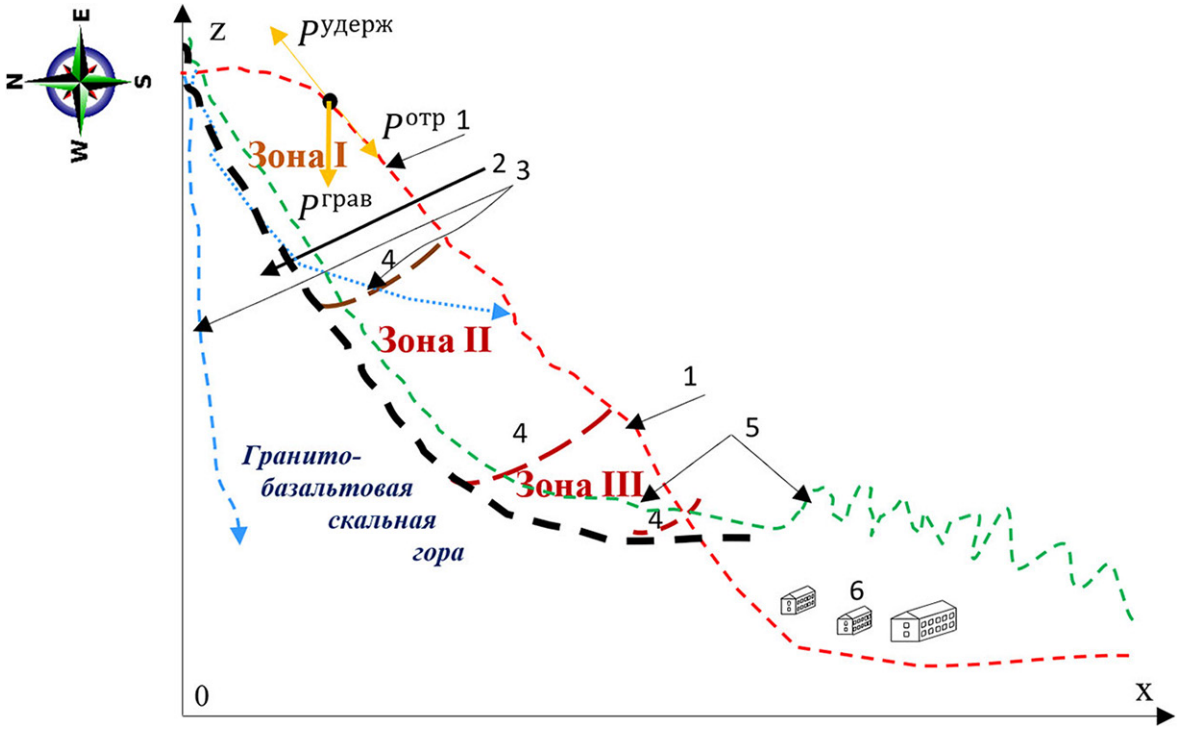


Зона I – элювиальные отложения, зона II – делювиальные отложения, зона III – пролювиальные отложения, зона IV – коллювиальные отложения. Слои грунтов склона: 1 слой – супесчаные грунты, 2 слой – суглинки, 3 слой – галечные грунты

Рисунок 3 – Дооползневое состояние грунтовых отложений склона горы «Ак Кайн» с хозяйственными постройками с продуктами выветривания

ножия и из 3-х слоев грунта в направлении по нормали $\vec{n}$ в глубь массива от обнаженной поверхности (рисунок 3).

На рисунке 4 показаны некоторые главные результаты исследования оползня «Ак Кайн». Восстановлены картины поверхности грунтовых отложений склона до и после оползня. Судя по останкам оползневых масс, показанным на рисунке 2, фация до оползня состояла из зон: I – элювиальные, зоны II – делювиальные и зона III – из пролювиальных отложений. Наконец, зона IV, как и везде у подножиях всех горных склонов, состоит из продуктов конуса выноса – коллювиев. Как показано на рисунке 4, на поверхности таких отложений были распо-



1 – поверхность горного склона до оползня, 2 – линия скольжения – отрыва грунта от склона, 3 – путь сдвижения дождевых вод от инфильтрации, 4 – границы зон элювиальных, делювиальных и пролювиальных отложений, 5 – поверхность останки оползневых масс, 6 – жилой дом и хозяйственные постройки санатория, погребенные под оползневые массы

Рисунок 4 – Восстановленные реконструкцией геологического строения грунтовых отложений горного склона «Ак Кайн»

ложены многочисленные хозяйственные постройки и двухэтажный многоквартирный жилой дом.

Каждая из этих зон в направлении по нормали $\vec{n}$ от поверхности грунтовых отложений склона вглубь в направлении скального массива состояли соответственно из трех слоев, показанных на рисунке 3.

Самый верхний 1 слой состоит из зыбких суглинков, 2 слой – из суглинков и 3 слой – из галечных грунтов.

Пунктирными линиями красного цвета показаны поверхности склона до и после оползня. Границы перечисленных зон отделены пунктирными линиями желтого цвета.

Физическая природа возникновения склонового оползня связана с потерей устойчивости грунта склона $Р^{отр}$ от положения равновесия, с условием преобладания силы отрыва $Р^{отр}$ над силой удержания $Р^{удерж}$ в данной точке, то есть

$$Р^{удерж} \leq Р^{отр}.$$

Эти силы являются составляющими гравитационными силами $Р^{грав}$, направленными вниз со всех точек грунтовых отложений и скального массива горного склона.

Заключение

Разработана методика восстановления катастрофического оползня горного склона путем реконструкции. В качестве примера рассмотрен трагический оползень «Ак Кайн», где погибли все жильцы двухэтажного жилого дома, который моментально покрыл внезапный оползень, сошедший с крутого склона горы ночью в 01 часов 15 минут в 2004 году.

Авторами этой статьи исследованы останки этого оползня неоднократными выездами в течение 2004-2020 годов. Изучена геология, состав и строение грунтовых отложений склона.

На основе расшифровки останков оползневой массы и характера расположения нетронутых грунтовых отложений рядом находящихся склонов удалось восстановить первоначальное строение и состав дооползневого состояния склона горы «Ак Кайн».

В результате всестороннего изучения геологии горных склонов и их грунтовых отложений восстановлены картины 4-х зон, состоящие из элювиальных, делювиальных, пролювиальных и коллювиальных фаций. Обнаружены также слоистости строений от

поверхности склона до поверхности подстилающей гранито-базальтовой скалы.

По результатам исследования построены реконструированная картина грунтовых отложений склона до оползня.

Эти результаты позволяют разработать механико-математическую модель для исследования напряженно-деформированного состояния и механизма разрушения грунта склона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. https://fireman.club/inseklodepia/grunt/
2. Интернет-ресурсы. http://www.gasu.ru/resour/photoalbum/zem3/im9.html,Last updated: 27.08.2004.
3. Интернет-ресурсы. www.newsru.com-2006, news.flexcom.ru-2006, www.russianboston.com-2006.
4. Baimakhan A., Seinassinova A., Baimakhan R., Rysbayeva A., Moldakunova N Determining the Physical and Mechanical Properties of Two-Phase Soil for Landslide Slopes of the Northern Tien Shan. Название журнала: «International Journal of Engineering Research and Technology». ISSN 0974-3154 Vol.13, No.4 (2020), pp. 626-631. © International Research Publication House. http://www.irphouse.com
5. Baimakhan A.R., Baimakhan R.B., Seinassinova A.A., Kurmanbekkyzy N., Baimahanova G.M. A calculation model for the landslide weak soil base of a tilted structure of buildings and constructions. International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET). Volume 9, Issue 11, November 2018, pp. 2859-2871, Scopus Article ID: IJCIET_09_11_286. IF=2.76
6. Baimakhan R., Kadirova Zh., Seinassinova A., Baimakhan A., Abdiakhmetova Zh. Mathematical Modeling of the Water Saturation Algorithm of the Mountain Slope on the Example of the Catastrophic Landslide of the Northern Tien Shan Ak Kain, Mathematical Modelling of Engineering Problems Vol. 8, No. 3, June, 2021, pp. 467-476.
7. Myslide.ru Физические и физико-химические свойства и характеристики грунтов.

Солтүстік Тянь-Шаньның біріндегі қайғылы көшкіннің геологиясын зерттеу

[1]*КАДИРОВА Жанар Бақбергенқызы, *магистр, аға оқытушы, ardak_janar@mail.ru,*
[2]БАЙМАХАН Рысбек Баймаханұлы, *т.ғ.д., профессор, brysbekbai@gmail.com,*
[1]«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Н. Назарбаев даңғылы, 56, Қарағанды, Қазақстан,
[2]«Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті» КеАҚ, Гоголь көшесі, 114, Алматы, Қазақстан,

**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Солтүстік Тянь-Шаньдағы «Ақ-қайың» қайғылы көшкінінің көшкін алдындағы жай-күйін қайта құру және зерттеу әдістемесі ұсынылды. Алматы-Талғар тас жолының бойында аттас санаторийдің үстінде орналасқан осы тау бөктерін зерттеу туралы мәліметтер келтірілген. Жер сілкінісі болған Солтүстік беткейдің етегіне дейін төбеден топырақ шөгінділерінің құрылымын, құрамын геологиялық зерттеу нәтижелері баяндалады. Сондай-ақ, көшкін массаларының қалдықтарын визуалды зерттеу арқылы жабын топырақтарының бастапқы орналасуының қабаттасуы және астындағы қабаттар анықталды. Беткейдің көшкінге дейінгі құрылымының геометриялық моделі әзірленді, оның геологиялық шөгінділері беткейде де, тереңдікте де базальт-гранитті жыныс бетіне қарай. Зерттеу нәтижелері көлбеудің жоғарғы нүктесінен аяғына дейінгі нақты аймақтар мен қабаттардың суреттері түрінде көрсетілген. Ұсынылған әдістеменің мәні элювиалды-делювиалды-пролювиалды аймақтарды, олардың физикалық-механикалық, беріктік қасиеттерін ескере отырып, аймақтың геологиясын, тектоникасын, құрылымын, топырақ құрамын зерттеуден бастап ғылыми зерттеулерді мақсатты түрде кезең-кезеңмен жүргізу болып табылады, әсіресе жер асты шөгінділерінің құрамы мен олардың қасиеттерінің нақты анизотропиясына назар аударылады. Жаңбыр суларының инфильтрациялық қозғалысын зерттеудің дамыған алгоритмдері сипатталған. Тұтастай алғанда, бұл жұмыстың нәтижелері механикалық-математикалық модельдеу әдістерімен топырақтың беткейден бөлінуінің басталу орнын болжау үшін сыни жағдайды бағалау және анықтау бойынша мақсатты зерттеулер*

жүргізуге мүмкіндік береді.

Кілт сөздер: *тау беткейі, көшкін, элювий, делювий, пролювий.*

Studying the Geology of one North Tian Shan Tragic Landslide

[1]*KADIROVA Zhanar, *Master's Degree, Senior Lecturer, ardak_janar@mail.ru,*
[2]BAYMAKHAN Rysbek, *Dr. of Tech. Sci., Professor, brysbekbai@gmail.com,*
[1]NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», N. Nazarbayev Avenue, 56, Karaganda, Kazakhstan,
[2]NPJSC «Kazakh National Women's Pedagogical University», Gogol Street, 114, Almaty, Kazakhstan,
**corresponding author.*

Abstract. *The method of reconstruction and investigation of the pre-landslide condition of the tragic landslide «Ak-Kain» of the Northern Tien Shan is proposed. Information about the study of this mountain slope located along the Almaty – Talgar highway above the sanatorium of the same name is presented. The results of a geological study of the structure and composition of ground sediments from the ceiling to the foot of the Northern slope, along which the landslide occurred, are presented. Also, visual studies of the remains of landslide masses have established the layers of the initial position of the cover soils and the underlying layers. A geometric model of the initial to landslide structure of the slope with its geological deposits both along the slope and in depth towards the basalt-granite rock surface has been developed. The results of the study are shown in the form of pictures of the exact zones and layers from the top of the slope to the bottom. The meaning of the proposed methodology consists in purposeful step-by-step scientific research, starting with the study of the geology, tectonics of the region, structure, composition of soils, taking into account the eluvial-deluvial-proluvial zones, their physico-mechanical, strength properties, especially attention is paid to the real anisotropy of the composition of soil deposits and their properties. The developed algorithms for studying infiltration movements of rainwater are described. In general, the results of this work make it possible to conduct targeted research by methods of mechanical and mathematical modeling to assess and determine the critical condition for predicting the place of the beginning of soil separation from the slope.*

Keywords: *mountain slope, landslide, eluvium, deluvium, proluvium.*

REFERENCES

1. https://fireman.club/inseklodepia/grunt/
2. Internet-resursy. http://www.gasu.ru/resour/photoalbum/zem3/im9.html,Last updated: 27.08.2004.
3. Internet-resursy. www.newsru.com-2006, news.flexcom.ru-2006, www.russianboston.com-2006.
4. Baimakhan A., Seinassinova A., Baimakhan R., Rysbayeva A., Moldakunova N Determining the Physical and Mechanical Properties of Two-Phase Soil for Landslide Slopes of the Northern Tien Shan. Nazvanie zhurnala: «International Journal of Engineering Research and Technology». ISSN 0974-3154 Vol. 13, No. 4 (2020), pp. 626-631. © International Research Publication House. http://www.irphouse.com
5. Baimakhan A.R., Baimakhan R.B., Seinassinova A.A., Kurmanbekkyzy N., Baimahanova G.M. A calculation model for the landslide weak soil base of a tilted structure of buildings and constructions. International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET). Volume 9, Issue 11, November 2018, pp. 2859-2871, Scopus Article ID: IJCIET_09_11_286. IF=2.76
6. Baimakhan R., Kadirova Zh., Seinassinova A., Baimakhan A., Abdiakhmetova Zh. Mathematical Modeling of the Water Saturation Algorithm of the Mountain Slope on the Example of the Catastrophic Landslide of the Northern Tien Shan, Ak Kain Mathematical Modelling of Engineering Problems Vol. 8, No. 3, June, 2021, pp. 467-476.
7. Myslide.ru Fizicheskie i fiziko-khimicheskie svojstva i kharakteristiki gruntov.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_99 УДК 622.807

Разработка модели эффективного орошения на основе оценки производительности источников пылеобразования в горной промышленности

[1]**БАЛАБАС Лидия Хизировна,** *к.т.н., доцент, l.balabas@yandex.ru,*
[1]***БАЛАБАС Анна Юрьевна,** *магистр, преподаватель, 19chinatown@mail.ru,*
[2]**БЕЙСЕКОВА Тулеужан Иманмуханмедовна,** *к.т.н., доцент, tuleuzan@mail.ru,*
[1]НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан,
[2]НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева», ул. А. Байтурсынова, 126/1, Алматы, Казахстан,
**автор-корреспондент.*

Аннотация. *Разработка модели эффективного орошения на основе оценки производительности источников пылеобразования в горной промышленности основана на закономерностях образования и распространения пылевых потоков. Так, концентрация пыли в воздухе пропорциональна удельному выходу пыли, который зависит от производительности источника пылеобразования, свойств и технологий добычи и перегрузки горной массы. В этом случае концентрация пыли пропорциональна производительности источника пылеобразования и обратно пропорциональна функции от расхода воздуха, в котором разбавляется пыль [1]. Определяющим эффективности процесса орошения будут являться затраты средств на пылеподавление, зависящие от удельных параметров и технологии борьбы с пылью. Разработка модели эффективного орошения требует применения инженерного решения, поскольку учитываются технологические показатели перегрузки горной массы и удельные единицы работы технических устройств.*

Ключевые слова: *производительность источников пылеобразования, концентрация частиц пыли, расход воздуха, расход жидкости, математическая модель, алгоритм расчета, инженерное устройство, плоскоструйная форсунка, конусная форсунка, туманообразователи.*

Разработка модели эффективного орошения на основе оценки производительности источников пылеобразования в горной промышленности основана на закономерностях образования и распространения пылевых потоков. Так, концентрация пыли в воздухе пропорциональна удельному выходу пыли, который зависит от производительности источника пылеобразования, свойств и технологий добычи и перегрузки горной массы. В этом случае концентрация пыли пропорциональна производительности источника пылеобразования и обратно пропорциональна функции от расхода воздуха, в котором разбавляется пыль [1]. Определяющим эффективности процесса орошения будут являться затраты средств на пылеподавление зависящие от удельных параметров и технологии борьбы с пылью. Разработка модели эффективного орошения требует применения инженерного решения, поскольку учитываются технологические показатели перегрузки горной массы и удельные единицы работы технических устройств [2].

Методы и объекты исследований. Концентрация пыли в воздухе C (мг/м^3) пропорциональна производительности источника пылеобразования T, (т/мин) и обратно пропорциональна функции от расхода воздуха $Q_в$, (м^3/мин), в котором разбавляется пыль:

$$C = \frac{K_1 T}{f(Q_в)}, \quad (1)$$

где K_1 – множитель пропорциональности.

Так как K_1, T и $f(Q_в)$ не зависят от C, то

учитывая дисперсность пылевого потока, формула (1) может быть переписана в виде

$$K_1 = Cn, \quad (2)$$

где n – число капель, приходящихся на 1 т материала, пропорциональное удельному расходу (количество капель жидкости, образующихся из 1 л жидкости, л/т), необходимое для пылеулавливания, с учетом интенсивности пылевыделения. Исходя из формулы (1), число частиц пыли определяется как

$$n = \frac{f(Q_в)}{K_1 T}. \quad (3)$$

Таким образом, для определения числа капель жидкости соответствующих размеров необходимо использовать экспериментальные данные дисперсного состава пыли при перегрузке горной массы. Характеристики дисперсного состава принимают по данным узла перегрузки ЦОФ «Восточная» УД АО «Арселор Миттал», приведенным в таблице 1 [3].

Число частиц пыли и капель жидкости определялось по средним значениям запыленности и по зависимости

$$m_ч = \frac{\pi d^3 \rho}{6}. \quad (4)$$

Число частиц в единице объема воздуха будет рассчитываться как:

$$n_ч = \frac{C}{m_ч}, \quad (5)$$

где $n_ч$ – число частиц в единице объёма воздуха

$$\frac{N}{q} = \frac{3}{4}\pi R^3, \quad (6)$$

где N – число капель жидкости, соответствующее числу частиц пыли; q – число капель, образующихся из 1 л жидкости, отнесенное к 1 т горной породы; R – радиус капель жидкости.

Значение N выбрано согласно данным [3] по параметрам, характерным для распределения капельно-жидкостного состава зонтичных и плоскоструйных форсунок (принимается равным 144 10^6 шт/м^3 на тонну перегружаемой горной массы).

Число частиц в единице объема воздуха

$$n = \frac{C}{m_ч} = \frac{462 \cdot 10^{-6}}{3,7 \cdot 10^{-15}} = 124 \cdot 10^9 \text{ шт/м}^3,$$

где C – средняя запыленность потока (данные таблицы 1 [3]).

Размер капель жидкости определим, воспользовавшись формулой (6)

$$\frac{N}{q} = \frac{3}{4}\pi R^3 = \frac{124 \cdot 10^9}{144 \cdot 10^6} = \frac{3}{4}\pi R^3,$$

$$R^3 = \sqrt[3]{365 = 7,1} \text{ мкм.}$$

Расчет показывает, что 1 радиус частицы пыли соответствует 8-ми радиусам капли жидкости. В таком случае для расчета количества жидкости по условиям соответствия

Таблица 1 – Характеристика запыленности узла перегрузки

№ п/п	Запыленность на участке орошения, мг/м^3	Диаметр улавливаемой частицы, d, м, 10^{-6}	Диаметр капель жидкости, d, м, 10^{-6}
1	350	2,10	17,42
2	410	2,63	21,04
3	560	3,59	28,75
4	520	3,47	27,79
5	490	3,26	26,13
6	445	2,90	23,70
среднее	462	2,99	24,13

Таблица 2 – Показатели пылеулавливания при плотности факела, 144 10^6 частиц/м^3

Размер капель, мкм	10-50	51-100	101-150	151-200	201-300	301-400	401-500	501 и выше	600 и выше
% содержания капель	82,2	15,2	1,4	1,4	-	-	-	-	-

1 к 8 возможно применение теории распада струй жидкости, содержащей базовые критерии, отражающие процесс ее поступления под давлением в воздушное пространство и последующий распад на капли. Также, согласно данной теории, из жидкости формируется конус или зонт. Конструктивно модель имеет сформированный участок из жидкости, где на нее действует набегающий поток воздуха, образуются «гребни» и жидкость распадается на капли [3].

Соответственно для определения количества жидкости, необходимого для пылеподавления в системах перегрузки горной массы расчет необходимо проводить с учетом компактности струи жидкости, ее целостности и вида, представляющего конус или зонт. Тогда определение расхода орошающей жидкости, учитывающего диаметр капель $d_к$, можно выразить через структурную форму образующегося конуса или зонта.

$$V_ж = \frac{1}{3}\pi l d_к D, \qquad (7)$$

где $V_ж$ – количество жидкости, м³; D – диаметр канала пылеудаления, м; l – длина боковой поверхности конуса.

Зависимость (7) позволяет рассчитать количество жидкости для орошения на пункте перегрузки, используя гидравлический радиус потока

$$D = \frac{4S}{P}, \qquad (8)$$

где S – площадь поперечного сечения потока, м²; P – его периметр, м.

Принимая длину стороны конуса как

$$l = l_1 \operatorname{tg}45^\circ, \qquad (9)$$

где l_1 принимаем как $D/2$

$$V_ж = 2S\operatorname{tg}45^\circ d_к, \qquad (10)$$

где S – сечение канала пылеудаления.

$$V_ж = 2 \cdot 0,47 \cdot 3,5 = 3,29 \text{ л.}$$

Расчет количества жидкости, необходимого для орошения в системе пылеудаления, учитывающего условия перегрузки горной массы с заданной производительностью, показывает возможность применения соответствующих устройств (таблица 3), производительность которых зависит от давления, со значениями, находящимися в пределах от 0,4 до 1,2 МПа. Согласно данным, представленным в таблице 3, давление и расход жидкости – главные характеристики любой оросительной системы. Унификация и устойчивые режимы работы такого оборудования тесно связаны с эффективностью использования средств орошения, зависящего от механизма взаимодействия частиц пыли и воды, находящихся в пылевом потоке.

Заключение. Конструктивное решение задачи эффективного орошения на основе оценки производительности источников пылеобразования позволило составить алгоритм перспективного направления по разработке устройств, применение которых позволяет управлять пылеподавлением на всех этапах и режимах работы перегрузочных механизмов. Поскольку в механических оросителях жидкость подается под давлением и дробится в результате соударения с другой струей или пластинкой, носителем энергии, идущей на распыление струи жидкости, является сама жидкость. В этих устройствах струя разрывается на капли в

Таблица 3 – Параметры оросительных систем и схем орошения

Наименование и тип оросителя	Форма факела	Угол раствора факела, град	Производительность (л/мин) при давлении, МПа			
			0,4	0,8	1,2	1,6
Насадка Н-2,2	компактная струя	0	4,4	6,2	7,6	8,8
Насадка Н-5,0	-"-	0	10	14,1	17,3	20,0
Форсунка зонтичная ЗФ 1,6-75 ЗФ 1,8-80	полый конус	 75±10 75±10	 4,2 6,6	 5,5 9,3	 7,5 11,4	 8,4 13,2
Форсунка конусная КФ 1,0-75 КФ 1,6-75	сплошной конус	 75±10 75±10	 2,0 3,2	 2,8 4,5	 3,5 5,5	 4,0 6,4
Форсунка плоская ПФ 1,6-40 ПФ 2,2-125	плоский веер	 40±6 125±15	 3,2 4,4	 4,5 6,2	 5,5 7,6	 6,4 8,8

результате вращательного движения при выходе из отверстия. В форсунках комбинированного действия завихренная жидкость на выходе разбивается осевой струей. К механическим форсункам относятся насадки со сплошным отверстием, дающим компактную струю и веерные форсунки, в которых специальные вырезы растягивают струю в плоский веер, а также зонтичные и конусные форсунки. Из-за универсальности и высокой надежности при эксплуатации эти форсунки широко применяют на всех этапах технологического процесса, связанного с повышенным пылеобразованием. При применении плоскоструйных форсунок, наряду с общим уменьшением угла раствора факела орошения водо-воздушной смеси, плотность факела резко смещается к центру, по сравнению с применением тех же форсунок, но при распылении жидкости. Применение форсунок, создающих полый конус при механическом распылении, приводит к изменению формы факела с максимальным расходом по центру струи.

При применении форсунок механического действия для распыления водо-воздушной смеси не удается достигнуть высокой плотности факела по всему его сечению и создать факел требуемых геометрических размеров. Поэтому применение форсунок механического действия при водо-воздушной смеси эффективно только при большом расходе воды.

В пневматических распылителях струя жидкости разбивается на капли при соприкосновении с высокоскоростным потоком воздуха, который является носителем энергии. Из-за возможности получения капель очень малого размера пневматические оросители называют туманообразователями. Под названием пневмогидрооросителей они рекомендуются для борьбы с пылью в технологических процессах, где имеется пневматическая энергия.

Пневматические форсунки позволяют создать высокую степень дробления воды и плотность факела при малых давлениях воды и сжатого воздуха и меньших расходах воды. Форсунки с равномерным распределением дисперсности капель по сечению факела предназначены для установки их на исполнительных органах комбайнов и для ограждения факела орошения тонкодиспергированной жидкости. В первом случае в форсунки подается водо-воздушная смесь с высоким газосодержанием, что позволяет создать факел тонкодиспергированной жидкости, который направляется на источник пылеобразования. Во втором случае в форсунки подается смесь с низким газосодержанием, что позволяет получить факел грубой дисперсности, ограждающий зону орошения, препятствующий распространению тумана и создающий благоприятные условия для конденсации капель с уловленными тонкими пылинками. Также пневматические форсунки, при использовании их при борьбе с пылью, соответствуют основным требованиям эффективного подавления пыли диспергированной жидкостью:

- обеспечение высокой плотности факела орошения;
- обеспечение высокой скорости полета капель;
- обеспечение полидисперсности факела орошения и конденсационного режима;
- обеспечение условий для осаждения мелких капель жидкости с уловленными пылинками и без них.

Условия эффективного пылеулавливания потребовали разработки способа пневмогидророшения, который заключается в следующем: на источник пылеобразования, с учетом вентиляционного потока по участку работ, направляется факел тонкодиспергируемой жидкости. Факел располагается так, чтобы после улавливания пыли он встречал на своем пути препятствие. Вокруг зоны тонкодиспергированной жидкости, образуют факел грубодиспергированной жидкости, который препятствует испарению жидкости в факеле орошения, размыванию его вентиляционным потоком и конденсирует туман за пределами факела орошения. Вследствие более тонкого диспергирования жидкости пневмогидрооорошение позволяет достаточно эффективно улавливать пыль фракцией до 10^{-6} м. Данный способ учитывает влияние воздушного потока на каплеобразовательный процесс [4]. Здесь при поступлении жидкости в окружающую среду дробление на капли характеризуется влиянием пылевого потока, а эффективность определяется его параметрами.

Способ орошения с помощью водо-воздушных эжекторов основан на использовании эжектирующих свойств факела распыливаемой жидкости для вовлечения в зону орошения наибольшей части потока взвешенной пыли. Шламо-воздушная смесь, образуемая в факеле эжектора, направляется на источник пылеобразования для подавления пыли, еще не перешедшей в атмосферу рабочего участка, за счет небольшого количества форсунок с большим сечением выходного отверстия. Это позволяет водо-воздушные эжекторы широко применять взамен типовых оросительных систем, так как при меньшем расходе воды (в сравнении с типовым орошением) позволяет получить более высокую плотность капель жидкости. Работа устройства характеризуется возможностью

управлять параметрами орошения, учитывать экономию средств, составлять схемы экологического контроля, влиять на применение моделей регулирования общей безопасностью пунктов перегрузки [5].

При гидрообеспыливании туманообразователями, улавливание витающей пыли диспергированной жидкостью обусловлено не только инерционным движением капель, но и оседанием их под действием гравитационных сил, турбулентными пульсациями скорости воздуха и другими причинами. Использование физических механизмов пылеулавливания определяет эффективность применения туманообразователей. При турбулентном перемешивании на некотором удалении от туманообразователей, жидкостный аэрозоль заполняет практически все сечение канала, что говорит о высокой надежности работы такого оборудования, а также его универсальности и возможности использовать при всех схемах перегрузки горной массы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шахрай С.Г., Коростовенко В.В. Противопылевые мероприятия угольных шахт: Учебно-методическое пособие для практических работ [Электронный ресурс]. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014.
2. Канке В.А. Концепции современного естествознания: Учебник для вузов. Москва: Логос, 2001.
3. Balabas L.K. Physical and mathematical model of effective dust suppression based on studies of the effect of air flow on dustiness during mining and transportation of rock mass. Karaganda state technical University. Karaganda: KSTU Publishing house, 2020. 88 PP.
4. Христофоров А.А. Повышение эффективности и улучшение характеристик технологии пылеподавления. Разработка системы пылеподавления с использованием энергии воздуха или газа / А.А. Христофоров, П.Ю. Филатов, С.В. Шатиров // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2013. – № 2-2. – С. 88-94.
5. Христофоров А.А. Разработка системы пылеподавления на основе аэрогидродинамического способа обеспыливания воздуха / А.А. Христофоров, П.Ю. Филатов, А.А. Малахов // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2014. – № 1. – С. 90-95.

Тау-кен өнеркәсібіндегі шаң көздерінің өнімділігін бағалау негізінде тиімді суару моделін әзірлеу

[1]БАЛАБАС Лидия Хизировна, *т.ғ.к., доцент, l.balabas@yandex.ru,*
[1]*БАЛАБАС Анна Юрьевна, *магистр, оқытушы, 19chinatown@mail.ru,*
[2]БЕЙСЕКОВА Тулеужан Иманмұханмедқызы, *т.ғ.к., доцент, tuleuzan@mail.ru,*
[1]«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Н. Назарбаев даңғылы, 56, Қарағанды, Қазақстан,
[2]«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» КеАҚ, А. Байтұрсынұлы көшесі, 126/1, Алматы, Қазақстан,
**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Тау-кен өнеркәсібіндегі шаң көздерінің өнімділігін бағалау негізінде тиімді суару моделін әзірлеу шаң ағындарының пайда болуы мен таралу заңдылықтарына негізделген. Сонымен, ауадағы шаңның концентрациясы шаңның нақты шығуына пропорционалды, бұл шаңның пайда болу көзінің өнімділігіне, тау-кен өндірісінің қасиеттері мен технологиясына және тау-кен массасының шамадан тыс жүктелуіне байланысты. Бұл жағдайда шаң концентрациясы шаң көзінің өнімділігіне пропорционалды және шаң сұйылтылған ауа ағынының функциясына кері пропорционалды [1]. Суару процесінің тиімділігін анықтаушы шаң басуға арналған қаражат шығындары нақты параметрлерге және шаң-*

мен күресу технологиясына байланысты болады. Тиімді суару моделін әзірлеу инженерлік шешімді қолдануды талап етеді, өйткені тау-кен массасының шамадан тыс жүктелуінің технологиялық көрсеткіштері және техникалық құрылғылардың нақты жұмыс бірліктері ескеріледі.

Кілт сөздер: *шаң көздерінің өнімділігі, шаң бөлшектерінің концентрациясы, ауа ағыны сұйықтық ағыны, математикалық модель, есептеу алгоритмі, инженерлік құрылғы, жазық реактивті саптама, конустық саптама, тұман.*

Development of an Effective Irrigation Model Based on the Assessment of the Productivity of Dust Generation Sources in the Mining Industry

[1]BALABAS Lydia, *Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, l.balabas@yandex.ru,*
[1]*BALABAS Anna, *Master's Degree, Teacher, 19chinatown@mail.ru,*
[2]BEISEKOVA Tuleuzhan, *Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, tuleuzan@mail.ru,*
[1]NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», N. Nazarbayev Avenue, 56, Karaganda, Kazakhstan,
[2]NPJSC «Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeyev», A. Baitursynova Street, 126/1, Almaty, Kazakhstan,
**corresponding author.*

Abstract. *The development of an effective irrigation model based on the assessment of the productivity of dust generation sources in the mining industry is based on the patterns of formation and propagation of dust flows. Thus, the concentration of dust in the air is proportional to the specific dust yield, which depends on the performance of the source of dust formation, the properties and technologies of mining and overloading of the rock mass. In this case, the dust concentration is proportional to the performance of the dust generation source and inversely proportional to the function of the air flow in which the dust is diluted [1]. Determining the effectiveness of the irrigation process will be the cost of dust suppression depending on specific parameters and dust control technology. The development of an effective irrigation model requires the use of an engineering solution, since technological indicators of rock mass overload and specific units of operation of technical devices are taken into account.*

Keywords: *performance of dust generation sources, dust particle concentration, air flow, liquid flow, mathematical model, calculation algorithm, engineering device, flat-jet nozzle, cone nozzle, foggers.*

REFERENCES

1. Shakhray S.G., Korostovenko V.V. Antidust measures of coalmines: An educational and methodological guide for practical work [Electronic resource]. Krasnoyarsk: Siberian Federal University, 2014.
2. Kanke V.A. Concepts of modern natural science: Textbook for universities. Moscow: Logos, 2001.
3. Balabas L.K. Physical and mathematical model of effective dust suppression based on studies of the effect of airflow on dustiness during mining and transportation of rock mass. Karaganda state technical University. Karaganda. KSTU. Publishing house, 2020. P. 88.
4. Hristoforov A.A. Povyshenie effektivnosti i uluchshenie harakteristik tekhnologii pylepodavleniya. Razrabotka sistemy pylepodavleniya s ispol'zovaniem energii vozduha ili gaza / A.A. Hristoforov, P.YU. Filatov, S.V. SHatirov. Vestnik Nauchnogo centra po bezopasnosti rabot v ugol'noj promyshlennosti. – 2013. – No. 2-2. – Pp. 88-94.
5. Hristoforov A.A. Razrabotka sistemy pylepodavleniya na osnove aerogidrodinamicheskogo sposoba obespylivaniya vozduha / A.A. Hristoforov, P.YU. Filatov, A.A. Malahov. Vestnik Nauchnogo centra po bezopasnosti rabot v ugol'noj promyshlennosti. – 2014. – No. 1. – Pp. 90-95.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_105 УДК 550.832.7

Оценка фильтрационных свойств рудовмещающих пород по данным электрических методов каротажа (Шу-Сарысуская урановая провинция, Казахстан)

[1]**ШАРАПАТОВ Абиш,** *к.г.-м.н., ассоциированный профессор, a.sharapatov@satbayev.university,*
[1]***АСИРБЕК Назерке Асирбеккызы,** магистр, старший преподаватель, n.assirbek@satbayev.university,*
[2]**АБДЫРОВ Мадияр Мухтарович,** *магистр, ведущий геофизик, madiyar_abdyrov@mail.ru,*
[1]**САДУОВ Алишер Берикжанович,** *докторант, a.saduov@satbayev.university,*
[1]НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева», ул. Сатпаева, 22а, Алматы, Казахстан,
[2]ТОО «NomadGeoService», ул. Коперника, 124б, Алматы, Казахстан,
**автор-корреспондент.*

***Аннотация.** Изучен вопрос повышения информативности методов каротажа при определении фильтрационных свойств урановмещающих пород – песков в пластово-инфильтрационных месторождениях. Для решения данной задачи традиционно используются данные метода кажущегося сопротивления. В работе проведены статистические расчеты с использованием данных метода кажущегося сопротивления и индукционного метода. При получении аналитических связей между измеряемыми (электрические свойства песков) и прикладным (коэффициента фильтрации) параметрами использованы данные песков представительного гранулиметрического состава; обеспечена репрезентативность выборки используемых материалов керна и данных электрических методов каротажа. Погрешность определения значений фильтрационного свойства песков по расчётным графикам / аналитическим выражениям каротаж-керн находится в допустимых для отрасли пределах.*

***Ключевые слова:** урановые горизонты, рудовмещающие породы, фильтрационные свойства, электрические методы каротажа, статистический анализ.*

Введение

Песчаниковый тип урановых месторождений относится к классу экзогенных эпигенетических (гидрогенных) и объединяет стратиформные месторождения, в которых урановая минерализация совместно с рядом сопутствующих элементов (редкоземельных металлов, Mo, Re, Se, V) размещается в слабо- и нелитифицированных отложениях мезозойско-кайнозойских осадочных бассейнов (впадин) в чехлах древних и молодых платформ. Несмотря на низкое содержание урана в рудах, песчаниковый тип месторождений считается наиболее продуктивным, а благодаря возможности применения подземного скважинного выщелачивания (ПСВ) также и наиболее рентабельным (Uranium Production by Country 2023. World Population Review. https://worldpopulationreview.com/country-rankings/uranium-production-by-country); [1-3].

Пластово-инфильтрационные месторождения урана сформированы в условиях напорных пластовых (артезианских) инфильтрационных гидродинамических систем. Урановые руды залегают в проницаемых породах артезианских бассейнов и контролируются границами зон пластового окисления (ЗПО). Рудные залежи в них, как правило, имеют форму роллов – удлинённо-серповидных в поперечном сечении и лентовидных в плане тел. Ролловые руды преимущественно рядовые и убогие. Вопросы генезиса месторождений урана пластово-инфильтрационного типа в первую очередь связаны с вопросами миграции урана в

пластовых водах и его осаждения на геохимических барьерах. Считается, что в горных породах важнейшими осадителями урана, создающими восстановительную среду являются органические вещества, сульфиды, соединения железа, фосфаты, глинистые минералы. В подземных водах растворенные газы: сероводород, водород, углеводороды. При этом механизм возникновения урановой минерализации остается невыясненным [1, 2].

На всех этапах изучения урановых оруденений для решения геологических, горно-геологических и технологических задач повсеместно используются методы геофизических исследований скважин (ГИС). Информативность методов ГИС позволяет оптимизировать объемы работ, повысить уровень производственной и геоэкологической безопасности при разведке, освоении урановых месторождений способом ПСВ [4-5].

Методика оценки фильтрационных свойств горных пород урановых месторождений по данным каротажа методом кажущегося сопротивления (КС) разработаны в 80-е годы прошлого века (Воробьев Б.В., Гордиенко О.Е.; Ведущий научно-исследовательский институт химической технологии – ВНИИХТ, Россия). Она повсеместно используется на месторождениях Казахстана данного типа. Статистическое изучение связи между коэффициентом фильтрации $К_ф$ (м/сут) рудовмещающих пород и показаниями КС ранее проводились по рудным горизонтам других месторождений района (Вершков А.Ф. и др. АО «Волковгеология» в 2005-2007 гг.).

На участке исследования актуализируется повышение точности определения фильтрационных свойств песков инкудыкского рудного горизонта с привлечением данных последних лет по другим методам электрического каротажа. Малоизученной является корреляция $К_ф$ с показаниями индукционного каротажа (ИК) – по значениям удельной электропроводности пород $\sigma_к$ (См/м).

Методы и материалы

Для анализа связи электрических и фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) горных пород по литературным данным были изучены основные факторы, влияющие на них и определяющие параметры проницаемых пород. Обобщение данных проводилось в контексте геолого-геофизических особенностей урановых месторождений Шу-Сарысуской провинции. Далее методом статистического анализа была выявлена фактическая корреллируемость измеряемых скважинных электрических полей с медианным диаметром D_{50} (мм) и $К_ф$ рудовмещающих пород – песков. Установлена аналитическая/графическая связь между измеряемыми и прикладным параметрами.

В исследованиях использованы фактические материалы по одному из участков северного рудного узла Шу-Сарысуской урановорудной провинции (Алдабеков Т.К., Троценко Г.В., Кабулдаева А.Н. и другие; 2022 г.). Выбор площади обоснован наличием по ней достаточного объема материалов ГИС методом ИК.

При этом определение тренда в корреляции данных ИК с $К_ф$ носит экспериментальный характер. В дальнейшем предполагается разработка методики комплексного использования связей КС-$К_ф$ и ИК-$К_ф$.

Определяющие параметры проницаемых пород. *Электрические свойства горных пород* не зависят от их минерального состава: удельное электрическое сопротивление $\rho_к$ (Ом·м) и удельная электропроводность пород $\sigma_к$ (См/м) определяется лишь присутствием природной воды в порах пород. Основные породообразующие минералы (кварц, полевой шпат, ангидрит, галит) являются первоклассными изоляторами. Минеральный скелет основной группы осадочных горных пород (пески, песчаники, известняки, глины) имеет практически бесконечное сопротивление; $\rho_к$ воды на много порядков меньше $\rho_к$ минерального скелета [6].

При проходке скважины значения $\rho_к$ различных пород в контакте с буровым раствором изменяются неодинаково. Плотные, монолитные породы не претерпевают изменения. Глинистые породы на контакте с буровым раствором набухают, размываются и выносятся буровым раствором, также увеличивается диаметр скважины. На контакте глины с раствором образуется зона небольшой глубины, набухшей либо растрескавшейся чешуйками глины. Вскрытие коллекторов всегда ведется при условии, что давление в скважине превышает пластовое и вызывает фильтрацию жидкости из скважины в пласт. При этом, если поры в коллекторе достаточно тонки и представляют собой сетку, как в фильтре, то на стенке скважины образуется глинистая корка толщиной с одним $\rho_к^1$, а фильтрат бурового раствора проникает в пласт, создавая зону проникновения диаметром D с $\rho_к^2$ [1, 6].

Гранулометрический состав рудовмещающих пород. По размеру частиц породы подразделяются на ряд типов: исефиты (крупнообломочные), псаммиты (песчаные), алевриты (мелкообломочные), пелиты (породы с частицами <0,001 мкм). О характере распределения урана в осадочных породах судят по его распределению по грануломе-

трическим фракциям [7]. На исследуемом участке рудовмещающие пески по фракции классифицированы по медианному диаметру: D_{10}, D_{20}, D_{50}, D_{60} и D_{100}.

Проницаемость руд. Фильтрационные свойства пород зависят от вещественного состава алеврит-глинистой фракции рудных песков. Взаимодействие сернокислотных растворов с веществом пород приводит к уменьшению $К_ф$. Поэтому изучение минерального состава тонких фракций рудных песков позволяет прогнозировать изменение проницаемости пород при движении выщелачивающих растворов [7, 8].

Водопроницаемые свойства пород сильно зависят от минерального состава алеврит-глинистой фракции: при добавлении к кварцевому песку 10% бентонита (монтмориллонита, смектита) водопроницаемость его уменьшается в 10 000 раз. Более проницаемые пески свойственны каолинитовому составу глинистого вещества. Менее проницаемые – монтмориллонитовому (смектитовому) [7].

Результаты

При изучении зависимостей $\rho_к$ (Ом·м) и $\sigma_к$ (См/м) от ФЕС – гранулометрического состава песков наиболее тесная связь выявлена с наиболее представительным медианным диаметром D_{50}. Зависимость может быть представлена в аналитической форме в виде уравнения регрессии $D_{50} = f(\rho_к)$ и $D_{50} = f(\sigma_к)$ и в графическом формате (рисунки 1, 2).

Корреляционные зависимости измеряемыми ($\rho_к$, $\sigma_к$) и прикладными (в данном случае – D_{50}, далее – $К_ф$) параметрами установлены статистическими расчётами и описываются уравнениями:

$\rho_к = 6.635D_{50} + 6.9803$, с коэффициентом достоверности $R^2 = 0.5546$;

$\sigma_к = -51.635D_{50} + 62.843$, с коэффициентом достоверности $R^2 = 0.7194$.

В последующем данные уравнения используются для определения значений коэффициента фильтрации $К_ф$, м/сут, по данным КС и ИК по графикам/трендам: $К_ф = f(\rho_к)$ и $К_ф = f(\sigma_к)$ (рисунки 3, 4).

По результатам статистического анализа зависимостей показаний КС от $К_ф$ и показаний ИК от $К_ф$ получены аналитические выражения:

$\rho_к = 0.6161К_ф + 4.9863$, с коэффициентом достоверности $R^2 = 0.5391$;

$\sigma_к = -4.8489К_ф + 78.833$, с коэффициентом достоверности $R^2 = 0.7291$.

Количество выборки, использованной при построении уравнений регрессии, состоит: из 218 показаний каротажных диаграмм КС, ИК, лабораторных данных по керновым

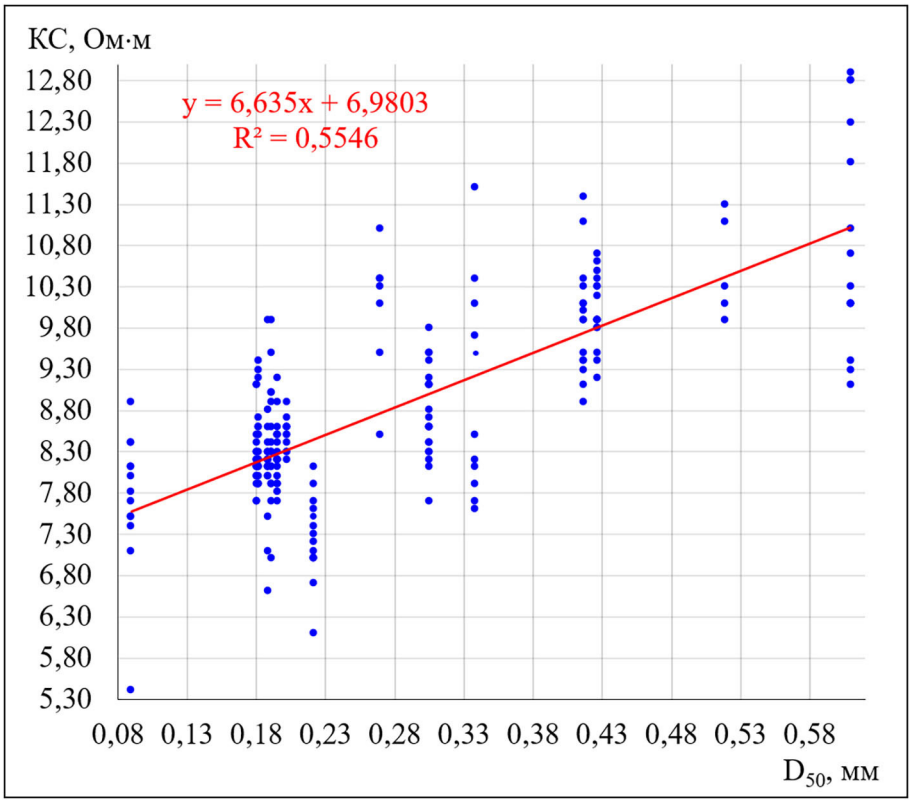


Рисунок 1 – График зависимости КС-D_{50}

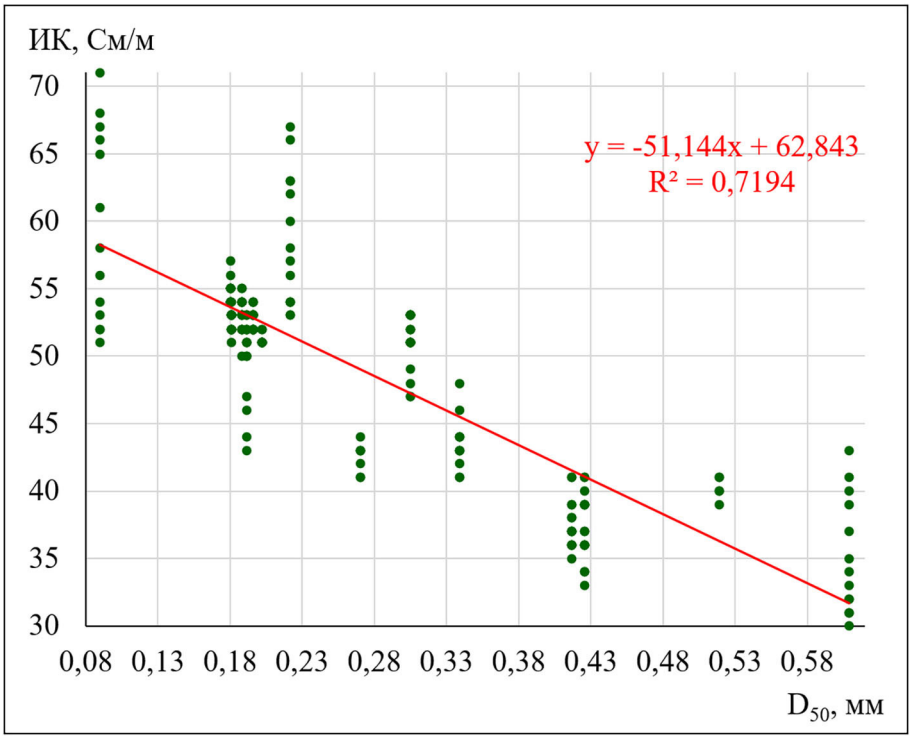


Рисунок 2 – График зависимости ИК от D_{50}

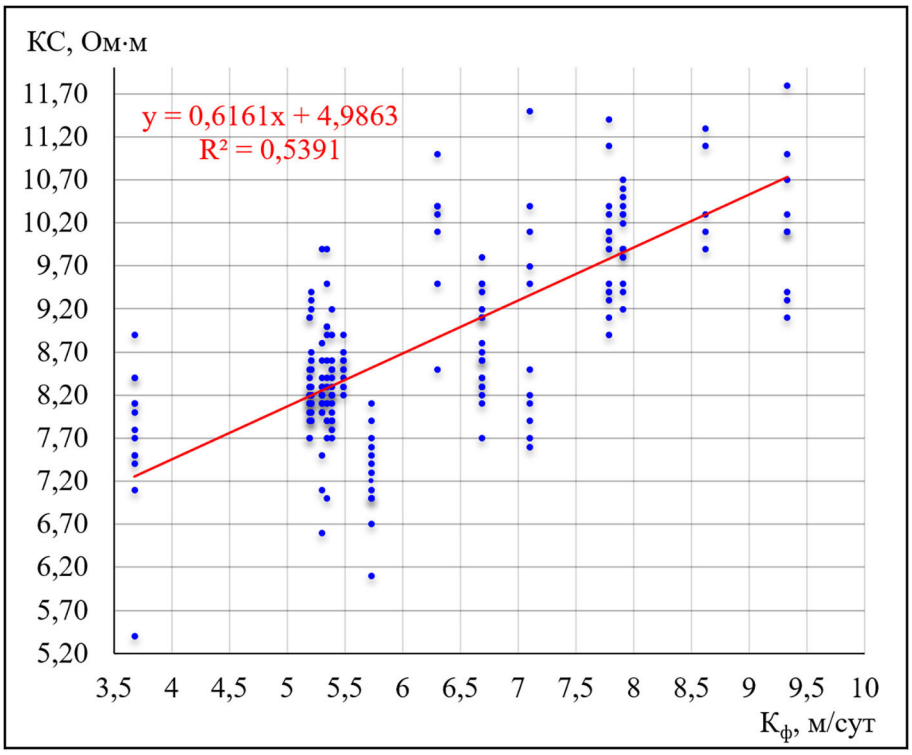


Рисунок 3 – График зависимости КС от $К_ф$

материалам песков с медианным диаметром D_{50}; результатов опытных гидрогеологических откачек для определения значения $К_ф$ песков с D_{50}.

Показатель достоверности послойных значений фильтрационных свойств при

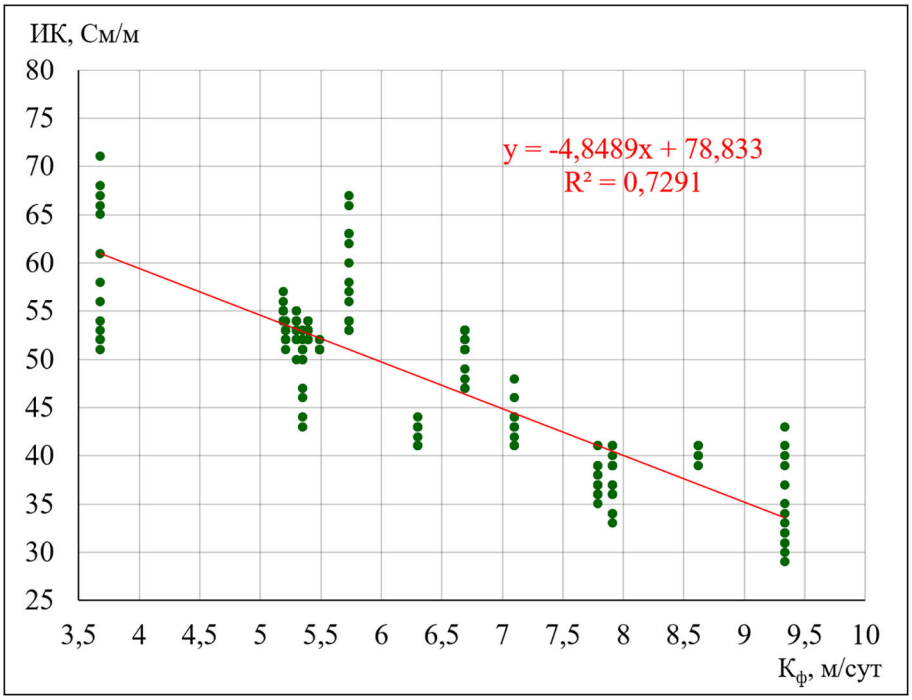


Рисунок 4 – График зависимости ИК от $К_ф$

определении D_{50} и $К_ф$ по ИК выше, чем по КС – традиционно используемого метода, что означает актуальность применения данных ИК при решении геологических и/или горно-геологических задач. Относительное расхождение между значениями $К_ф$, определенными по электрическим методам каротажа КС, ИК и опытным гидрогеологическим откачкам, составляет, соответственно, 15.9 и 10.48%.

Более высокий показатель точности определения $К_ф$ по ИК по сравнению с КС также указывает на перспективность использования данных ИК при разведке и освоении урановых месторождений пластово-инфильтрационного типа с использованием современных технологий: например, в технологии искусственного интеллекта как дополнительный параметр машинного и глубокого обучения модели урановых залежей и/или геологического разреза участков экзогенного уранового оруденения гидрогенного (пластово-инфильтрационного) типа в целом [9].

Выводы:

- значения $К_ф$ по данным электрокаротажа КС и ИК на урановом участке определяются с достаточной точностью – 15.9%, для практического их использования – не ниже точности, принятой в отрасли и на других месторождениях района;
- на примере данных исследуемого уранового участка аналитическая связь для определения $К_ф$ по данным ИК показала более высокую точность, чем КС-$К_ф$ (10.48 относительно 15.9%). Она требует дальнейшего изучения и подтверждения на примере других рудных горизонтов и участков;
- результаты исследования могут быть использованы для практических целей при решении различных производственных задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Демехов Ю.В., Ибраев Б.М. и др. Геотехнология урана: учебное пособие. – Алматы: Қазақ университеті, 2017. 328 с.

2. Franz J. Dahlkamp, Editor. Uranium Deposits of the World, Asia Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2009. 494 p.
3. Wei W., Xuanyu L., Qinghe N., Qizhi W., Jinyi Zh., Xuebin S., Genmao Zh., Lixin Zh., Wei Y., Jiangfang Ch., Yongxiang Zh., Jienan P., Zhenzhi W., Zhongmin Ji. Reformability evaluation of blasting-enhanced permeability in in situ leaching mining of low-permeability sandstone-type uranium deposits. / Nuclear Engineering and Technology, Volume 55, Issue 8, August 2023, Pp. 2773-2784.
4. Mwenifumbo, C.J., Mwenifumbo, A.L. Geophysical logging methods for uranium geology and exploration. Geological Survey of Canada, Publisher: Natural Resources Canada, 2013. Technical Note 4, 43 p.
5. Шарапатов А., Асирбек Н.А., Саманбетов Н.З. Оценка эффективности методов электрокаротажа при изучении герметичности обсадных колонн в скважинах урановых месторождений // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. Томск, 2023. Т. 334. № 10. С. 7-15 (на русском языке).
6. Любимов Н.И., Морозов В.И. Физико-механические свойства рудовмещающих горных пород. Москва: Издательство «Недра», 1973. 120 с. (на русском языке).
7. Воронцов П.Ю. Влияние вещественного состава руд и вмещающих пород на процесс добычи и выщелачивания урана методом подземного скважинного выщелачивания (ПСВ) на месторождениях пластово-инфильтрационного типа. Проблемы минералогии, петрографии и металлогении // Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского: сборник научных статей. ПГНИУ. Пермь, 2022. Вып. 2. С. 34-45 (на русском языке).
8. Abzalov, M., Renard D. Plurigaussian conditional simulation (PGS) of the Budenovskoe uranium roll-front deposit, central Kazakhstan: 3D model of the host sedimentary sequence. Applied Earth Science: Transactions of the Institute of Mining and Metallurgy Volume 132, Issue 3-4, Pp. 227-235. – 2023.
9. Шарапатов А., Садуов А., Асирбек Н. Сравнительный анализ возможностей алгоритмов машинного и глубокого обучения в геологии // Научно-технический и производственный Горный журнал Казахстана. Алматы, 2023. № 11. С. 14-21 (на русском языке).

Электрлік каротаж әдістері бойынша рудалы таужыныстардың фильтрлеу-сыйымдылық қасиеттерін зерттеу (Шу-Сарысу уран провинциясы, Қазақстан)

[1]ШАРАПАТОВ Әбіш, *г.-м.ғ.к., қауымдастырылған профессор, a.sharapatov@satbayev.university,*
[1]*ӘСІРБЕК Назерке Әсірбекқызы, *магистр, аға оқытушы, n.assirbek@satbayev.university,*
[2]АБДЫРОВ Мадияр Мұхтарұлы, *магистр, жетекші геофизик, madiyar_abdyrov@mail.ru,*
[1]САДУОВ Әлішер Берікжанұлы, *докторант, a.saduov@satbayev.university,*
[1]«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Сәтбаев көшесі, 22а, Алматы, Қазақстан,
[2]«NomadGeoService» ЖШС, Коперник көшесі, 124б, Алматы, Қазақстан,
**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Қабаттық-инфильтраттық кенорындарда уранды таужыныстар – құмдардың фильтрлеу қасиеттерін анықтауда каротаж әдістерінің мәліметтілігін арттыру мәселесі зерттелді. Бұл мәселені шешу үшін өндірісте, әдетте, көрінерлік кедергі әдісінің деректері қолданылады. Жұмыста көрінерлік кедергі әдісі мен индукциялық каротаж деректерін қолданып, статистикалық есептеулер жүргізілді. Өлшенетін (құмдардың электрлік қасиеттері) және қолданбалы (фильтрлеу коэффициенті) параметрлері арасындағы аналитикалық байланыстарды анықтауда гранулометриясы маңызды құмдардың деректері пайдаланылды; керн материалдары және электрлік каротаж әдістері деректерінің есептеулерде жеткілікті көлемі қамтылды. Каротаж-керн байланыс графиктері / аналитикалық өрнектерін алуда құмдардың фильтрлеу қасиетінің мәндерін анықтау қателігі сала үшін белгіленген деңгейден аспайды.*

Кілт сөздер: *уран горизонттары, рудалы таужыныстар, фильтрлеу қасиеттері, электрлік каротаж әдістері, статистикалық талдау.*

Evaluation of Filtration Properties of Ore-bearing Rocks According to Electrical Logging Methods (Shu-Sarysu Uranium Province, Kazakhstan)

[1]SHARAPATOV Abish, *Cand. of Geol. and Min. Sci., Associate Professor, a.sharapatov@satbayev.university,*
[1]*ASSIRBEK Nazerke, *Master's Degree, Senior Lecturer, n.assirbek@satbayev.university,*
[2]ABDYROV Madiyar, *Master's Degree, Leading Geophysicist, madiyar_abdyrov@mail.ru,*
[1]SADUOV Alisher, *Doctoral Student, a.saduov@satbayev.university,*
[1]NCJSC «Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev», Satpayev Street, 22a, Almaty, Kazakhstan,
[2]«NomadGeoService» LLP, Kopernik Street, 124b, Almaty, Kazakhstan,
**corresponding author.*

Abstract. *The issue of increasing the information content of logging methods in determining the filtration properties of uranium-containing rocks – sands in reservoir-infiltration deposits has been studied. To solve this problem, data from the apparent resistance method are traditionally used. Statistical calculations using the data of the apparent resistance method and the induction method are carried out in the work. When obtaining analytical links between the measured (electrical properties of sands) and applied (filtration coefficient) parameters, data from sands of representative granulometric composition were used; the representativeness of the sample of core materials used and data from electrical logging methods was ensured. The error in determining the values of the filtration property of sands according to calculation graphs / analytical expressions of logging-core is within acceptable limits for the industry.*

Keywords: *uranium horizons, ore-bearing rocks, filtration properties, electrical logging methods, statistical analysis.*

REFERENCES

1. Demekhov YU.V., Ibraev B.M. i dr. Geotekhnologiya urana: uchebnoe posobie. – Almaty: Qazaq universiteti, 2017. 328 p.
2. Franz J. Dahlkamp, Editor. Uranium Deposits of the World, Asia Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2009. 494 p.
3. Wei W., Xuanyu L., Qinghe N., Qizhi W., Jinyi Zh., Xuebin S., Genmao Zh., Lixin Zh., Wei Y., Jiangfang Ch., Yongxiang Zh., Jienan P., Zhenzhi W., Zhongmin Ji. Reformability evaluation of blasting-enhanced permeability in in situ leaching mining of low-permeability sandstone-type uranium deposits. / Nuclear Engineering and Technology, Volume 55, Issue 8, August 2023, Pp. 2773-2784.
4. Mwenifumbo, C.J., Mwenifumbo, A.L. Geophysical logging methods for uranium geology and exploration. Geological Survey of Canada, Publisher: Natural Resources Canada, 2013. Technical Note 4, 43 p.
5. Sharapatov A., Asirbek N.A., Samanbetov N.Z. Ocenka effektivnosti metodov elektrokarotazha pri izuchenii germetichnosti obsadnyh kolonn v skvazhinah uranovyh mestorozhdenij // Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov. Tomsk, 2023. T. 334. No. 10. Pp. 7-15.
6. Lyubimov N.I., Morozov V.I. Fiziko-mekhanicheskie svojstva rudovmeshchayushchih gornyh porod. Moscow: Izdatel'stvo «Nedra», 1973. 120 p.
7. Voroncov P.YU. Vliyanie veshchestvennogo sostava rud i vmeshchayushchih porod na process dobychi i vyshchelachivaniya urana metodom podzemnogo skvazhinnogo vyshchelachivaniya (PSV) na mestorozhdeniyah plastovo-infil'tracionnogo tipa. Problemy mineralogii, petrografii i metallogenii // Nauchnye chteniya pamyati P.N. CHirvinskogo: sbornik nauchnyh statej. PGNIU. Perm', 2022. Vyp. 2. Pp. 34-45.
8. Abzalov, M., Renard D. Plurigaussian conditional simulation (PGS) of the Budenovskoe uranium roll-front deposit, central Kazakhstan: 3D model of the host sedimentary sequence. Applied Earth Science: Transactions of the Institute of Mining and Metallurgy Volume 132, Issue 3-4, Pp. 227-235. – 2023.
9. Sharapatov A., Saduov A., Asirbek N. Sravnitel'nyj analiz vozmozhnostej algoritmov mashinnogo i glubokogo obucheniya v geologii // Nauchno-tekhnicheskij i proizvodstvennyj Gornyj zhurnal Kazahstana. Almaty, 2023. No. 11. Pp. 14-21.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_112 ӘОЖ 553.077

Қазақстан кен орындарының мысалында сирек жер элементтерінің шөгілу түрлері

[1]*ТЛЕУБЕРГЕН Айбек Жәнібекұлы, докторант, aibek_mn@mail.ru,
[1]МАУСЫМБАЕВА Алия Думановна, PhD, аға оқытушы, maussymbayevaaliya@gmail.com,
[2]АППАЗОВА Салтанат Маратовна, магистр, аға оқытушы, saltanat1986.10@gmail.com,
[1]«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Н. Назарбаев даңғылы, 56, Қарағанды, Қазақстан,
[2]«Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті» КеАҚ, Әйтеке би көшесі, 29а, Қызылорда, Қазақстан,
*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Бүгінде сирек кездесетін элементтерді қолданбайтын техника саласын атау қиын. Сирек жер элементтеріне иттрий, лантан және лантанидтер тобының 13 элементі (церий, празеодим, неодим, самарий, еуропий, гадолиний, тербиум, диспрозий, холмий, эрбиум, тулий, иттербиум, лютеций) жатады. Бұл элементтер атом энергетикасында, радиоэлектроникада, авиация мен зымыран техникасында, машина жасау мен аспап жасауда белсенді қолданылады. СЖЭ көбінесе біртұтас топ деп аталады, іс жүзінде әрбір жеке элементте белгілі бір түпкілікті қолдану жиынтығы бар, сондықтан оларға сұраныс әр түрлі болады. СЖЭ табиғи (бастапқы) ресурстарының бірнеше түрлі түрлері бар. Соның ішінде жоғары температуралы геологиялық процестер (карбонатиттер, сілтілі жыныстар, тұрғын үй және скарн шөгінділері) және төмен температуралы процестер (шашырау, латериттер, бокситтер және иондық-адсорбциялық саздар) нәтижесінде пайда болған ресурстар. Мақалада Қазақстан кен орындарының мысалында кен орындарының әр түріндегі жеке СЖЭ балансы қарастырылды.

Кілт сөздер: сирек жер элементтері, шөгілу түрлері, Қазақстанның кен орындары, орташа құрамы, таралу заңдылықтары.

Кіріспе

СЖЭ жер қыртысында салыстырмалы түрде кең таралғанымен, басқа металдардың көпшілігінен айырмашылығы, олар өндіруге жарамды кен орындарында сирек шоғырланады. Потенциалды СЖЭ кен орындарын бастапқы және қайталама кен орындарына бөлуге болады. Бастапқы кен орындары магмалық, гидротермиялық және/немесе метаморфтық процестер нәтижесінде пайда болған кен орындары болып табылады. Бұл шөгінділер көбінесе кеңістіктік жағдайда орналасқан сілтілі магмалық жыныстармен және карбонатиттермен байланысты. Екінші реттік кен орындары – бұл эрозия мен ауа-райының әсерінен пайда болған және шашыраңқы, латериттер мен бокситтерді қамтуы мүмкін. Осы екі топтың ішінде СЖЭ кен орындарын олардың генетикалық бірлестіктеріне, минералогиясына және пайда болу формасына қарай одан әрі бөлуге болады. СЖЭ кен орындары әртүрлі геологиялық орталарда кездесетіндіктен, оларды әртүрлі санаттарға жіктеу өте оңай емес.

Қазақстанда сирек жер элементтері кенді кен орындарының барлық түрлерінде – темір кені, мыс, полиметалл, алтын кені және т.б. кездеседі.

Қазақстанның мынадай негізгі сирек жер құрылымдары бөлінеді:

- эпимагматитті;
- пегматитті;
- карбонатитті;
- скарн-грейзенді;
- кварц-грейзенді;
- стратиформды;
- кварц жіпті, порфирлі, пропилитті;
- мору;
- шөгінділер.

Әлемдік тәжірибеде құрамында сирек жер элементтері кездесетін 60-тан астам минералдар белгілі. Олардың ішіндегі ең маңыздылары:

- монацит (Ce, La…..)[PO_4];
- ксенотим Y [PO_4];
- рабдофанит (Ce,Y) [PO_4] H_2O;
- бастнезит $CeCO_3$ F;
- паризит $CeCa(CO_3)3F_2$;

- пирохлор $(Na,Ca,Ce)2Nb_2O_6(OH,F)$;
- микролит $(Na,Ca,Ce)2Ta_2O_6(OH,F)$;
- эвксенит $(Y,Ce,Ca)\ (Nb,Ti)O_3$;
- лопарит $(Na,Ca,Ce)\ (Nb,Ti)O_3$;
- браннерит $(U,Ca,Y,Th)3Ti_5O_{16}$;
- гагаринит $NaYCaF_6$.

Бөлінген он формациялық-генетикалық типтің тек екеуі – сирек металды – сирек жер сілтілі граниттер және иттрий-сирек жер қыртысы. Қалған кенді түзілімдер сирек кездесетін жерлердің аз мөлшерімен сипатталады, олар негізгі кенденуге – мыс, қорғасын, мырыш, фосфор, ванадий және т.б.

Зерттеу әдістері

Эпимагматикалық формация альбит сілтілі сиениттермен және альбит сілтілі граниттермен ұсынылған. Олармен күрделі сирек жер-ниобий-цирконий және тантал-ниобий-цирконий – сирек жер кендері байланысты. Альбит сілтілі сиениттердің типтік өкілі-Борсықсай кен орны (Орал белдеуі). Сирек жерлер Ta-Nb кенденуімен бірге жүреді және бастнезит, пирохлор, ортит құрамында болады.

C_2 санатындағы қорлары бар Приозерное сирек жер (бастнезит) кен орны бөлінеді.

Жоғарғы Эспе кен орны альбитит сілтілі граниттермен генетикалық байланысты. Сирек жер минералдануы гагаринит, малакон және пирохлордан тұрады. Сирек жер элементтерінің арасында лантан, церий, гадолиний, самарий, итербиум және лютеций басым.

Сирек жер минералдануы цирконий – тантал-ниобиймен тығыз байланысты.

Генетикалық жағынан жақын кен көріністері Іле Алатауында (Құрменті), Ұлытауда (Пионер, Сызықтық, Майтөбе), Көкшетауда (Лосевка, Шоққарағай) белгілі.

Карбонатит формациясы ультрамафикалық жыныстардың шағын массивтерімен ұсынылған – Красномайский, Барчинский (Көкшетау), кедей цирконий – сирек жер минералдануы.

Скарн-грейзенды формациясы Новосветловское кен орнымен (Көкшетау) және Қарағайлыақтас (Іле Алатауы) кешенді сирек металл кен орнымен ұсынылған. Сирек жерлер ілеспе болып табылады және тантал мен ниобиймен бірге кездеседі, сирек жерлерді ұстау (ΣTR) пайыздың жүзден бір бөлігінен аспайды.

Орталық Қазақстанда кварц жіптігрейзенді (штокверкті формация) – Жоғарғы Қайрақты, Жанет, Батыстау, Оңтүстік жауыр-кең дамыған. Сирек жерлер ілеспе болып табылады және шеелитте, вольфрамитте қоспа түрінде болады. Практикалық қызығушылық Жоғарғы Қайрақты болып табылады, онда сирек кездесетін жерлерді ұстау 0,1%-ға жетеді.

Сырымбет қалайы кен орны сирек кездесетін кендері бар объектілердің қатарына жатады. Барлау процесінде сирек жерлердің өнеркәсіптік құрамы бар блоктар анықталды (0,1%).

Стратиформды формация – оған Қаратау фосфорит кен орындары, уран, молибден, платина және сирек кездесетін жерлері бар ванадий кендерінің стратификацияланған горизонттары (Баласаускандық, Құрымсаққ-Қаратау), Каспий маңы уран кен орындары (Томақ, Меловое) жатады.

Қаратаудың ванадий кен орындары. Баласаускандық-сирек кездесетін ірі жер-ванадий нысаны. Сирек жерлердің мөлшері 63-73,6% иттрий тобының элементтерінен тұрады: иттрий, тулия, гадолиний, еуропий және т.б., сирек жерлер ванадий пентоксидімен тікелей корреляциялық байланыста, корреляция коэффициенті 0,062.

Сирек жерлер қоры бойынша (ΣCe+ΣY) Баласаускандық кен орны ірі кен орындарына жатады.

Құрымсақ кен орны Баласаускандық кен орнының оңтүстік-шығыс қапталын білдіреді. ΣTR орташа мөлшері 0,08% құрайды.

Қаратау фосфорит кен орындары Көкжон, Жаңатас, Көксу, Ақсай және Чулактау кен орындарын қамтитын Қаратау фосфорит бассейніне бөлінеді.

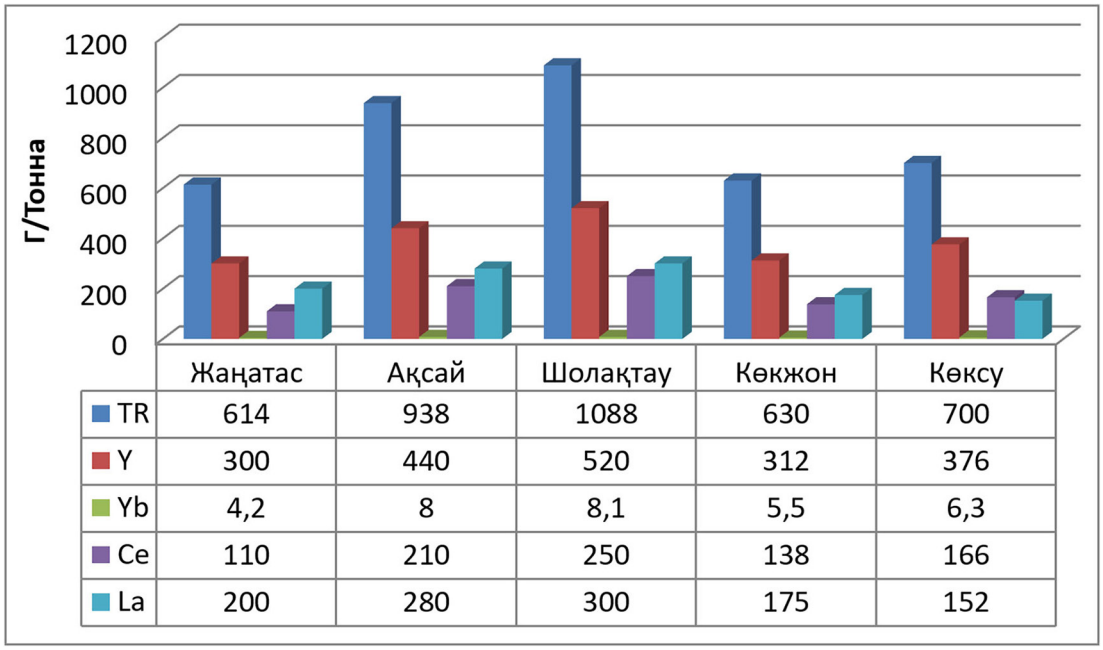
Бұл формациялардың практикалық маңызы төмен. Экзогендік кен түзілімдеріне ауа-райының қабығы мен шөгінділері жатады. Ауа райының қыртысы төрт өңірде – Шығыс Оралда (Құндыбай және Құндыбай кен алқабы), Торғайда (Ақ бұлақ), Ұлытауда (қорғасын кен алқабы, Маятас кен алқабы), Көкшетауда (Шоққарағай, Новосветловское, Торанғылық) дамыған.

Құндыбай кен орны Қостанай облысының Жетіқара ауданында орналасқан. Сирек кездесетін минералдардың ішінде қалдық (бастапқы) және гипергенді (қайталама) минералдар бар. Қалдық-ксенотим, монацит.

Бұл минералдардың ерекшелігі-еуропийдің қалыптан тыс жоғары мөлшері-монацитте 1,3% және ксенотимде 1,5%.

Ауа райының қыртысындағы негізгі құндылықтар бастнезит, черчит және рабдофаниттің қайталама сирек кездесетін минералдары болып табылады. Бастнезит мөлшері 2440 г/т жетеді. Черчит кен орнындағы ең көп таралған минерал, оның мөлшері 6,162 кг/т жетеді, құрамы бойынша рабдофанит черчиттің жақын аналогы болып табылады (ΣTR_2O_3 – 47,57%), ол иттрийдің жоғарылауымен сипатталады (4,76%).

Құндыбай кен орны ТМД елдері арасында ғана емес, әлемде де сирек кездесетін ірі нысандардың бірі.



	Жаңатас	Ақсай	Шолақтау	Көкжон	Көксу
TR	614	938	1088	630	700
Y	300	440	520	312	376
Yb	4,2	8	8,1	5,5	6,3
Ce	110	210	250	138	166
La	200	280	300	175	152

Сирек жер элементтерінің орташа мөлшері

Новосветловское кен орны Көкшетау облысының Арықбалық ауданында орналасқан. Сирек жер кендері негізінен линза тәрізді шөгінділермен ұсынылған, ұзындығы алғашқы километрге дейін және қуаты алғашқы ондаған метрге дейінгі ауа райының қыртыстарында локализацияланған. Иттрийді және басқа сирек кездесетін элементтерді тасымалдайтын минералдар-черчит және рабдофанит. Қорларды есептеудің екі нұсқасы үшін сирек кездесетін жерлердің орташа мөлшері – 0,03% және 0,107%, кен денелерінің орташа қуаты 2 м және 4 м.

Шоққарағай кен орны Көкшетау облысының Айыртау ауданында, Володарское теміржол станциясынан солтүстікке қарай 25 км жерде орналасқан.

Сирек жер кендері тау жыныстарында да, ауа райының қабығында да дамыған, екі кенді аймақ бөлінеді-Солтүстік-Шығыс I және Солтүстік-Шығыс II. Сирек кездесетін кендеу қуаты 1-2-ден 20 м-ге дейін болатын сазды-қиыршық тасты ауа-райының қабығында шоғырланған. TR_2O_3 мөлшері 0,1-ден 0,5%-ға дейін, иттрий мөлшері 0,08%-ға дейін өзгереді.

Ақбұлақ кен орны Арқалық қаласының 30 км ОБ-та орналасқан, ол қуаттылығы 50 м-ге дейін, орташа тереңдігі 13 м болатын сызықтық ауа райының қыртыстарымен ұсынылған. Иттрий оксидінің орташа мөлшері – 272 г/т, негізгі кен минералдары-ксенотим, черчит, бастнезит, циртолит. Кен орнында C_2 санаты бойынша қорлар және P_1 бойынша болжамды ресурстар есептелген. Кен орны игеруге дайындалған.

Маятас кен алқабы Қарағанды облысында, Арқалық қаласынан ОБ-қа 150 км жерде орналасқан, қуаты 25-150 м болатын ауа райының алаңдық қабығымен сирек кездесетін жерлерді сақтау ұсынылған. Олардың негізгі тасымалдаушылары-саз фракциясының минералдары және сирек кездесетін минералдар – негізінен черчит. Алдын ала барлау мәліметтері бойынша, бұл егжей-тегжейлі барлау жұмыстарын жүргізуге лайық орташа объект.

Шөгінділер-батыста және кем дегенде Солтүстік Қазақстанда кең таралды. Шөгінділердің негізгі пайдалы компоненттері титан мен цирконий болып табылады, сирек жер ілеспе компоненттеріне жатады. Негізгі сирек кездесетін минерал – моназит.

Батыс Қазақстанда тоғыз шөгінді бөлінеді – Шоқаш, Шпаковка, Сабынкөл, Болжамды, Сіңгірбай, Новомихайловка, Есет, Терісбутақ.

Сирек жерлердің мазмұны 0,06 кг/т-ден 2-3 кг/т-ға дейін өзгереді.

Солтүстік Қазақстан Титан-циркон шөгінділерімен сирек кездесетін жерлермен (монацит) – Обуховская, Горьковская, Богодуховская, Тобольская және Коскольмен ұсынылған. Монациттің мөлшері 0,15 кг/т-ден 1-2 кг/т-ға дейін.

Шығыс Қазақстан-Асубұлақ және Қараөткел. Негізгі пайдалы компоненттер-тантал және қалайы, сирек кездесетін жерлер монацитте шоғырланған, практикалық маңызы жоқ.

Қорытынды

Қазіргі уақытта сирек металдар мен сирек жер элементтерін, сондай-ақ бірқатар сирек жер кен орындарын өндіру саласында елеулі әзірлемелері бар Қазақстан, егер өз кен орындарының инвестициялық тартымдылығын, яғни сирек жер элементтерінің орташа құрамын және олардың қорларын арттыра алса, сирек жер элементтерін өндіру үшін шикізат экспорттаушы елдер тобына қосылуға мүмкіндігі бар.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Михаилов В.А. Редкоземельные руды мира. Геология, ресурсы, экономика. – Киев: Изд-во Киевский университет, 2010. – 223 с.
2. Бекжанов Г.Р., Раденко Н.Л., Иванов Л.Б., Ниязов А.Р. Редкие земли Казахстана // Геология и охрана недр. – Алматы, 2008. – № 3 (28). – С. 40-48.
3. Naymanbayev M., Lokhova N., Baltabekova Z. Classification of Raw Sources of Rare-Earth Elements in Kazakhstan // J. Mater. Sci. Eng. – 2013. – No. 3. – Pp. 326-330.
4. Chen Z. Global rare earth resources and scenarios of future rare earth industry // J. Rare Earths. – 2011. – No. 29. – Pp. 1-6. doi: 10.1016/S1002-0721(10)60401-2.
5. Klinger J.M. A historical geography of rare earth elements: From discovery to the atomic age // Extr. Ind. Soc. – 2015. – No. 2. – Pp. 572-580. doi: 10.1016/j.exis.2015.05.006.
6. Binnemans K., Jones P.T., Blanpain B., Van Gerven T., Yang Y., Walton A., Buchert M. Recycling of rare earths: A critical review // J. Clean. Prod. – 2013. – No. 51. – Pp. 1-22. doi: 10.1016/j.jclepro.2012.12.037.
7. Исаева Л.Д., Дюсембаева К.Ш., Кембаев М.К., Юсупова У., Асубаева С.К. Формы нахождения редкоземельных элементов в коре выветривания месторождения Кундыбай (Северный Казахстан) // Известия НАН РК Серия геологии и технических наук. – Алматы, 2015. – Vol. 2. № 410. – С. 23-30.
8. Омирсериков М.Ш., Исаева Л.Д., Дюсембаева К.Ш., Кембаев М.К., Асубаева С.К. Редкие земли в коре выветривания месторождения Кундыбай (Северный Казахстан) // Вестник Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева. – 2016. – № 3. – С. 32-40.
9. Исаева Л.Д., Дюсембаева К.Ш., Кембаев М.К., Юсупова У. Редкоземельные элементы и формы их нахождения в коре выветривания рудопроявления Талайрык (Северный Казахстан) // Известия НАН РК Серия геологии и технических наук. – Алматы, 2015. – Vol. 6. № 414. – С. 57-65.

Типы отложения редкоземельных элементов на примере месторождений Казахстана

[1]*ТЛЕУБЕРГЕН Айбек Жәнібекұлы, *докторант, aibek_mn@mail.ru,*
[1]МАУСЫМБАЕВА Алия Думановна, *PhD, старший преподаватель, maussymbayevaaliya@gmail.com,*
[2]АППАЗОВА Салтанат Маратовна, *магистр, старший преподаватель, saltanat1986.10@gmail.com,*
[1]НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан,
[2]НАО «Кызылординский университет имени Коркыт Ата», ул. Айтеке би, 29а, Кызылорда, Казахстан,
**автор-корреспондент.*

Аннотация. *Сегодня трудно назвать область техники, в которой бы не применялись редкие и редкоземельные элементы. К редкоземельным элементам (редким землям) относятся: иттрий, лантан и 13 элементов группы лантаноидов (церий, празеодим, неодим, самарий, европий, гадолиний, тербий, диспрозий, гольмий, эрбий, тулий, иттербий, лютеций). Эти элементы активно используются в атомной энергетике, радиоэлектронике, авиационной и ракетной технике, машино- и приборостроении. РЗЭ часто называют единой группой, на практике каждый отдельный элемент имеет определенный набор конечных применений, и поэтому спрос на них варьируется. Существует несколько различных типов природных (первичных) ресурсов РЗЭ, включая те, которые образовались в результате высокотемпературных геологических процессов (карбонатиты, щелочные породы, жиловые и скарновые отложения), и те, которые образовались в результате низкотемпературных процессов (россыпи, латериты, бокситы и ионно-адсорбционные глины). В статье рассмотрен баланс отдельных РЗЭ в каждом типе месторождений на примере месторождений Казахстана.*

Ключевые слова: *редкоземельные элементы, типы отложения, месторождения Казахстана, среднее содержание, закономерности распределения.*

Types of Deposits of Rare Earth Elements on the Example of Kazakhstan Deposits

[1]*TLEUBERGEN Aibek, *Doctoral Student, aibek_mn@mail.ru,*
[1]MAUSSYMBAYEVA Aliya, *PhD, Senior Lecturer, maussymbayevaaliya@gmail.com,*
[2]APPAZOVA Saltanat, *Master's Degree, Senior Lecturer, saltanat1986.10@gmail.com,*
[1]NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», N. Nazarbayev Avenue, 56, Karaganda, Kazakhstan,
[2]NPJSC «Korkyt Ata Kyzylorda University», Aiteke bi Street, 29a, Kyzylorda, Kazakhstan,
**corresponding author.*

Abstract. *Today it is difficult to name a field of technology in which rare and rare earth elements would not be used. Rare earth elements (rare earths) include yttrium, lanthanum and 13 elements of the lanthanide group (cerium, praseodymium, neodymium, samarium, europium, gadolinium, terbium, dysprosium, holmium, erbium, thulium, ytterbium, lutetium). These elements are actively used in nuclear power, radio electronics, aviation and rocket technology, machine and instrument engineering. REE is often referred to as a single group, in practice, each individual element has a specific set of end uses, and therefore the demand for them varies. There are several different types of natural (primary) REE resources, including those formed as a result of high-temperature geological processes (carbonatites, alkaline rocks, vein and scar deposits), and those formed as a result of low-temperature processes (placers, laterites, bauxites and ion-adsorption clays). The article examines the balance of individual REE in each type of deposits on the example of deposits in Kazakhstan.*

Keywords: *rare earth elements, types of deposits, deposits of Kazakhstan, average content, distribution patterns.*

REFERENCES

1. Mihailov V.A. Redkozemel'nye rudy mira. Geologija, resursy, jekonomika. – Kiev: Publ. Kievskij universitet, 2010. – 223 p.
2. Bekzhanov G.R., Radenko N.L., Ivanov L.B., Nijazov A.R. Redkie zemli Kazahstana // Geologija i ohrana nedr. – Almaty, 2008. – No. 3 (28). – Pp. 40-48.
3. Naymanbayev M., Lokhova N., Baltabekova Z. Classification of Raw Sources of Rare-Earth Elements in Kazakhstan // J. Mater. Sci. Eng. – 2013. – No. 3. – Pp. 326-330.
4. Chen Z. Global rare earth resources and scenarios of future rare earth industry // J. Rare Earths. – 2011. – No. 29. – Pp. 1-6. doi: 10.1016/S1002-0721(10)60401-2.
5. Klinger J.M. A historical geography of rare earth elements: From discovery to the atomic age // Extr. Ind. Soc. – 2015. – No. 2. – Pp. 572-580. doi: 10.1016/j.exis.2015.05.006.
6. Binnemans K., Jones P.T., Blanpain B., Van Gerven T., Yang Y., Walton A., Buchert M. Recycling of rare earths: A critical review // J. Clean. Prod. – 2013. – No. 51. – Pp. 1-22. doi: 10.1016/j.jclepro.2012.12.037.
7. Isaeva L.D., Djusembaeva K.Sh., Kembaev M.K., Jusupova U., Asubaeva S.K. Formy nahozhdenija redkozemel'nyh jelementov v kore vyvetrivanija mestorozhdenija Kundybaj (Severnyj Kazahstan) // Izvestija NAN RK Serija geologii i tehnicheskih nauk. – Almaty, 2015. – Vol. 2. No. 410. – Pp. 23-30.
8. Omirserikov M.Sh., Isaeva L.D., Djusembaeva K.Sh., Kembaev M.K., Asubaeva S.K. Redkie zemli v kore vyvetrivanija mestorozhdenija Kundybaj (Severnyj Kazahstan) // Vestnik Vostochno-Kazahstanskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta im. D. Serikbaeva. – 2016. – No. 3. – Pp. 32-40.
9. Isaeva L.D., Djusembaeva K.Sh., Kembaev M.K., Jusupova U. Redkozemel'nye jelementy i formy ih nahozhdenija v kore vyvetrivanija rudoprojavlenija Talajryk (Severnyj Kazahstan) // Izvestija NAN RK Serija geologii i tehnicheskih nauk. – Almaty, 2015. – Vol. 6. No. 414. – Pp. 57-65.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_118 ӘОЖ 628.161.2

Аграрлық кәсіпорынның ауыз су қажеттілігін қамтамасыз ету үшін жер асты суларынан темірді жоюдың жеңілдетілген технологиясын әзірлеу

[1]**КАМШЫБАЕВ Ахметали Аширалиевич,** *т.ғ.к., доцент, ukgu2014@mail.ru,*
[1]**САТАЕВ Марат Исакович,** *т.ғ.д., профессор, maratsatayev@mail.ru,*
[1]**АЗИМОВ Абдуғани Мутолович,** *PhD, доцент, azimov-78@mail.ru,*
[1]***ЕСЕНБЕК Асылбек Сағынтайұлы,** *докторант, аға оқытушы, asil83@list.ru,*
[2]**USHA Aravind,** *PhD, профессор, cta@mgu.ac.in,*
[1]«Мұхтар Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті» КеАҚ, Тәуке хан даңғылы, 5, Шымкент, Қазақстан,
[2]Кочин ғылым және технология университеті, Кочи, Керала, Үндістан,
**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Аэрация арқылы жер асты суынан темірді кетіру мүмкіндігі қарастырылады. Суды аэрациялаудың тиімділігін арттыру және сәйкесінше темірді толығымен кетіру үшін салқындатқыш мұнаралардағы суды салқындату үшін қолданылатын суару блоктары қолданылады. Темірдің сулы ортада болуына байланысты жою оны 2 сатыда жүргізілді, бұл тиісінше Fe2+ иондарының ауаны аэрациялау арқылы үш валентті ерімейтін күйге тотығуы және өңделген судың құрамынан ерімеген үш валентті темірді тұндыру арқылы бөлінуі. Шашыратқыш түтіктің гофрленуі оның үстіндегі судың жұқа қабатпен өтуін қамтамасыз етеді. Бұл өз кезегінде судың ауамен толық байланысын қамтамасыз етеді және сәйкесінше темірді кетіру тиімділігін арттырады. Бұл түтіктердің салмағы мен габариттік өлшемдері аз болғандықтан оларды орнатуға және тасымалдауға ыңғайлы. Тиісінше, құбырлардың жалпы өлшемдері мен салмағы даладағы судың аз мөлшерін аэрациялау процесі үшін өте қолайлы болып келеді. Нәтижесінде аэрацияланған суда темірдің мөлшері 0,05 мг/л құрайды, бұл темір құрамындағы судың химиялық құрамы нормативтік көрсеткіштерден 6 есе төмен екенін көрсетеді. Қолданыстағы шаруашылық үшін ұңғыма суын темірден тазартудың жеңілдетілген, бюджеттік схемасы әзірленді.*

Кілт сөздер: *суды аэрациялау, жер асты суларын темірсіздендіру, су себу блоктары, жеңілдетілген, ұңғыма суын темірсіздендірудің бюджеттік схемасы.*

Кіріспе. Қазақстанның оңтүстік өңірінде ауыз су және коммуналдық-тұрмыстық мақсаттарда пайдалану үшін негізінен жерасты су көздері пайдаланылады. Жер асты сулары тұщы судың негізгі көзі болып табылады және аймақтың көптеген елді мекендері мен шаруашылықтарында қолданылады. Дегенмен, көптеген жер асты суларында темірдің жоғары мөлшері бар [1].

Табиғатта ол суда еріген түрде екі валентті темір түрінде (Fe(II) немесе Fe(OH) + еріген түрінде екі валентті темір) немесе үш валентті темірге ұқсас кешендер түрінде (үш валентті темір: Fe(III), Fe(III) OH_3) немесе бактериялық түрінде кездеседі. Суда темірдің болуы техногендік шығу тегі болуы мүмкін; тау-кен өнеркәсібі, қара металлургия, металл коррозиясы және т.б. көптеген өндірістік жағдайларда ерітінділерден темірді немесе қоспаларды алып тастау қажет [2].

Темір адам үшін маңызды минерал болғанымен, жер асты суларында оның белгілі бір деңгейден жоғары болуы суды негізінен түссіздену, металл дәмі, иісі, бұлыңғырлығы, кір мен сантехниканы бояу сияқты эстетикалық себептерге байланысты жарамсыз етеді. Сонымен қатар, еріген темірдің ауамен тотығуы кезінде су қоймаларында түзілетін темір оксидтері судағы микроорганизмдердің өсуіне ықпал етеді. Су стандарты бойынша шаруашылық-ауыз судағы темір қоспаларының мөлшері 0,3 мг/л аспауы тиіс [3].

Жер асты суларының химиялық сипатына минералдар мен газдар әсер етеді, олар тау жыныстары мен шөгінділер арқылы салыстырмалы түрде баяу қозғалады. Жер асты суларында темірдің екі көзі бар, соның ішінде геогендік және антропогендік көздер. Бірінші көзі – сулы қабаттағы жер асты сулары топырақ, құм, қиыршық тас және тастар арқылы өтетін жер. Сондықтан олардың құрамындағы темір еріп, жер асты суларына оралуы мүмкін. Антропогендік көздерге өнеркәсіптік ағынды сулар, полигондардың ағуы, қышқыл шахта ағындары және т.б., бұл жер асты суларында темірдің жоғары концентрациясына әкеледі [4].

Көбінесе pH деңгейінің төмендігі және органикалық қосылыстардың жоғары мөлшері жер асты суларында темірдің көп болуына ықпал етеді. Суда болатын органикалық заттар табиғи және антропогендік заттарға бөлінеді. Табиғи органикалық заттарға гумин қышқылдары, фульво қышқылдары, гумин, микробтық метаболизм өнімдері және өлі жануарлар мен өсімдіктердің ыдырау қосылыстары жатады. Антропогендік шыққан заттарға фенолдар, беттік белсенді заттар, хлорланған органикалық қосылыстар, мұнай туындылары және полигон сүзгісінде, тыңайтқыштарда, ағынды суларда және өсімдіктерді қорғау құралдарында кездесетін пестицидтер жатады [5].

Әдебиетте сипатталған көптеген зерттеулер органикалық қосылыстармен біріктірілген темірсіздендіру әдістерін ұсынады. Бұл қосылыстар Fe (II) тотығу уақытының Fe (III) дейін ұлғаюына әкеледі, оның тиімділігін төмендетеді және осы процесте түзілетін өнімдер коллоидты болып табылады. Темірді кетіру-ауыз су алу үшін проблемалық мәселелердің бірі. Оның негізгі проблемалары дәмге, көрнекіліктерге және бітелуге байланысты [6].

Артық темір жер асты суларында болуы мүмкін немесе темір құбырларының коррозиясына немесе темір негізіндегі коагулянттардың қалдықтарына байланысты болуы мүмкін. Шикі тұщы суда темір концентрациясы әдетте 0-50 мг/л құрайды [7].

Әдеттегі реагентсіз технологияны қолданатын жер асты суларын тазарту қондырғыларында темірді кетіру аэрация арқылы еріген темірді (II) суда ерімейтін темірге (III) дейін тотықтырудан тұрады. Темір (III) гидроксиді тұндыру және сүзу арқылы жойылады [8].

Зерттеушілер жер асты суларын терең тазарту әдісін де ұсынды. Бұл әдіс тиісті ерітінділермен механикалық сүзудің дәйекті кезеңдерін және электродиализді тұзсыздандыруды, сондай-ақ суды механикалық сүзуден бұрын аэрациямен өңдеуді қамтиды, ал механикалық сүзу инертті материалмен толтырылған қысым сүзгісінде жүзеге асырылады. Электродиализді тұзсыздандыру сатысында диллюат ағындары мен алдын-ала белгіленген диапазондағы тиісті тұзды ерітіндінің арақатынасы қамтамасыз етіледі. Бұл әдістің кемшілігі-әртүрлі технологиялық операциялардың көптігіне байланысты суды тазартудың күрделі технологиясы. Сонымен қатар, оны жүзеге асыру үшін үлкен қаржылық шығындар қажет [9].

Сондай-ақ зерттеушілер жер асты суларынан темірді кетіру үшін цеолит наноглині мен кварц құмын пайдаланудың тиімділігін ұсынды және өткізгіш реактивті тосқауылды пайдаланып орнына қалпына келтіру әдісін қолдану ретінде экспериментальды түрде зерттеді [10].

Жер асты суларын тазартудың мақсаты – табиғи болып көрінетін ауыз су шығару. Еріген темірдің болуы судың дәмі мен эстетикалық қасиеттеріне әсер етеді. Темірдің түріне және мөлшеріне байланысты адамдар металл дәмі мен қызаруын байқауы мүмкін. Сонымен қатар, 0,3 мг/л-ден жоғары қалдық темір беттер мен киімдерді бояуы мүмкін. Кейбір бактериялар темір деңгейінің жоғарылауымен дамиды және құбырлардың беттеріне қолайлы тіршілік ету ортасы ретінде жабыса алады. Айта кету керек, жер асты суларында көп жағдайда темір бактериялары болуы мүмкін. Бұл сулардағы темір бактериялары жер астында оттегі болмаған кезде белсенді емес.

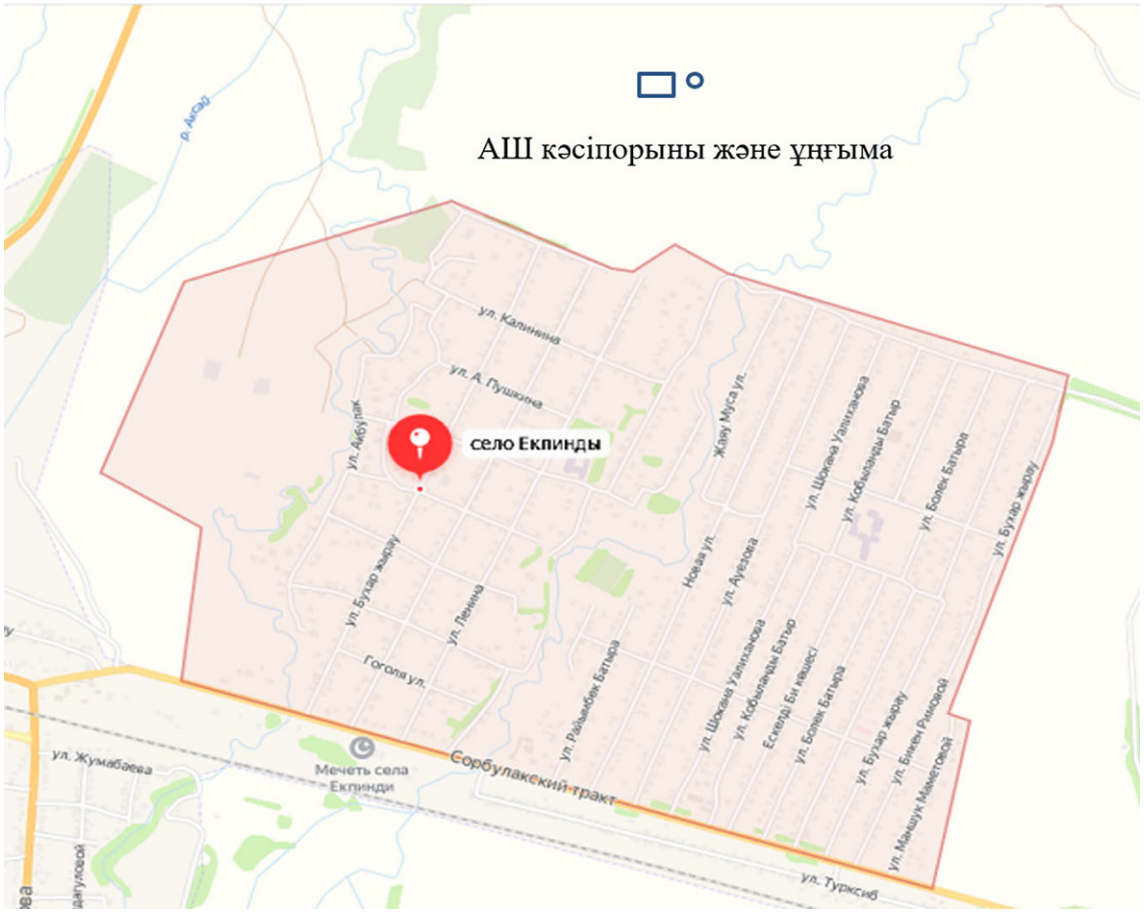
Зерттеу нәтижелері. Біз Екпінді ауылдық округінің № 0357 ұңғымасынан судың химиялық құрамын зерттедік. Бұл ауыл шаруашылығы кәсіпорны мен ұңғыма ауылдық округтің орталығынан 15-20 шақырым қашықтықта шалғайдағы жайылым алаңында орналасқан. Ауылшаруашылық кәсіпорны мен ұңғыманың орналасқан жері 1-суретте көрсетілген.

Талдау нәтижелері кестеде келтірілген.

Тәулігіне 85 м^3 көлемінде осы ұңғыманы енгізу (ең көп шығын) шалғайдағы аграрлық шаруашылықтың адамдары мен жануарларын ішуге пайдаланылады.

Кестенің деректерін талдап көрсеткендей, темірдің ішу мөлшерінен шамалы ауытқу. Сондықтан біз оның құрамын қажетті нормаларға дейін төмендету бойынша жұмыстар жүргіздік.

Темірді кетіру әдісін таңдау оның сулы ортада болу формасына тікелей байланысты. Бұл су көзіндегі темір екі валентті еритін түрінде болады. Осыны ескере отырып темірді жою екі кезеңде жүзеге асырылды. Бірінші кезеңде ауаны аэрациялау арқылы Fe2+ иондарының үш валентті ерімейтін күйге тотығуы жүргізілді. Екінші кезеңде ері-



1-сурет – Ауыл шаруашылығы кәсіпорны мен ұңғыманың орналасқан жері

Екпінді ауылдық округінің ұңғымасы суының химиялық құрамы

Көрсеткіштердің атауы	Концентрацияны анықтау	Нормативтік көрсеткіштер
20° кезіндегі балдың иісі	0	2 мг/дм³ жоғары емес
20° кезіндегі ұпайлардың дәмі	2	2 мг/дм³ жоғары емес
Түс дәрежесі	0	2 мг/дм³ жоғары емес
Стандартты мг/дм³ шкаласы бойынша лайлану	0	2 мг/дм³ жоғары емес
pH	6,0	6,0-9,0 мг/дм³
Жалпы қаттылық моль/дм³	2,4	7,0 мг/дм³
Құрғақ қалдық мг/дм³	340	1000 мг/дм³
мг/дм³ хлоридтері	342	350 мг/дм³
мг/дм³ сульфаттары	84	500 мг/дм³
Темір мг/дм³	0,6	0,3 мг/дм³
Фтор мг/дм³	1,1	1,2 мг/дм³

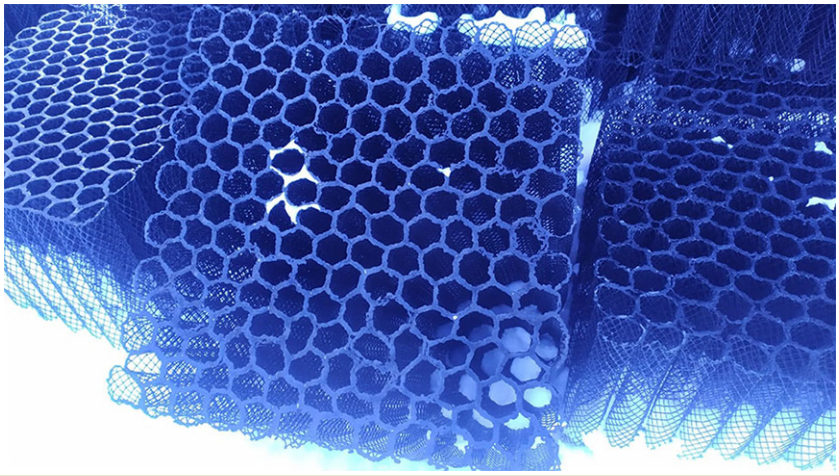
мейтін үш валентті темір өңделген судың құрамынан тұндыру арқылы бөлінеді.

Ұңғыма суын аэрациялау үшін тікбұрышты бетон ыдысынан 1,5 м биіктікте пластикалық су төгетін блоктарды орналастыруға арналған палуба салынды. Бұл спринклерлер өнеркәсіпте жаппай шығарылады және салқындату мұнараларында өнеркәсіптік

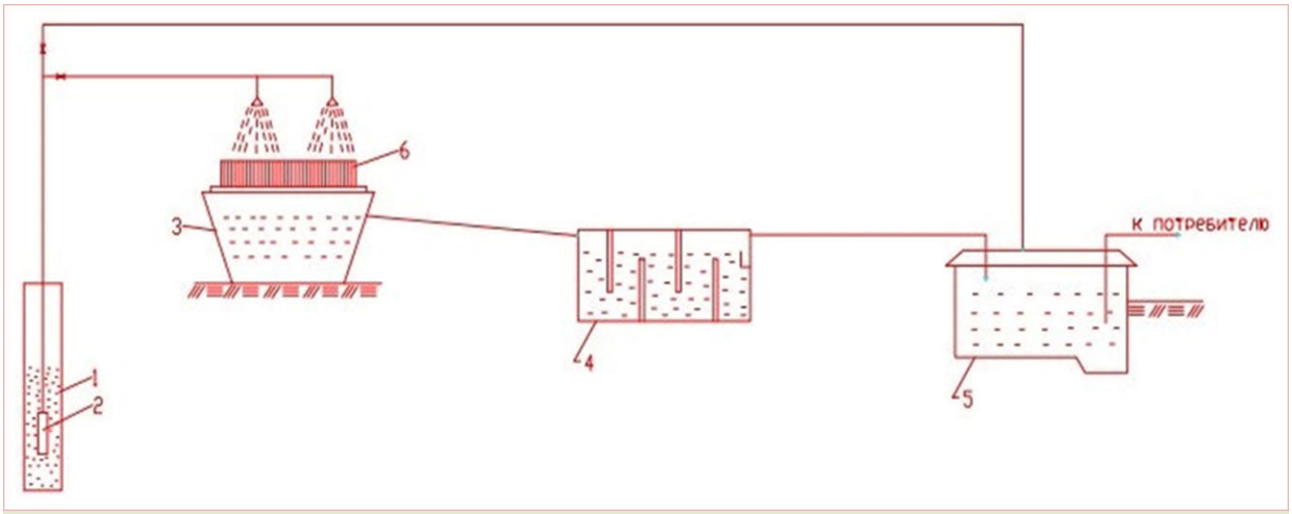
зауыттардың айналмалы суларын салқындату үшін қолданылады. Суару блоктары (2-сурет) диаметрі 50 мм болатын бір бүтінге біріктірілген шағын гофрленген пластикалық түтіктер. Бұл блоктардың мөлшері шамамен 600х600х600 мм. Олардың салмағы аз және монтаждау мен тасымалдауға ыңғайлы. Айта кету керек, бұл суару қондырғылары оларды далада аз мөлшерде суды аэрациялау процесінде қолдану үшін өте қолайлы.

Ұңғымадан алынған судың 50%-ы аэраторға жіберіледі (3-сурет) және душ торларының көмегімен ол суару блоктарына беріледі. Суармалы су суарғыштардың құбырларының қабырғалары бойымен төмен қарай ағып, ауамен жанасады және 1 м^3 ыдыста жиналады. Содан кейін су келесі бетон контейнеріне беріледі, онда тұнбаға түскен үш валентті темір тұндырылады; сол жерден тазартылған судың жерасты резервуарына. аэрацияланған суда темір мөлшері шамамен 0,05 мг/л құрайды. Тазартылған су ыдысында ұңғыма суының аэрацияланған және аэрациялбанған бөлігі араласады. Сонымен қатар, ауыз судың рұқсат етілген мөлшерінен аспайтын темірдің мөлшері де орташаланады.

Бұл схемада сыйымдылығы 1 м^3 (3) резервуар және осы шаруашылықта тазартылған су (5) сақталатын резервуар болды. Сыйымдылығы 1 м^3 болатын резервуардың үстінде біз 50х50 мм қимасы бар ағаш тақтайшалардан пластикалық су төгетін блоктарды орнатуға арналған аккорд саптамасы



2-сурет – Су блоктары



1 – ұңғыма; 2 – сорғы; 3 – аэрацияланған су жинайтын резервуар;
4 – резервуар тұндырғыш; 5 – тазартылған су ыдысы; 6 – су себу блоктары

3-сурет – Жер асты су көзінен темірді аэрация арқылы шығару схемасы

түріндегі құрылғы (төсеніш) салдық. Суару кезінде тазартылған су шашыратқыш түтіктердің гофрленген бетіне жұқа қабатпен ағып, ауамен жеткілікті байланыста болады және онымен қанықтырылады. Тазартылған суды ауаның оттегімен кейіннен байыту аэрацияланған суды жинайтын резервуарларда және біз орнатқан тұндырғыш резервуарда олардың жоғарғы бөліктері ашық болғандықтан және ауамен кедергісіз жанасу нәтижесінде пайда болады.

3 валентті темір тұнбасы тұндырғыш резервуарда және ішінара аэрацияланған су жинайтын резервуарда болады.

Бұл схема мерзімді түрде жұмыс істейді. Сондықтан құрылыстарды тазарту жылына.

Қорытынды

Бұл әдісті пайдалану кезінде қымбат су тазарту құрылыстарын салусыз суды тазартудың қажетті дәрежесіне қол жеткізілді, ол тиімсіз жұмыс істейтін станцияда тазартудың бірінші кезеңі ретінде пайдаланылуы мүмкін Оңтүстік Қазақстан жер асты суларының басым көпшілігінде қаттылық, сондай-ақ тұз мөлшері ауыз су сапасының стандарттарына сәйкес келмейтінін атап өту қажет. Мұндай сулардың қаттылығы мен тұз құрамын төмендету үшін мембраналық әдістерді қолдану перспективалы болып табылады. Мембраналық фильтрацияға ұшыраған судың құрамындағы темір мөлшері 0,4 мг/л-ден асады, бұл сүзгі қалқасының тесіктерінің бітелуіне және сәйкесінше мембраналардың жиі жуылуына әкеледі. Сүзгі циклінің ұзақтығын азайту суды тазарту процесінің тиімділігін төмендетеді.

«Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және Жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырды (грант № BR18574143)».

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Абсаметов М.К., Ливинский Ю.Н., Осипов С.В., Бураков М.М., Ерменбай А.М. Обеспеченность ресурсами подземных вод территории Южного Казахстана // Труды Международной научно-практической конференции «Водные ресурсы Центральной Азии и их использование». – 2016. – С. 206-211.
2. Aziz, H.A., Tajarudin, H.A., Wei, T.H.L. et al. Iron and manganese removal from groundwater using limestone filter with iron-oxidized bacteria // Int. J. Environ. Sci. Technol. – 2020. – Vol. 17, 2667-2680. https://doi.org/10.1007/s13762-020-02681-5
3. СТ РК ГОСТ Р 51232-2003. Вода. Общие требования к организации и методам контроля качества. https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30015745
4. Obiri-Nyarko Franklin et al (2015) Geochemical modelling for predicting the long-term performance of zeolite-PRB to treat lead contaminated groundwater. J Contam Hydrol 177-178:76-84. https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2015.03.007
5. Бейсенова, Р.Р., Шамшеденова С.С., Курбаналиев Р.М. Комплексная оценка качества подземных вод в зимний период в сельских районах Карагандинской области в окрестностях реки Нура // Вестник КазНУ. Серия экологическая, [S.l.]. – 2021. – Vol. 68. № 3. – С. 10-16. https://doi.org/10.26577/EJE.2021.v68.i3.02
6. Akbari Zadeh, M., Daghbandan, A. & Abbasi Souraki, B. Removal of iron and manganese from groundwater sources using nano-biosorbents // Chem. Biol. Technol. Agric. – 2022. – Vol. 9 (3). https://doi.org/10.1186/s40538-021-00268-x
7. Shalini Chaturvedi, Pragnesh N. Dave (2012) Removal of iron for safe drinking water, Desalination 303, Pp. 1-11. https://doi.org/10.1016/j.desal.2012.07.003
8. Desta, W.M., Lemma, D.B. & Tessema, T.A. Removal of Iron and Manganese from Groundwater by Using Aeration and Natural Sand Filtration Techniques // Chemistry Africa. – 2022. – Vol. 5. Pp. 2217-2226. https://doi.org/10.1007/s42250-022-00486-2
9. Патент RU № 2296718, Д.А. Шушков, О.Б. Котова, И.П. Пальшин. Способ очистки воды. опубл. 10.04.2007.
10. Okasha, A.S., Abd-Elmegeed, M.A. & Hassan, A.E. Experimental and Numerical Investigations of Using Nanoparticles in Groundwater Remediation // Arab J Sci Eng. – 2023. – Vol. 48, Pp. 4719-4730. https://doi.org/10.1007/s13369-022-07178-6

Разработка упрощенной технологии удаления железа из подземных вод для обеспечения питьевых нужд аграрного предприятия

[1]КАМШЫБАЕВ Ахметали Аширалиевич, *к.т.н., доцент, ukgu2014@mail.ru,*
[1]САТАЕВ Марат Исакович, *д.т.н., профессор, maratsatayev@mail.ru,*
[1]АЗИМОВ Абдугани Мутолович, *PhD, доцент, azimov-78@mail.ru,*
[1]*ЕСЕНБЕК Асылбек Сағынтайұлы, *докторант, старший преподаватель, asil83@list.ru,*
[2]USHA Aravind, *PhD, профессор, cta@mgu.ac.in,*
[1]НАО «Южно-Казахстанский университет имени Мухтара Ауэзова», пр. Тауке хана, 5, Шымкент, Казахстан,
[2]Кочинский университет науки и техники, Кочи, Керала, Индия,
**автор-корреспондент.*

Аннотация. *Рассматривается возможность удаления железа из подземной воды посредством аэрации. Для повышения эффективности аэрирования воды и, соответственно, более полного удаления железа используются водооросительные блоки, которые применяются для охлаждения оборотной воды на градирнях. В зависимости от нахождения железа в водной среде удаление проводилось в 2 этапа: окисление ионов Fe2+ до трехвалентного нерастворимого состояния посредством аэрации воздуха и выделение нерастворенного трехвалентного железа осаждением из состава обрабатываемой воды соответственно. Гофрированность трубки оросителя обеспечивает течение воды по нему тонким слоем. Это в свою очередь, обеспечивает более полный контакт воды с воздухом и, соответственно, повышает эффективность удаления железа. Данные трубки имеют небольшой вес, и габаритные размеры удобны для монтажа и транспортировки. Соответственно габаритные размеры и вес трубок идеально подходят для процесса аэрации малого количества воды в полевых условиях. В результате в аэрированной воде содержание железа составляет 0,05 мг/л. Это показывает, что химический состав воды по содержанию железа в 6 раз ниже от нормативных показателей. Для существующего хозяйства разработана упрощенная, бюджетная схема обезжелезивания скважинной воды.*

Ключевые слова: *аэрация воды, обезжелезивание подземных вод, водооросительные блоки, упрощенная, бюджетная схема обезжелезивания скважинной воды.*

Development of a Simplified Technology for Removing Iron from Groundwater to Meet the Drinking Needs of an Agricultural Enterprise

[1]KAMSHYBAEV Akhmetali, *Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, ukgu2014@mail.ru,*
[1]SATAYEV Marat, *Dr. of Tech. Sci., Professor, maratsatayev@mail.ru,*
[1]AZIMOV Abdugani, *PhD, Associate Professor, azimov-78@mail.ru,*
[1]*YESSENBEK Assylbek, *Doctoral Student, Senior Lecturer, asil83@list.ru,*
[2]USHA Aravind, *PhD, Professor, cta@mgu.ac.in,*
[1]NCJSC «Mukhtar Auezov South Kazakhstan University», Tauke Khan Avenue, 5, Shymkent, Kazakhstan,
[2]Cochin University of Science and Technology, Kochi, Kerala, India,
**corresponding author.*

Abstract. *The possibility of removing iron from underground water by aeration is being considered. To increase the efficiency of aeration of water and, accordingly, more complete removal of iron, water-drying units are used, which are used to cool recycled water in cooling towers. Depending on the presence of iron in the aqueous medium, the removal was carried out in 2 stages, the oxidation of Fe2+ ions to a trivalent insoluble state by aeration of air and the release of undissolved trivalent iron by precipitation from the composition of the treated water, respectively. The corrugation of the sprinkler tube ensures the flow of water through it in a thin layer. This, in turn, ensures more complete contact of water with air and, accordingly, increases the efficiency of iron removal. These tubes are light in weight and overall dimensions are convenient for installation and transportation. Accordingly, the overall dimensions and weight of the tubes are ideally suited for the process of aeration of a small amount of water in the field. As a result, the iron content in aerated water is 0.05 mg/l. This shows that the chemical composition of water in terms of iron content is 6 times lower than the normative in-*

dicators. For the existing economy, a simplified, budgetary scheme for de-ironing of borehole water has been developed.

Keywords: *water aeration, groundwater deironing, water removal units, compacted, budget well water deironing scheme.*

REFERENCES

1. Absametov M.K., Livinskij YU.N., Osipov S.V., Burakov M.M., Ermenbaj A.M. Obespechennost' resursami podzemnyh vod territorii YUzhnogo Kazahstana // Trudy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Vodnye resursy Central'noj Azii i ih ispol'zovanie». – (2016): 206-211.
2. Aziz, H.A., Tajarudin, H.A., Wei, T.H.L. et al. Iron and manganese removal from groundwater using limestone filter with iron-oxidized bacteria // Int. J. Environ. Sci. Technol. – 2020. – Vol. 17, 2667-2680. https://doi.org/10.1007/s13762-020-02681-5
3. ST RK GOST R 51232-2003. Voda. Obshchie trebovaniya k organizacii i metodam kontrolya kachestva. https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30015745
4. Obiri-Nyarko Franklin et al Geochemical modelling for predicting the long-term performance of zeolite-PRB to treat lead contaminated groundwater // J Contam Hydrol. – 2015 – 177-178: 76-84. https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2015.03.007
5. Bejsenova, R.R., SHamshedenova S.S., Kurbanaliev R.M. Kompleksnaya ocenka kachestva podzemnyh vod v zimnij period v sel'skih rajonah Karagandinskoj oblasti v okrestnostyah reki Nura // Vestnik KazNU. Seriya ekologicheskaya, [S.l.]. – 2021. – Vol. 68. No. 3. – Pp. 10-16. https://doi.org/10.26577/EJE.2021.v68.i3.02
6. Akbari Zadeh, M., Daghbandan, A. & Abbasi Souraki, B. Removal of iron and manganese from groundwater sources using nano-biosorbents // Chem. Biol. Technol. Agric. – 2022. – Vol. 9 (3). https://doi.org/10.1186/s40538-021-00268-x
7. Shalini Chaturvedi, Pragnesh N. Dave (2012) Removal of iron for safe drinking water, Desalination 303, Pp. 1-11. https://doi.org/10.1016/j.desal.2012.07.003
8. Desta, W.M., Lemma, D.B. & Tessema, T.A. Removal of Iron and Manganese from Groundwater by Using Aeration and Natural Sand Filtration Techniques // Chemistry Africa. – 2022. – Vol. 5. Pp. 2217-2226. https://doi.org/10.1007/s42250-022-00486-2
9. Patent RU No. 2296718, D.A. SHushkov, O.B. Kotova, I.P. Pal'shin. Sposob ochistki vody. opubl. 10.04.2007.
10. Okasha, A.S., Abd-Elmegeed, M.A. & Hassan, A.E. Experimental and Numerical Investigations of Using Nanoparticles in Groundwater Remediation // Arab J Sci Eng. – 2023. – Vol. 48, Pp. 4719-4730. https://doi.org/10.1007/s13369-022-07178-6

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_125 ӘОЖ 622.271

Мәрмәрленген әктастарды игерудегі тау-кен жұмыстарын дамытудың ұтымды бағытын зерттеу

[1]*САРЫБАЕВ Мадияр Абдуллаұлы, т.ғ.к., аға оқытушы, sarybaev.m@mail.ru,
[2]ЖАНАКОВА Райса Құлмаханқызы, PhD, қауымдастырылған профессор, zhanakova_raisa@mail.ru,
[1]«Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті» КеАҚ, әл-Фараби даңғылы, 71, Алматы, Қазақстан,
[2]Л.Б. Гончаров атындағы Қазақ автомобиль-жол институты, Райымбек даңғылы, 415в, Алматы, Қазақстан,
*автор-корреспондент.

Аңдатпа. *Қатты таужыныстары кенорындарындағы жарықшақтар жүйесі зерттелген. Таужыныстарының жылжу бұрышына қарай мәндерін ескере отырып таужынысының еркін жылжу сызығы анықталады. Зерттеу барысында тахеометрлік түсіріс негізінде горизонттардың бойында жатқан жарықшақтардың арақашықтықтар мен козғалу бағыты ескеріледі. Жарықшақтарды топтау барысында бірінші және екінші реттікке бөлінген. Біріншілері массивтің орнығу нәтижесінде пайда болған жарықшақтар болса, ал екінші кезекте жерге мүжілу жарықшақтары ескерілді. Мақаланың негізгі маңызы гранитті таужыныстарын игеру барысындағы олардың сапасын бұзбай игеру болып отыр. Аталған мәселе қазіргі таңдағы таужыныстарын блоктарға бөлу арқылы игеру өзекті болып саналады.*

Кілт сөздер: *кенорын, жарықшақ, жарықшақтар жүйесі, игеру, тау жынысы, деформация, ғимарат, құрылыс, карьер.*

Кіріспе

Жер қойнауын қорғауды және минералды шикізатты кешенді түрде пайдалануды, сонымен қатар пайдалы қазбаларды алудағы жоғалымдарды азайтуды игерілетін кенорындарының тау-кен-геологиялық жағдайларына сәйкес тау-кен жұмыстарын тиімді жүргізгенде ғана қамтамасыз етуге болады. Бұл кенорындарын қалыптастыратын тау жыныстарының физика-механикалық және физика-техникалық қасиеттері мен құрылымын жан-жақты зерттегенде мүмкін болады. Блокты құрылыс тау жыныстарының кенорындарында тау-кен жұмыстарының бағытын жобалағанда құрылымның маңызы зор.

Құрылыс тау жыныстарының карьерлерінде тау-кен жұмыстарының параметрлерін жарықшақтардың бағытын есепке алып жобалау керек. Сонымен бірге, сандық көрсеткіштермен қатар, құрылымдық бөліктердің геометриялық параметрлерін есепке алу керек, өйткені алынатын өнімнің сапасы осыған байланысты болады.

Жарықшақтар жүйелерінің бағыттарын анықтаудан, тау-кен жұмыстарының басым даму бағыттары мен блокты тас ауданының жарықшақтардың басым жүйелерінің арасындағы қашықтықтар мен бағыттарына тәуелділіктерін анықтаудан, сонымен қатар, блокты тас кенорындарын жобалау, пайдалану және бағалау үшін ұңғы гидрожарғышын жасаудан және гидрожарғышты пайдалану үшін ұңғылардың параметрлерін анықтаудан тұрады.

Материалдар мен әдістер

Кесуге арналған тасты тиімді игеруге массивтің геологиялық жарықшақтардың бағыты бойынша тау кен жұмыстарын дамыту арқылы қол жеткізіледі. Бұл жағдайда жарықшақтар жүйелерінен пайда болған тау жыныстарының табиғи ерекшеліктеріне блоктардың максималды саны сәйкес келеді, бұл параметрлерді бөлек қажет етеді. Алайда, бұл карьерді пайдалану кезінде, жарықшақтар жүйесін жаппай өлшеуге мүмкіндік беретін үлкен аумақтар ашылған кезде ғана мүмкін болады. Карьерлерді жобалау кезеңінде бұл үшін геологиялық зерттеу материалдарын қолдануға болады, өйткені олар негізінен массивтің деформациясын болжауға, демек, тау-кен жұмыстарының дамуының

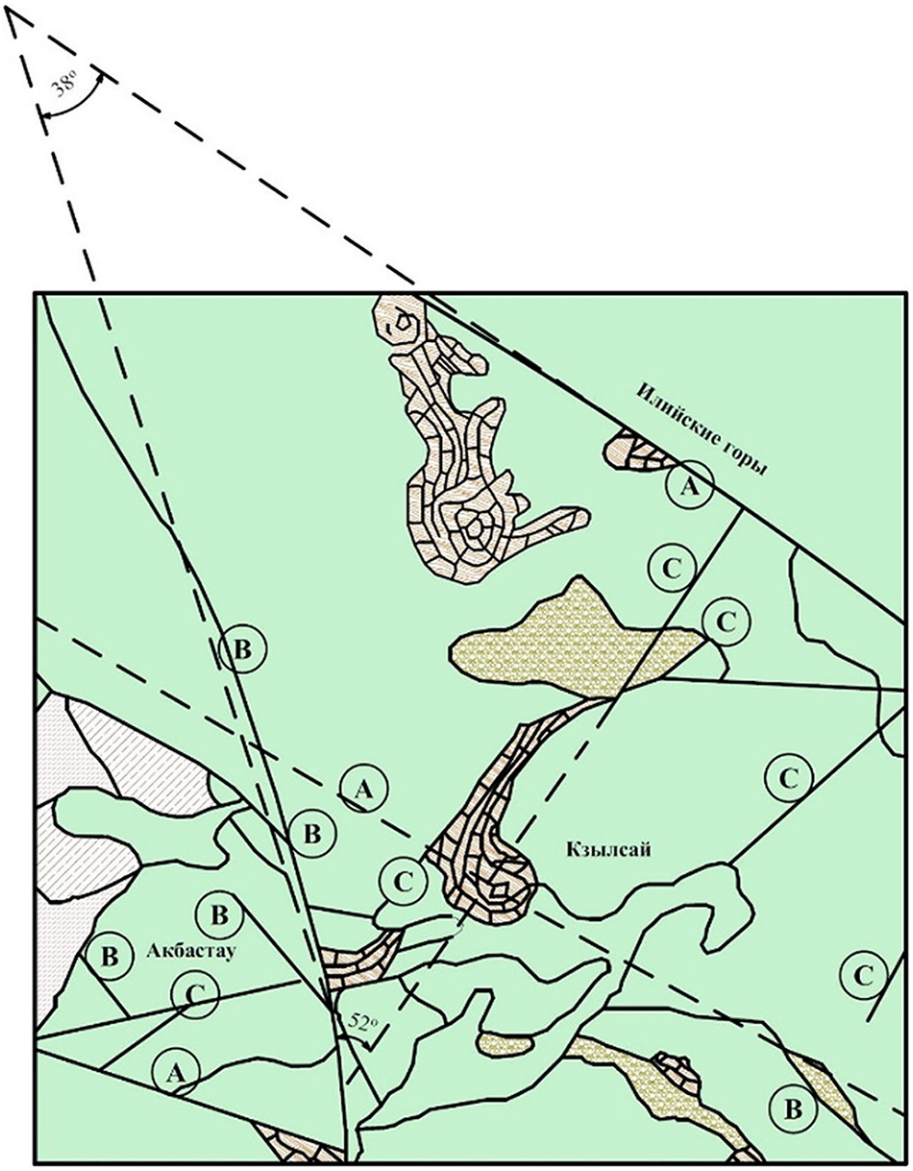
ұтымды бағытын анықтауға қызмет етеді.

Бұл жұмыс Жамбыл облысында орналасқан Қаратау мәрмәр кен орны жағдайында жүзеге асырылды. Қарастырылып отырған геологиялық нысан оңтүстік-шығыстан солтүстік-батысқа қарай 1 км-ге созылған төбе. Бұл шөгінділер құмтастардың, алевролиттердің, әктастардың және конгломераттардың жиі қабаттасуымен сипатталады.

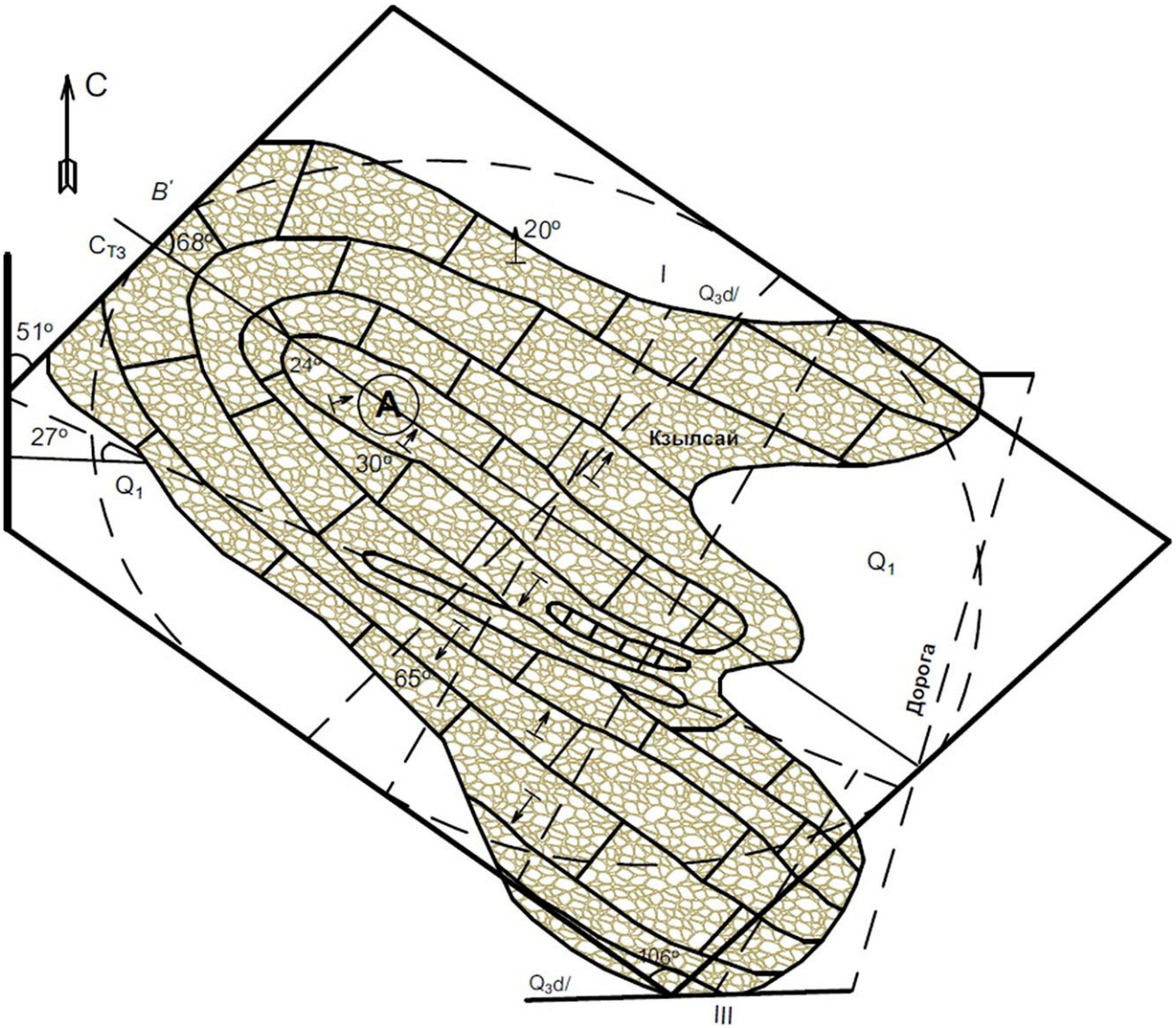
Кен орнының солтүстік-шығыс қанаты әлсіздеу, әктастар солтүстік-шығысқа қарай 15-200°, оңтүстік – батыс-тау жыныстары оңтүстік-батысқа қарай 40-600° бұрышпен құлайды.

Ауданның тектоникалық схемасында деформацияның үш негізгі бағытын ажыратуға болады (1-сурет): А – Іле тау жүйесі; В – субмеридиондық Ақбастау-Қызылсай жүйесі; С – солтүстік-шығыс көлденең (Қызылсай) жүйесі. Аталған үш жүйе ауданның негізгі тектоникалық торын құрайды. Сонымен қатар, бұл тордың жақтары мен бұрыштық қатынастары «алтын қатынас» ережесіне бағынады: сегментті екіге бөлгенде, оның кіші бөлігі үлкен сегментке, ал үлкен бөлігі бүтін сегментке жатады. Егер осы сегменттерден тікбұрышты үшбұрыш салынса, онда оның өткір бұрыштары 52-380° болады.

2-суретте кен орнының тектоникалық элементтері көрсетілген. Кен орындары созылу арқылы өтетін бүктеменің осьтік сызығы негізгі Іле жотасының бағытымен сәйкес келеді (А сызығы). Тағы бір негізгі бағыт екі жыныстың шарты бойынша жүреді және шамамен 51° созылу азимутына ие. Кен орнының тектоникалық өрісінің айналасындағы осы екі негізгі бағытта деформация эллипсі жазылған параллелограмм сипатталған.



1-сурет – Қызылсай кенорнының тектоникалық схемасы



2-сурет – Тектоникалық параллелограмм және эллипс деформациялары

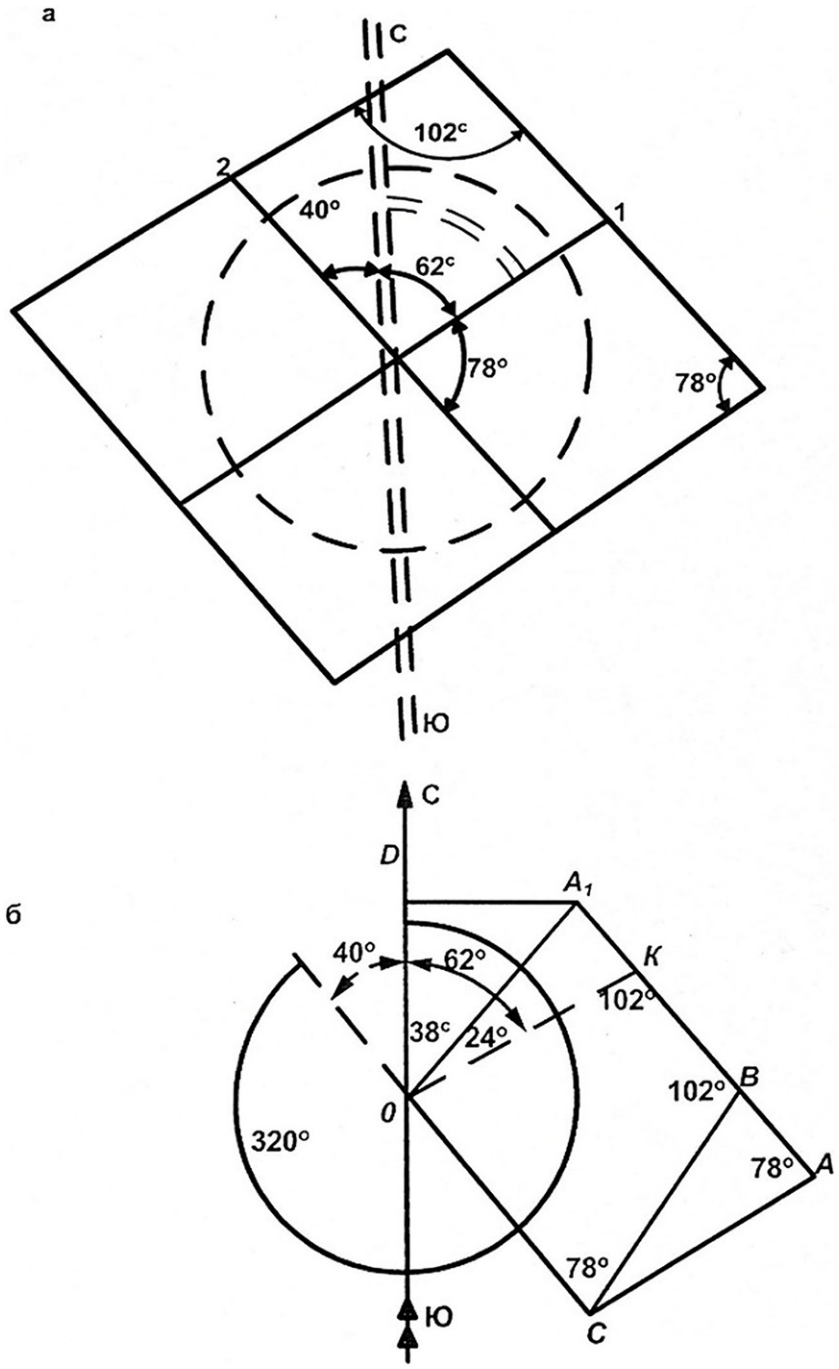
2-суретте көрініп тұрғандай Ақбастау-Қызылсай кен орнының тектоникалық өрісіндегі эллипстің орны карбонат массивінің пластиктен жарықшақ деформациясына ауысуы сипатталады.

Екінші тектоникалық бағыттың кері азимуты: 360°-320°=40° «алтын қатынас» бұрышымен бірге кальцит кристалының ромбының өткір бұрышы 78°-ға тең болады, осылайша тау жыныстарының карбонатты массивтерінде деформацияның дамуының түзу сызықты заңдылығын байқауға болады. «Жалпыдан жекеге» қағидаты сақталады. Қарастырылып отырған кен орнының деформациясының геодинамикалық шарттары оның кристалдық құрылымымен байланысты және онымен ортақ белгілері бар.

Аймақтың екі тектоникалық сызығы (Іле және Қызылсай) карбонатты алмас кристалының екі жұптасу жағы ретінде ұсынылуы мүмкін. Бұл үлгі жарықшақтарды өлшеу нәтижелерін өңдеу арқылы математикалық статистика әдісімен белгіленеді.

Салынған тау жыныстары массивтің деформация эллипсоиды бүктелген пішіннің иілу сатысына сәйкес келеді. Деформацияның осы кезеңінде қабаттардың иілу элементтерімен біріктірілген ұсақ жарықтар пайда болады. Бұл кішкентай жарықтар карбонаттың (кальциттің) кристалдық түрлерімен байланысты. Кристалды агрегаттардың беттері массивте осы жарықтар пайда болған және дамыған кезде негізгі жарықтар ретінде қызмет етті.

Ақбастау-Қызылсай кен орнында сипатталған учаскенің тектоникалық деформациясының негізгі бағыттары жыныс массивін құрайтын карбонатты минералдардың кристалдық формаларына тән бұрыштармен қиылысады.



3-сурет – Алғашқы екі жарықшақ жүйесінің бағытында ромб құру

Тегістеуіштердегі кальцит кристалдарының микроқұрылымдық элементтері ромбоэдрлік пішінге оның айна бейнесі (қосарлану әсері) және агрегаттар арасындағы байланыстардың әртүрлі шекаралық шарттары салынғанын көрсетті. Осы комбинацияның нәтижесінде 102°-78° бұрыштарын құрайтын екі негізгі бағыт анықталды. Бұл бағыттар қосарлану жазықтықтары, кристалдық түйіршіктердің жанасуы және ромбоэдрлердің диагональдары бойынша немесе кристалдық агрегаттарды кесіп өтетін жаңа микрожарықшақтар бойымен өтеді. Бұл бағыттардың қиылысу нүктелерінде азды көпті изомерлі ұсақ бөлшектер болады.

Осының негізінде забойдың қозғалысын массивтің негізгі деформациясы орын алатындай етіп жобалау орынды болып көрінеді.

Нәтижелер

Эксперименттік карьерді әзірлеу кезінде тау-кен жұмыстары 270-272° азимут бағытында дамыды. Авторлық ұсыныстарды енгізгеннен кейін забой 320° азимутпен ромбтың бір жағының бағыты бойынша ор-

наластырылды. Нәтижесінде блоктардың шығымы орта есеппен 4.9%-ға артып, 22.9% құрады.

Осылайша, кен орнында деформацияның дамуы 320 және 62° азимуты бар бағыттар бойынша жүреді, ал құрылымдық блоктардың жақтары дәл осылай бағытталады.

Ақбастау-Қызылсай мәрмәрлі әктас кен орнын игеруді забойды тектоникалық жарықтардың созылу азимуттарынан пайда болған параллелограмм жақтарының бірінің бағыты бойынша жылжыту арқылы жүзеге асырған жөн.

Эллипстің үлкен және кіші осьтері кен орнындағы параллелепипедтік құрылымдық ерекшеліктердің бағытын көрсетеді. Бөлудің ұзын шеті солтүстік-батысқа бағытталған.

Массивтің жарылуының көріністерін бақылау мәрмәрленген әктастағы тік жарықтардың төрт жүйесін анықтады. Бір жұмсақ құлаумен бірге олар бес жүйені құрайды.

Орташа өлшеу нәтижелері 1-кестеде келтірілген.

Екі қырлы бұрышты анықтаудың бірнеше әдісі бар: Аналитикалық-нүктелік координаттар бойынша, графикалық-сандық белгілері бар проекциялар арқылы (Соболевский әдісі) стереографиялық проекция әдісі: Баттани әдісі.

Осы бұрыштарды есептеу нәтижелері 2-кестеде келтірілген.

Жарықтар жүйесінің маңызды сипаттамалары бұл Аль-Баттани формуласы бойынша анықталатын пайда болу элементтері, олардың қиылысу сызықтары

$$\mathrm{tg}A_0 = \frac{\sin A \mathrm{tg}\delta_1}{\mathrm{tg}\delta_1 \cos A - \mathrm{tg}\delta_2},$$

$$\sin D_0 = \frac{\sin A}{\sqrt{\mathrm{ctg}^2\delta_1 + \mathrm{ctg}^2\delta_2 + \sin^2 A}}.$$

Мұндағы A_0 – жазықтықтардың қиылысу (қиылысу) азимуты; D_0 – қиылысу сызығының көлбеу бұрышы. Осы шамалардың есептік мәндері: A_0 = 65°; D_0 = 28°.

Жасырын микрожарықтар негізінен берілген жынысты құрайтын кристалдар арасында (және ішінде) болатын дислокациялармен байланысты. Тау жыныстарының кристалды дәндеріне сәйкес келетін бұл микрожарықтар көбінесе үлкен жарықтардың дамуын тудырады.

Табиғаттағы көмірқышқыл қосылыстары тригональды сингонияның кристалды түріне ие және ромбоэдрдің бөлінуіне ие. Бұл ромбоэдрдің бұрыштары 102-104° шегінде жатыр.

Барлық дерлік тау жыныстары кристалды заттардан тұрады. Тау жыныстарының мономинералды құрамы жағдайында кристалдық формалар тектоникалық және құрылымдық блоктарда сақталады. Мысалы, ас тұзының бөлінуінің текше формалары үлкен құрылымдық блоктарда сақталады. Кальцит кристалдарының ромбтық формалары туралы да айтуға болады. Тау жыныстарының массивінде жарықтар жүйесінің пайда болуы тау жыныстарының кристалдық формалары мен құрылымын қалыптастырумен бірдей заңдылыққа ие.

Қарастырылып отырған кен орнында алғашқы екі жүйеде келесі пайда болу элементтері бар: 62° созылу азимуттары, 152° құлау, 74° түсу бұрышы; 320° созылу азимуттары, 50° құлау, 77° түсу бұрышы. 102° азимуттар арасындағы бұрыш, яғни кальцит – исландиялық шпат кристалының ромбоэдрінің бет бұрышына тең.

1-кесте – Өлшеу нәтижелері

Жүйелер	Азимут, градус		Құлау бұрышы, градус
	созылу	құлау	
1	62	152	74
2	320	50	77
3	10	100	76
4	186	276	66
5	10	100	40

2-кесте – Есептеу нәтижелері

Жарықшақтар жүйесі	Сүйір бұрыштар, градус
1-2	71
1-3	70
1-4	63
1-5	62
2-3	71
2-4	75
2-5	63
3-4	78
4-5	55

Қорытынды

Тәжірибе көрсеткендей, сауда орталықтарын, жер асты урбанистикасында, кеңселер мен мәдени және демалыс орталықтарын, яғни құрылыста өңдеу кезінде тас қолданыс тауып жатыр. Осыған байланысты, қала құрылысында тасты қолдану масш-

табтары ары қарай да сақталады деп айтуға болады.

Блокты тасты кенорындарын игеру, оны алудың негізгі параметрлерін анықтау кенорнындағы жарықшақтар жағдайы ескерусіз жүргізіледі.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Ракишев Б.Р., Машанов А.А., Калышкина Е.Н. Определение углов естественных отдельностей в массиве скальных пород на ПЭВМ // Сборник научных трудов НГА Украины. Днепропетровск, 2001, № 12. – С. 138-143 (орыс тілінде).
2. Serik Moldabayev, Kanay Rysbekov, Olena Sdvyzhkova, Dmytro Babets, Madiyar Sarybayev, «Mathematical modeling stochastic variation of rock properties at an excavation design» 20th international multidisciplinary scientific geoconference sgem 2020, SCOPUS, С. 165-172 (ағылшын тілінде).
3. Serik Moldabayev, Zhanat Sultanbekova, Madiyar Sarybayev, Tolegen Adil, Madinur Akhmetova, «Features of optimizing the calendar schedule of open-pit mining by steeply inclined layers», sgem2022 (ағылшын тілінде).
4. Ракишев Б.Р., Машанов А.А., Баймухамедов Е.М. Графическая связь теорий прочности с формами естественных отдельностей // Сборник докладов X международной конференции «Технология, оборудование и сырьевая база горных предприятий промышленности строительных материалов». – Минск, 2002. – С. 113-116 (орыс тілінде).
5. Сойидкосимов С.С., Хакбердиев М.Р. Анализ напряженно-деформационного состояния горного массива // Республиканская научно-техническая конференция «Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и перспективы инновационного развития». Навои, 2016. С. 14-15 (орыс тілінде).
6. Assessment Report on Classification of Energy and Mineral Resources and its Management in the Republic of Kazakhstan Non-profit Joint Stock Company Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev, Institute of Hydrogeology and Geoecology named after U.M. Akhmedsafin M.K. Absametov, Ye.Zh. Murtazin, S.V. Osipov, D.S. Sapargaliyev May, 2019. Almaty, Kazakhstan (ағылшын тілінде).
7. Веселова Л.К. Геоморфология Казахстана. – Алматы, 2018. – 172 с. (на русском языке).
8. Сарыбаев М.А. Құрылыс тастарын игеру тиімділігін гидрожарғыш құрылғысын қолдану арқылы арттыру, диссертация, техн. ғыл. кандидаты 2010, 92 с., Алматы, Қазақстан (қазақ тілінде).
9. Хакбердиев М.Р., Рахимова М.Н., Исследование напряженного состояния массива вокруг горизонтальных горных выработок со сводчатым контуром // Международный журнал передовых исследований в области науки, техники-технологий. – 2021. Т. 8. – Вып. 2. С. 25-28 (орыс тілінде).
10. Старшинов А.В., Жамьян Ж., Гильманов Р.А. и др. Современные средства взрывания и возможности их оценки эффективности в полигонных условиях // Горная промышленность. – 2019. – № 1. – С. 66-73 (орыс тілінде).
11. Dwivedi P.D., Goel R.K., Singh M., Viladkar M.N. et al. Таужыныстарын тоннельдеуге арналған жердің әрекетін болжау // Тау-кен механикасы және тау-кен техникасы. – 2019. – Т.52. – № 4. – Б. 11-65, 11-77 (ағылшын тілінде).

Исследование рационального направления развития горных работ при разработке мраморных известняков

[1]*САРЫБАЕВ Мадияр Абдуллаевич, *к.т.н., старший преподаватель, sarybaev.m@mail.ru,*
[2]ЖАНАКОВА Райса Кулмахановна, *PhD, ассоциированный профессор, zhanakova_raisa@mail.ru,*
[1]НАО «Казахский национальный университет имени аль-Фараби», пр. аль-Фараби, 71, Алматы, Казахстан,
[2]Казахский автомобильно-дорожный институт имени Л.Б. Гончарова, пр. Райымбека, 415в, Алматы, Казахстан,
**автор-корреспондент.*

Аннотация. *Исследована система трещин в месторождениях твердых пород. Учитывая значения в зависимости от угла смещения породы, определяется линия свободного смещения породы. При исследовании учитываются расстояния и направление движения трещин, лежащих вдоль горизонтов на основании тахеометрической съемки. В процессе группировки трещины разделяются на первую и вторую последовательности. Первые были трещинами, образовавшимися в результате оседания массива, а во вторую очередь учитывались трещины, образовавшиеся в земле. Основным значением статьи является освоение гранитных пород без нарушения их качества при освоении. Данный вопрос является актуальным в настоящее время для освоения горных пород с разбивкой на блоки.*

Ключевые слова: *месторождение, трещина, трещиноватая система, разработка, горная порода, деформация, здание, строительство, карьер.*

The Study of the Rational Direction the Mining Development in the Development of Marble Limestones

[1]*SARYBAYEV Madiyar, *Cand. of Tech. Sci., Senior Lecturer, sarybaev.m@mail.ru,*
[2]ZHANAKOVA Raissa, *PhD, Associate Professor, zhanakova_raisa@mail.ru,*
[1]NPJSC «Al-Farabi Kazakh National University», Al-Farabi Avenue, 71, Almaty, Kazakhstan,
[2]Kazakh Automobile and Road Institute named after L.B. Goncharov, Raiymbek Avenue, 415v, Almaty, Kazakhstan,
**corresponding author.*

Abstract. *The system of cracks in hard rock deposits has been investigated. Considering the values depending on the angle of displacement of the rock, the line of free displacement of the rock is determined. The study takes into account the distances and direction of movement of cracks lying along the horizons, based on a total station survey. During the grouping process, the cracks are divided into the first and second sequences. The first one had cracks formed as a result of subsidence of the massif, and the second one took into account cracks formed in the ground. The main point of the article is the development of granite rocks without violating their quality during the development process. This issue is currently relevant for the development of rocks divided into blocks.*

Keywords: *deposit, crack, fractured system, mining, rock, deformation, construction, construction site, quarry.*

REFERENCES

1. Rakishev B.R., Mashanov A.A., Kalyshkina E.N. Determination of angles of natural separations in an array of rocks on a PC // Collection of scientific papers of the National Academy of Sciences of Ukraine. Dnepropetrovsk, 2001, No. 12. – Pp. 138-143 (in Russian).
2. Serik Moldabayev, Kanay Rysbekov, Olena Sdvyzhkova, Dmytro Babets, Madiyar Sarybayev, «Mathematical modeling stochastic variation of rock properties at an excavation design» 20th international multidisciplinary scientific geoconference sgem 2020, SCOPUS, pp. 165-172 (in English).
3. Serik Moldabayev, Zhanat Sultanbekova, Madiyar Sarybayev, Tolegen Adil, Madinur Akhmetova, «Features of optimizing the calendar schedule of open-pit mining by steeply enclosed layers», sgem2022 (in English).
4. Rakishev B.R., Mashanov A.A., Baymukhamedov E.M. Graphic connection of strength theories with forms of natural separations // Collection of reports of the X international conference «Technology, equipment and raw materials base of mining enterprises of the building materials industry». – Minsk, 2002. – Pp. 113-116 (in Russian).
5. Soyidkosimov S.S., Khakberdiev M.R., Analysis of the stress-strain state of the mountain range // Republican scientific and technical conference «Mining and metallurgical complex: achievements, problems and prospects of innovative development». Navoi, 2016. Pp. 14-15 (in Russian).
6. Assessment Report on Classification of Energy and Mineral Resources and its Management in the Republic of Kazakhstan Non-profit Joint Stock Company Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev, Institute of Hydrogeology and Geoecology named after U.M. Akhmedsafin M.K. Absametov, Ye.Zh. Murtazin, S.V. Osipov, D.S. Sapargaliyev. May, 2019, Almaty, Kazakhstan (in English).
7. Veselova L.K. Geomorphology of Kazakhstan. – Almaty, 2018 – 172 p. (in Russian).
8. Sarybaev M.A. Kurylys tastaryn igeru tiimdiligin gidrozhargysh kurylgysyn koldan arkyl arttyr, dissertation, technical. gyl. candidates 2010, 92 p., Almaty, Kazakhstan (in Kazakh).
9. Khakberdiev M.R., Rakhimova M.N., Investigation of the stressed state of the massifs of the horizontal mountain ridges with a vaulted contour // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – 2021. Vol. 8. – Issue. 2. Pp. 25-28 (in Russian).
10. Starshinov A.V., Zhamyan Zh., Gilmanov R.A. et al. Modern means of blasting and the possibility of evaluating their effectiveness in landfill conditions // Mining industry. – 2019. – No. 1, – Pp. 66-73 (in Russian).
11. Dwivedi P.D., Goel R.K., Singh M., Viladkar M.N. et al. Prediction of Earth behavior for rock tunneling. // Mining mechanics and mining engineering. – 2019. – Vol. 52. – No. 4. – Pp. 11-65, 11-77 (in English).

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_133 ӘОЖ 622.324.5(574.3)=512.122

Көмір шахталарында өндірілген кеңістіктерден метанның бөлінуі

[1]**РАБАТҰЛЫ Мұхаммедрахым,** *PhD, доцент м.а., mukhammedrakhym@mail.ru,*
[1]**МУСИН Равиль Альтавович,** *PhD, доцент м.а., r.a.mussin@mail.ru,*
[1]**ЗАМАЛИЕВ Наиль Мансурович,** *PhD, доцент м.а., nailzamaliev@mail.ru,*
[2]**ХАЙДИНА Мария Павловна,** *т.ғ.к., доцент, mmp2003@inbox.ru,*
[1]***ҚАЙЫРБЕК Аяжан Аманжолқызы,** *магистрант, ayazhan.kairbek@bk.ru,*
[1]«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Н. Назарбаев даңғылы, 56, Қарағанды, Қазақстан,
[2]И.М. Губкин атындағы Ресей мемлекеттік мұнай және газ университеті, Ленин даңғылы, 65, Мәскеу, Ресей,
**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Көмір шахталарының қазбаларына метанның бөліну көздері өндірілетін көмір қабаттары, аралық қабатшалары және жанасатын жыныстары болып табылады және олардан бөлінетін метан даярлау қазбаларына, тазартпа қазбаларына бөлінеді [1]. Көмір шахталарында өндірілген кеңістіктерден метанның жер бетіне орын ауыстыру мүмкіндігі туралы болжам жасалды. Ең ықтимал орын ауыстыру орындарын анықтау үшін кешенді аналитикалық әдіс әзірленді. Қозғалыс жылдамдығының өзгеру заңдылықтары температураға қысымға меншікті салмаққа және орын ауыстыратын көмірсутек газдарының тұтқырлығына байланысты екені анықталды. Метан ең жоғары тұтқырлыққа ие. Құрғақ және суланған жыныстардағы газдың сүзілуіне әсер ететін тау жыныстарының жарықшақтық коэффициенті анықталды. Зерттеулер негізінде метанның миграциясының ықтимал жерлері ұсынылды.*

Кілт сөздер: *метан, көмір қабаты, газдың орын ауыстыруы, өткізгіштік, газды сүзу.*

Кіріспе

Көмір қабаттарының метаны және көмір шахталарының ілеспе газдарды сүзу арқасында тау жыныстарының байланысқан кеуектері бойынша және диффузия арқасында тау жыныстарының және оны толтыратын кеуектері, сұйықтықтары мен газдары арқылы миграцияланады. Көмір шахталарындағы газдың миграциясының әртүрлі процестері бірлесіп жүреді және су мен оның құрамындағы заттардың орын ауыстыруымен белгілі бір байланыста болады. Табиғи жағдайда көмір қабаттарындағы газ қысымы әдетте тереңдікке пропорционалды түрде өседі, бұл миграцияның бір өлшемділігі сақталатын орталық бөлімдерінде газдың әр түрлі тереңдігінде газ ағынының тұрақты шамасын анықтайды.

Көмір өндіру процесінде шахталарда метанның бөлінуіне қарсы күрес қауіпсіз жұмыс жүргізу, санитарлық-гигиеналық еңбек жағдайларын жақсарту тұрғысынан шешуші болып табылады [2].

Көмір өндірудің әлемдік тәжірибесінде көмір қабаттарын алдын-ала газсыздандыру және желдету арқылы шахталардан газ шығаруды басқарудың үлкен тәжірибесі жинақталған.

Газ-мұнай немесе таза газ кенорындарынан газ өндірумен салыстырғанда көмір қабаттарынан метанды алудың ерекшелігі, көмір қабаттарының газ өткізгіштігінің төмендігіне байланысты, олардан метанды алу көмір өндіруге байланысты шектеулі мөлшерде жүргізілуі мүмкін, егер бұл жұмыстар бір уақытта жүргізілсе.

Тау қысымынан босатылған көмір қабаттары жоғарғы газ өткізгіштікке ие, бұл метанның бөліну тиімділігін және оны алуды жақсартады.

Көмір шахталарында газ, су және суда еріген заттар тау жыныстарының қабатына орын ауыстыруы мүмкін. Белгілі бір жағдайларда орын ауыстыратын заттар ұзақ қашықтыққа жылжиды және жер бетіне жетуі мүмкін.

Зерттеу әдістемесі

Шөгінді жыныстар – ауа мен газы бар кеуекті денелер болып табылады. Тиісті қы-

сым айырмашылықтары болған кезде кеуектерде көрсетілген компоненттердің қозғалысы болады.

Метанның орын ауыстыру құбылыстарының алуан түрлілігіне байланысты әр түрлі зерттеушілер осы құбылыстардың схемалары мен жіктемелерін жасады.

Минералды және биогендік жеке немесе цементтелген бөлшектерден тұратын шөгінді жыныстар әдетте белгілі бір кеуектілікке ие.

Шөгінді қалыңдықта газдардың орын ауыстыруы бір бағытта емес, әртүрлі бағытта жүруі мүмкін.

Шөгінді қалыңдық біркелкі емес. Бір көмір қабатының газ өткізгіштігі әр түрлі жерлерде әр түрлі болады.

Табиғи жағдайда газдардың орын ауыстыру құбылыстары – сүзу және диффузия-бір-бірімен тығыз байланысып қосылады [3].

Жыныстардың едәуір аудандары мен көлемдерінде сүзу-диффузиялық ағындар орын алады.

Зерттеу нәтижесі

Жарықтаршақтар мен ірі кеуекті аймақтардың болуы сирек кездесетін тау жыныстары арқылы метан орын ауыстырған кезде айтарлықтай аймаққа бөлінген сүзудің масштабын және газдың диффузиясын өлшеуге болады.

Газдың көмір қабатына кесе көлденең бағытта орын ауыстыруын қарастырған кезде, оның жолының бір бөлігінде газ диффузияланатынын, содан кейін ол жарықшақтар мен кеуектердің ені аз жарықшақты жыныстар аймағына түсуі мүмкін екенін ескеру қажет. Бұл жерде кіретін газдың осы жарықшақтардағы газға еркін диффузия процесі жүреді. Жарықшақтар бойынша айтарлықтай қысым айырмашылықтары болған кезде газды сүзу жүреді.

Сондықтан газдың орын ауыстыру сипаты мен ауқымына қатысты келесі түрлері туралы айтуға болады:

- қысым айырмашылығы болған кезде сумен қамтылмаған жарықшақтар мен байланысатын кеуектер арқылы пайда болатын газды сүзу;
- су алып жатқан жарықшақтар мен кеуектерде газдың қалқып шығуы;
- сумен қамтылған барлық кеуектер мен жарықшақтар жыныстардағы газдың диффузиясы;
- кеуектер мен жарықшақтардың құрамындағы газдағы газдың диффузиясы;
- еріген газды тау жыныстарының кеуектерінде жылжығыш сумен тасымалдау.

Газдың орын ауыстыруының барлық осы түрлері әр газ құрылымында жүреді.

H тереңдігінде 1-суреттегі газдың жиналуы болатын біртекті тау жыныстарындағы газдың орын ауыстыруын қарастырайық. Газдың осы шоғырланудан сүзу немесе диффузия арқылы қалай таралатынын және осы қалыңдықтың жоғарғы қабатында қандай орын ауыстыру газының концентрациясы байқалатынын анықтау керек [4].

S түрінде жолақ ені бар көзді кесіп өтетін профиль үшін формула шығарылды

$$p = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{\sigma_0}{D} z arct \frac{sh\frac{\pi}{4}\left(\frac{S}{H}\right)}{ch\frac{\pi}{2}\left(\frac{x}{H}\right)}. \qquad (1)$$

Бұл формулада p – тау жыныстарының жоғарғы қабатының нүктелеріндегі оның бетінен z тереңдігіндегі сутектің концентрациясы немесе парциалдық қысымы; σ_0 – көмірсутек ағыны; D – диффузия коэффициенті; S – газды жолақтың ені; H – орналасу тереңдігі; x – координат басынан нүктенің қашықтығы; s_h және c_h – гиперболалық синус және косинус.

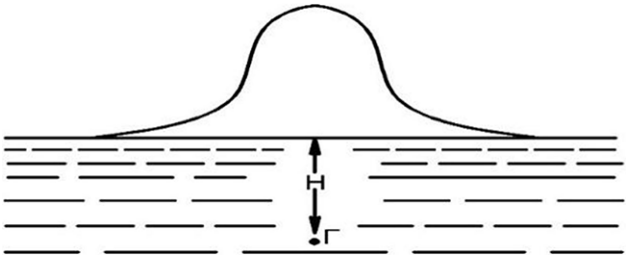
Z шамасы, бақылаулар жүргізілетін тереңдік H газының пайда болу тереңдігімен салыстырғанда аз деп болжанады. Егер диффузия болмаса, бірақ біртекті ортада газды сүзу болса, онда қисықтың сипаты өзгермейді. Теңдеудегі D диффузия коэффициентін бұл жағдайда сүзу теңдеуінен сәйкес шамамен ауыстырылуы керек [5].

Берілген теңдеуден алынған теориялық қисық 2-суретте берілген қисықтың максимумы газ көзінің ортасынан жоғары орналасқан. Қисық симметриялы максимумның екі жағында да төмендейді.

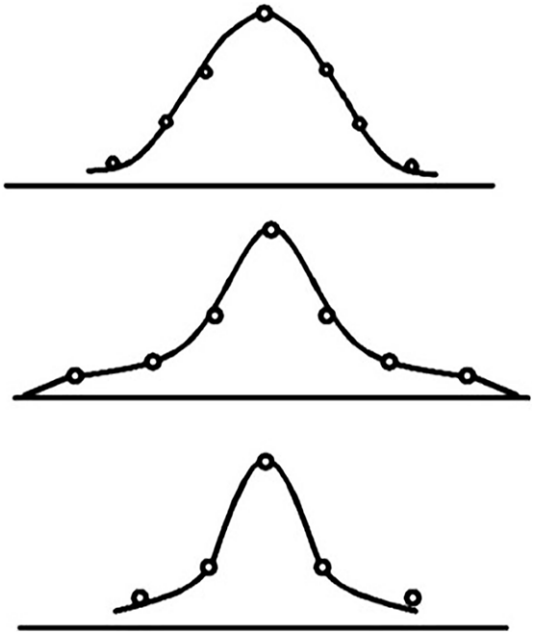
В.В. Лотов арнайы ұйымдастырылған модельде құмдағы нүктелік көзден газды сүзу

Газдардың әртүрлі орын ауыстыру түрлерінің қарқындылығы

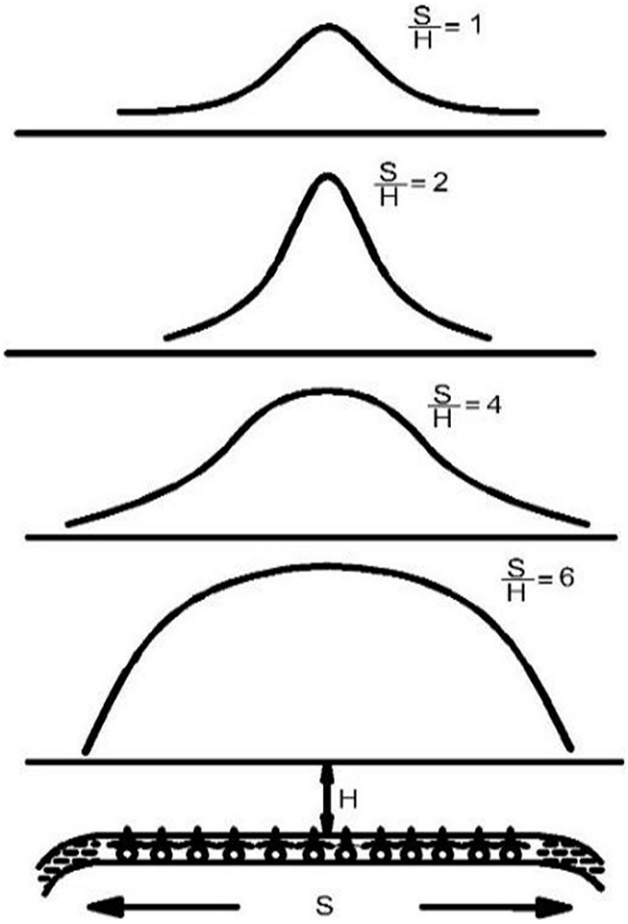
Орын ауыстыру түрі	Газ ағыны, см/м²-тәулік
Газды сүзу (тау жыныстарының жоғары өткізгіштігі)	3000 және жоғары
Газды сүзу (тау жыныстарының төмен өткізгіштігі)	30-3000
Су арқылы диффузия	0,6
Сумен қаныққан тау жыныстарының диффузиясы	0,01-0,1



1-сурет – Орын ауыстырылған газ концентрациясын бөлудің теориялық қисығы



2-сурет – Орын ауыстыру тереңдіктерінің нүктелік көзі кезінде орын ауыстыратын газ концентрациясының таралу қисықтары



3-сурет – Газ бөлу көзінің әр түрлі қатынасындағы ені s арқылы H қабатының қалыңдығына метанның орын ауыстырылуы жүретін, миграциялық газ концентрациясының теориялық таралу қисықтары

бойынша зертханалық тәжірибелер жүргізді [6].

Алынған қисықтар (3-сурет) теориялық қисықтарға ұқсас.

Газ алаңының едәуір енімен оның орталық бөлігіндегі таралу қисығы көлденең сипатқа ие болады (4-сурет). Басқаша айтқанда, осы орталық бөліктегі газдың миграциясын іс жүзінде бір өлшемді деп санауға болады.

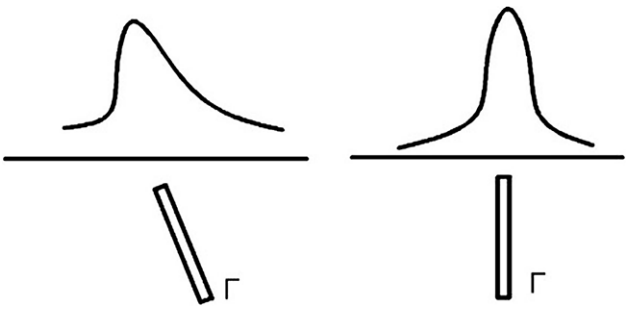
Газдың орналасу тереңдігінің артуы, яғни миграция жүретін қабаттың қалыңдығы қисықтың сипатына ие болып, оған жайпақ пішін береді. Газдың тереңірек орналасуы кезінде газ ағынының шамасының өзгеруіне келетін болсақ, бұл қысымға да байланысты. Егер газдың қысымы өзгеріссіз қалса, ал орналасу тереңдігі жоғарыласа, онда бұл қисықтың жайпақ пішінін ғана емес, сонымен қатар газ ағынының жалпы төмендеуін де тудырады.

Екі, үш немесе одан да көп көмір қабаттарында газдың болуы, бір көмір қабатының қарапайым жағдайымен салыстырғанда қисықтың сипатын аз өзгертеді, егер бұл қабаттар бір-біріне жақын орналасса және олардың арасындағы жыныстармен бірге көмір қабаттардың жалпы қуаты орналасу тереңдігімен салыстырғанда аз болатын болса.

Егер бүкіл өнімді аймақтың қуаты үлкен болса, онда бұл қисықтың жайпақ пішінін ғана анықтайды.

Шөгінді қалыңдықтағы газдың миграциясын басқа ортадағы миграциясынан ажыратын негізгі факторлардың ішінде ең алдымен келесілерді атап өткен жөн:

- шөгінді қалыңдық әдетте бірқатар қабаттардан немесе деңгейжиектерден тұра-



Г – газ қабаты

4-сурет – Біртекті ортада және құрамында газ бар әртүрлі құлама бұрышты көмір қабаттардың миграциялық газ концентрациясының таралуының теориялық қисықтары

ды, көбінесе құмды және сазды шөгінділер кезектеседі;

- газдың болуы әдетте бір немесе бірнеше қабаттармен немесе кеуекті емес және өткізгіштігі қиын жыныстармен бөлінген кеуекті аймақтармен шектеледі;

- шөгінді жыныстардың орналасуының неғұрлым күрделі жағдайлары, сілемдердің сипаты бар кеуекті аймақтармен шектесетін кен шоғырлардың болуы байқалады;

- газдың таралу қисықтарының сипатын өте бұрмалайтын жарықшақтар мен бұзылулардың болуы.

Кеуекті жақсы өткізгіштердің, мысалы, құмды қабаттардың нашар өткізгіш сазды қабаттармен кезектесуі, бұл кеуекті жыныстар сумен емес, газбен толтырылған жағдайда, миграцияланған газдың таралу қисықтарына үлкен әсер етуі мүмкін [7].

Кеуекті көмір қабаттағы газдың диффузиялық коэффициенттері кеуектері сумен толтырылған сазды немесе басқа қабаттағылармен салыстырғанда шамамен 100-800 есе көп. Сондықтан, егер газ диффузиялау немесе сүзу арқылы сулы сазды жыныспен жабылған кеуекті газ қабатына түссе, онда бұл қабатта концентрациялар салыстырмалы түрде тез теңестіріледі.

4-суретте көмір қабатының бойымен немесе кесе көлденең өткенде диффузия коэффициенті немесе өткізгіштігі бірдей болмаған жағдайда газдың таралу қисықтары көрсетілген. Бірінің үстінде бірі орналасқан газдың бөлінуі (газ кен шоғыры) олардың арасында миграциялық байланысы бар, себебі кен шоғырлар арасындағы жыныстар белгілі бір дәрежеде газға өткізгішті болып келеді.

Зерттеулер көрсеткендей, кеуекті, жақсы өткізгіш қабатта осындай қабаттың бүкіл қуаты бойынша бірдей газ қысымы сақталады. Тығыз, нашар өткізгіш қабаттарда қысым келесі қабатқа жақындаған сайын қисық бойымен төмендейді.

Егер газ кен шоғырлар арасындағы қабаттар тығыз жыныстар болса, олардың кеуектері сумен толтырылады немесе олар сулы саздар болса, онда газдың диффузиясы осы қабаттар арқылы жүреді. Жоғарыда айтылғандарға ұқсас теңдікті қолдана отырып, бұл жағдай үшін бір өлшемді миграцияға сүйене отырып, қабаттар шекарасындағы қысымның өзгеру сипатын есептеуге болады. Кеуекті қабаттан сулы саз қабатына ауысқан кезде Генри теңдеуімен анықталған концентрация өзгерісі болады

$$q = \alpha P, \qquad (2)$$

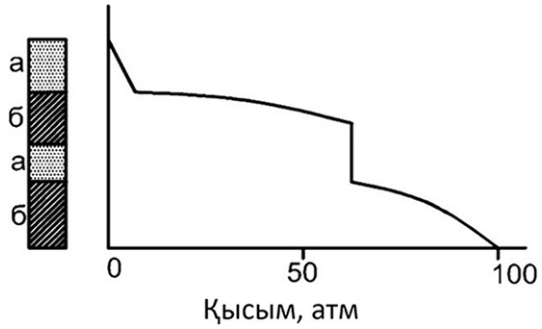
мұнда q – саздағы газдың концентрациясы; P – қысым және – таралу немесе еру коэффициенті. Көмірсутекті газдар үшін α шамасы аз болғандықтан, газ қабатының үстіндегі саздағы газ концентрациясы газ қабатының өзіне қарағанда айтарлықтай аз болады. Мәселен, мысалы, кеуектілігі 30% және қысымы 100 атм. газды қабаттың 1 м^3 құрамында, жыныспен сіңірілген газды есептемегенде 30 м^3 газ болады. Тепе-теңдік жағдайында және $\alpha = 0{,}02$ коэффициентінде газ қабатының үстінде жатқан 1 м^3 сазда 2 м^3 газ болады.

Жоғарыда келтірілген есептеулер бір өлшемді, тұрақты газ миграциясы жағдайларына жатады. Үш өлшемді миграция жағдайында газ аймағының бүйір беттері арқылы газдың шашырауы болады, алайда газдың таралуының жалпы сипаты сақталады, өйткені бұл шашырау барлық газ қабаттарына және аралық қабаттарға шамамен бірдей әсер етеді.

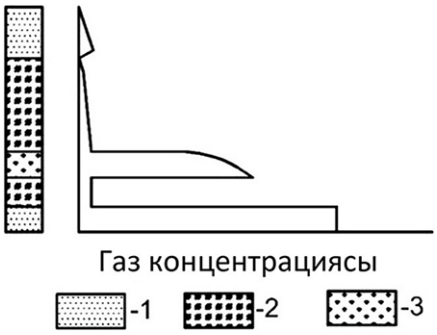
Жоғарыда айтылғандай, кез-келген қабаттың немесе сілемнің әр түрлі аймақтарының диффузиялық өткізгіштігін көп жағдайда азды-көпті бірдей деп санауға болады. Алайда, газды шоғырын жабатын саз қабатының бір бөлігінде оның басқа бөлігімен салыстырғанда диффузиялық өткізгіштіктің біршама ерекшелену мүмкіндігін жоққа шығаруға болмайды.

Егер диффузиялық өткізгіштігі төмен учаске газы бар учаскенің үстінде орналасса, онда қисық 5-суретте көрсетілгендей болады және сақина аномалиясы деп аталады, себебі жоспарда минимум аймағын шектейтін максималды сақина аймағы бар.

Табиғи жағдайда біз әдетте көптеген көмір қабаттарының түрін кездестіреміз. Әр түрлі қабаттарда бұл аймақтар құрылымның әр түрлі жерлерінде орналасады. Сондықтан көптеген қабаттардан тұратын сумен қанықкан жыныстардың қалыңдығы ешқандай қа-



5-сурет – Әртүрлі өткізгіштік қабаттары арқылы сүзу кезінде газ қысымының төмендеуі. а – газ өткізгіштігі жоғары қабаттар; б – газ өткізгіштігі төмен қабаттар



6-сурет – Бірнеше қабаттар арқылы миграцияланған кезде газ концентрациясының төмендеуі. 1 – сулы сазды қабат; 2 – газды кеуекті қабат; 3 – газ өткізгіштігі төмен газды кеуекті қабат

сиетке ие емес, соның арқасында бүкіл қалыңдықтың диффузиялық өткізгіштігі газға қарағанда минималды мәнге ие болады.

Жыныстардың жарықшақтығы, кеуекті аймақтардың болуы және газдың сүзілуі немесе қалқып шығуы диффузиялық ағын қисықтарындағы күрт бұзылулардың себебі болып табылады. Осы процестердің барлығы – сүзу, қалқып шығуы және диффузиялық процестер жүріп жатқандықтан, диффузияға қарағанда сүзу және қалқымалы аймақ бірлігіне жатқызған газ ағынының қарқындылығы әлдеқайда көбірек болады.

Газдардың миграция процесінде қызмет ету мерзімі аяқталған шахталардың ескі тау-кен қазбаларының, тіпті олар құлағаннан кейін де үлкен рөл атқарады, себебі әр түрлі көмір қабаттарда әр түрлі деңгейжиектерден өткен тау-кен өндірістерінің аэродинамикалық байланыстары әрдайым бар.

Көмірдің қалдық метандылығына көптеген факторлар әсер етеді, мысалы, температура жағдайлары, көмірдің микроқұрылымының ерекшеліктері, ұшпа шығуы, кернеу күйі, газ өткізгіштігі.

Негізгі массасында бос фазадағы газ көмір мен оның жыныстарының кеуектерінде, сондай-ақ жер бетімен байланысы жоқ жарықшақтарда болады. Көміртекті қалыңдықтың коллекторлық қабілеті негізінен көмірлер мен жыныстардың кеуектілігімен анықталады.

Зерттеулер көрсеткендей, бұзылмаған көмір сілемінің аймақтарында газсыздандыру бұзылған көмір сілеміне қарағанда жүздеген және мыңдаған есе баяу жүреді. Көмірдің метандылығы жоғары болса да, көмір қабатының жоғарғы бөлігін және төменгі бөлігін қазымдау аймағынан тыс, әдеттегі газ өткізгіштігі бар көмір қабаттары бойынша бұрғыланған терең газсыздандыру ұңғымаларынан бөлінетін метан мөлшері әдетте 1000 м^3 аспайды. Ұңғымалардан метанның едәуір бөлінуі табиғи немесе тау-кен факторларына байланысты қабаттардың сүзілу қабілеті жоғары аймақтарда бұрғылау кезінде байқалады. Сондықтан, көп жағдайда газ өткізгіштігінің төмендігіне байланысты тау қысымынан босатылған, қазымдалып жатқан көмір қабаттарын әдеттегідей газсыздандыру айтарлықтай тиімсіз.

Табиғи жағдайда көмір сілемінің газ өткізгіштігі төмен. Тау-кен жұмыстарын жүргізу барысында көмірдің кернеулік күйі өзгереді. Ол босайды және кейбір жағдайларда көмірдің газ өткізгіштігінің күрт өсуіне әкелетін созушы кернеулері пайда болады. Көмірдің газ өткізгіштік факторы газсыздандыру тиімділігіне шешуші әсер етеді. Қазымдалмаған көмір сілемінде бұрғыланған газсыздандыру ұңғымалары метанды ұңғымадан 10-20 м радиуста бөледі. Лавалардағы көмірдің ығысу және деформация аймағына бұрғыланған тік ұңғымалардың әсер ету радиусы ұңғымалардың тиімділігін күрт арттырады және бұл көрсеткішті 100-200 м дейін жеткізеді.

Көмір шахталарының қазу аймағындағы метан миграциясының аз үлесі жыныс және оны толтыратын кеуектер мен жарықшақтар, сұйықтықтар мен газдар арқылы диффузия есебінен бір-бірімен байланысқан кеуектер мен жарықшақтар бойынша жүзеге асырылады.

Газ тектоникалық жарықшақтар мен бұзылулар арқылы жер бетіне шығуы мүмкін. Бұл жағдайда жер бетіне жақын орналасқан миграциялық аймақтардан аз мөлшердегі кез келген ұшқынның әсерінен жарылыстар мен өрттерге әкелуі мүмкін.

Әртүрлі сейсмикалық әсерлер газдың бөлінуін қарқындатуы мүмкін. Мысалы, жұмыс істеп тұрған шахталарда жүргізілетін техно-

логиялық жарылыс жұмыстары, себебі сейсмикалық толқындар алыс қашықтыққа таралады және газдың шығуына ықпал етеді.

Тектоникалық жарықтар әсіресе қауіпті, олардан әдетте иондалған ауа шығады, ол метанның тұтану көзі бола алады.

Тау жыныстарында газдың миграциясының әртүрлі процестері жүреді. Газдың миграция құбылыстарына оның тау-кен қазбалары бойынша орын ауыстыруы, сүзу, диффузия, шахталардың тау-кен қазбаларының кеңістігі мен жыныстары бойынша еріген немесе бос түрдегі газдың орын ауыстыруының жарықшақтары мен кеуектері бойынша газдың қалқып шығуы жатады.

Әр түрлі тау жыныстарының сүзілу өткізгіштігі, миграция жолдарының бітелуі салдарынан толық өткізбеушіліктен бастап, ондаған Дарси бірліктерімен есептелетін өткізгіштік шамаларына дейін өте кең аралықта ауытқиды. Сондықтан, кез-келген, бір қарағанда, біртекті тау жыныстары, шын мәнінде, оның сүзу өткізгіштігіне байланысты өте әртекті болып келеді. Сонымен қатар, әртүрлі сумен қаныққан тау жыныстарының диффузиялық өткізгіштігі бірдей емес, бірақ көбінесе шамалардың бірдей ретін сақтайды және тек жеке үлгілер үшін бұл шамалар 10-15 еседен аспайды.

Белгілі бір уақыт ішінде газды сүзу ауқымы тау жыныстарының өткізгіштігі шамалы болса да үлкен болуы мүмкін. Әсіресе жарықшақтар газдың миграциясының ыңғайлы жолдары болып табылады. Егер жарықшақтар сумен толтырылған болса, онда бұл жағдайда қалқып шығуымен және су мөлшерінің өсуімен тау жыныстарға қарағанда газдың тасымалдануы жеңілдейді. Мұнда тау жыныстарының бөлшектері арасындағы тар аралықтар кең аралықтармен кезектеседі.

Жарықшақтар немесе жақсы өткізгіш кеуекті аймақтар арқылы сүзу кезінде газдың көп мөлшері тасымалдануы мүмкін.

Қорытынды

Зерттеу барысында миграция жылдамдығының температураға, қысымға, меншікті салмаққа және миграцияланатын көмірсутек газдарының тұтқырлығына байланысты өзгеру заңдылықтары анықталды. Метан ең жоғары тұтқырлыққа ие. Құрғақ және суланған жыныстардағы газдың сүзілуіне әсер ететін тау жыныстарының жарықшақтық коэффициенті анықталды.

Газдың еруі және сорбциясы зерттелді. Метанның суда 20°С температурада және 1 атм қысымда ерігіштік коэффициенті анықталды.

Көрсетілген факторлар газ миграциясының ұсынылған моделінде ескерілген және көмір шахталарында қазу аймақтарындағы газдың көлемі мен қысымын анықтау бойынша есептеу бағдарламасын жасау кезінде пайдаланылған.

Зерттеулер негізінде метанның шахталардан жер бетіне шығу мүмкіндігі туралы болжам жасалды, метан миграциясының ең ықтимал орындары көрсетілді.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Kenetayeva A.A., Usupayev S.E., Kryazheva T.V., Rabatuly M. Demethanization of coal seams in the Karaganda basin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021, 677 (4), doi: 10.1088/1755-1315/677/4/042118.
2. Дрижд Н.А., Камаров Р.К., Ахматнуров Д.Р., Мусин Р.А., Шмидт И.М. Метан угольных пластов Карагандинского бассейна в газовом балансе Республики Казахстан: состояние и перспективы // Науковий вісник НГУ. 2017. № 1.
3. Дрижд Н.А., Ахматнуров Д.Р., Мусин Р.А., Замалиев Н.М. Современные проблемы и перспективы развития Карагандинского угольного бассейна // Труды Университета. 2016. № 2. С. 37-42.
4. Камаров Р.К, Замалиев Н.М., Ахматнуров Д.Р., Мусин Р.А. Установление объемов местонахождения газовых коллекторов ликвидированных угольных шахт // Науковий вісник НГУ. 2018. № 2.
5. Гринев В.Г., Сергиенко А.И., Подрухин А.А. Исследование процесса миграции метана из выработанного пространства закрытых шахт // Сб.: Физико-технические проблемы горного производства; Вып. № 12; Под общ. ред. А.Д. Алексеева. – Донецк: ИФГП НАНУ, 2009. – С. 74-79.
6. Дрижд Н.А., Шарипов Н.Х., Ли К.Д. Метаноносность и факторы, влияющие на эффективность дегазации // Труды университета. 2013. № 2.
7. Малышев Ю.М., Трубецкой К.Н., Айруни А.Т. Фундаментальные и прикладные методы решения проблемы метана угольных пластов. М.: Изд-во Акад. горных наук, 2000. 519 с.

Выделение метана из выработанных пространств в угольных шахтах

[1]РАБАТУЛЫ Мухаммедрахым, *PhD, и.о. доцента, mukhammedrakhym@mail.ru,*
[1]МУСИН Равиль Альтавович, *PhD, и.о. доцента, r.a.mussin@mail.ru,*
[1]ЗАМАЛИЕВ Наиль Мансурович, *PhD, и.о. доцента, nailzamaliev@mail.ru,*
[2]ХАЙДИНА Мария Павловна, *к.т.н., доцент, mmp2003@inbox.ru,*
[1]*КАЙЫРБЕК Аяжан Аманжолкызы, *магистрант, ayazhan.kairbek@bk.ru,*
[1]НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан,
[2]Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина, Ленинский проспект, 65, Москва, Россия,
**автор-корреспондент.*

Аннотация. *Источниками выделения метана в выработках угольных шахт являются разрабатываемые угольные пласты и пропластки и вмещающие породы, метан из которых выделяется как в подготовительные, так и в очистные выработки [1]. Сделан прогноз о возможности перемещении метана из выработанных пространств в угольных шахтах на дневную поверхность. Разработан комплексный аналитический метод для определения наиболее вероятных мест перемещений. Установлены закономерности изменения скорости перемещении в зависимости от температуры давления удельного веса и вязкости мигрирующих углеводородных газов. Наибольшей вязкостью обладает метан. Выявлен коэффициент трещиноватости пород, влияющий на фильтрацию газа в сухих и обводненных породах. На основании исследований обоснованы вероятные места миграции метана.*

Ключевые слова: *метан, угольный пласт, миграция газа, проницаемость, фильтрация газа.*

Release of Methane from the Worked-out Spaces in Coal Mines

[1]RABATULY Mukhammedrakhym, *PhD, Acting Associate Professor, mukhammedrakhym@mail.ru,*
[1]MUSIN Ravil, *PhD, Acting Associate Professor, r.a.mussin@mail.ru,*
[1]ZAMALIEV Nail, *PhD, Acting Associate Professor, nailzamaliev@mail.ru,*
[2]KHAIDINA Maria, *Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, mmp2003@inbox.ru,*
[1]*KAYYRBEK Ayazhan, *Master's Student, ayazhan.kairbek@bk.ru,*
[1]NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», N. Nazarbayev Avenue, 56, Karaganda, Kazakhstan,
[2]Gubkin Russian State University of Oil and Gas, Leninsky Avenue, 65, Moscow, Russia,
**corresponding author.*

Abstract. *The sources of methane release into the workings of coal mines are the coal seams and interlayers being developed and the host rocks, methane from which is released into both preparatory and treatment workings [1]. A forecast is made about the possibility of moving methane from the mined-out spaces in coal mines to the daytime surface. A comprehensive analytical method has been developed to determine the most likely places of displacement. The regularities of the change in the velocity of movement depending on the temperature, pressure, specific gravity and viscosity of migrating hydrocarbon gases are established. Methane has the highest viscosity. The fracturing coefficient of rocks affecting gas filtration in dry and watered rocks has been revealed. Based on the research, the probable locations of methane migration are substantiated.*

Keywords: *methane, coal seam, gas migration, permeability, gas filtration.*

REFERENCES

1. Kenetayeva, A.A., Usupayev, S.E., Kryazheva, T.V., Rabatuly M. Demethanization of coal seams in the Karaganda basin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021, 677 (4), doi: 10.1088/1755-1315/677/4/042118.
2. Drizhd. N.A., Komarov R.K., Akhmatnurov D.R., Musin R.A., Schmidt I.M. Metan ugolnykh plastov Karagandinskogo basseina v gazovom balance Respubliki Kazakhstan sostoyaniye i prespectivy, Naukovyi Visnyk NHU [Coalbed methane of the Karaganda basin in the gas balance of the Republic of Kazakhstan: status and prospects], 2017, no. 1.
3. Drizhd N.A., Akhmatnurov D.R., Musin R.A. and Zamaliev N.M. Sovremennye problemy I perspektivy razvitiya Karagandinskogo ugolnogo basseina. [Modern problems and prospects of development Karaganda coal basin], Trudy Universiteta [proceedings of the university], 2016.
4. Kamarov R.K., Zamaliev N.M., Akhmatnurov D.R., Musin R.A. Ustanovleniye obyemove mestonakhojdeniye gazovykh kollektorov likvidirovannykh uggolnykh shakht, Naukovyi Visnyk NHU [Determination of volumes location of gas collectors of liquidated coal mines], 2018, no. 2.
5. Grinev V.G., Sergienko A.I., Polukhin A.A. Isledovanye prosessa migrasi metana iz vyrabotannago prostranstva zakrytykh shakht [Investigation of the process of methane migration from the worked-out space of closed mines], Sb.: Fiziko-tekhnicheskiye problem gornogo proizvodstva [Sb.: Physical and technical problems of mining production], Pod obshei redaksiei Alekseev A.D. [Under the general editorship of A.D. Alekseev]. Donetsk, 2009, pp. 74-79.
6. Drizhd N.A., Sharipov N.H., Lee K.D. Metanonosnost i factory vliyaushiye na affactivnost degazatsi [Methane content and factors affecting the efficiency of degassing], Trudy Universiteta [proceedings of the university]. 2013, no. 2.
7. Malyshev Yu.M., Trubetskoy K.N., Ayruni A.T. Fundamentalnye i pricladnye metody resheniye problem metana ugolnykh plastov [Fundamental and applied methods for solving the problem of coalbed methane], Izd-vo Akad.gornykh nauk [Publishing house of Akad. mining sciences]. 2000, 519 p.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_141 ӘОЖ 622.8

Жұмысшы персоналдың кәсіби қасиеттерін бағалаудың математикалық моделі

[1]**АМАНЖОЛОВ Журсын Канапиевич,** *т.ғ.к., доцент, jamanjolov_1948@mail.ru,*
[1]**ЖОЛМАҒАМБЕТОВ Нұрбек Рыспекович,** *т.ғ.к., кафедра меңгерушісі, nurbekz@mail.ru,*
[1]**САТТАРОВА Гульмира Сапаровна,** *т.ғ.к., доцент, sattarovags@mail.ru,*
[1]**БАЛАНДИН Виталий Сергеевич,** *магистр, аға оқытушы, vetal11@mail.ru,*
[1]***СЫЗДЫКБАЕВА Динара Сеиткалиевна,** *магистр, ассистент, dikow-1290@mail.ru,*
[1]«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Н. Назарбаев даңғылы, 56, Қарағанды, Қазақстан,
**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Модельдің кіріс параметрлерін сараптамалық бағалауға негізделген әлеуметтік типтегі математикалық модель қарастырылады. Модельдің әрбір кіріс параметріне сарапшы белгілі бір максималды балл (өлшеудің балдық шкаласы) береді, ол кейіннен қызметкердің кәсіби қасиеттерін бағалау және еңбек қауіпсіздігін сақтау кезінде ескеріледі. Сараптамалық бағалау әдісі бойынша қызметкердің кәсіби қасиеттерін балдық бағалау ұсынылды. Ұсынылған модельдің артықшылығы – еңбек қауіпсіздігін қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін кәсіби қасиеттерді іріктеу мен есепке алудың дәстүрлі әдістерін қолдана отырып, кадрларды іріктеу технологиясына жаңа көзқарас. Жұмыстың мақсаты – еңбек қауіпсіздігін ескере отырып, белгілі бір өндірістік объектіде (учаске, цех және т.б.) белгілі бір жұмыс түрін орындау үшін нақты қызметкердің сәйкестігін анықтау.*

Кілт сөздер: *кәсіби қасиеттер, еңбек қауіпсіздігі, математикалық модель, жарақат, сарапшылар, кәсіби тәуекел, балл, матрица.*

Кіріспе

Қазіргі жағдайда персоналды бағалау тақырыбының өзектілігі өте жоғары, өйткені кадрлық әлеуеттің деңгейі мен жағдайы ұйымның мақсаттарына қол жеткізуге тікелей әсер етеді, мысалы, максималды пайда, бәсекеге қабілеттілік, қызметкерлердің әлеуметтік әл-ауқатын қамтамасыз ету [1, 2].

Кәсіпорын қызметкерлерінің кәсіби қасиеттерін бағалау қызметкердің біліктілік талаптарына сәйкестігін анықтауға мүмкіндік береді, сонымен қатар белгілі бір қызметкердің кәсіби деңгейін арттыру бойынша іс-шараларды одан әрі дамытуға, оның әлеуеті мен бейімділігін анықтауға мүмкіндік береді, оны кәсіпорын өзінің табысты дамуы үшін қолдана алады.

Қазіргі жағдайда қызметкерде жазатайым оқиғалардың кәсіби қаупінің пайда болу ықтималдығын болдырмайтын кәсіби қасиеттер болуы керек, бұл қызметкер үшін жарақаттануға, ал басшылар үшін жазалауға, лауазымын төмендетуге немесе еңбек шартының қолданылуын тоқтатуға әкелуі мүмкін.

Қазіргі уақытта жұмысшының еңбек қызметін бағалаудың көптеген әдістері бар [3, 4], бірақ оларды қолдану кезінде жұмысшының кәсіби қасиеттерінің еңбек қауіпсіздігіне әсері ескерілмейді, бұл өндірістегі жазатайым оқиғаларға әкелуі мүмкін.

Зерттеу әдістері

Әлеуметтік түрдегі математикалық модельдер, әдетте, модельдің кіріс параметрлерін сараптамалық бағалауға негізделген. Модельдің әрбір кіріс параметріне сарапшы белгілі бір максималды балл береді (өлшеудің балдық шкаласы). Көптеген параметрлер бойынша қорытынды бағалау алгоритмі әртүрлі әдістерге негізделуі мүмкін:

- статистикалық өлшеу және бағалау әдісі;
- байланысты параметрлерді дәйекті өлшеу кезінде бағалау ағашының әдісі;
- статистикалық қорытынды негізінде ықтималдық бағалау әдісі;
- әлеуметтік модельдерді әзірлеуде анағұрлым прогрессивті ретінде әзірленген анық емес жиындар теориясының әдістерін қолдануға негізделген.

Бұл әдістердің әрқайсысының қолдану-

да өзіндік қиындықтары, сондай-ақ артықшылықтары мен кемшіліктері бар. Статистикалық өлшеулер мен талдаулар негізінде жасалған сараптамалық бағалау әдістері ең дамыған және тәжірибеде қолданылады.

Кез-келген математикалық модельді әзірлеу сияқты, модельдің көптеген кіріс параметрлері туралы шешім қабылдау қажет.

Әрбір жұмыс (бұл жағдайда «NovaЦинк» механикалық цехында) белгілі бір нақты кәсіби дағдылар мен білімді қажет етсе де, әдетте өндірістік кәсіпорындардың механикалық цехтарындағы жұмыстардың көпшілігінде қажет болатын ең кең тарағаны ерекшеленеді.

Қандай қасиеттер мен білімдерді ең негізгі деп санауға болады, ар қайсысы екінші дәрежелі, бұл тапсырма немесе мәселе тестілеу немесе сараптамалық бағалау әдістерімен шешіледі. 1-кестеде сараптамалық бағалау әдісімен алынған негізгі кәсіби қасиеттер немесе дағдылар үшін ұпайлардағы жоғарғы бағалардың мысалдары келтірілген.

Ғылыми нәтижелер

Белгілі бір өндірістік жағдайлар үшін ең маңызды жоғары балдық бағалаулармен олардың әрқайсысынан және нақты персоналдан келесі ақпаратты алу үшін сол немесе басқа сарапшылар тобына жүгіну міндеті туындайды.

- әрбір кәсіби сапа бойынша ең жоғары балдан коэффициент (сарапшы тағайындаған):

- әрбір кәсіби сапа бойынша нақты сарапшыны бағалаудың маңыздылығының салмақтық коэффициенті (комиссия береді).

Мұндай өндірісте қызметкерлердің кәсіби қасиеттерін бағалаудың математикалық моделі келесі түрде ұсынылуы мүмкін:

$$O_{sum} = \sum_i \sum_j B_i \cdot K_{ij} \cdot \mu_{ij}, \qquad (1)$$

$i = 1 \ldots N$;
$j = 1 \ldots M$;

N – өндірістік процесте жұмыстарды орындау үшін персоналдың ескерілетін кәсіби қасиеттерінің саны;

M – тестілеу процесіне қатысатын сарапшылардың саны;

B_i – персоналдың i-сол кәсіби сапасының ең жоғары балдық бағасы;

K_{ij} – J – сарапшының i-сол кәсіби сапаның жоғары балдық бағасын төмендету коэффициенті;

μ_{ij} – нормалау шартын қанағаттандыратын i-сол кәсіби сапаны бағалаудағы j-сол сарапшының құзыреттілігін анықтайтын нормалаушы салмақ коэффициенттері:

$\sum_j \mu_{ij} = 1$ барлығы үшін $i = 1 \ldots N$.

Қызметкерлердің барлық кәсіптік қасиеттері бойынша алынған ең жоғары балл сомасының негізінде және барлық тартылған сарапшылардың пікірлерін ескере отырып, комиссия өндірістік процесте белгілі бір жұмыс шеңберін орындау үшін нақты жұмысшыны жұмысқа қабылдау және жіберу туралы шешім қабылдайды.

Ұсынылған модель бойынша жұмысқа қабылданатын қызметкердің «NovaЦинк» ЖШС механикалық цехында кейбір жөндеу жұмыстарын орындауға сәйкестігін бағалау жүргізіледі делік.

Өндірістік процесте пайдаланылатын қызметкер мен жабдықтың сәйкестігін анықтау үшін бастапқы шарттар: 1Е365 токарлық-бұрандалы кескіш станок, 1М63 токарлық-бұрандалы кескіш станок, АСРТ бұрғылау

1-кесте – Сараптамалық бағалау әдісі бойынша кәсіби қасиеттерді балдық бағалау

№	Кәсіби сапа сипаттамасының анықтамасы	Жоғары балл	Модельдегі белгілеу
1	Жұмыс және құрастыру сызбаларын, кинематикалық сызбаларды оқи білу	10	В1
2	Жабдықты жөндеуге арналған техникалық шарттарды білу	10	В2
3	Өзара алмастыру, төзімділік және сәйкестік негіздерін білу	10	В3
4	Жабдықтың тозу дәрежесін анықтай білу	8	В4
5	Ақаулы ведомостарды құра білу	8	В5
6	Бөлшектердің эскиздерін жасай білу	12	В6
7	Жөнделетін жабдықтың конструкциясын білу	15	В7
8	Өңделетін материалдардың қасиеттерін білу	6	В8
9	Слесарлық-жөндеу операцияларының кешенін орындау	10	В9
10	Машиналар мен механизмдердің дәлдігін тексеру	20	В10

станогы, У653 балқыту қондырғысы, ФТ-11 токарлық-бұрандалы кескіш станок, ВМ 127 тігінен фрезерлік станок, 3У144 дөңгелек тегістеу станогы, 3М162 дөңгелек тегістеу станогы, тігінен бұрғылау станогы 2Н150, ARG240 кесу машинасы, газ кесу машинасы, электр дәнекерлеу машинасы, көпір краны Q = 5 т, кран-қиғаш тіреу Q = 0,5 т.

Станок паркінің кең ауқымына сүйене отырып, жабдықты жөндеу үшін жұмысшыларды жалдау жөніндегі комиссия сараптамалық әдісті қолдануға және машина жасау технологиясы саласындағы үш сарапшыны жұмысқа тартуға шешім қабылдайды [5, 6].

Сарапшылар әлеуетті қызметкерге қойылатын кәсіби қасиеттерді бағалаудың келесі критерийлерін қолдануға шешім қабылдады:

В1 – жұмыс және құрастыру сызбаларын, кинематикалық схемаларды оқи білу;

В2 – жабдықты жөндеуге арналған техникалық шарттарды білу;

В3 – өзара алмастыру, төзімділік және қону негіздерін білу;

В5 – ақаулы ведомостарды құра білу;

В7 – жөнделетін жабдықтың құрылымын білу;

В10-да – машиналар мен механизмдердің дәлдігін тексеріңіз.

Келесі кезеңде K_{ij} матрицасы – j – сарапшының i-сол кәсіби сапаның жоғары балдық бағасының төмендеу коэффициенті қалыптасады. Коэффициенттер 2-кестеде ұсынылған комиссия мүшелері мен сарапшылардың келісімі бойынша беріледі.

Келесі кезең – жалданатын қызметкердің i – кәсіби сапасын бағалаудағы j – сарапшының құзыреттілігін анықтайтын μ_{ij} – нормалаушы салмақ коэффициенттерінің матрицасын құру. Бұл коэффициенттерді комиссия мүшелері әр түрлі қызмет салаларындағы кәсіби қасиеттер мен талаптарды зерттеу саласындағы әрбір сарапшының жұмысын талдау негізінде анықтайды. 3-кестеде сарапшылардың бағалауының нормативтік салмақ коэффициенттері келтірілген.

Қорытынды балдық бағаларды есептеу кезінде матрицалық операцияларды пайдалану үшін жұмысшының таңдалған (немесе ұсынылған) кәсіби қасиеттеріне сәйкес келесі вектор-баған және матрицалар құрылады: кәсіби қасиеттер бойынша максималды балдық бағандардың вектор-бағаны

$$B = 10\,10\,10\,8\,15\,20$$

2-кесте – Жоғары балдық бағаның төмендеу коэффициенті

Кәсіби қасиеттері	Сарапшылар		
	1	2	3
В1 – жұмыс және құрастыру сызбаларын, кинематикалық схемаларды оқи білу	0,7	0,8	0,5
В2 – жабдықты жөндеуге арналған техникалық шарттарды білу	0,9	0,9	0,8
В3 – өзара алмастыру, төзімділік және қону негіздерін білу	0,6	0,4	0,7
В5 – ақаулы ведомостарды құра білу	0,5	0,5	0,5
В7 – жөнделетін жабдықтың конструкциясын және қауіпсіздік техникасын білу	0,9	0,9	0,8
В10-да – машиналар мен механизмдердің дәлдігін тексеріңіз	0,7	0,6	0,8

3-кесте – Сарапшылардың бағаларының нормативтік салмақ коэффициенттері

Кәсіби қасиеттері	Сарапшылар		
	1	2	3
В1 – жұмыс және құрастыру сызбаларын, кинематикалық схемаларды оқи білу	0,33	0,33	0,33
В2 – жабдықты жөндеуге арналған техникалық шарттарды білу	0,25	0,45	0,30
В3 – өзара алмастыру, төзімділік және қону негіздерін білу	0,35	0,35	0,30
В5 – ақаулы ведомостарды құра білу	0,50	0,25	0,25
В7 – жөнделетін жабдықтың конструкциясын және қауіпсіздік техникасын білу	0,33	0,33	0,33
В10-да – машиналар мен механизмдердің дәлдігін тексеріңіз	0,33	0,33	0,33

сарапшылар ұсынған K төмендеу коэффициенттерінің матрицасы

$$K = \begin{matrix} 0.7000\ 0.8000\ 0.5000 \\ 0.9000\ 0.9000\ 0.8000 \\ 0.6000\ 0.4000\ 0.7000 \\ 0.5000\ 0.5000\ 0.5000 \\ 0.9000\ 0.9000\ 0.8000 \\ 0.7000\ 0.6000\ 0.8000 \end{matrix}$$

комиссия мүшелері қоятын сарапшылар үшін нормалаушы салмақ коэффициенттерінің D матрицасы

$$D = \begin{matrix} 0.2500\ 0.4500\ 0.3000 \\ 0.3500\ 0.3500\ 0.3000 \\ 0.5000\ 0.2500\ 0.2500 \\ 0.3300\ 0.3300\ 0.3300 \\ 0.3300\ 0.3300\ 0.3300 \end{matrix}$$

(1) формула бойынша векторлар мен матрицаларды көбейту ережелерін пайдалана отырып, жұмысшының әрбір кәсіби сапасы бойынша орташа өлшенген балдық бағалар есептеледі

$$B_{\text{ср.взв}} = B' \cdot K \cdot D, \qquad (2)$$

мұндағы B' вектордың транспозициясын B, яғни баған векторын жол векторына түрлендіруді білдіреді

$$B' = \{10\ 10\ 10\ 8\ 15\ 20\}.$$

Жүйені орындағаннан кейін (2) векторлар мен матрицалардың сандық мәндерін ескере отырып, комиссия таңдаған кәсіби қасиеттердің әрқайсысы бойынша орташа өлшенген сараптамалық бағалаулар алынады

$$B_{\text{ср.взв}} = \{51.4800\ 51.7000\ 52.0000\ 52.3750\ 51.4800\ 51.4800\}$$

Комиссия таңдаған 6 кәсіби қасиет бойынша ең жоғары жиынтық баға 73 балды құрауы тиіс. Сарапшылардың бағалауы бойынша, осы нақты жағдайда ағымдағы жұмыстарды орындау үшін орташа алынған балдық бағалар максималды векторына сәйкес $B_{\text{ср.взв}}$ максималды бағадан сәл төмен болды.

К матрицасының сандық мәндерін белгілі бір жұмысшы үшін сарапшылар, ал D матрицасын комиссия мүшелері ұсынатынын ескере отырып, комиссия белгілі бір жұмысшыны қабылдауға бола ма және қандай жұмыс түріне қатысты шешім қабылдауы керек.

Ұсынылған модельдің артықшылығы-еңбек қауіпсіздігін қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін кәсіби қасиеттерді іріктеу мен есепке алудың дәстүрлі әдістерін қолдана отырып, кадрларды іріктеу технологиясына жаңа көзқарас.

Қорытынды

Қызметкердің еңбек қызметін бағалау әдісін қарастырылды. Дамыту әдісі ұсынылған математикалық әлеуметтік типтегі әдістер қолданылды. Сараптамалық бағалау әдісі бойынша қызметкердің кәсіби қасиеттеріне үлкен баға берілді. Өндірістік жағдайларға арналған модель сынақтан өткізілді.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Зайнетдинова, И.Ф. Оценка деятельности работников организации: учеб.-метод. пособие / И.Ф. Зайнетдинова. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016. – 120 б.
2. Управление персоналом организации: учебник / Под ред. А.Я. Кибанова. М.: ИНФРА-М, 2014.
3. Барчан Н.Н. Эффективность набора и подбора персонала: системный аспект / Н.Н. Барчан // Образовательная среда сегодня и завтра // Сборник научных трудов X Всероссийской научно-практической конференции; Под общей редакцией Г.Г. Бубнова, Е.В. Плужника, В.И. Солдаткина. М., 2015. С. 177-180.
4. Жулябин Д.Ю. О критериях отбора персонала / Д.Ю. Жулябин // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 4 (23). С. 120-123.
5. Иванова О.А. Ошибки в отборе персонала / О.А. Иванова, С.А. Макушкин // Материалы Ивановских чтений. 2017. № 3 (14). С. 65-71.
6. Клеткина Н.В. Актуальность и методы отбора персонала. Проблемы и пути их решения / Н.В. Клеткина // Научный журнал. 2017. № 1 (14). С. 46-50.

Математическая модель оценки профессиональных качеств рабочего персонала

[1]АМАНЖОЛОВ Журсын Канапиевич, *к.т.н., доцент, jamanjolov_1948@mail.ru,*
[1]ЖОЛМАГАМБЕТОВ Нурбек Рыспекович, *к.т.н., зав. кафедрой, nurbekz@mail.ru,*
[1]САТТАРОВА Гульмира Сапаровна, *к.т.н., доцент, sattarovags@mail.ru,*
[1]БАЛАНДИН Виталий Сергеевич, *магистр, старший преподаватель, vetal11@mail.ru,*
[1]*СЫЗДЫКБАЕВА Динара Сеиткалиевна, *магистр, ассистент, dikow-1290@mail.ru,*
[1]НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова»,
пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан,

**автор-корреспондент.*

Аннотация. *Рассмотрена математическая модель социального типа, основанная на экспертных оценках входных параметров модели. Каждому входному параметру модели экспертом присваивается определенный максимальный балл (балльная шкала измерений), который в дальнейшем учитывается при оценке профессиональных качеств работника и соблюдения безопасности труда. Предложены балльные оценки профессиональных качеств работника по методу экспертных оценок. Достоинством предлагаемой модели является новый подход к технологии отбора персонала с применением традиционных методов отбора и учета профессиональных качеств, позволяющих обеспечить безопасность труда. Целью реализации математической модели оценки профессиональных качеств рабочего персонала является установление соответствия конкретного работника для выполнения определенного вида работ на определенном производственном объекте (участок, цех и т.п.) с учетом безопасности труда.*

Ключевые слова: *профессиональные качества, безопасность труда, математическая модель, травма, эксперты, профессиональный риск, балл, матрица.*

Mathematical Model for Assessing the Professional Qualities of the Working Staff

[1]AMANZHOLOV Zhursin, *Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, jamanjolov_1948@mail.ru,*
[1]ZHOLMAGAMBETOV Nurbek, *Cand. of Tech. Sci., Head of Department, nurbekz@mail.ru,*
[1]SATTAROVA Gulmira, *Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, sattarovags@mail.ru,*
[1]BALANDIN Vitaly, *Master's Degree, Senior Lecturer, vetal11@mail.ru,*
[1]*SYZDYKBAYEVA Dinara, *Master's Degree, Assistant, dikow-1290@mail.ru,*
[1]NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», N. Nazarbayev Avenue, 56,
Karaganda, Kazakhstan,

**corresponding author.*

Abstract. *A mathematical model of a social type based on expert assessments of the input parameters of the model is considered. The expert assigns a certain maximum score to each input parameter of the model (a point scale of measurements), which is further taken into account when assessing the professional qualities of an employee and compliance with occupational safety. The article offers point estimates of professional qualities of an employee by the method of expert assessments. The advantage of the proposed model is a new approach to the technology of personnel selection using traditional methods of selection and accounting of professional qualities that ensure occupational safety. The purpose of implementing a mathematical model for assessing the professional qualities of working personnel is to establish the compliance of a specific employee to perform a certain type of work at a certain production facility (site, workshop, etc.), taking into account labor safety.*

Keywords: *professional qualities, occupational safety, mathematical model, injury, experts, occupational risk, score, matrix.*

REFERENCES

1. Zajnetdinova, I.F. Ocenka dejatel'nosti rabotnikov organizacii: ucheb.-metod. posobie / I.F. Zajnetdinova. – Ekaterinburg: Publ. Ural. un-ta, 2016. – 120 p.
2. Upravlenie personalom organizacii: uchebnik / Pod red. A.Ja. Kibanova. Moscow: INFRA-M, 2014.
3. Barchan N.N. Jeffektivnost' nabora i podbora personala: sistemnyj aspekt / N.N. Barchan // Obrazovatel'naja sreda segodnja i zavtra // Sbornik nauchnyh trudov X Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii; Pod obshhej redakciej G.G. Bubnova, E.V. Pluzhnika, V.I. Soldatkina. Moscow, 2015. Pp. 177-180.
4. Zhuljabin D.Ju. O kriterijah otbora personala / D.Ju. Zhuljabin // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokih tehnologij. 2017. No. 4 (23). Pp. 120-123.
5. Ivanova O.A. Oshibki v otbore personala / O.A. Ivanova, S.A. Makushkin // Materialy Ivanovskih chtenij. 2017. No. 3 (14). Pp. 65-71.
6. Kletkina N.V. Aktual'nost' i metody otbora personala. Problemy i puti ih reshenija / N.V. Kletkina // Nauchnyj zhurnal. 2017. No. 1 (14). Pp. 46-50.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_147 ӘОЖ 622.281(574.32)

Қазба айналасындағы тау массивінің жағдайын ескере отырып, контурға жақын топырақ жыныстарын бекіту

[1]**ДЕМИН Владимир Федорович,** *т.ғ.д., профессор, vladfdemin@mail.ru,*
[1]**АБЕУОВ Еркебулан Айтуганович,** *т.ғ.к., доцент, erkebulan69@mail.ru,*
[1]***ДВУЖИЛОВА Светлана Николаевна,** магистр, аға оқытушы, dvugilova93@mai.ru,*
[1]**ТАНЕКЕЕВА Гаухар Джошина,** *докторант,*
[1]*«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Н. Назарбаев даңғылы, 56, Қарағанды, Қазақстан,*
**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Кен қазбаларын сақтау оларды пайдалануға берілгенге дейін де, одан кейін де, әсіресе тазарту жұмыстарының әсер ету аймағында жөндеуге айтарлықтай шығындарды талап етеді. Жерасты көмірін өндіру көлемін арттыру және ұстап тұру дайындық қазбаларын жүргізу мен ұстап тұрудың жоғары тиімді технологиясы болған жағдайда ғана мүмкін болады. Зерттеудің мақсаты – тау жыныстарының іргелес массивтерінің мінез-құлқының анықталған заңдылықтары негізінде тау-кен қазбаларын қарқынды және қауіпсіз жүргізу технологиясын құру үшін анкерлік бекітпемен бекітілген тау-кен қазбалары контурларының тұрақтылығын басқару параметрлерін бағалау. Тәсілдің идеясы – контурға жақын тау массивін бекітудің тиімді технологиясын жасау үшін техногендік кернеулі-деформацияланған күйді қолдану. Тау-кен қазбаларының айналасындағы тау-кен массивінің жағдайын бағалау үшін құрылымдық бұзылған біртекті емес тау-кен массивіндегі жыныстардың деформациясы, жылжуы және құлауы механизмі зерттелді. Қарағанды көмір бассейнінің шахталарында тау-кен жұмыстарын жүргізу қауіпсіздігін қамтамасыз ету мақсатында қазба айналасындағы тау-кен массивінің жағдайын ескере отырып, топырақтың контурға жақын жыныстарын бекіту технологиясы әзірленді және шахталарда қарнақтарды қазбаларға бекіту үшін анкерлік бекітпені пайдалану параметрлері анықталды.*

Кілт сөздер: *тау-кен қазбалары, деформациялық процестерді зерттеу, бекіту параметрлері, геомеханикалық процестер, анкерлік бекітпе, тау-кен қысымының көріністері, технологиялық схемалар, тау-кен жыныстарының тұрақтылығы, тау-кен қазбаларының ақауы, тау-кен техникалық факторлары, тау-кен жұмыстарының даму схемалары, технология, кернеулі-деформацияланған күй, көмір-жыныс массиві, тау-кен қазбаларының контурлары, бекіту параметрлері, конвергенция.*

Кіріспе

Тау-кен өнеркәсібінде тау-кен қазбаларындағы жыныстардың жөндеусіз сақталуын қамтамасыз ететін қабынуымен күресудің түрлі тәсілдері белгілі.

Қарағанды көмір бассейнінде орташа тұрақты төбе басым (барлық шахта қабаттарының 51%), аз төзімді төбе үлесі 26%, тұрақсыз төбе үлесі – 21% және тұрақты төбе үлесі – тек 4% болады. Жалпы қуаты 0,3-0,5 м-ден аспайтын жұқа тақтатас аргиллиттер мен көмірлі аргиллиттер жатқан учаскелерде көмір қабаттары жалған төбе түзеді. Топырақ жыныстары көбінесе орташа төзімді (шахта қабаттарының 46%), аз төзімді одан кем (19%), тұрақсыз (21%) және аз тұрақты (14%) одан да сирек болып табылады [1-4].

Бассейнде барлық өңделетін қабаттардың 25%-ға дейінгісі қатты бұзылған және өте қатты бұзылған, оның ішінде Өнеркәсіптік учаске бойынша – 16,6%, Шерубай-Нұра бойынша – 16,7%, Саран және Шахан бойынша – 50% жатады. Кен қазбаларын ұстап тұру аймағында тау-кен қысымының артуы тау-кен қысымының шоғырлану коэффициентімен ескеріледі, оның мөлшері 800 м дейін тереңдікте екі бүтін санға жетеді. Қазіргі уақытта Қарағанды бассейніндегі қабаттарды игерудің үлкен тереңдігінде қазу бағаналарына жанасатын дайындық қазбаларын бекіту жиілігі 2, 3 және тіпті 4 [5-8] шамасына жетеді.

Зерттеу әдістері

Жалпы алғанда, күтіп ұстау шығындары тереңдіктің өсуімен артады және орташа тереңдіктегі жалпы шығындардан (600 м дейін) 4-5%, ал үлкен тереңдіктерде (750-800 м дейін) шығындар 15% құрайды.

Жалпы Қарағанды көмір бассейні бойынша көмірдің баланстық қорының 25%-ы жай, 40%-ы орташа және 35%-ы күрделі пайдалану жағдайлары бар учаскелерге жатады.

Қарағанды көмір бассейнінің шахталарында әртүрлі тау-кен техникалық жағдайларда топырақ астына қойылған қарнақтарды орнату бойынша тәжірибелік-өнеркәсіптік сынақтар өткізілді [9-12].

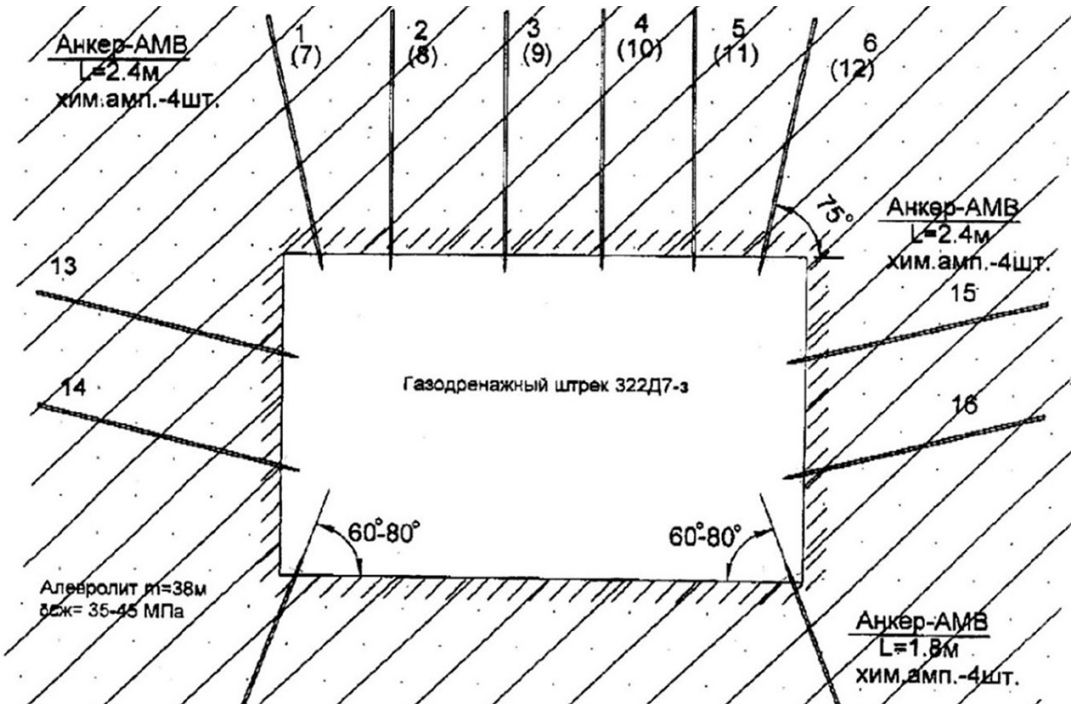
Топырақ жыныстарының қабынуын азайтуға бағытталған қарнақтық бекіту технологиясына эксперименттік тексеру жүргізу үшін эксперименттік учаскеде және әрбір жағынан 10 м сайын ұзындығы 50 м болатын іргелес учаскелерде 5 м сайын деформацияларды бақылау үшін учаскелерде ұзындығы 10 м қазба жағдауларының бойымен топыраққа металл қарнақтарды және өлшеу станцияларын орнату бойынша жұмыстар орындалды. Шахталардың маркшейдерлік қызметтері талданатын қазбалардың тауқен қысымы көріністерінің динамикасы бойынша олардың жай-күйін жақсарту бойынша ұсыныстармен деректерді ұсына отырып, деформациялардың пайда болуына (топырақты тегістеу) аптасына екі рет, ал деформациялар пайда болған кезде аптасына бір рет бақылау жүргізілді.

Қарағанды көмір бассейнінің «Қазақстан» шахтасында ПК21-ПК22 пикеттерінде (УПР-3 үңгілеу жұмыстарының учаскесі) 322$д_7$-з газды дренаж қуақазы топырағына металл қарнақтарын орнату бойынша жұмыстар орындалды, қазба қимасы 1-суретте көрсетілген. Алайда, ұсынылған қазба әлі күнге дейін тазарту жұмыстарының әсер ету аймағына енбеді, сондықтан топырақтың қарқынды қабынуы байқалмады.

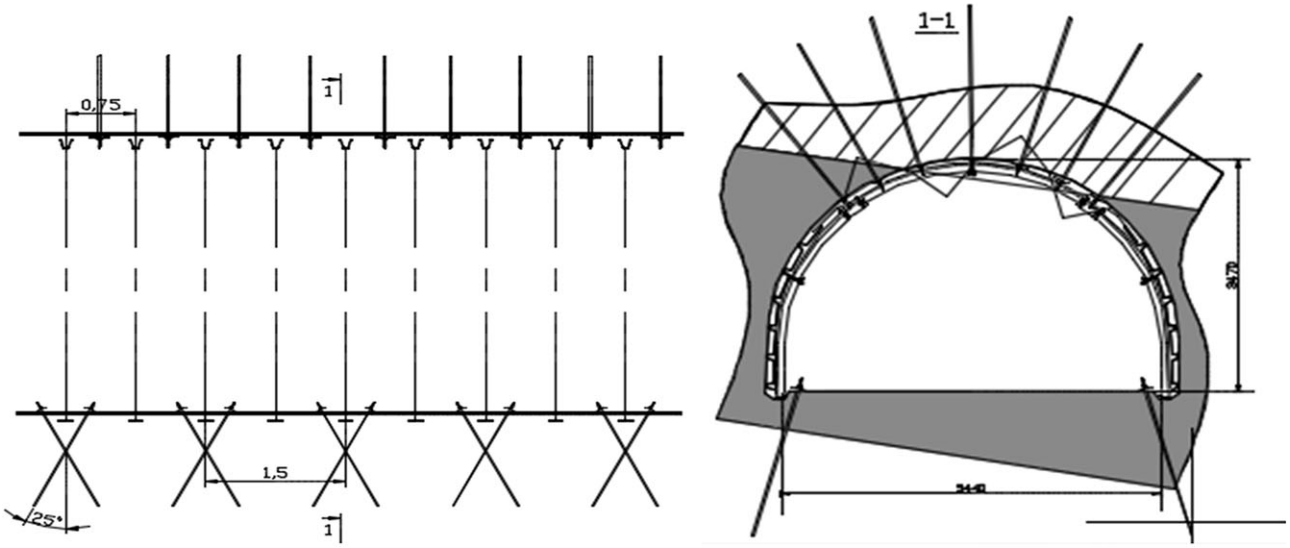
Қарағанды көмір бассейнінің «Қазақстан» шахтасында 334$д_6$-1в желдету қуақазы контурында топырақ астында контурдан тыс қарнақтарды орнату бойынша өнеркәсіптік эксперимент жүргізілді. Топырақ астындағы контурдан тыс қарнақтар ПК 104-103 пикеттерінде анти- және синклиналь қабатының аймақтарындағы $д_6$ қуатты тақтаның жоғарғы қабаты бойынша конвейерлік қазбада орнатылды (2-сурет).

Лаваның алдында аралас бекітпемен бекітілген 334$д_6$-1в конвейерлік қуақазының жай-күйі (металл рамалық бекітпе және 0,75 м аралықта жеті төбе қарнағы) біршама қолайлы. Лава 90 м-ге тең болатын негізгі төбенің отырғызу қадамымен кесілген пештен 300 м-ге жылжыды.

0,75 м сайын рамаларды орната отырып, металл аркалы иіккі бекітпемен бекітілген 334$д_6$-1в желдету қуақазының контуры топырақ жыныстары жағынан да, төбе жағынан да, әсіресе $д_7$ долинка қабатының жұмыс



1-сурет – «Қазақстан» шахтасында 322$д_6$-з газ-дренажды қуақазы – қазба жағдаулары бойында топырақта металл қарнақтарды орнату



а б

а – жоспар; б – қазба профилі

2-сурет – «Қазақстан» шахтасында топырақ асты контурдан тыс қарнақтарды орнатудың технологиялық паспорты

істемейтін қыртысы бойынша жоғарыдан өткен газды дренаж қуақаз ауданында қатты деформацияларға ұшырайды.

0,5 м арақашықтықта орнатылған металл рамалық аймақтардағы қуақаздың жағдайы анағұрлым тұрақты. Желдету қуақазы 2,5 м оқшаулағыш көмір кентірегін қалдыра отырып, жоғары жатқан қазу бағанының конвейерлік қуақазына жапсарлас өткен.

Қарнақтарды орнату аркалық бекітпе рамаларынан 0,5 м арақашықтықта адамдар жүретін және жүрмейтін жағынан жүргізілді. Теспелерді бұрғылау және қарнақтарды топырақка орнату үшін үш жұмысшы тартылды, ұзындығы 1,0 м (үлгі өлшемдері 1,0; 1,2; 1,4; 1,6 м) болатын 1-ші типтік өлшемдегі «СуперТурбо» бұрғылау қондырғысы қолданылды. Ұзындығы 1,2 (екі жапырақшалы бұрғылау тәжі), 1,8 және 2,2 м (үш жапырақшалы бұрғылау тәжі) болатын бұрғылағыштар қолданылды, содан кейін олар жұмысты тездету үшін соңғы екі өлшемге көшті. Теспелер қазбаның контурынан 45° және қазбаның осінен 45° ығысумен бұрғыланды. Химиялық ампулаларды орнату кезінде бұрғылау ұсақ-түйектерінің теспеге түсуін болдырмау үшін бұрғыланатын теспелердің астынан тереңдігі 0,2-0,4 м тесік жасалды. Бір қарнақты бұрғылау және орнату уақыты 8 минутты құрады. Іргелес қарнақтың 0,1-0,2 м-ге ығысуы және олардың топырақ жыныстарындағы қабаттасуы 0,5 м-ге дейін қамтамасыз етілді.

Ұзындығы 2,4 м болатын бұралған болат қарнақтар үш химиялық ампулаға орнатылды: жеделдетілген ұзындығы 0,35 м (қатаю уақыты 15-20 с) және екі баяу ұзындығы 0,6 м (қатаю уақыты 3 мин), содан кейін тек соңғы екеуіне көшті.

Қарнақтарды химиялық ампулалары бар теспелерге бұрауды бұрғылау қондырғысымен адаптер-ұластырғыш арқылы тірек жолағының астындағы қарнақ өзегіне калибрлеу сұққышын кескеннен кейін бекітетін сомынды бұрап жүргізді. Химиялық ампулаларды орнату тірек қысымы шыңын 1,0-2,0 м массив тереңдігіне ығыстырумен қоса топырақ жыныстарының бекітілген контурын құру арқылы қоршау жыныстарын байланыстыруға және бекітуге қол жеткізіледі.

Контурдан тыс топырақ асты қос қарнақтардан жасалған бұталарды орнату қазба ұзындығы бойынша 1,5 м арқылы жүргізілді.

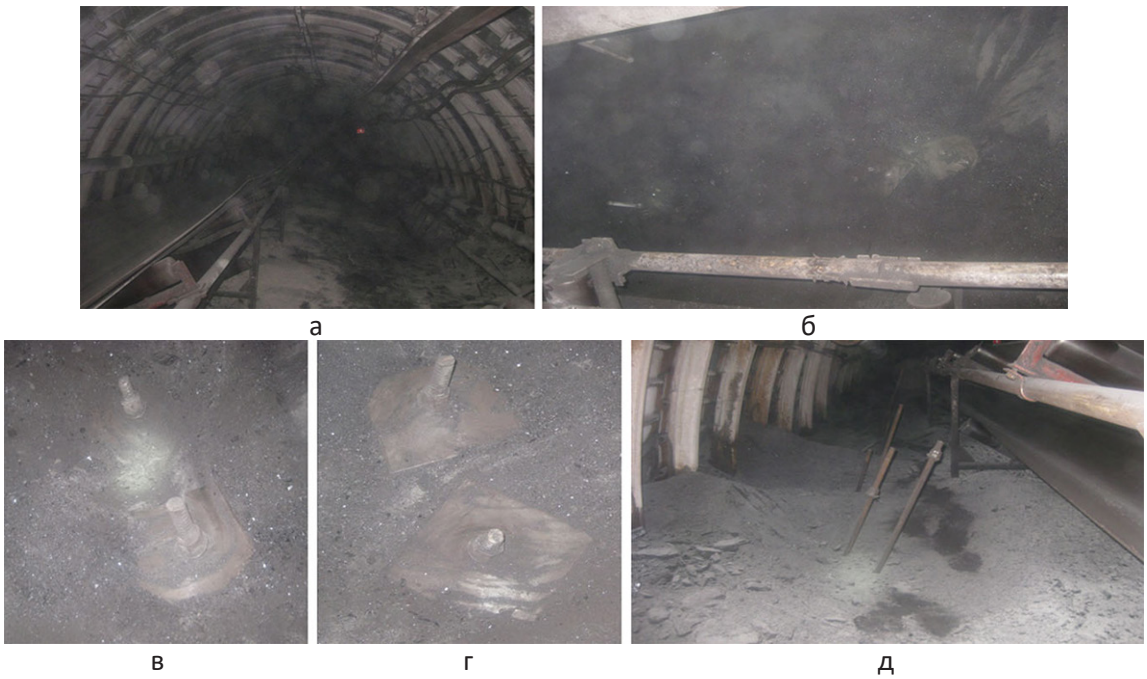
Адамдар жүретін және жүрмейтін жақтарда орнатылған топырақ асты контурдан тыс қарнақтар 3-суретте көрсетілген.

Ғылыми нәтижелер

4-суретте топырақ жыныстарының қабынуын төмендетуге бағытталған қарнақтық бекіту технологиясы кезінде «Қазақстан» шахтасының $322д_7$-з газ-дренажды қуақазын бақылау нәтижелері көрсетілген.

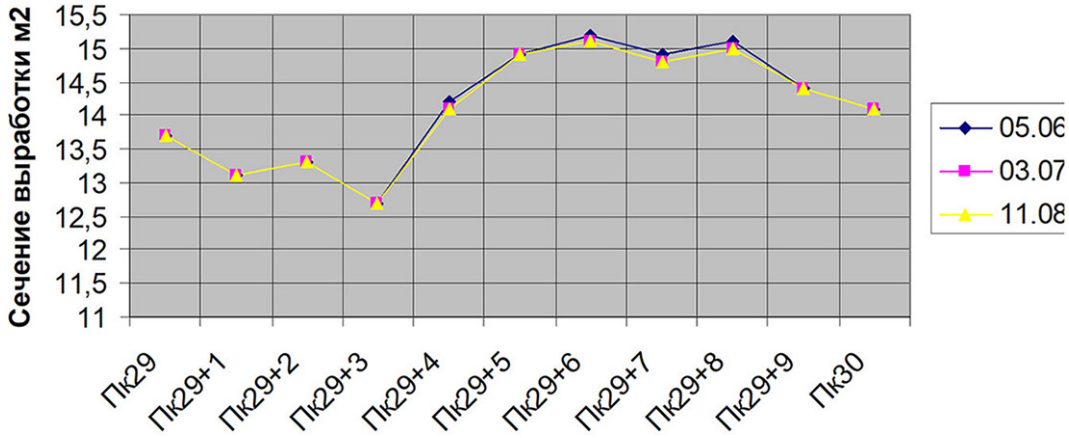
Қарағанды көмір бассейнінің «Абай» шахтасында топырақ жыныстарының қабынуын төмендетуге бағытталған эксперименттік тексеру жүргізу үшін ПК55+3 м ПК56+3 м бойынша пикеттер учаскесінде $22к_{12}$-с конвейерлік қуақазында қарнақтар орнатылды. Алайда қарнақтарды топырақка орнату оң нәтиже бермеді (5-сурет).

Қарағанды көмір бассейнінің «Абай»



а – қазбаның көлденең қимасы; б, г – қарнақты топырақка адамдар жүрмейтін жағынан орнату; в, г – адамдар жүретін жағынан білік бойынша бұрышта және қазбаның контурынан тыс орнату

3-сурет – Тау-кен қазбасының адамдар жүретін және жүрмейтін жақтарында орнатылған топырақ асты контурдан тыс қарнақтар



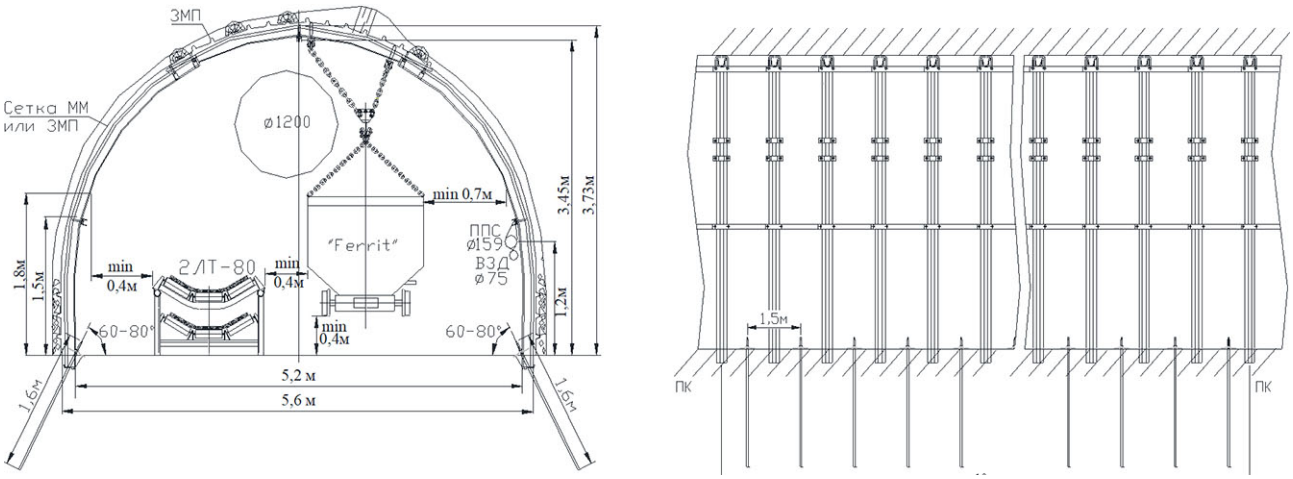
4-сурет – Топырақ жыныстарының қабынуын төмендетуге бағытталған қарнақтық бекіту технологиясы кезінде «Қазақстан» шахтасының 322д$_7$-з газ-дренажды қуақазы бойынша қазбаның көлденең қимасы ауданының өзгеру динамикасы

шахтасында топырақ асты қарнақтар синклиналь ойысында орнатылды, онда қазбадағы өртке қарсы құбыржол ставының жарылуынан кейін топырақ жыныстарының ылғалдылығы күрт өсті және топырақтың қатты түріне қарамастан барлық қазба оның орталығында қатты жыныстардың жарылыстарымен қарқынды қабынуға ұшырады.

Қарағанды көмір бассейнінің «Саран» шахтасында әрқайсысының АМК-350 ампуласына ұзындығы 1,6 м болатын теспеге диаметрі 42 м ұзындығы 1,6 м болатын 7 қосарланған қарнақ ПК1-ПК6 пикеттерінде 52к$_7$-з конвейерлік қуақазында топырақ жыныстарын нығайту бойынша эксперименттік жұмыстар жүргізілді. Бақылаулар көрсеткендей, бұл қазбада және эксперименттік учаскеде жыныстардың қабынуы жоқ. Қарнақтарды орнату кезінде техникалық тапсырмадағы талаптар сақталмағаны анықталды (6-сурет).

7-суретте металл қарнақтармен бекітіл-

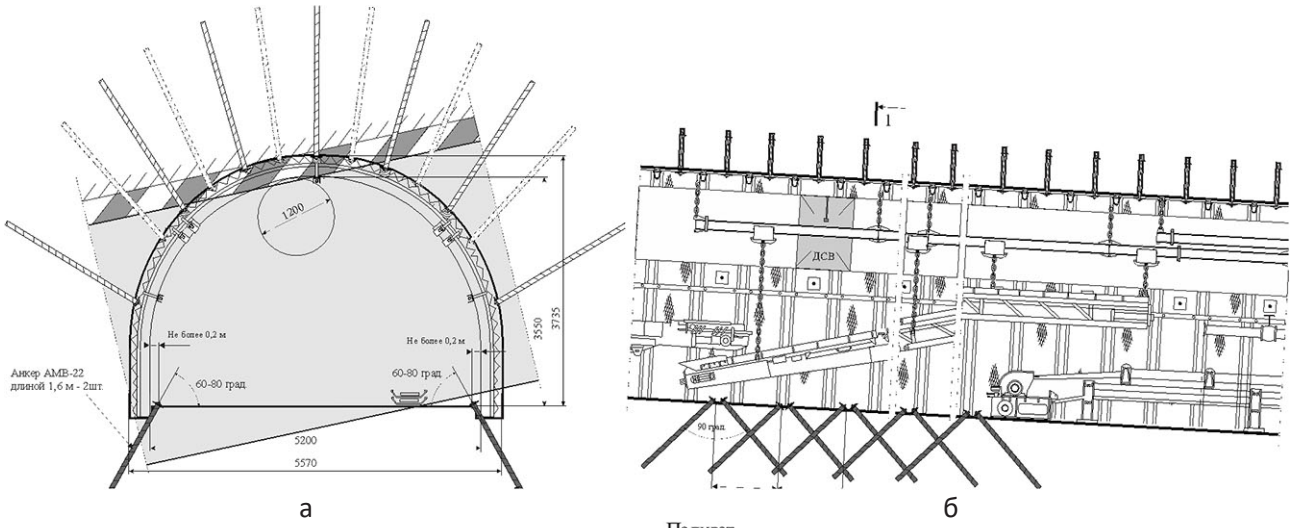
ген «Саран» шахтасының 52к$_7$-з желдету қуақазының тәжірибелік учаскесі топырағының деформациясын бақылау нәтижелері келтірілген.



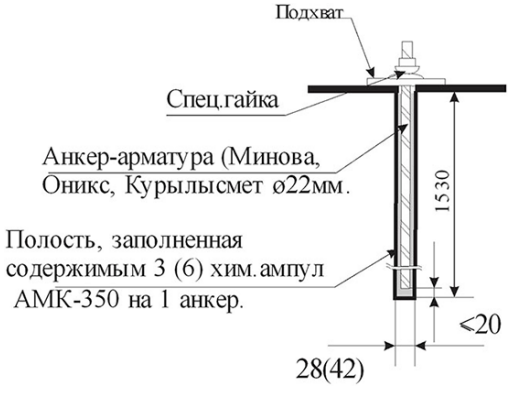
а б

а – қима; б – профиль

5-сурет – «Абай» шахтасында топырақ жыныстарының қабынуын төмендетуге бағытталған қарнақтық бекіту технологиясы



а б



в

а – көлденең қима ауданы; б – бойлық тілік; в – болатполимерлі қарнақтың сызбасы

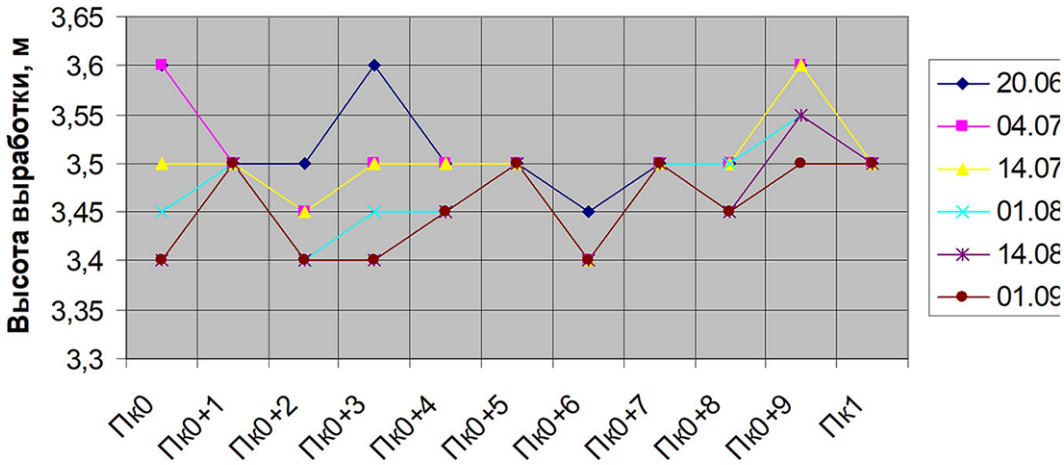
6-сурет – «Саран» шахтасындағы 52к$_7$-з конвейерлік қуақазында топырақ жыныстарын беріктендіру

Жүргізілген эксперименталды зерттеулер бойынша қорытындылар

Қазба топырағына контурдан тыс қарнақтарды орнатудың үлкен мәні мен әсері қазбалардың антиклинальды учаскелерінде және қазба топырағының қатты жыныстарымен немесе тұрақсыз әлсіреген топырақ жыныстарының бүкіл қуатымен жыныстардың қызба маңайындағы тікелей топырақ асты қабаттарына әсерін кесу үшін қол жеткізіледі. Едәуір әсер алу мақсатында Қарағанды көмір бассейнінің шахталарында қазбаның бүйірлерін қарнақтаумен бірге қазбаның екі жағынан топырақ бетіндегі қарнақтарды орнатуды жүргізу.

Жүргізілген зерттеулер кен алу қазбаларындағы бекітпелердің әр түрлері кезінде контурдан тыс жыныстардағы ығысуларға қазбалардың тау-кен-техникалық талаптарының әсер ету дәрежесін анықтауға мүмкіндік берді. Деформацияның анықталған заңдылықтары әртүрлі тау-кен-техникалық пайдалану жағдайларында қазбаларды жүргізу кезінде тау-кен қысымының көріністерін есептеу кезінде қолданылуы мүмкін.

Бұл зерттеу Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті 2024-2026 жылдарға арналған ғылыми, ғылыми-техникалық бағдарламалар бойынша бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру шеңберінде қаржыландырылған үшін алғысымызды білдіреміз (грант № br24993009).



7-сурет – «Саран» шахтасының 52к$_7$-з вентиляциялық дрейфтің тәжірибелік учаскесінің топырағының деформациясы кезінде жұмыс істейтін шахта биіктігінің өзгеру динамикасы металл қарнақтармен бекітілген

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Кузьмин С.В. Факторы и классификационные признаки, определяющие пучение / С.В. Кузьмин, И.А. Сальвассер // Вестник Кузбасского государственного технического университета: Кемерово, 2014. – № 3. – С. 43-44.
2. Кузьмин С.В. Поиск перспективных способов борьбы с пучением пород почвы в горных выработках шахт ОАО «СУЭК-Кузбасс» / С.В. Кузьмин, И.А. Сальвассер // Маркшейдерский вестник: Гипроцветмет. – 2014. – № 3. – С. 39-43.
3. Кузьмин С.В. Механизм развития пучения пород почвы и способы борьбы с ним / С.В. Кузьмин, И.А. Сальвассер, С.А. Мешков // Горный информационно-аналитический бюллетень. Отдельный выпуск. – М.: Горная книга. – 2014. – № 3. – С. 120-126.
4. Бадтиев Б.П. Исследования на моделях из эквивалентных материалов эффективности способов борьбы с пучением путем изменения формы поперечного сечения выработок // Б.П. Бадтиев, И.А. Сальвассер, С.В. Кузьмин / Маркшейдерский вестник: Гипроцветмет. – 2015. – № 4. – С. 51-55.
5. Brady B.H.G., Brown E.T. Rock Mechanics for underground mining. – Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2004. – 628 p.
6. Bobylev Y.G., Korshunov G.I. and others. Combined and anchor bolting installation in coal mines excavations. St. Petersburg International Academy of Ecology, Man and Nature. 2009. – 176 p.

7. Grady D.E., Kipp M.E. The mickromechanies and mining science, 1979. V. 16, No. 5. – Pp. 293-302.
8. Задавин Г.Д. Установление параметров анкерной крепи при проведении подготовительных выработок в условиях шахт Карагандинского бассейна: Дисс. … канд. техн. наук: – Караганда: КарГТУ, 25.00.22, 2008. – 130 с.
9. Демин В.Ф., Немова Н.А. Оценка устойчивости капитальных и подготовительных выработок при создании технологических схем. Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. Новосибирск, ИГД им. И.А. Чинакала СО РАН. Том 6. № 1. 2019. – С. 68-73. (база Скопус). ISSN 2313-5794.
10. Dymin V.F., Abekov U.T., Ivadilinova D.T. Technological schemes, methods, types and facilities for supporting mine working contours in complical mining and geological operational conditions. Горный журнал Казахстана, № 8, 2019. – С. 42-44.

Крепление приконтурных пород почвы с учетом состояния горного массива вокруг выработки

*[1]**ДЕМИН Владимир Федорович,** д.т.н., профессор, vladfdemin@mail.ru,*
*[1]**АБЕУОВ Еркебулан Айтуганович,** к.т.н., доцент, erkebulan69@mail.ru,*
*[1]***ДВУЖИЛОВА Светлана Николаевна,** магистр, старший преподаватель, dvugilova93@mai.ru,*
*[1]**ТАНЕКЕЕВА Гаухар Джошина,** докторант,*
[1]НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан,
**автор-корреспондент.*

***Аннотация.** Поддержание выемочных выработок также потребует значительных затрат на их ремонт как до, так и после ввода их в эксплуатацию, особенно в зоне влияния очистных работ. Поддержание и увеличение объема подземной добычи угля возможно лишь при наличии высокоэффективной технологии проведения и поддержания подготовительных выработок. Целью исследований явилась оценка параметров управления устойчивостью контуров горных выработок, закрепленных анкерной крепью, для создания технологии интенсивного и безопасного проведения выемочных горных выработок на основе выявленных закономерностей поведения примыкающих к ним массивов горных пород. Идея подхода заключается в использовании техногенного напряженно-деформированного состояния для разработки эффективной технологии крепления приконтурного горного массива. Исследован механизм деформирования, сдвижения и обрушения пород в структурно нарушенном неоднородном горном массиве для оценки состояния породного массива вокруг горных выработок. Разработана технология крепления приконтурных пород почвы с учетом состояния горного массива вокруг выработки и определены параметры эксплуатации анкерной крепи на шахтах для закрепления штанг в выработках в целях обеспечения безопасности ведения горных работ на шахтах Карагандинского угольного бассейна.*

***Ключевые слова:** горные выработки, исследование деформационных процессов, параметры крепления, геомеханические процессы, анкерная крепь, проявления горного давления, технологические схемы, устойчивость породных обнажений, дефектность горных выработок, горнотехнические факторы, схемы развития горных работ, технология, напряженно-деформированного состояния, углепородный массив, контуры горных выработок, параметры крепления, конвергенция.*

Fastening of Near-contour Soil Rocks, Taking into Account the State of the Mountain Range Around the Working

*[1]**DEMIN Vladimir,** Dr. of Tech. Sci., Professor, vladfdemin@mail.ru,*
*[1]**ABEUOV Yerkebulan,** Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, erkebulan69@mail.ru,*
*[1]***DVUZHILOVA Svetlana,** Master's Degree, Senior Lecturer, dvugilova93@mai.ru,*
*[1]**TANEKEYEVA Gaukhar,** Doctoral Student,*

[1]*NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», N. Nazarbayev Avenue, 56, Karaganda, Kazakhstan,*

**corresponding author.*

Abstract. *The maintenance of excavation workings will also require significant repair costs both before and after they are put into operation, especially in the zone of influence of stoping operations. Maintaining and increasing the volume of underground coal mining is possible only if there is a highly efficient technology for conducting and maintaining development workings. The purpose of the research was to evaluate the stability control parameters of the contours of mine workings, fixed with anchor bolting, in order to create a technology for intensive and safe excavation of excavation workings based on the identified patterns of behavior of adjacent rock masses. The idea of the approach is to use the technogenic stress-strain state to develop an effective technology for fastening the near-contour rock mass. The mechanism of deformation, displacement and collapse of rocks in a structurally disturbed heterogeneous rock mass was studied to assess the state of the rock mass around mine workings. A technology for fastening near-contour soil rocks has been developed, taking into account the state of the rock mass around the working, and the parameters for the operation of rock bolts in mines for fixing rods in workings in order to ensure the safety of mining operations in the mines of the Karaganda coal basin have been determined.*

Keywords: *mine workings, study of deformation processes, fastening parameters, geomechanical processes, anchor bolting, manifestations of rock pressure, technological schemes, stability of rock outcrops, defectiveness of mine workings, mining engineering factors, mining development schemes, technology, stress-strain state, coal-rock mass, contours of mine workings, fastening parameters, convergence.*

REFERENCES

1. Kuz'min S.V. Faktory i klassifikacionnye priznaki, opredelyayushchie puchenie / S.V. Kuz'min, I.A. Sal'vasser // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta: Kemerovo, 2014. – No. 3. – Pp. 43-44.
2. Kuz'min S.V. Poisk perspektivnyh sposobov bor'by s pucheniem porod pochvy v gornyh vyrabotkah shaht OAO «SUEK-Kuzbass» / S.V. Kuz'min, I.A. Sal'vasser // Markshejderskij vestnik: Giprocvetmet. – 2014. – No. 3. – Pp. 39-43.
3. Kuz'min S.V. Mekhanizm razvitiya pucheniya porod pochvy i sposoby bor'by s nim / S.V. Kuz'min, I.A. Sal'vasser, S.A. Meshkov // Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten'. Otdel'nyj vypusk. – Moscow: Gornaya kniga. – 2014. – No. 3. – Pp. 120-126.
4. Badtiev B.P. Issledovaniya na modelyah iz ekvivalentnyh materialov effektivnosti sposobov bor'by s pucheniem putem izmeneniya formy poperechnogo secheniya vyrabotok // B.P. Badtiev, I.A. Sal'vasser, S.V. Kuz'min / Markshejderskij vestnik: Giprocvetmet. – 2015. – No. 4. – Pp. 51-55.
5. Brady B.H.G., Brown E.T. Rock Mechanics for underground mining. – Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2004. – 628 p.
6. Bobylev Y.G., Korshunov G.I. and others. Combined and anchor bolting installation in coal mines excavations. St. Petersburg International Academy of Ecology, Man and Nature. 2009. – 176 p.
7. Grady D.E., Kipp M.E. The mickromechanies and mining science, 1979. V. 16, No. 5. – Pp. 293-302.
8. Zadavin G.D. Ustanovlenie parametrov ankernoj krepi pri provedenii podgotovitel'nyh vyrabotok v usloviyah shaht Karagandinskogo bassejna: Diss. … kand. tekhn. nauk: – Karaganda: KarGTU, 25.00.22, 2008. – 130 p.
9. Demin V.F., Nemova N.A. Ocenka ustojchivosti kapital'nyh i podgotovitel'nyh vyrabotok pri sozdanii tekhnologicheskih skhem. Fundamental'nye i prikladnye voprosy gornyh nauk. Novosibirsk, IGD im. I.A. CHinakala SO RAN. Tom 6. No. 1. 2019. – Pp. 68-73. (baza Skopus). ISSN 2313-5794.
10. Dymin V.F., Abekov U.T., Ivadilinova D.T. Technological schemes, methods, types and facilities for supporting mine working contours in complical mining and geological operational conditions. Gornyj zhurnal Kazahstana, No. 8, 2019. – Pp. 42-44.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_155 UDC 614.842.62

Study of Fire-fighting Water Supply Systems on the Territory of Pavlodar Region

[1]**KALIYEVA Ainagul,** *Cand. of Biol. Sci., Professor, ainanurlina80@mail.ru,*
[1]***ARYNOVA Shynar,** *PhD, Associate Professor, shinar_uzh@mail.ru,*
[1]**CHIDUNCHI Irina,** *PhD, Associate Professor, chidunchi_irina@mail.ru,*
[2]**KOROGOD Natalya,** *Cand. of Biol. Sci., Associate Professor, natalya_korogod@mail.ru,*
[1]**ALIGOZHINA Dina,** *Master, Senior Lecturer, aligojina@mail.ru,*
[1]NCJSC «Toraighyrov University», Lomov Street, 64, Pavlodar, Kazakhstan,
[2]NCJSC «Alkey Margulan Pavlodar Pedagogical University», Olzhabai Batyr Street, 60, Pavlodar, Kazakhstan,
**corresponding author.*

Abstract. *The main aspects of fire water supply system in the territory of Pavlodar region are considered. A number of problematic issues related to the technical condition, operation, and inspection of fire hydrants are studied. The total number of existing fire hydrants in the cities and towns of Pavlodar region was analyzed. A list of reasons for the lack of effective management and proper maintenance of fire hydrants was compiled. It was revealed that the largest number of fire hydrants is absent in the territory of Pavlodar city and Sharbakty district. The problems have a systemic nature and require immediate solutions to ensure the organization of an effective firefighting process. As a solution to the main problems, it is proposed to create an electronic system of accounting for firefighting water supply sources in the study area, which will accelerate the firefighting process and reduce possible risks.*

Keywords: *fire water supply, fire hydrant, fire extinguishing systems, site map, technical condition, electronic water source accounting system, settlements, mapping system, fault types, fires, ignitions.*

Introduction

Fire-fighting water supply is a complex of engineering and technical equipment designed for water intake and transportation, storage of its reserves, and its use for fire-fighting [1]. There are basic regulatory and legal documents that define the requirements for fire water supply systems [2-4].

Water supply plays an important role in the process of firefighting and should initially be designed for operation under emergency connection conditions. This requires continuous availability (uninterrupted supply is required) of water in sufficient quantities and easy accessibility regardless of time of day and season. Since modern fire trucks do not have an unlimited supply of water, firefighters must find sources of water to ensure its continuous availability. However, when locating fire water sources, firefighters are often faced with the fact that these sources are in disrepair or not available at the specified addresses.

This paper is dedicated to solving a such problem analyzing the condition of fire water supply systems and installing software to provide a safe firefighting environment.

Results and Discussion. As of December 31, 2022 on the territory of Pavlodar region, there are 7271 fire hydrants, in comparison with the same period in 2021 the number of fire hydrants has increased by 628 units. Of the 7271 fire hydrants in a defective condition 1120 units, were not found in 150 units. The number of hydrants by settlement is shown in Table 1.

The reasons for non-detection of fire hydrants are shown in Table 2.

Of the total number of fire hydrants, 5685 are operated by utilities and 1056 of those hydrants are out of service. The reason for such a large number of defective fire hydrants in settlements is the non-compliance with the technical conditions for the placement of newly adopted fire hydrants in wells, which makes it impossible to refuel fire engines, as fire hydrants are built in non-compliance with the norms of the current legislation. In addition, these circumstances are the result of insufficient actions of local executive authorities on the acceptance and rehabilitation of fire water

Table 1 – Number of undetected fire hydrants by the number of settlements

Undetected fire hydrants near population centers:	Quantity:
Pavlodar city	62
Ekibastuz city	4
Aksu city	13
Uspen district	5
Sharbakty district	50
May district	16

Table 2 – Reasons for non-detection of fire hydrants in settlements of Pavlodar region

Reason for non-detection	Settlement					
	Pavlodar	Ekibastuz	Aksu	May district	Sharbakty district	May district
Rolled under asphalt	17	-	-	-	-	-
No manhole at address	16	-	-	16	41	-
Not found in manhole	24	-	-	-	-	-
Concreted	-	-	-	-	9	-
Backfilled with dirt	5	4	13	-	-	5

supply sources.

To date, there are a number of problematic issues in Pavlodar region, the solution of which will significantly improve the state of fire water supply in the region. First of all, they are related to the technical condition of fire hydrants. At the same time, in the territory of Pavlodar region, there are waterless areas of cities and districts. The most significant of them are gardening associations. On the territory of the region, there are 28 horticultural associations with more than 50 thousand dacha plots. In 2022 on the territory of horticultural associations of the region, 42 cases of fire were registered, and 646 dacha plots were partially or completely damaged on a total area of 180 hectares.

In the course of the analysis of the area of the study, ownerless hydrants were found. Thus, 114 hydrants in Pavlodar city (Muyaldy settlement – 62, Zhanaaul – 13, Zelenstroy settlement – 39), 17 hydrants in Ekibastuz region (Shikyldak village – 2, Bayet village – 15) remain «ownerless». This circumstance leads to the rapid deterioration of hydrants. In this regard, local executive bodies should address the issue of acceptance of ownerless and newly introduced hydrants on the balance.

Today, firefighters must use paper-based media to locate water sources. The paper water source planner is a site map on an A4 sheet divided into sections. For example, the city of Pavlodar is divided into 55 sections. This map is located on 1 sheet of the folder. Orienting himself on this map, the chief of the watchman finds the section in which the fire is burning. Then, having found the required section, he goes to the required page by its number. An example of section number 3 is shown in Figure 1.

Having gone to the required section, the head of the duty shift sees in front of him the part of the city where the fire occurs with the designated water supply sources and their approximate location [5, 6]. In order to find out the technical condition of the hydrant, it is necessary to locate it on the map and then find its number in the table located in the section.

Even when choosing the right hydrant, there are problems in locating it, because the map is not on an exact scale and all the designations on it are approximate. In this regard, there is a great need to apply new technical means for the operational implementation of firefighting measures.

As a solution, it is proposed to install an electronic system of accounting of fire water supply sources, which provides information for the creation of a map of any settlement in free access.

This system is based on Microsoft Office Excel, it allows to store of data on water supply sources on the territory of the settlement in a convenient way and, most important-

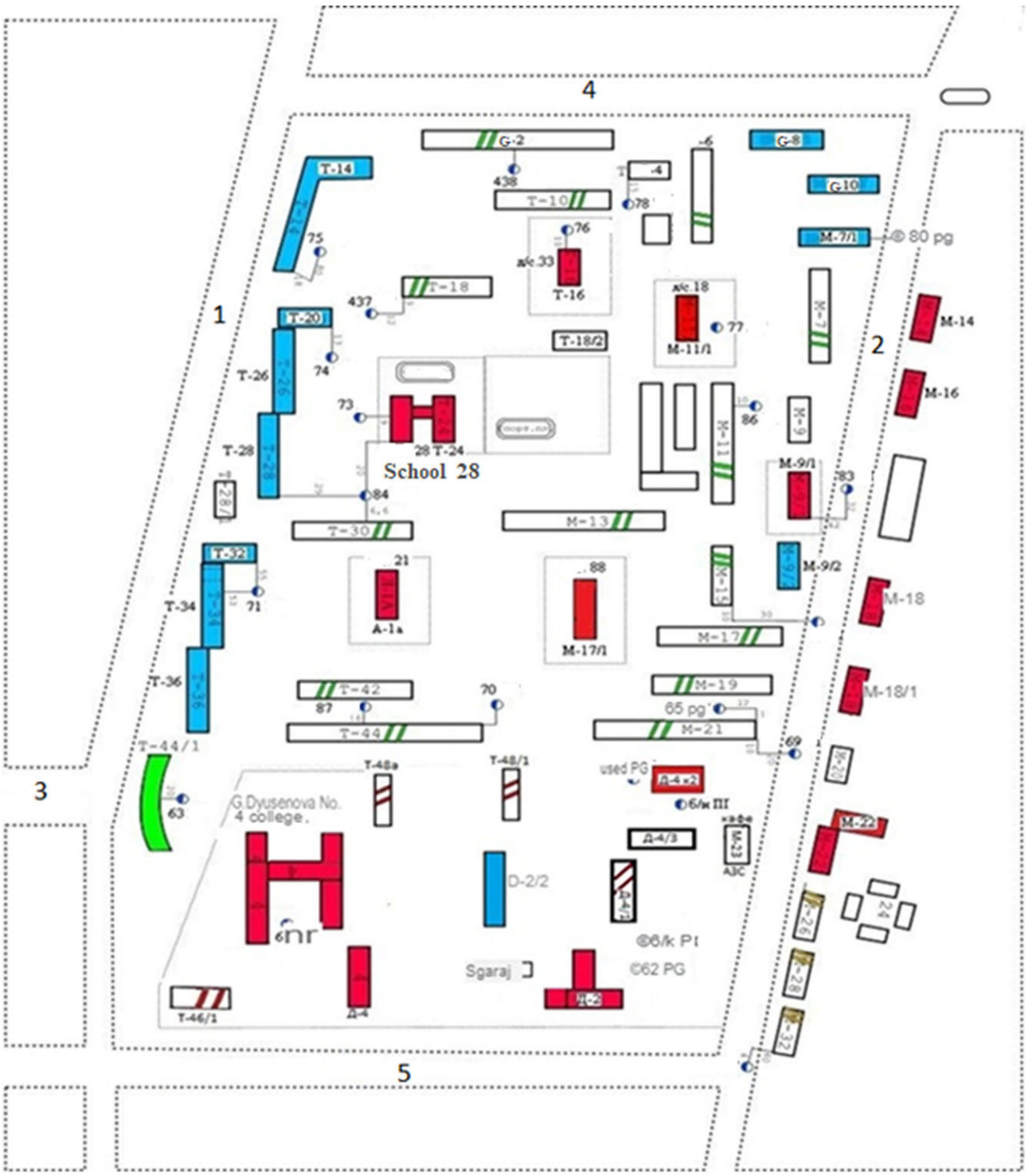


Figure 1 – Section № 3 of the Pavlodar Video Source Map (1 – Toraigyrov Street; 2 – Mira Street; 3 – Satpayev Street; 4 – Aimanov Street; 5 – Dyusenov Street)

ly, to export data on the technical condition of water supply sources to various mapping services such as Google maps, Yandex map, 2GIS, maps.me. The system is designed not only to store and transfer data but also to enter accurate data on the technical condition and serviceability of hydrants. If necessary, a Microsoft Office Excel template is provided in the required format for filling in data on the technical condition of fire water supply sources in the territory of the required settlement.

Once filled in, the data is exported to the required Maps.me mapping system. It is recommended to download it already with the change, which will speed up the work on the creation of an electronic system of accounting

of fire water supply sources on the territory of the required settlement. When downloading electronic data presented in the form of Microsoft Office Excel to a mobile phone, the map will automatically download the necessary information.

In this electronic map, water supply sources are marked as a star flag with their exact location, and if you select a particular source, you can see more detailed information about it. The main advantage is that faulty water sources are displayed in red color. Full information about the water source is shown in Figure 2.

The source is labeled not only with location information, but also with the date of the last inspection. In addition, the types of defects are displayed and, more importantly, there are photos of the location of the water source. In such conditions, the time needed to find the water source is reduced, which has a positive effect on the speed of firefighting.

To date, there is an electronic map of the water supply in Pavlodar, but only a few people use this system. In this case, a centralized ap-

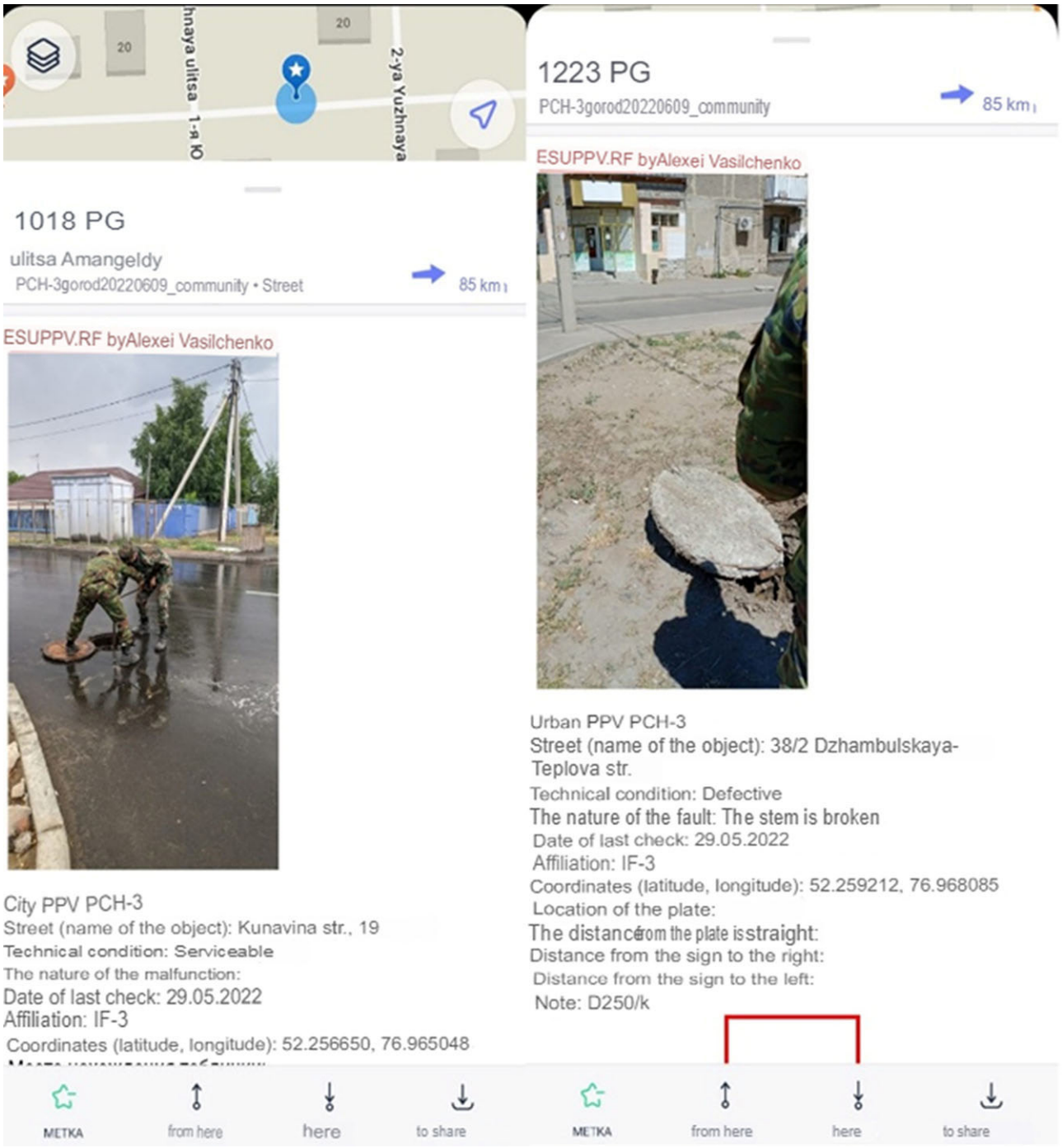


Figure 2 – Fire Water Supply Source Information

proach is needed, which consists of the use of Android-based tablets with subsequent installation on tankers of the fire department.

Conclusions. The analysis revealed problematic issues in the field of fire water supply and ways to solve them. The availability of an electronic map of water sources on the tankers of fire brigades would reduce the time spent on searching for water supply sources, which in turn would have a positive impact on the reduction of damage to human health, as well as on material damage caused to individuals and legal entities.

REFERENCES

1. Abramov A.S., Kokuhin P.P., Savchenko Ju.I. Fire-fighting water supply:training manual. Minsk: UGZ, 2021. P. 147. ISBN: 978-985-590-109-0
2. Law of the Republic of Kazakhstan of April 11, 2014 № 188-V «On civil protection». P. 2.
3. Order of the Minister of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan of February 21, 2022, № 55. Pp. 198-199.
4. Order of the Minister of National Economy of the Republic of Kazakhstan of February 28, 2015 № 163 «On approval of rules for the use of water supply and sanitation systems of settlements». P. 3.
5. Order of the Minister Internal Affairs of the Republic of Kazakhstan of June 26, 2017 № 445 «On approval of the Charter of the fire service». Pp. 2-5.
6. Order of the Minister Internal Affairs of the Republic of Kazakhstan of June 26, 2017 № 446 «On the approval of the Rules for the organization of fire extinguishing». Pp. 3-6.

Павлодар облысының аумағында өртке қарсы сумен жабдықтау жүйелерін зерттеу

*[1]**КАЛИЕВА Айнагуль Балгауовна,** б.ғ.к., профессор, ainanurlina80@mail.ru,*
*[1]***АРЫНОВА Шынар Жаныбековна,** PhD, қауымдастырылған профессор, shinar_uzh@mail.ru,*
*[1]**ЧИДУНЧИ Ирина Юрьевна,** PhD, қауымдастырылған профессор, chidunchi_irina@mail.ru,*
*[2]**КОРОГОД Наталья Петровна,** б.ғ.к., доцент, natalya_korogod@mail.ru,*
*[1]**АЛИГОЖИНА Дина Амангельдыевна,** магистр, аға оқытушы, aligojina@mail.ru,*
[1]«Торайғыров университеті» КеАҚ, Ломов көшесі, 64, Павлодар, Қазақстан,
[2]«Әлкей Марғұлан атындағы Павлодар педагогикалық университеті» КеАҚ, Олжабай батыр көшесі, 60, Павлодар, Қазақстан,

**автор-корреспондент.*

Андатпа. *Павлодар облысының аумағында өртке қарсы сумен жабдықтау жүйесінің негізгі аспектілері қарастырылды. Техникалық жай-күйге, пайдалануға, сондай-ақ өрт гидранттарын тексеруге қатысты бірқатар проблемалық мәселелер зерттелді. Павлодар облысының қалалары мен елді мекендерінің аумағында бар өрт гидранттарының жалпы саны талданды. Өрт гидранттарын тиімді басқарудың және тиісті ұстаудың болмауының себептерінің тізбесі жасалды. Шарбақты ауданы, Павлодар қаласының аумағында өрт гидранттарының көпшілігі жоқ екені анықталды. Өрт сөндіру процесін ұйымдастыру үшін мәселелер жүйелі сипатқа ие және тиімді шешуді қажет етеді. Негізгі проблемаларды шешу ретінде зерттелетін аумақта өртке қарсы сумен жабдықтау көздерін есепке алудың электрондық жүйесін құру ұсынылады, бұл өрт сөндіру процесін жеделдетуге және ықтимал тәуекелдерді азайтуға мүмкіндік береді.*

Кілт сөздер: *өртке қарсы сумен жабдықтау, өрт гидранты, өрт сөндіру жүйелері, учаскелер картасы, техникалық жай-күйі, су көздерін есепке алудың электрондық жүйесі, елді мекендер, картографиялық жүйе, ақаулық түрлері, өрт, жану.*

Исследование систем противопожарного водоснабжения на территории Павлодарской области

[1]КАЛИЕВА Айнагуль Балгауовна, *к.б.н., профессор, ainanurlina80@mail.ru,*
[1]*АРЫНОВА Шынар Жаныбековна, *PhD, ассоциированный профессор, shinar_uzh@mail.ru,*
[1]ЧИДУНЧИ Ирина Юрьевна, *PhD, ассоциированный профессор, chidunchi_irina@mail.ru,*
[2]КОРОГОД Наталья Петровна, *к.б.н., доцент, natalya_korogod@mail.ru,*
[1]АЛИГОЖИНА Дина Амангельдыевна, *магистр, старший преподаватель, aligojina@mail.ru,*
[1]НАО «Торайгыров университет», ул. Ломова, 64, Павлодар, Казахстан,
[2]НАО «Павлодарский педагогический университет имени Әлкей Марғұлан», ул. Олжабай батыра 60, Павлодар, Казахстан,
**автор-корреспондент.*

Аннотация. *Рассмотрены основные аспекты системы противопожарного водоснабжения на территории Павлодарской области. Изучен ряд проблемных вопросов, касающихся технического состояния, эксплуатации, а также проверки пожарных гидрантов. Проанализировано общее количество существующих пожарных гидрантов на территории городов и населенных пунктов Павлодарской области. Составлен перечень причин, по которым отсутствует эффективное управление и надлежащее содержание пожарных гидрантов. Выявлено, что наибольшее количество пожарных гидрантов отсутствует на территории города Павлодар и Щербактинского района. Проблемы имеют системный характер и требуют незамедлительного решения для обеспечения организации эффективного процесса пожаротушения. В качестве решения основных проблем предлагается создание электронной системы учета источников противопожарного водоснабжения на исследуемой территории, что позволит ускорить процесс пожаротушения и снизить возможные риски.*

Ключевые слова: *противопожарное водоснабжение, пожарный гидрант, системы пожаротушения, карта участков, техническое состояние, электронная система учета источников воды, населенные пункты, картографическая система, типы неисправностей, пожары, возгорания.*

REFERENCES

1. Abramov A.S., Kokuhin P.P., Savchenko Ju.I. Fire-fighting water supply:training manual. Minsk: UGZ, 2021. P. 147. ISBN: 978-985-590-109-0
2. Law of the Republic of Kazakhstan of April 11, 2014 № 188-V «On civil protection». P. 2.
3. Order of the Minister of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan of February 21, 2022, № 55. Pp. 198-199.
4. Order of the Minister of National Economy of the Republic of Kazakhstan of February 28, 2015 № 163 «On approval of rules for the use of water supply and sanitation systems of settlements». P. 3.
5. Order of the Minister Internal Affairs of the Republic of Kazakhstan of June 26, 2017 № 445 «On approval of the Charter of the fire service». Pp. 2-5.
6. Order of the Minister Internal Affairs of the Republic of Kazakhstan of June 26, 2017 № 446 «On the approval of the Rules for the organization of fire extinguishing». Pp. 3-6.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_161 UDK 622.271.3:622.76

Methods of Coal Liquefaction

[1]**MUSINA Gulnaz,** *Cand. of Tech. Sci., Professor, gulnaz_musina@mail.ru,*
[1]**AKIMBEKOVA Bakit,** *Cand. of Tech. Sci., Professor, akimbekova.b@mail.ru,*
[1]***ZHORABEK Aigul,** *Master's Degree, Senior Lecturer, aia86@mail.ru,*
[1]**KARILKHAN Aidyngul,** *Senior Lecturer, aidynguljj@mail.ru,*
[2]**NURTAI Zhadyra,** *PhD, Associate Professor, zhadira_nurtai@mail.ru,*
[1]NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», N. Nazarbayev Avenue, 56, Karaganda, Kazakhstan,
[2]K. Kulazhanov Kazakh University of Technology and Business, K. Mukhamedkhanov Street, 37a, Astana, Kazakhstan,
**corresponding author.*

Abstract. *The methods of production of liquid fuels and chemical products from coal are considered. The most universal method for producing liquid products from coal is direct hydrogenation, i.e., the production of molecular hydrogen under pressure at elevated temperature using a liquid product (paste) and catalysts. During hydrogenation about 90% of coal is converted into gas and liquid products. In the process of coal hydrogenation, stabilization of coal radicals occurs due to H-donor hydrogen, the activation of which can be passed through the catalyst. One of the most important factors in the coal liquefaction process is the presence of hydroaromatic and hydrogen-donor substances of coal origin in the solvents. The hydrogen donor was found to be 1,2,3,10 β-tetrahydrofluoranthene, 4,5-dihydropyrene, hexahydropyrenes and 9,10-dihydrophenentrenes. A good solvent-hydrogen donor substance tetralene was found, the degree of transformation of OMP was 90% in 15 min, and tetrahydroquinoline was a low-metamorphosed carbon (degree of transformation of OMP less than 80%). The degree of conversion of 100% was given by a mixture of oil ash with tetrahydroquinoline. It is recommended to use polymetallic ore processing sludge and metal sulfides as catalytic additives. The use of iron sulfates or sulfites as catalysts, accelerating the cleavage of C-C bonds in coal, and the use of $AlCl_3$, $SbCl_3$, $ZnCl_2$, BF_3, $SnCl_2$ compounds as catalysts among various solvents showed that the coal hydrogenation process can be carried out under mild conditions (initial pressure 0,1 MPa, temperature at least 200°C).*

Keywords: *coal, hydrogen donor, catalyst, hydrogenation, tetralene, solvent, sludge, hexahydropyrenes, coal radicals.*

Introduction

The process of converting coal to liquid is a difficult technical process which requires the saturation of the starting material with hydrogen 6.5% (the content of carbon) to 12.8% (the hydrogen content in the final product depending on its quality). This object is achieved in one of three traditional methods: a) direct hydrogenation (addition of hydrogen under pressure directly to the coal); b) pyrolysis, accompanied by a redistribution of hydrogen between the generators and liquid products corbided solid residue; c) gasification to form a mixture of $CO+H_2$ and subsequent synthesis of therefrom liquid products [1].

A number of research and development areas will need to be continued, including:

• Carbon capture and storage, including enhanced oil recovery and CCS development methods to offset emissions from both synthesis and liquid use. coal fuel,

• coal/biomass/natural gas mixtures for coal liquefaction: the use of carbon-neutral biomass and hydrogen-rich natural gas as a joint feed in coal liquefaction processes has significant potential to extend the life of fuel products -a cycle of greenhouse gas emissions into competitive ranges,

• Hydrogen from renewable energy sources: the need for hydrogen for coal liquefaction processes can be met by renewable energy sources, including wind, solar and biomass, which significantly reduces emissions associated with traditional methods of producing hydrogen synthesis (for example, steam reforming of methane or coal gasification) and

• Process improvements such as intensification of the Fischer-Tropsch process, hybrid liquefaction processes and more efficient air separation technologies required for oxygen

production (e.g., oxygen separation based on a ceramic membrane).

Production of coal liquid fuels and chemical products – the most promising direction in the energy sector and the future of the petrochemical industry [2, 3].

Experimental part

The most versatile method of obtaining liquid products from coal is direct hydrogenation, i.e., bringing the carbon molecular hydrogen under pressure at elevated temperature using a liquid product (paste-) and catalysts [4, 5]. In the hydrogenation of coal degradation occurs substances and saturation (hydrogenation) and fractional their chemical composition which is similar to natural oil, except for high content of aromatics and heteroatom compounds. In the hydrogenation of about 90% of the coal is converted into gas and liquid products, and high boilers (up to 300-350°C) is recycled to the process and the end product is a distillate with a boiling point up to 300-350°C (i.e., a mixture of raw gasoline, kerosene, diesel fuel), the output of which is 60-65% of the organic carbon mass [6].

In the process of coal hydrogenation coal stabilization of radicals is due to the so-called H-donor hydrogen, hydrogenation properties are restored by their hydrogenation with hydrogen, the activation of which can be passed over a catalyst.

The development of the liquefaction process, lignite and coal poses the problem of solvent selection, playing the role of the environment and efficient hydrogen donor, studying the kinetic and thermodynamic laws of their transformation of organic mass, as well as technological parameters determining the yield of liquid products [7]. The literature extensively discusses hydrogenation methods in the presence of various coals and paste-catalytic additives.

One of the most important factors in the process of coal liquefaction is the presence in solvents (paste-) of hydroaromatic, hydrogen donor substances coal origin. Thus, the exclusive hydrogen donor was found 1,2,3,10b – tetragidrofluoranten; 4,5 – dihydropyren, hexahydro-pyrenes, 9,10 – dihydro fenentren – active enough; symmetrical octahydro-phenanthrene and 2a,3,4,5 – tetrahydro-acenaphthene had moderate activity [8].

Liquefaction hydrogen transfer using hydrogenated fluoranthene at high temperatures (480-510°C) was very effective for the three Japanese bituminous coals. Total yield oils and asphaltene was higher than 85% by weight. Coal liquefaction with forming of benzene soluble studied at 400°C using as solvent a hydrogen-tetrahydroquinoline, tetrahydroisoquinoline and tetralin. Well hydrogen-donor solvent in this series was tetralene, WMD conversion degree was 90% in 15 min and low metamorphosed coal (less than 80% degree of conversion WMD) was tetrahydroquinoline. The degree of conversion of 100% gave a mixture of petroleum pitch tetrahydroquinoline (1:3). Suggested solvents along with a high capacity hydrogen donor also have good solubility with respect to the products of coal origin, but it is low in tetralene, widely used as a typical model of a hydrogen donor. The authors [8] studied the nine thermal cracking diaryl ethers showed that the conversion rate increases substantially in the presence of hydrogen donor solvent. For example, for 2,2[1] – dinaphthyl ether 10 times in the presence of 9,10 – dihydroanthracene.

The activation energy for the thermal conversion of 2,2[1] – dinaphthyl ether was 214 kJ/mol, methylnaphthalene, 151 kJ/mole in tetralene and 88 kJ/mol 9,10 – digdroantratsene. It was believed that the positive impact of a hydrogen donor was considered due to transport of hydrogen to the aromatic series diaryl ether by hydrogen donor, followed by the rapid destruction of hydrogenated ester. Increasing the degree of coal conversion, improved composition obtained liquid products, the hydrogenation process of pressure reduction is also possible by use of catalysts. Recent promote the transfer of hydrogen from the hydrogen donor solvent to coal and activate molecular hydrogen, turning it into an atomic form. The effectiveness of the use of hydrogen is determined, above all, when the ratio of formation rates of degradation of organic matter carbon radical fragments and selection of atomic hydrogen.

The GDR patent (German Democratic Republic) discloses the hydrogenation of coal under a nitrogen atmosphere, the operating pressure of 5.0-40.0 MPa, as a paste-wide fractions were used for catalytic cracking and coking of the heavy fraction oil at a contact time of 50 minutes, the temperature process coal liquefaction 473-773 K.

According to lignite liquefaction was carried out in the presence of solvent (formic acid), the process temperature is 573-623 K, and the operating pressure 10.0-15.0 MPa. Japanese coal hydrogenation «Ishikari» (1) and «Yallouri» (2) in the presence of water under supercritical conditions. The conversion of coal organic mass increased with increasing temperature and pressure was maximal at a pressure (P_{H2O} = 22.3 MPa) and a temperature of 723 K. The conversion of the organic mass of coal under these conditions 83.8%, and the liquid yield of 60% [38]. It was found that the addition of elemental sulfur increases the yield benzene-soluble substances by 13%

and added elemental sulfur donor solvent increases activity [19]. At liquefaction of lignite and subbituminous coal – tetralin solvent was used as solvent. Liquid products after hydrogenation consisted of coal: 50% n-paraffins (11,0-42,8%), naphthalene (10,2-40,5%), aromatic hydrocarbons: anthracene + phenanthrene (2-3%), acenaphthene (1,1-4.5%), diphenyl, dinaphthalene, phenylnaphthalene (11,2-15,2%) [9]. In found in the hydrogenation of coal «Bahgoan» among tetralin 10 minutes 90% of the mass of organic carbon and thus quick to produce liquefied preasfalytens, and with the rate constant increasing pressure increases the process:

$$\text{Coal} \xrightarrow{k_1} \text{preasfalyten} \xrightarrow{k_2} \text{asphaltene} \xrightarrow{k_3} \text{oils}$$

It is shown that the high speed is characterized to step k_3 of conversion of asphaltene in oil.

In recent years, a number of investigators as solvents (hydrogen donor) in addition to tetralin, tetrahydroquinoline, 1,2,3,10 – tetrahydro fluoranthene, 4,5 – digidropyrene, 9,10 – dihydrophenanthrene use toluene and phenol. The maximum yield of the liquefaction product in an atmosphere of hydrogen and argon was 30.5% when used in toluene as the solvent, and the use of phenol as an additive to the solvent broad fraction obtained from petroleum > 473 K, the yield of liquid products doubled. As the catalyst additive used pyrite content of 3% on weight of organic carbon. However, the most efficient way to ensure the profitability of the coal liquefaction process is used as a solvent broad fractions of heavy oils, tar, oil residues, low-grade creosote and anthracene oils. The authors in showed that the tar in the process of coal liquefaction has better donor properties than the low-grade oil. The process was carried out at a temperature of 773 K and an initial hydrogen pressure of 3,5-28,1 MPa. When used as a solvent with a heavy fraction oil boiling at 516-527 K coal liquefaction process «Illinois № 6» liquid yield increased from 73 to 87% at a temperature of 658 K and an initial pressure of 17.8 MPa.

Results and discussion

Increasing the degree of coal conversion, increased yield of liquid products from coal, obtained by improving the composition of the liquid products, the process working pressure reduction may coal hydrogenation using catalysts or catalyst additives. The catalysts or catalyst additives accelerate the transfer of hydrogen from a donor solvent to the coal organic mass and activate the molecular hydrogen, turning it into an atomic form. Analysis of the literature showed that highly active catalysts include catalysts based on molybdenum compound. However, molybdenum is expensive and its resources are limited, so in some countries (USA, China, Russia, Japan, South Korea and others) conducted extensive research to find cheap disposable catalysts and catalytic additives that do not require regeneration. It is recommended to use sludge processing of polymetallic ores and metal sulphide as catalyst additives. The use as catalysts of sulfates or sulfites iron accelerate cleavage C-C bonds in the coal, and in the application as catalysts $AlCl_3$ compound, $SbCl_3$, $ZnCl_2$, BF_3, $SnCl_2$ among various solvents showed that the coal hydrogenation process can be conducted under mild conditions (the initial pressure of 0.1 MPa, a temperature of at least 200°C).

A number of researchers in their work have shown that it is possible to use as a hydrogen donor (solvent) for the process of hydrogenation of coal, tar hydrocarbon fraction semicoking lignite or products semicoking, coking. The nature of the compounds belonging to the faction resin semi-coking, coking – it terpenes, steranes, cyclically neutral oxygen-containing compounds such as flavonoids, hydro-alkylated hydrocarbons may act as a source of active hydrogen in the process of coal liquefaction.

One of the promising directions in the field of producing liquid products from coal is their mechanochemical solvent processing and coal. When machining of coal properties is its dispersion, thereby increasing the specific surface area, the formation of the newly created fracture surface active sites with the possible dissociation them solvent molecules, increasing the concentration of free radicals, weakening as a result of multiple strains of all kinds of bonds and the formation of a relatively low molecular weight products. This causes an increase in the solubility of mechanically activated coal in organic solvents and increase their reactivity in further chemical reactions. The results [10] confirmed effectiveness of carbon paste mechanochemical treatment during liquefaction of coal «Brookstone» and «Kentucky» (USA) and this leads to an increase of 3-10% on product.

Conclusions

Thus, analysis of the literature data shows that in the study of coal liquefaction commonly used H – donor solvent – tetralin, phenols and derivatives thereof, 1,2,3,4 – tetrahydroquinoline, and their binary mixtures, as well as commonly used in the paste-boiling oil liquefaction of coal, low-grade oil, tar, and wide fraction of heavy oil, coal tar semi-coking and coking. However, analysis of the literature data suggests that coal hydrogenation process is carried out at high temperature and pressure in

the presence of active molybdenum catalysts and catalyst additives disposable based on iron sulphides and sulphates. There are no published studies on carbon and the preliminary mechanochemical activation using paste-cavitation techniques to mitigate the process conditions of the coal hydrogenation process (temperature and pressure). Moreover, the literature contains no data about the cavitation treatment semicoking resin, coking and broad fraction obtained from the resin used as a hydrogen donor in the process of destructive hydrogenation of coal.

REFERENCES

1. Chiba Kaji, Tagaya Hideyuki, Sato Shimio. The effect of catalysts on the mean structure of solvent-refined coal in coal liduefaction // Bull.Chem.Soc.Jap. – 2010. – № 2. – Pp. 653-659.
2. Chiba Koji, Takaya Hideyuki,Sato Shimio. Effect of additives on sulfur coal liquefaction in tetralin // J. Fuel Soc. Jap. – 1985. – Vol. 64, № 12. – Pp. 1032-1036. Citat. RZhKh. – 2011. – 12П97.
3. Gao.J., Zhang P., Wu Jiazheng, Sun Peihua. Research of China coal hydrogenation at low stage of metamorphism // Fuel.Chem and Technol. – 2013. – Vol.16, № 4. – P. 321-327.
4. Hellgeth J.W., Taylor L.T. Coal liduefaction of bituminous coal // Fuel. – 2014. – Vol. 63, № 7. – P. 961-967.
5. Kim Jae-Jo, Weler S. Studies of the catalyzed evolution of hydrogen from coal // Fuel Process Technol. – 2014. – Vol.11, № 2. – Pp. 205-209.
6. Kuhlmann E.J., Jung D.Y. Coal liduefaction using a hydrogenated creosote oil solvent. H-atom transfer from hydrogen donor components in the solvent // Fuel. – 2011. – Vol. 64, № 11. – Pp. 1552-1557.
7. Mastral-Lamarca A.M. Coal chemistry depolymerization and coal structure // Coal Science and Technology (ed.A.Volborth). Amsterdam. – 2013. – Pp. 289-306.
8. Narain W.K. Effect. temperature, coal, donor solvent and hydrogen on short contact time liquefaction yields // Ind. and Eng. Chem. Prod. Res. and Dev. – 2015. – Vol 24. № 4. – Pp. 641-644.
9. Ogo V.Noncatalytic reaction of Wandoan coal with tetralin uptu 60 MPa Pressure // Int. Conf. Coal Sci., Sydney, 28-31 Oct.1985. – Process, 2005. – Pp. 15-18. Цит. РЖХ. – 1987. – 24П111.
10. Zhang C.J., Li K.J. Study on the coprocessing of Xinjiang Heishan bituminous coal with Tahe petroleum residue // Journal of China coal society. – 2007. – Vol. 32, № 2. – Pp. 202-205.

Көмірді сұйылту әдістері

[1]МУСИНА Гульназ Нургалиевна, *т.ғ.к., доцент, gulnaz_musina@mail.ru,*
[1]АКИМБЕКОВА Бакыт Базыловна, *т.ғ.к., доцент, akimbekova.b@mail.ru,*
[1]*ЖОРАБЕК Айгуль Аскаровна, *магистр, аға оқытушы, aia86@mail.ru,*
[1]КАРИЛХАН Айдынгуль, *аға оқытушы, aidynguljj@mail.ru,*
[2]НУРТАЙ Жадыра Тастенбекқызы, *PhD, қауымдастырылған профессор, zhadira_nurtai@mail.ru,*
[1]«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Н. Назарбаев даңғылы, 56, Қарағанды, Қазақстан,
[2]Қ. Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Қ. Мұхамедханов көшесі, 37а, Астана, Қазақстан,
**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Көмірден сұйық отын және химиялық өнімдерді өндіру әдістері қарастырылады. Көмірден сұйық өнімдерді алудың ең әмбебап әдісі-тікелей гидрлеу, яғни сұйық өнімді (паста) және катализаторларды қолдана отырып, жоғары температурада қысыммен молекулалық сутекті алу. Гидрленген кезде көмір шамамен 90% газ және сұйық өнімдерге айналады. Көмірді гидрлеу процесінде көмір радикалдарының тұрақтануы Н-донорлық*

сутегі арқылы жүреді, белсендірілуін катализатор арқылы жүргізуге болады. Көмірді сұйылту процесінде маңызды факторлардың бірі – еріткіштерде гидроароматты, сутектік донорлы көмір тектес заттардың болуы. Сутегі доноры 1,2,3,10 β-тетрагидрофлуорантен, 4,5-дигидропирен, гексагидропирендер, 9,10-дигидрофенентренде табылды. Жақсы еріткіш – сутегі донорлы зат тетрален болып табылды, 15 минут ішінде ОМП конверсия дәрежесі 90%, ал төмен метаморфталған көмір (ОМП конверсия дәрежесі 80%-дан аз) тетрагидрохинолин болды. 100% конверсия дәрежесін тетрагидрохинолинмен мұнай пек қоспасы берді. Каталитикалық қоспалар ретінде полиметалл кендерін қайта өңдеу шламдары мен металл сульфидтерін пайдалану ұсынылады. Көмірдегі С-С байланыстарының үзілуін жеделдететін темір сульфаттары немесе сульфиттерін катализатор ретінде пайдалану және әртүрлі еріткіштерде $AlCl_3$, $SbCl_3$, $ZnCl_2$, BF_3, $SnCl_2$ қосылыстарын катализаторы ретінде қолдану, көмірді гидрлеу процесін жұмсақ жағдайларда жүргізуге болатынын көрсетті (бастапқы қысым 0,1 МПа, температура кемінде 200°С).

Кілт сөздер: *көмір, сутегі доноры, катализатор, гидрогенизация, тетрален, еріткіш, шламдар, гексагидропирендер, көмір радикалдары.*

Способы сжижения угля

[1]МУСИНА Гульназ Нургалиевна, *к.т.н., доцент, gulnaz_musina@mail.ru,*
[1]АКИМБЕКОВА Бакыт Базыловна, *к.т.н., доцент, akimbekova.b@mail.ru,*
[1]*ЖОРАБЕК Айгуль Аскаровна, *магистр, старший преподаватель, aia86@mail.ru,*
[1]КАРИЛХАН Айдынгуль, *старший преподаватель, aidyngulјj@mail.ru,*
[2]НУРТАЙ Жадыра Тастенбекқызы, *PhD, ассоциированный профессор, zhadira_nurtai@mail.ru,*
[1]НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан,
[2]Казахский университет технологии и бизнеса имени К. Кулажанова, ул. К. Мухамедханова, 37а, Астана, Казахстан,
**автор-корреспондент.*

Аннотация. *Рассматриваются методы производства из угля жидкого топлива и химических продуктов. Наиболее универсальным методом получения жидких продуктов из угля является прямое гидрирование, т.е. получение молекулярного водорода под давлением при повышенной температуре с использованием жидкого продукта (пасты) и катализаторов. При гидрировании около 90% угля превращается в газ и жидкие продукты. В процессе гидрирования угля стабилизация радикалов угля происходит за счет Н-донорного водорода, активацию которого можно пропустить через катализатор. Одним из важнейших факторов в процессе сжижения угля является присутствие в растворителях гидроароматических, донорных водороду веществ угольного происхождения. Донором водорода был найден 1,2,3,10 β-тетрагидрофлуорантен; 4,5-дигидропирен, гексагидропирены, 9,10-дигидрофенентрен. Найден хороший растворитель-донор водорода – вещество тетрален, степень превращения ОМП составляла 90% за 15 мин, а низкометаморфизованным углем (степень превращения ОМП менее 80%) был тетрагидрохинолин. Степень превращения смеси нефтяного пека с тетрагидрохинолином составляет 100%. В качестве каталитических добавок рекомендуется использовать шламы переработки полиметаллических руд и сульфиды металлов. Использование в качестве катализаторов сульфатов или сульфитов железа, ускоряющих расщепление С-С связей в угле, и применение в качестве катализаторов соединений $AlCl_3$, $SbCl_3$, $ZnCl_2$, BF_3, $SnCl_2$ среди различных растворителей показало, что процесс гидрирования угля может проводиться в мягких условиях (начальное давление 0,1 МПа, температура не менее 200°С).*

Ключевые слова: *уголь, донор водорода, катализатор, гидрирование, тетрален, растворитель, шламы, гексагидропирены, радикалы угля.*

REFERENCES

1. Chiba Kaji, Tagaya Hideyuki, Sato Shimio. The effect of catalysts on the mean structure of solvent-refined coal in coal liduefaction // Bull.Chem.Soc.Jap. – 2010. – № 2. – Pp. 653-659.
2. Chiba Koji, Takaya Hideyuki,Sato Shimio. Effect of additives on sulfur coal liquefaction in tetralin // J. Fuel Soc. Jap. – 1985. – Vol. 64, № 12. – Pp. 1032-1036. Citat. RZhKh. – 2011. – 12П97.
3. Gao.J., Zhang P., Wu Jiazheng, Sun Peihua. Research of China coal hydrogenation at low stage of metamorphism // Fuel.Chem and Technol. – 2013. – Vol.16, № 4. – P. 321-327.
4. Hellgeth J.W., Taylor L.T. Coal liduefaction of bituminous coal // Fuel. – 2014. – Vol. 63, № 7. – P. 961-967.
5. Kim Jae-Jo, Weler S. Studies of the catalyzed evolution of hydrogen from coal // Fuel Process Technol. – 2014. – Vol.11, № 2. – Pp. 205-209.
6. Kuhlmann E.J., Jung D.Y. Coal liduefaction using a hydrogenated creosote oil solvent. H-atom transfer from hydrogen donor components in the solvent // Fuel. – 2011. – Vol. 64, № 11. – Pp. 1552-1557.
7. Mastral-Lamarca A.M. Coal chemistry depolymerization and coal structure // Coal Science and Technology (ed.A.Volborth). Amsterdam. – 2013. – Pp. 289-306.
8. Narain W.K. Effect. temperature, coal, donor solvent and hydrogen on short contact time liquefaction yields // Ind. and Eng. Chem. Prod. Res. and Dev. – 2015. – Vol 24. № 4. – Pp. 641-644.
9. Ogo V.Noncatalytic reaction of Wandoan coal with tetralin uptu 60 MPa Pressure // Int. Conf. Coal Sci., Sydney, 28-31 Oct.1985. – Process, 2005. – Pp. 15-18. Цит. РЖХ. – 1987. – 24П111.
10. Zhang C.J., Li K.J. Study on the coprocessing of Xinjiang Heishan bituminous coal with Tahe petroleum residue // Journal of China coal society. – 2007. – Vol. 32, № 2. – Pp. 202-205.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_167 UDC 331.452:331.453

Formation of A Culture of Occupational Safety at Oil and Gas Industry Enterprises

[1]**OMAROV Talgat,** *Master's Student, omarovt1988@gmail.com,*
[1]***CHIDUNCHI Irina,** PhD, Associate Professor, chidunchi_irina@mail.ru,*
[1]**ARYNOVA Shynar,** *PhD, Associate Professor, shinar_uzh@mail.ru,*
[2]**KRAVKA Miroslav,** *PhD, Professor, kravka@fzp.czu.cz,*
[1]**URUZALINOVA Meruert,** *Master's Degree, Senior Lecturer, meruertmaj@mail.ru,*
[1]NCJSC «Toraighyrov University», Lomov Street, 64, Pavlodar, Kazakhstan,
[2]Czech University of Life Sciences, Kamycka Street, 129, Prague, Czech Republic,
**corresponding author.*

Abstract. *One of the most important aspects of labor activity and productivity is ensuring safety and comfort at the workplace. The main purpose of the study is to analyze the obtained data on reducing the number of occupational injuries and to identify the main factors of improving work culture at the enterprises of the oil and gas industry. The authors of the work noted the importance of preventive measures aimed at reducing the rate of occupational injuries and accidents to ensure safety and improve the culture of labor protection. In the oil and gas industry, characterized by a high level of danger and complex technological processes, labor safety is especially important, so the authors analyzed the statistical data of occupational injuries in the period from 2015 to 2022 in «KazTransOil» JSC. As a result of the study, the key factors for improving the culture of labor safety were identified. Due to the comprehensive improvement of safety culture and transition from «dependent» to «independent» level in the company's strategy is supposed to use leadership tools and involvement of management, employees. These measures taken have contributed to a 66% reduction in occupational injuries in 2021 as compared to 2020 and also resulted in zero injuries in 2022. By analyzing the Bradley Curve reduction in the number of injuries and identifying factors that contribute to an improved safety culture, a safer work environment can be created and the company's performance can be improved.*

Keywords: *oil and gas industry, injuries, human factor, occupational safety culture, leadership.*

Introduction

An important aspect of human labor activity, as well as labor productivity, is safety, comfortable and harmless working conditions.

In accordance with the main provisions of the International Labor Organization Convention No. 187 "On the principles promoting occupational safety and health", adopted in Geneva in 2006 and ratified by the Law of the Republic of Kazakhstan dated October 20, 2014 No. 243-V ZRK [1], each state The member, in order to prevent occupational injuries, occupational diseases and fatalities at work, promotes the creation of a safe and healthy working environment through the development of appropriate national policies and the establishment of the necessary management bodies responsible for occupational safety and health issues. Each Member State shall develop, implement, monitor, evaluate and periodically review a national occupational safety and health program in consultation with the most representative organizations of employers and workers.

The oil and gas industry is characterized by a high level of danger and complexity of technological processes. Employees at oil and gas enterprises are exposed to the risk of injuries and occupational illnesses. Therefore, it is relevant to study the methods and strategies of forming a culture of occupational safety to minimize risks.

The issue of improving labor safety culture remains relevant and important. It is directly related to the provision of safe and healthy working conditions for employers and their employees. Improving labor safety culture contributes to enhancing employees' well-being and diminishing the risk of injury and illness. In addition, occupational injuries and illness-

es result in economic losses for companies in the form of compensation payments, lost work time, losses due to production downtime, and lawsuits, which is also a factor of interest in measures to improve workplace safety culture. It is not unimportant to mention that a high level of labor safety contributes to the company's reputation as a responsible employer, which can attract qualified professionals and clients. In general, improving safety culture is an important component of effective risk management and ensuring sustainable development of the organization.

Over the last decade, a lot of work has been organized and carried out in the Republic of Kazakhstan to transition to a model of occupational health and safety management in accordance with international standards and practices, to introduce a risk-oriented approach in the planning and execution of work, and to change the norms of labor legislation. In 2020, a new conceptual apparatus regarding occupational risks, a model regulation on occupational health and safety management systems, and rules for managing occupational risks were introduced into labor legislation.

According to statistical data, in the last decade from 2010 to 2020, the Ministry of Labor noted a decrease in the level of work-related injuries throughout the country. Specifically, the frequency of accidents per 1,000 workers decreased from 0.67 in 2010 to 0.39 in 2020, serving as an indicator of safe labor [2].

Along with other areas of activity, the oil and gas sector has a direct role in reducing accident rates. This industry is key, laying the primary foundations for economic growth, playing a significant role in the development of other industries. At the same time, despite its significant role, it, like other industries, faces a number of problems and challenges, including issues of industrial injuries.

The main causes of injuries at work are associated with the use of complex and heavy equipment, as well as with working conditions that are characterized by a high degree of danger. In addition, the human factor, that is, mistakes made by employees.

One of the areas of the oil and gas industry in Kazakhstan is oil transportation. The main share falls on pipeline transport, which is the cheapest and most environmentally friendly method. More than 80% of the oil produced in Kazakhstan is shipped for export, mainly by pipeline transport, the rest is supplied to the domestic market for processing. Trunk oil pipelines are laid to deliver oil from fields to places of transshipment and consumption, which include tank farms, oil terminals, and oil refineries [3].

At the moment, the study of the issues of improving the culture of work safety in the oil and gas industry is reflected in foreign sources, however, domestic studies are quite few, and they are often related to the working conditions of a generalizing plan. There are a number of scientific studies devoted to the issue of reducing occupational injuries. For example, according to Sotoodeh (2023), oil and gas accidents are associated with loss of life, risk management and governance should be reviewed annually to reduce these rates [4]. Industries such as oil and gas require extensive health, safety, and environmental protection measures to minimize the possibility and consequences of negative events and hazards [5].

Authors Klimova and Ryzhikov argue that in any field of activity, risks should be considered. All risks must be assessed correctly,

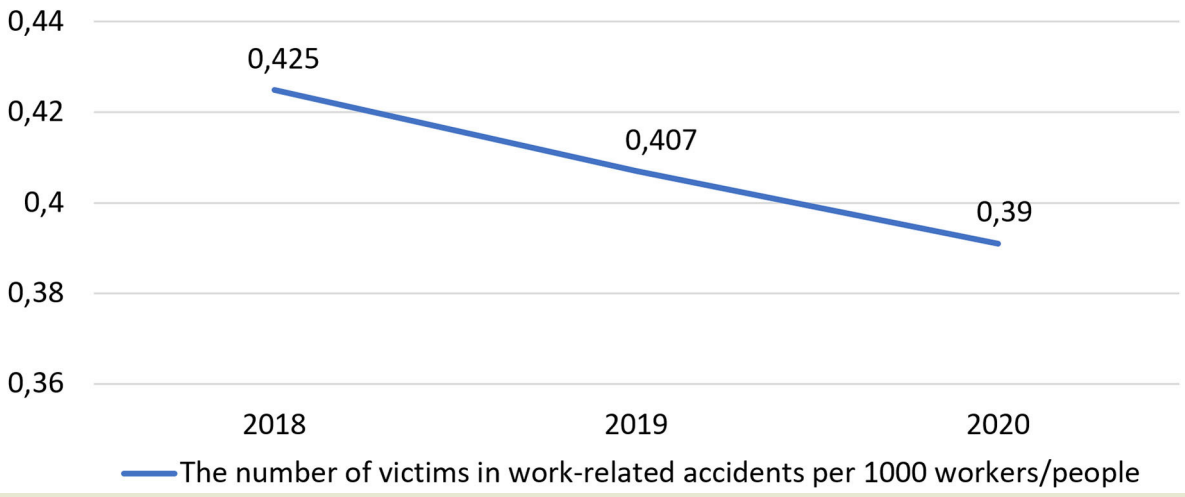


Figure 1 – Dynamics of accident frequency rates (per 1,000 workers)

along with the introduction of an ongoing risk management process [6]. There is a lack of detailed scientific research related to improving the level of labor culture, as well as a comparative analysis of injury reduction in the oil and gas sector.

In the presented paper, there is a detailed analysis on injury reduction in one of the oil and gas enterprises. For the first time, research on detailed analysis of indicators of occupational injuries in "KazTransOil" JSC during the period from 2015 to 2022 was conducted. The main purpose of the study is to analyze the obtained data on reducing the number of occupational injuries and identify the main factors of improving the work culture at the enterprises of the oil and gas sector.

Research Methods

The Bradley Curve, which establishes the relationship between the organization's approach in the field of industrial safety and the injury rate at the leading oil transportation company in the country, the national operator of the main oil pipeline "KazTransOil" JSC, was chosen as the research method. Each stage of safety culture development has its own model of behavior.

The highest level of injury rate and the lowest productivity occur at the first stage "Inborn instincts", where there is no management. In these companies, employees decide for themselves how to act based on their own attitudes, experience, and instincts.

At the second stage "Supervision" management appears in the form of inspections. Here, there is already punishment and training, which significantly reduces the level of incidents.

The third stage, "Employee Awareness" is characterized by the fact that people's behavior is determined by their own consciousness, commitment to safety, and care specifically about their health. The level of injury rate decreases.

The fourth stage, "Teamwork" is the most progressive and is observed in global companies. It is the team organization of work. Safe behavior is based on shared goals and values, and concern for other team members. It is with this approach that the injury rate is the lowest and tends towards zero.

A statistical analysis of occupational injuries at "KazTransOil" JSC was conducted during the period from 2015 to 2022.

Results and discussion

Ensuring safe working conditions and minimization of risks associated with production activities are among the key directions of the Development Strategy of "KazTransOil" JSC. In accordance with the approved policy in the field of occupational health and safety, the Company recognizes the priority of life and health of employees in relation to the results of production activities [7].

At oil and gas enterprises there are many risk factors for employees associated with industry specifics. Therefore, company management is committed to adhering to high standards of occupational health and safety compliance. Every organization strives to identify actions and behaviors that help create a safety culture.

The formation of a safety culture in an organization is a flagship area in the management of professional safety and health, based on the declaration of safety as a key value of the organization and is impossible without an open discussion of safety issues. This process is based on the recognition by the facility personnel of personal responsibility for ensuring safety and awareness of the need to comply with safety requirements.

With a high level of safety culture, all company employees demonstrate knowledge of safety requirements within the boundaries of their responsibility and can list the regulatory documents that define them, and are also able to foresee the consequences that may result from violations of safety requirements, erroneous actions, both their own and other members team. Personnel and managers of various categories demonstrate a responsible attitude to safety checks carried out by facility services and other organizations

Despite the extensive range of measures taken to improve safety and working conditions, in the period from 2015 to 2022, the Company experienced 19 work-related accidents, in which 32 Company employees were injured. All accidents were investigated in accordance with the requirements of the legislation of the Republic of Kazakhstan and the Company’s internal procedures.

As shown in the diagram, there was recorded a 66% reduction in occupational injuries in 2021 compared to 2020, and in 2022 the Company moved to zero injuries. These indicators were achieved due to the introduction of a comprehensive improvement of labor safety culture in the Development Strategy of "KazTransOil" JSC [8].

The main reasons for previously registered cases were: human factor, unsatisfactory organization of work, lack of management control over compliance with safety standards at work.

In general, based on the analysis of the above reasons, the consequence is a low labor safety culture in the Company, weak leadership and involvement of management and em-

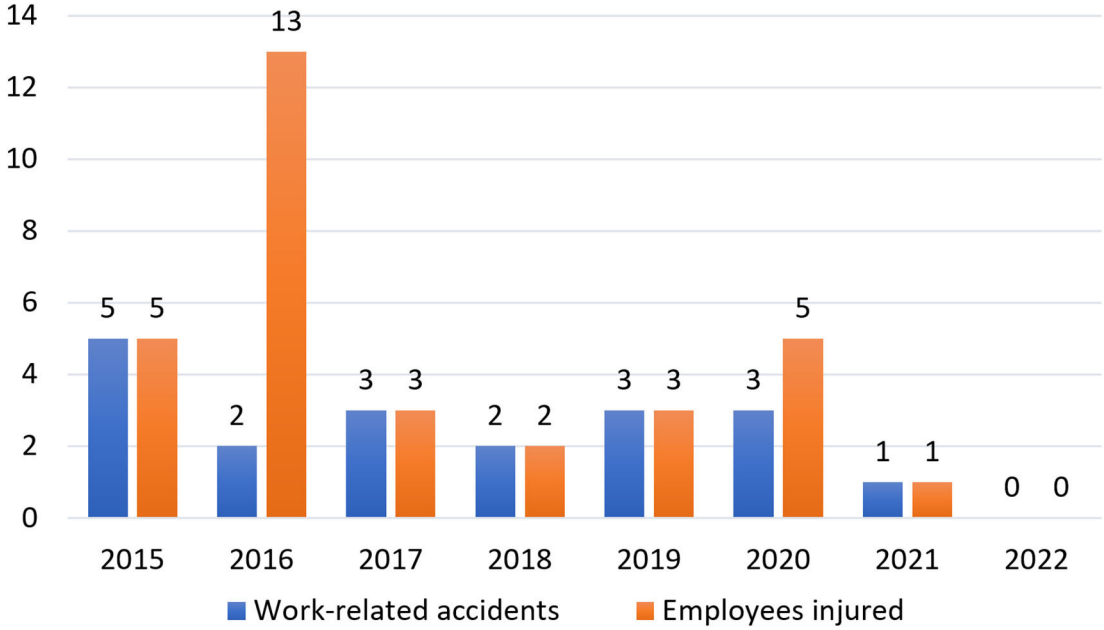


Figure 2 – Dynamics of accidents in "KazTransOil" JSC for 2015-2022

ployees of the company's production facilities in issues of labor safety and health.

Occupational safety culture is, first of all, a system of behavior and habits of following safety requirements, a set of rules and norms of people's behavior towards their own. The level of injury directly depends on its level. It is necessary to increase the level of occupational safety culture not through public reprimand or punishment for safety violations; it is necessary for each employee, starting with the first manager, to become an example of correct safe behavior.

To determine the level of development of occupational safety culture, enterprises mainly use the Bradley curve. Based on this curve, it can be understood that ensuring safe working conditions is an important and difficult task, which cannot be solved only by introducing new regulations; it is necessary to change the behavior of employees, the consciousness of people, all the company's actions are aimed at preventing incidents [9].

In the Company, in accordance with the Bradley safety curve, the level of occupational safety culture can be assessed as "dependent" (Figure 3).

In the process of creating an effective safety culture at oil and gas enterprises, the manager must be the first to take on the role of leader and demonstrate responsibility and involvement in building a safety culture.

The leader and managers set an example for workers to follow. The leader follows rules and uses personal protective equipment, discusses safety requirements with workers, encourages discipline and fights violations, and involves workers in new and interesting projects in the field of safety and health. Fulfilling the role of a leader requires trust from other team members; for this, the leader must demonstrate the following qualities [10]:

- subsequence;
- integrity;
- sharing management functions with other participants;
- open communication with employees;
- ability to admit mistakes.

The example of a leader and the positive result in the formation of conscious safe behavior of all employees of the organization allow us to approach a zero level of injuries, as illustrated by the well-known Bradley curve (Fig. 3). As world practice shows (Bradley curve), the transition to a new level of safety is possible as a result of changes in the behavior of production personnel based on the combination of personal and corporate values, the transition from external motivation – reactive, dependent level of following the rules (discipline, rules) – to internal – independent and the interdependent level of interaction between the employee and the employer and the team on safety issues (personal value, interests of others, collective pride).

The use of the term "dependent" and "independent" levels of labor safety culture is associated with the model of safety culture proposed by J. Bradley. According to this model, the level of safety culture can be assessed at

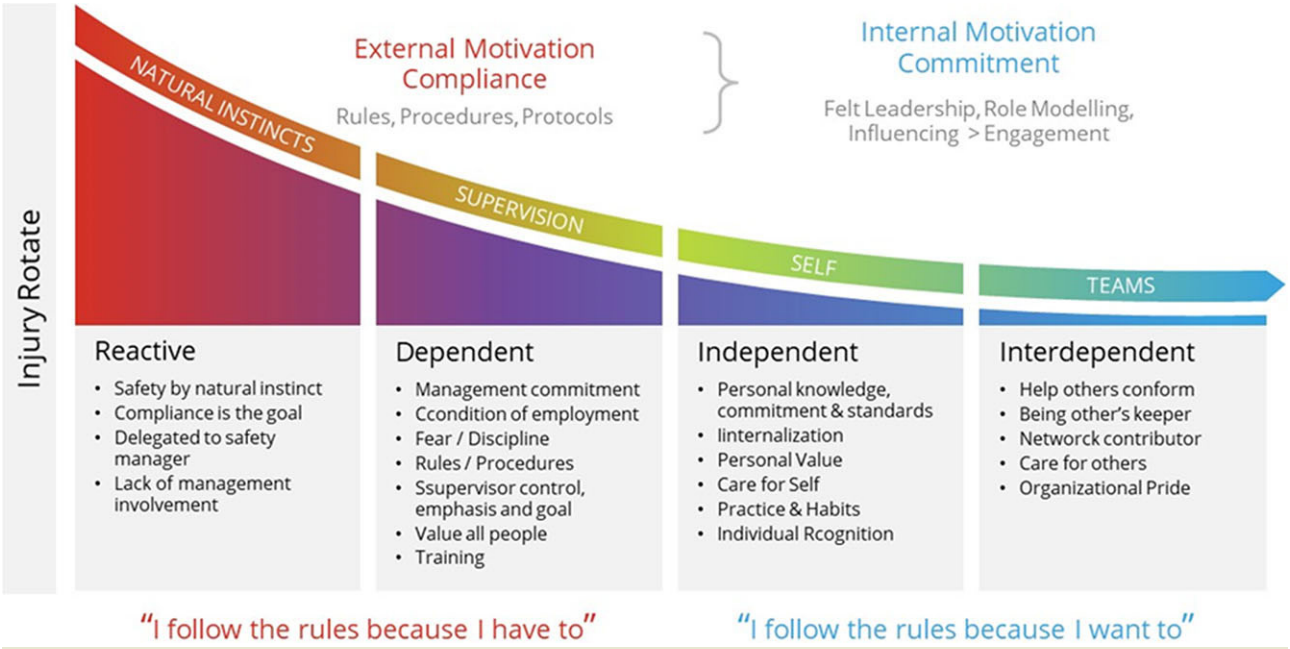


Figure 3 – Bradley safety curve

three levels: dependent, independent and intervention.

The dependent level of work safety culture is related to the fulfillment of external requirements and regulations. The main factors that determine safety are rules, regulations, internal instructions, and control and punishment for violations. Personnel mostly comply with regulations because of external pressure and fear of punishment.

An independent level of work safety culture becomes part of the organizational culture. Employees perceive safety as important and try to follow the rules because of their own belief in their importance. Here, people follow safety rules themselves because they realize that it is in their own interest and in the interest of their coworkers.

In order to make the transition from a dependent level of workplace safety culture to an independent one, a number of activities need to be undertaken:

- conducting training programs to develop awareness of safety and its importance for each employee;
- systematically involving employees in the safety decision-making process and providing opportunities for them to express their opinions and ideas;
- establishing systems to reward employees for their active participation in safety, e.g. awards for accident-free work, participation in safety projects;
- developing an atmosphere in the organization where safety is considered an integral part of working life and company culture.

Active management involvement in safe practices and leading by example will help increase safety awareness among the workforce.

As these activities are implemented and personnel attitudes toward safety change at a deeper level, we can talk about a shift in the safety culture of the enterprise from a dependent to an independent level.

Conclusion

Within the framework of the study, it should be noted that changing the behavior of employees is as important as monitoring compliance with legal requirements. However, behavior change must occur at all levels, including management and line managers.

The introduction into the Company Strategy of the concept of comprehensive improvement of safety culture and the transition from the "dependent" to the "independent" level through the described tools of leadership and involvement of management and employees allowed in 2021 to reduce occupational injuries by 66% compared to 2020, and in 2022 to achieve zero injuries.

However, it must be remembered that the effectiveness of measures depends not only on their quality, but also on their implementation in practice. Management must not only implement such measures, but also monitor their implementation at all levels. Only then can we talk about achieving the maximum effect in the field of industrial safety.

REFERENCES

1. Law of the Republic of Kazakhstan dated October 20, 2014 No. 243-V ZRK “On ratification of the Convention on the Promotion of Occupational Safety and Health (Convention 187)”.
2. Decree of the Government of the Republic of Kazakhstan dated December 28, 2023 No. 1182 “On approval of the Concept of safe work of the Republic of Kazakhstan for 2024 – 2030”.
3. Industry Analysis Report. JSC “Kazakh Institute of Oil and Gas”, Astana, 2019. – 98 p.
4. Sotoodeh, K. Review of the role of safety engineers in the prevention and mitigation of fires during oil and gas plant design. Life Cycle Reliab Saf Eng 12, 2023. Pegas 83-92. https://doi.org/10.1007/s41872-023-00220-y.
5. Iakovlev I. V., Pesterev A. P. Labor Safety in the Oil and Gas Industry //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2022. – T. 988. – No. 2. – C. 022038.
6. Klimova E.V., Ryzhikov E. N. Reducing industrial injuries by improving the occupational safety management system // News of Tula State University. Geosciences. 2017. No. 1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/snizhenie-proizvodstvennogo-travmatizma-putem-sovershenstvovaniya-sistemy-upravleniya-ohranoy-truda.
7. The policy of KazTransOil JSC in the field of health protection and occupational safety was approved by the decision of the Board of KazTransOil JSC, minutes of the meeting dated June 22, 2022. No. 23.
8. Development strategy of KazTransOil JSC for 2020-2024. Astana, 2020 – 28 p.
9. Prygunov, P.V. Safety culture is a priority of production activities / P.V. Prygunov. – Text: immediate // Young scientist. – 2019. – No. 26 (264). – Pp. 373-375. – URL: https://moluch.ru/archive/264/61284/ (date of access: 02/09/2024).
10. The role of managers in creating a culture of labor protection. OGP Report No. 452 Rus. URL: http://www.ogp.org.uk/pubs/435.pdf (access date: 02/09/2024).

Мұнай-газ саласы кәсіпорындарында еңбек қауіпсіздігі мәдениетін қалыптастыру

*[1]**ОМАРОВ Талгат Маратович,** магистрант, omarovt1988@gmail.com,*
*[1]***ЧИДУНЧИ Ирина Юрьевна,** PhD, қауымдастырылған профессор, chidunchi_irina@mail.ru,*
*[1]**АРЫНОВА Шынар Жаныбековна,** PhD, қауымдастырылған профессор, shinar_uzh@mail.ru,*
*[2]**КРАВКА Мирослав,** PhD, профессор, kravka@fzp.czu.cz,*
*[1]**УРУЗАЛИНОВА Меруерт Бериковна,** магистр, аға оқытушы, meruertmaj@mail.ru,*
[1]«Торайғыров университеті» КеАҚ, Ломов көшесі, 64, Павлодар, Қазақстан,
[2]Чехия жаратылыстану ғылымдары университеті, Камицка көшесі, 129, Прага, Чехия,
**автор-корреспондент.*

***Андатпа.** Еңбек қызметі мен өнімділіктің маңызды аспектілерінің бірі – жұмыс орнында қауіпсіздік пен жайлылықты қамтамасыз ету. Зерттеудің негізгі мақсаты-өндірістік жарақаттану санын азайту бойынша алынған деректерді талдау және мұнай-газ саласындағы кәсіпорындарда еңбек мәдениетін арттырудың негізгі факторларын анықтау. Жұмыс авторлары қауіпсіздікті қамтамасыз ету және еңбекті қорғау мәдениетін арттыру үшін өндірістік жарақаттану мен жазатайым оқиғалардың көрсеткіштерін төмендетуге бағытталған профилактикалық іс-шараларды жүргізудің маңыздылығын атап өтті. Қауіптіліктің жоғары деңгейімен және күрделі технологиялық процестермен сипатталатын мұнай-газ саласында еңбек қауіпсіздігі ерекше маңызды, сондықтан авторлар қауіптіліктің жоғары деңгейімен және күрделі технологиялық процестермен сипатталатын мұнай-газ саласында еңбек қауіпсіздігі ерекше маңызды, сондықтан авторлар «ҚазТрансОйл» АҚ-да 2015-2022 жылдар аралығында болған өндірістік жарақаттанудың статистикалық деректеріне талдау жүргізді. Зерттеу нәтижесінде еңбекті қорғау мәдениетін арттырудың негізгі факторлары*

анықталды. Қауіпсіздік мәдениетін кешенді жақсарту және «тәуелділіден» «тәуелсіз» деңгейге көшу арқылы компания стратегиясында көшбасшылық құралдарын пайдалану және басшылықты, қызметкерлерді тарту көзделеді. Бұл қабылданған шаралар 2021 жылы өндірістік жарақаттануды 2020 жылмен салыстырғанда 66%-ға төмендетуге ықпал етті, сондай-ақ 2022 жылы нөлдік жарақаттануға әкелді. Бредли қисығы бойынша жарақаттану санының төмендеуін талдау және еңбекті қорғау мәдениетін арттыруға ықпал ететін факторларды анықтау арқылы қауіпсіз жұмыс ортасын құруға және кәсіпорын қызметінің тиімділігін арттыруға болады.

Кілт сөздер: *мұнай-газ саласы, жарақаттану, адами фактор, еңбек қауіпсіздігі мәдениеті, көшбасшылық.*

Формирование культуры безопасности труда на предприятиях нефтегазовой отрасли

[1]***ОМАРОВ Талгат Маратович,*** *магистрант, omarovt1988@gmail.com,*
[1]****ЧИДУНЧИ Ирина Юрьевна,*** *PhD, ассоциированный профессор, chidunchi_irina@mail.ru,*
[1]***АРЫНОВА Шынар Жаныбековна,*** *PhD, ассоциированный профессор, shinar_uzh@mail.ru,*
[2]***КРАВКА Мирослав,*** *PhD, профессор, kravka@fzp.czu.cz,*
[1]***УРУЗАЛИНОВА Меруерт Бериковна,*** *магистр, старший преподаватель, meruertmaj@mail.ru,*
[1]НАО «Торайгыров университет», ул. Ломова, 64, Павлодар, Казахстан,
[2]Чешский университет естественных наук, ул. Камицка, 129, Прага, Чехия,
**автор-корреспондент.*

Аннотация. *Одним из важнейших аспектов трудовой деятельности и продуктивности является обеспечение безопасности и комфорта на рабочем месте. Основная цель исследования – проанализировать полученные данные по снижению количества производственного травматизма и выявить основные факторы повышения культуры труда на предприятиях нефтегазовой отрасли. Авторами работы отмечена важность проведения профилактических мероприятий, направленных на снижение показателя производственного травматизма и несчастных случаев для обеспечения безопасности и повышения культуры охраны труда. В нефтегазовой отрасли, характеризующейся высоким уровнем опасности и сложными технологическими процессами, безопасность труда особенно важна, поэтому авторами был проведен анализ статистических данных производственного травматизма в период с 2015 по 2022 гг. в АО «КазТрансОил». В результате исследования выявлены ключевые факторы повышения культуры охраны труда. Благодаря комплексному улучшению культуры безопасности и переходу от «зависимого» к «независимому» уровню в стратегии компании предполагается использование инструментов лидерства и вовлечение руководства, сотрудников. Данные предпринятые меры способствовали снижению производственного травматизма на 66% в 2021 году по сравнению с 2020 годом, а также привело к нулевому травматизму в 2022 году. Анализируя снижение количества травматизма по кривой Брэдли и выявляя факторы, способствующие повышению культуры охраны труда, можно создать более безопасную рабочую среду и повысить эффективность деятельности предприятия.*

Ключевые слова: *нефтегазовая отрасль, травматизм, человеческий фактор, культура безопасности труда, лидерство.*

REFERENCES

1. Law of the Republic of Kazakhstan dated October 20, 2014 No. 243-V ZRK “On ratification of the Convention on the Promotion of Occupational Safety and Health (Convention 187)”.
2. Decree of the Government of the Republic of Kazakhstan dated December 28, 2023 No. 1182 “On approval of the Concept of safe work of the Republic of Kazakhstan for 2024 – 2030”.
3. Industry Analysis Report. JSC “Kazakh Institute of Oil and Gas”, Astana, 2019. – 98 p.
4. Sotoodeh, K. Review of the role of safety engineers in the prevention and mitigation of fires during oil and gas plant design. Life Cycle Reliab Saf Eng 12, 2023. Pegas 83-92. https://doi.org/10.1007/s41872-023-00220-y.
5. Iakovlev I. V., Pesterev A. P. Labor Safety in the Oil and Gas Industry //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2022. – T. 988. – No. 2. – C. 022038.
6. Klimova E.V., Ryzhikov E. N. Reducing industrial injuries by improving the occupational safety management system // News of Tula State University. Geosciences. 2017. No. 1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/snizhenie-proizvodstvennogo-travmatizma-putem-sovershenstvovaniya-sistemy-upravleniya-ohranoy-truda.
7. The policy of KazTransOil JSC in the field of health protection and occupational safety was approved by the decision of the Board of KazTransOil JSC, minutes of the meeting dated June 22, 2022. No. 23.
8. Development strategy of KazTransOil JSC for 2020-2024. Astana, 2020 – 28 p.
9. Prygunov, P.V. Safety culture is a priority of production activities / P.V. Prygunov. – Text: immediate // Young scientist. – 2019. – No. 26 (264). – Pp. 373-375. – URL: https://moluch.ru/archive/264/61284/ (date of access: 02/09/2024).
10. The role of managers in creating a culture of labor protection. OGP Report No. 452 Rus. URL: http://www.ogp.org.uk/pubs/435.pdf (access date: 02/09/2024).

Раздел 3

Строительство. Транспорт

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_175 УДК 691.3

Параметры, влияющие на стойкость бетонов к агрессивным средам

[1]***РЯБКОВА Марина Петровна,*** *к.т.н., старший преподаватель, marina170807@mail.ru,*
[1]***БАЙДЖАНОВ Джумагельды Омарович,*** *д.т.н., профессор, bdo3@yandex.ru,*
[1]***АБДУЛЛАЕВА Айғаным Бейбітқызы,*** *магистрант, abdullaeva_02@mail.ru,*
[1]****ХАН Максим Александрович,*** *магистр, старший преподаватель, han_maks@mail.ru,*
[1]НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова»,
пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан,
**автор-корреспондент.*

Аннотация. *Приводятся данные по улучшению стойкости бетона к агрессивным средам. Проведены теоретические и практические исследования по выявлению причин стойкости различных бетонов к агрессивным средам. Исследованы способы повышения прочности бетонов на различных вяжущих. Изучено влияние макро- и микропор на стойкость бетона. Установлено что бетоны, в состав которых входят шлак или щелочные компоненты, проявляют более низкую капиллярную пористость по сравнению с материалами, основанными на портландцементе. Эта характеристика способствует снижению проницаемости и повышению устойчивости материала.*

Ключевые слова: *бетон, агрессивная среда, стойкость бетона, пористость, макроструктура, микроструктура, коррозионная стойкость.*

Введение

Одним из ключевых вопросов, поставленных перед Правительством Республики Казахстан, является задача комплексного использования природных ресурсов. В документе «Основные направления экономического и социального развития до 2025 года» подчеркивается важность решения ряда проблем в области естественных и теоретических наук, в том числе «разработка химико-технологических процессов для получения новых веществ и материалов с

определенными свойствами».

В различных отраслях экономики, таких как промышленность, транспорт и сельское хозяйство, широко используются различные покрытия и изделия, подвергающиеся воздействию органически агрессивных сред. Особенно уязвимы к быстрому разрушению покрытия полов в промышленных зданиях.

Создание материалов из местного сырья, которое не является дефицитным, обладающих повышенной устойчивостью к органическим средам, могло бы сократить временные потери из-за простоя оборудования и способствовать увеличению объемов строительства.

Исследования по созданию бетонов, устойчивых к воздействию органических сред, активно проводятся учеными как в странах СНГ, так и за рубежом. Результаты работ, таких как исследования Васильева Н.В., Дементьева Г.К., Иванова Ф.М., Ратинова В.Б., Ребиндера П.А., Робертса С., Эванса В. и других ученых, внесли значительный вклад в понимание основных факторов, влияющих на стойкость портландцемента в органических кислотах, поэтому было предложено заменить их полимербетонами. Однако использование полимербетонов требует сложной технологии и применения дефицитных токсичных смол, что противоречит санитарным нормам многих отраслей промышленности.

Из перспективных материалов для использования в условиях воздействия органических сред особенно выделяются те, которые обладают минимальной капиллярной пористостью и содержат продукты гидратации с пониженной растворимостью в пресной воде и кислотных растворах. Сюда относятся, например, шлакощелочные вяжущие и бетоны.

Исследования по коррозионной стойкости шлакощелочных бетонов в различных средах проведены Глуховским В.Д., Гончаровым В.В., Ильиным В.П., Саввиной Ю.А. и др. Анализ этих работ подчеркивает, что наиболее полные исследования стойкости шлакощелочных вяжущих и бетонов проведены в минеральных средах. Эти исследования свидетельствуют о высоких эксплуатационных характеристиках шлакощелочных вяжущих и бетонов при воздействии коррозионных факторов в минеральных кислотах, что обусловлено структурными особенностями материалов на макро- и микроуровнях.

При анализе влияния основных факторов на стойкость цемента и бетона в органических средах выделяют две группы сред. Первая группа включает среды, которые не взаимодействуют химически с цементным камнем (например, нефтяные среды), а вторая группа включает среды, вступающие в химическое взаимодействие с цементным камнем, такие как кислые среды и среды, возникающие в пищевой промышленности.

Проведённый анализ основных факторов, влияющих на стойкость материалов в органических средах в обеих группах на примере бетонов на портландцементе выявил, что стойкость бетонов в кислых средах зависит от состава и растворимости новообразованных веществ, а также растворимости продуктов взаимодействия. Исследования по коррозионной стойкости бетона и железобетона в кислых средах представлены работами таких ученых, как Иванов Ф.М., Кинд В.В., Москвин В.М., Ратинов В.Б. и др. В этих исследованиях разработана теория стойкости бетона, зависящая от растворимости и характера продуктов взаимодействия бетона с кислотой.

При этом стоит отметить, что в случае хранения портландцемента в минеральных и органических кислотах происходит химическое взаимодействие с гидроксидом кальция, а затем с гидросиликатами и гидроалюминатами кальция, формируя кальциевые соли [1]. Необходимо подчеркнуть, что гидроксид кальция, играющий ключевую роль в структуре цементного камня, подвергается разрушению под воздействием кислот, приводя к быстрому нарушению структуры. Этот процесс сопровождается снижением концентрации ионов OH^-, что приводит к уменьшению щелочности жидкой фазы в порах цементного камня. В данном контексте ионы OH^- при воздействии кислот связываются с катионами водорода, образуя слабо диссоциированную воду [2].

Исследованиями было установлено, что с увеличением растворимости продуктов реакции портландцемента с минеральными кислотами увеличивается скорость процессов коррозии цементного камня [1, 3-5]. Напротив, при образовании малорастворимых продуктов реакции с гелекристаллической структурой, коррозия замедляется и определяется скоростью диффузии агрессивных ионов через слой продуктов коррозии вглубь бетона. Это объясняется особенностями микро- и макроструктуры шлакощелочных вяжущих и бетонов на их основе.

Открытие гидравлических вяжущих систем в Казахстанском институте стратегических исследований под руководством Глуховского В.Д. позволило разработать шлакощелочные бетоны с высокими прочностными и эксплуатационными свойствами [6, 7]. Эти свойства обусловлены особенностями состава новообразований продуктов гидратации и их структуры.

Основным отличием шлакощелочных вя-

жущих от портландцемента является отсутствие в их продуктах гидратации гидроксида кальция и высокоосновных гидросиликатов и гидроалюмосиликатов кальция, которые имеют повышенную растворимость в пресной воде и кислых средах. Продукты гидратации шлакощелочных вяжущих включают низкоосновные гидросиликаты CSH(B), кремниевую кислоту, смешанные щелочно-щелочноземельные соединения, а также щелочные гидросиликаты, состав которых зависит от минералогического и химического состава используемых шлаков. Например, на основных шлаках с содержанием Al_2O_3 в количестве 5-6% формируются кальциевые и кальциево-натриевые гидроалюмосиликаты, такие как жисмондин, фожазит и томсонит. На нейтральных, с содержанием $Al_2O_3 \geq 10\%$, и кислых шлаках, Al_2O_3 до 17%, образуются натриевые гидроалюмосиликаты, такие как гидронефелин, натролит, парагонит и анальцим [8, 9].

На основе проведенных исследований был выявлен процесс деструкции алюмокремнекислородного каркаса минералов молотых шлаков. Этот процесс обусловлен каталитическим воздействием щелочей, приводящим к разрыву ковалентных связей Si-O-Si и Al-O-Si. Этот механизм аналогичен процессу, который происходит при переходе кремнезема и глинозема в гидратные формы, с последующим формированием тиксотропных структур. Эти структуры являются основой для развития конденсационно-кристаллизационных процессов в твердеющей системе.

Активность шлакощелочных вяжущих в испытаниях в растворе, при соотношении вяжущее: песок в пределах 30…120 МПа, изменяется в зависимости от состава шлака, природы щелочного компонента и условий твердения [10]. Исследования показывают, что интенсивность нарастания прочности цемента, так же, как и их активность, тесно связана с указанными факторами [11].

Отличительной особенностью гидратации и твердения шлакощелочных вяжущих систем и бетонов на их основе является взаимодействие щелочного компонента вяжущего практически со всеми силикатными и алюмосиликатными частицами мелкого заполнителя и с зернами песка (по поверхности), особенно при тепловлажностной обработке. Полученные новообразования обладают гидравлическими вяжущими свойствами и, как показывают исследования, активно участвуют в формировании связующего вещества, равнозначно шлаковым материалам.

Шлакощелочные цементы с добавками глины проявляют повышенную активность, обусловленную увеличением степени связывания щелочей и образованием дополнительного резерва продуктов гидратации [12]. Новообразования продуктов гидратации таких цементов содержат в 1,5…2 раза меньше свободной щелочи по сравнению с обычными шлакощелочными системами. При добавке каолинитовой и бентонитовой глин образуются дополнительные продукты, такие как анальцим и гидронефелин, а при введении монтмориллонита и артемовской глины появляются натриево-кальциевый гидросиликат (Na, Ca) $SiO_2 \times nH_2O$.

Распределение макропор и микрокапилляров в шлакощелочном камне заранее определяет высокую морозостойкость и повышенные эксплуатационные свойства материалов. Исследования Величко Т.П. показали, что параметр, характеризующий радиус крупных пор в шлакощелочном бетоне, зависит от природы щелочного компонента. Например, в бетонах на основе шлаков и гидроксида натрия, а также кислого шлака и карбоната натрия объем крупных пор с эффективным радиусом более 0,1 см такой же, как у бетона на портландцементе марки 400 и в 1,5 раза больше, чем у бетона на портландцементе марки 600. При использовании метасиликата натрия, в качестве щелочного компонента, радиус крупных пор в бетоне в 1,5…2 раза меньше, независимо от вида шлака.

Объем замкнутых пор и пустот в бетоне с различными шлаками и раствором метасиликата натрия изменяется в пределах 0,5…0,8%, что почти в 2 раза меньше, чем у бетона, в составе вяжущего содержащего гидроксид натрия, и немного меньше, чем в портландцементных бетонах.

По данным [12], адсорбционная характеристика, выраженная как отношение микропористости к капиллярной пористости, в шлакощелочном камне оказывается меньше, чем в портландцементном камне на 29,5%. Кроме того, капиллярная пористость шлакощелочного камня ниже по сравнению с портландцементным, хотя этот показатель значительно зависит от используемого щелочного компонента. Например, в составах с метасиликатом натрия и различными шлаками капиллярная пористость вдвое меньше, чем в составах с едким натром. Это согласуется с данными, полученными в ходе проведённых исследований стойкости шлакощелочных мелкозернистых бетонов в некоторых органических средах.

Согласно исследованиям Сикорского О.Н., шлакощелочные мелкозернистые бетоны на основе основных шлаков, раствора соды и едкого натра, хранившиеся в органических низкомолекулярных кислотах, про-

являют высокую стойкость, превосходящую стойкость портландцемента. Это объясняется отсутствием свободного гидроксида кальция и наличием более низкоосновных вяжущих с меньшей растворимостью продуктов гидратации по сравнению с портландцементом.

Ориентируясь на методику исследования Пашкова И.А., была проанализирована стойкость шлакощелочных мелкозернистых бетонов, созданных на основе основного шлака и раствора кальцинированной соды, которые хранились в бензине, 20%-ном растворе сахара, а также в уксусной и молочной кислотах.

В бензине бетоны данного состава не потеряли свою прочность, и разрушений не наблюдалось. После хранения в 20%-ном растворе сахара также не было обнаружено разрушений в шлакощелочном мелкозернистом бетоне. Также установлена высокая стойкость мелкозернистого шлакощелочного бетона в органических слабых кислотах, таких как уксусная и молочная. Это объясняется тем, что эти слабые кислоты нейтрализуют свободную щелочь в теле бетона и почти не влияют на новообразования.

Таким образом, можно сделать вывод что особенности микро- и макроструктуры шлакощелочных вяжущих и бетонов, а также результаты исследования их стойкости, предполагают возможность создания составов шлакощелочных бетонов с повышенной устойчивостью в разнообразных органических агрессивных средах. Расширение применения шлакощелочных вяжущих и бетонов, основанных на шлаках с разной основностью и различных щелочных компонентах в промышленности, в сочетании с отсутствием данных о стойкости таких материалов в углеводородных и органических высокомолекулярных средах, ставит перед исследованиями ряд задач.

Заключение

Анализ имеющихся зарубежных и отечественных разработок и данных, полученных в ходе лабораторных исследований позволяет сформулировать следующее:

1. Шлакощелочные бетоны демонстрируют более низкую капиллярную пористость по сравнению с бетонами на портландцементе. Это свойство способствует уменьшению проницаемости и повышению устойчивости материала.

2. Сцепление между вяжущими и заполнителем в шлакощелочных бетонах усилено, что является следствием их химического взаимодействия. Это улучшенное сцепление способствует повышению прочности и стойкости к воздействию агрессивных сред.

3. Шлакощелочные вяжущие содержат в своем составе новообразования продуктов гидратации с более низкой основностью по сравнению с портландцементом. Эти соединения обладают меньшей растворимостью, что может способствовать повышению устойчивости к агрессивным средам.

4. Размеры пор и капиллярная пористость шлакощелочных вяжущих и бетонов зависят от минералогического и химического состава используемого шлака, а также от типа щелочного компонента. Это обстоятельство может оказывать существенное влияние на их микро- и макроструктуру, влияя на общую коррозионную стойкость.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Beck, Matthias. Memorandum: Corrosion protection in structural engineering. Bautechnik, 8 (100), 2023, Pp. 483-493. DOI 10.1002/bate.202300068
2. Fan Wei, Zhuge Yan, Ma Xing, Chow Christopher W.K., Gorjian Nima. Feasibility of Using the Hollow Glass Microsphere to Develop Lightweight CAC-GGBFS-Blended Strain-Hardening Cementitious Composites. Frontiers in Materials. Volume 829, 2021, Article number No. 752720. DOI 10.3389/fmats.2021.752720
3. Hou Pengkun, Wang Xinming, Zhou Xiangming, Cheng Xin, Shah Surendra P. Regulations on the hydration, morphology, and sulfate-attack resistivity of C3A with micro/nano-silica particles. Construction and Building Materials, Volume 32421, 2022, Article number No. 126388. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2022.126388
4. Плотников В.В. Химия вяжущих материалов и бетонов: Справочник. – М.: Издательство «АСВ». 2015. – 400 с.
5. Гайдукова, Н.Г. Химия в строительстве: учебное пособие для вузов / Н.Г. Гайдукова, И.В. Шабанова. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2023. – 256 с.
6. Abdelmelek Nabil, Lubloy Eva, Flexural strength of silica fume, fly ash, and metakaolin of hardened cement paste after exposure to elevated temperatures. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 13 (147), 2022, Pp. 7159-7169. DOI 10.1007/s10973-021-11035-3
7. Айменов Ж.Т., Сарсенбаев Б.К., Алдияров Ж.А., Айменов А.Ж. Применение шлакощелочных вяжу-

щих для бетонов в условиях сухого жаркого климата // Вестник науки Южного Казахстана. 2020. 2 (10). С. 13-20.
8. Юхневский, П.И. Влияние химической природы добавок на свойства бетонов / П.И. Юхневский. – Минск: БНТУ, 2013. – 310 с
9. Степанова В.Ф. Долговечность бетона: Учебное пособие для вузов – М., 2014. – 126 с.
10. Химия цемента и вяжущих веществ: Учебное пособие / Е.И. Шмитько, А.В. Крылова, В.В. Шаталова. – СПб.: Проспект Науки, 2018. – 208 с.
11. Строительные материалы и изделия: учеб. пособие / В.С. Руднов [и др.]; Под общ. ред. доц., канд. техн. наук И.К. Доманской. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018. – 203 с.
12. Wang Huailiang, Wu Yuhui, Wang Lang, Chen Huihua, Cheng Baoquan. Properties of a lightweight fly ash-slag Alkali-activated concrete with three strength grades. Applied Sciences (Switzerland), 2 (11), 2021, Pp. 1-21. DOI 10.3390/app11020766.

Бетондардың агрессивті ортаға төзімділігіне әсер ететін параметрлер

[1]РЯБКОВА Марина Петровна, *т.ғ.к., аға оқытушы, marina170807@mail.ru,*
[1]БАЙДЖАНОВ Джумагельды Омарович, *т.ғ.д., профессор, bdo3@yandex.ru,*
[1]АБДУЛЛАЕВА Айғаным Бейбітқызы, *магистрант, abdullaeva_02@mail.ru,*
[1]*ХАН Максим Александрович, *магистр, аға оқытушы, han_maks@mail.ru,*
[1]«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Н. Назарбаев даңғылы, 56, Қарағанды, Қазақстан,
**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Бетонның агрессивті ортаға төзімділігін жақсарту туралы мәліметтер келтірілген. Әртүрлі бетондардың агрессивті ортаға төзімділігінің себептерін анықтау үшін теориялық және практикалық зерттеулер жүргізілді. Әр түрлі байланыстырғыш бетондарының беріктігін арттыру жолдары зерттелді. Макро және микропоралардың бетонның беріктігіне әсері зерттелді. Құрамында қож немесе сілтілі компоненттер бар бетондар портландцементке негізделген материалдармен салыстырғанда капиллярлық кеуектіліктің төмендігін көрсететіні анықталды. Бұл сипаттама өткізгіштіктің төмендеуіне және материалдың тұрақтылығының жоғарылауына ықпал етеді.*

Кілт сөздер: *бетон, коррозиялық орта, бетон беріктігі, кеуектілік, макроқұрылым, микроқұрылым, коррозияға төзімділік.*

Parameters Affecting the Resistance of Concrete to Aggressive Environments

[1]RYABKOVA Marina, *Cand. of Tech. Sci., Senior Lecturer, marina170807@mail.ru,*
[1]BAIDZHANOV Dzhumageldy, *Dr. of Tech. Sci., Professor, bdo3@yandex.ru,*
[1]ABDULLAYEVA Aiganym, *Master's Student, abdullaeva_02@mail.ru,*
[1]*KHAN Maxim, *Master's Degree, Senior Lecturer, han_maks@mail.ru,*
[1]NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», N. Nazarbayev Avenue, 56, Karaganda, Kazakhstan,
**corresponding author.*

Abstract. *Provides data on improvement of concrete resistance to aggressive media. Theoretical and practical researches on revealing the reasons of resistance of various concretes to aggressive media are carried out. Methods of increasing the strength of concrete on different binders are investigated. The influence of macro- and micropores on the resistance of concrete has been studied. It is established that concretes with slag or alkaline components show lower capillary porosity in comparison with materials based on Portland cement. This characteristic helps to reduce permeability and increase the stability of the material.*

Keywords: *concrete, aggressive environment, concrete resistance, porosity, macrostructure, microstructure, corrosion resistance.*

REFERENCES

1. Beck, Matthias. Memorandum: Corrosion protection in structural engineering. Bautechnik, 8 (100), 2023, Pp. 483-493. DOI 10.1002/bate.202300068
2. Fan Wei, Zhuge Yan, Ma Xing, Chow Christopher W.K., Gorjian Nima. Feasibility of Using the Hollow Glass Microsphere to Develop Lightweight CAC-GGBFS-Blended Strain-Hardening Cementitious Composites. Frontiers in Materials. Volume 829, 2021, Article number No. 752720. DOI 10.3389/fmats.2021.752720
3. Hou Pengkun, Wang Xinming, Zhou Xiangming, Cheng Xin, Shah Surendra P. Regulations on the hydration, morphology, and sulfate-attack resistivity of C3A with micro/nano-silica particles. Construction and Building Materials, Volume 32421, 2022, Article number No. 126388. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2022.126388
4. Plotnikov V.V. Khimiya vyazhushchikh materialov i betonov [Chemistry of binders and concretes]: Spravochnik. – Moscow: Izdatelstvo «ASV». 2015. – 400 p.
5. Gaydukova, N.G. Khimiya v stroitelstve: uchebnoye posobiye dlya vuzov [Chemistry in construction: textbook for universities] / N.G. Gaydukova, I.V. Shabanova. – 2-ye izd., ispr. i dop. – Moscow: Izdatelstvo Yurayt, 2023. – 256 p.
6. Abdelmelek Nabil, Lubloy Eva, Flexural strength of silica fume, fly ash, and metakaolin of hardened cement paste after exposure to elevated temperatures. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 13 (147), 2022, Pp. 7159-7169. DOI 10.1007/s10973-021-11035-3
7. Aymenov Zh.T., Sarsenbayev B.K., Aldiyarov Zh.A., Aymenov A.Zh. Primeneniye shlakoshchelochnykh vyazhushchikh dlya betonov v usloviyakh sukhogo zharkogo klimata [Use of slag-alkali binders for concrete in dry hot climates] // Vestnik nauki Yuzhnogo Kazakhstana. 2020. 2 (10). Pp. 13-20.
8. Yukhnevskiy, P.I. Vliyaniye khimicheskoy prirody dobavok na svoystva betonov [Influence of chemical nature of additives on concrete properties] / P.I. Yukhnevskiy. – Minsk: BNTU, 2013. – 310 p.
9. Stepanova V.F. Dolgovechnost betona: Uchebnoye posobiye dlya vuzov [Durability of Concrete: Textbook for Universities]. – Moscow, 2014. – 126 p.
10. Khimiya tsementa i vyazhushchikh veshchestv: Uchebnoye posobiye [Chemistry of cement and binders: Textbook] / Ye.I. Shmitko, A.V. Krylova, V.V. Shatalova. – Saint Petersburg: Prospekt Nauki, 2018. – 208 p.
11. Stroitelnyye materialy i izdeliya: ucheb. posobiye [Building materials and products: textbook] / V.S. Rudnov [i dr.]; Pod obshch. red. dots., kand. tekhn. nauk I.K. Domanskoy. – Yekaterinburg: Izd-vo Ural. un-ta, 2018. – 203 p.
12. Wang Huailiang, Wu Yuhui, Wang Lang, Chen Huihua, Cheng Baoquan. Properties of a lightweight fly ash-slag Alkali-activated concrete with three strength grades. Applied Sciences (Switzerland), 2 (11), 2021, Pp. 1-21. DOI 10.3390/app11020766.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_181 ӘОЖ 691.4

Көбікті керамикалық материалды құрастырушы компоненттерінің физикалық-механикалық қасиеттерін зерттеу

[1]***МОНТАЕВ Сарсенбек Алиакбарұлы,** т.ғ.д., профессор, montaevs@mail.ru,*
*[1]**АДИЛОВА Нургуль Болатовна,** т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, (доцент), adnur@mail.ru,*
*[1]**ДЖУМАБАЕВА Камар Муратовна,** магистрант, zhumabaeva12.02.88@gmail.com,*
[1]«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Жәңгір хан көшесі, 51, Орал, Қазақстан,
**автор-корреспондент.*

***Аңдатпа.** Тасқала кен орнының опокасы, Погодаев кен орнының бентонит сазы, Қарағанды облысының Шұбаркөл көмірі негізінде тиімді керамикалық материалдар алуды қамтамасыз ететін керамикалық массалардың құрамын әзірлеу сипатталған. Осы материалдардан керамикалық массаны алу сипаттамасы берілген. Алынған керамикалық масса үлгілерінің олардың тиімділігін сипаттайтын маңызды физика-механикалық қасиеттері келтірілген, яғни орташа тығыздығы, сығу беріктігі, ылғал сіңіру, жалпы кеуектілігі, жылу өткізгіштігі. Үлгілердің маңызды физика-механикалық қасиеттерін анықтау әдістері сипатталған. Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері келтірген. Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері бойынша қорытындылар берілген.*

***Кілт сөздер:** көбік керамикалық материалдар, керамикалық массалардың зерттелген құрамы, цилиндрлердің үлгілері, үлгілердің физика-механикалық қасиеттері.*

Кіріспе

Елімізде құрылыс саласы кейінгі кезде қарқынды дамуда, әсіресе тұрғын үйлерді тұрғызу саласы. Құрылыс саласы көптеген және алуан түрлі құрылыс материалдарын қажет етеді. Тұрғызылған және тұрғызылып жатқан көптеген тұрғын үйлер өзіндік құнының қымбаттылығынан әліге дейін халқымызға жеткілікті қолжетімді болмай тұр.

Бұл мәселені шешудің бір жолы – Республикамызда бар табиғи және техногендік ресурстарды кешенді және ұтымды пайдалана отырып жергілікті құрылыс материалдары индустриясын дамыту. Өзімізде бар табиғи және техногендік ресурстарды кешенді және ұтымды пайдалана отырып жасалған құрылыс құрылымдарының, өнімдері мен материалдарының өзіндік құны сырттан әкелінетін осындай материалдардың бағасынан арзан болып табылады. Өз кезегінде ол құрылыс нысанының өзіндік құнының арзандауына үлкен ықпалын тигізеді.

Қазіргі таңда ғылыми-зерттеулер жұмыстарын талдауда опока материалын қабырға керамикасында пайдаланудың болашағы үлкен. Республикамызда опока материалының қорлары Батыс Қазақстан, Қостанай, Павлодар облыстарында бар.

Батыс Қазақстан облысында жылуоқшаулағыш бұйым өндірісіне жарамды диатомит, опока, трепел кен орындары белгілі. Олар: Өтесай, Қырғыз, Шипов, Көк-Норин, Ақбұлақ, Испай-Бұлақ, Ақсу кен орындары. Еліміздегі Шипов, Новоильинск, Канарское, Айсорское, Виктория, Туркестан, Дарбазинск, Жумсумкумское кен орындарындағы опоканың химиялық құрамын анықтау бойынша алдын ала зерттеулер жүргізіліп, Al2O3 құрамына байланысты сынаманың қызған күйінде опока қышқыл шикізат тобына жататыны анықталды.

Шикізат ретінде Батыс Қазақстан облысындағы Тасқала кен орнының опокасы, Погодаев кен орны бентонит сазы, Қарағанды облысындағы Шұбаркөл көмірі пайдаланылады.

Тасқала кен орны опокасының химиялық және минералогиялық құрамы мен рентгенофазалық талдауы, Погодаев бентонитті саздың химиялық құрамы мен иілімділігі және микроқұрылымы мен спектрлері, Орталық Қазақстандағы Қарағанды, Екібастұз және

Майкөбе көмір бассейндері мен Шұбаркөл, Бөрлі, Куу-Чекин және Юбилейное (Қаражыра) көмір кен орындарының қоры бойынша сапа көрсеткіштері [1] еңбекте келтірілген.

Шикізат ресурстары ірі тұтынушылардың бірі болып елімізде құрылыс индустриясы табылады. Сондықтан шикізатты өңдеудің технологиялық қайта өңдеу кезінде ғана емес, сонымен қатар дайын өнімнің соңғы пайдаланым кезіндегі қасиеттерінде де ресурстарды және энергияны үнемдеуге қатысты тиімділіктің жоғары дәрежесін қамтамасыз ететін ғылыми зерттеулерді дамытудың объективті қажеттілігі туындайды. Азаматтық, өнеркәсіптік және ауылшаруашылық ғимараттары мен құрылыстарын салу кезінде жылуоқшаулағыш-құрылымдық бетондарға арналған жеңіл кеуекті толтырғыштар және сондай-ақ ғимараттар мен құрылыстардың энергия тиімділігін қамтамасыз ететін жылу оқшаулағыш плиталар түрінде жасалған қоршау және жүк көтергіш құрылымдары ретінде қызмет ететін керамикалық материалдардың үлесі үлкен.

Бұл мәселені шешу дәстүрлі емес шикізат ресурстарын және ірі тоннажды техногендік ресурстарды тарта отырып, жаңа керамикалық композицияларды жасау бойынша жаңа технологиялық әзірлемелерді құрумен байланысты. Бұл өндіріс кезінде ғана емес, сонымен қатар пайдалану кезінде де ресурс пен энергияны үнемдеу әсеріне қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Керамикалық массалардың жаңа композицияларын өңдеп тиімді керамикалық материалдарды алу арқылы бұл мәселені шешуге болады. Керамикалық материалдар өндірісінде мұндай материалдарды алу керамикалық плитканың кеуекті құрылымын құру арқылы мүмкін. Әдетте, мұндай құрылымды қалыптастыру шикізат қоспасына кеуек түзгіштерді, жанып кететін қоспаларды, кеуекті толтырғыштарды және с.с. енгізу арқылы жүзеге асырылады [2-4].

Алдағы уақытта тығыздығы 700-800 кг/м^3 кеуекті құрылымы бар (қуыс 62-68% дейін) және жылудан қорғайтын қасиеттері жоғары (жылу өткізгіштігі 0,2 Вт/м °С-тан аз) керамикалық материалдардың болашағы зор екенін ерекше атап өткен жөн. Дамыған елдерде мұндай керамикалық материалдардың үлесі өндірілетін өнімнің жалпы көлемінің 50-80% құрайды [5-7].

Зерттеудің мақсаты – тиімді керамикалық материалдарды алуды қамтамасыз ететін Тасқала кен орнының опокасы – Погодаев кен орнының бентонит сазы – Қарағанды облысындағы Шұбаркөл көмірі негізіндегі керамикалық массалардың құрамын әзірлеу.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Мақсатқа жету үшін шикізатты таңдау қалыптау, кептіру және күйдіру кезінде қажетті физика-механикалық және технологиялық қасиеттерді қамтамасыз ететін шикізаттың әр түріне дифференциалды көзқарасқа негізделген. Зерттеу нысандары ретінде келесі шикізат материалдары таңдалды:

- Батыс Қазақстан облысы (БҚО) Погодаев кен орнының сазы;
- Батыс Қазақстан облысы (БҚО) Тасқала кен орнының кремнийлі тау жынысы – опокасы;
- Қарағанды облысындағы Шұбаркөл көмір кен орнының көмірі.

Олардың сапа көрсеткіштері [1] еңбекте келтірілген.

Погодаев кен орнының бентонит сазы және Тасқала кен орнының опокасы алдын ала пеште кептірілді. Кептіру температурасы 200°С. Кептірілген Погодаев кен орнының бентониті мен Тасқала кен орнының опокасы лабораториялық шар диірменінде 2 сағат ұнтақталды. Ұнтақталған опока мен бентонит № 1,25 елегінен өткізілді. Шұбаркөл көмір кен орнының көмірін лабораториялық щек ұнтақтағыштың көмегімен ұнтақтап, № 0,8 елегінен өткізілді. Ғылыми-эксперименттік жұмыстарды жүргізу үшін компоненттердің, массалардың келесі шекті концентрациясымен шектелген шикізат қоспасының құрамы таңдалды: (%) опока 80-88, саз 10, көмір 2-10 (1-кесте).

Шикізат зерттелетін құрамдарға сәйкес өлшенді және құрғақ араластыру үшін зертханалық араластырғышта араластырылды. Біртекті қоспаға жеткеннен кейін араластырғышқа су қосылып, пластикалық керамикалық масса алынғанша қайтадан мұқият араластырылды. Керамикалық массаның қалыптау ылғалдылығы құрғақ компоненттердің массасының 30% құрады. Керамикалық массадан өлшемдері 50х50 мм цилиндрлер (цилиндрдің екі өлшемі болады-диаметрі мен биіктігі) жартылай құрғақ әдіспен (20 МПа қысыммен) қалыпталды. Алынған үлгілер – цилиндрлер табиғи күйде кептірілді. Шикізат үлгілері – цилиндрлердің жалпы көрінісі 1-суретте көрсетілген.

Нәтижелер және оны талқылау

Алынған цилиндрлер зертханалық муфель пешінде 1000°С температурада сағатына 100°С температураны көтеру жылдамдығымен күйдірілді. Соңғы температурада экспозиция 1 сағат ұсталды. Үлгілер бөлме температурасына дейін өшірілген пеште қалды. Термиялық өңделген цилиндрлер стандартты әдістердің ережелеріне сәйкес физика-механикалық сынақтардан өткізілді.

Зерттелетін қасиеттер ретінде олардың

1-кесте – Керамикалық массалардың зерттелетін құрамы

№ (қоспа)	Атауы және шикізат компоненттерінің құрамы, мас. %		
	Кремнийлі жыныcты – опока	Погодаев кен орнының бентонит сазы	Шұбаркөл көмір кен орнының көмірі
1	88	10	2
2	87	10	3
3	85	10	5
4	83	10	7
5	80	10	10

1-сурет – Цилиндрлер

тиімділігін сипаттайтын үлгілердің ең маңызды физикалық-механикалық қасиеттері таңдалды, мысалы, орташа тығыздық (г/см^3), қысу беріктігі (МПа), суды сіңіру (%), жалпы кеуектілік (%) және жылу өткізгіштік (Вт/м °С). 1000°С күйдіру температурасында термиялық өңделген цилиндр үлгілерінің жалпы түрі 2-суретте көрсетілген.

Зерттелетін үлгілердің физика-механикалық қасиеттерін анықтау

Термиялық өңделген керамикалық цилиндр үлгілері стандарт әдістердің ережелеріне сәйкес физика-механикалық сынақтардан өтті. Зерттелетін қасиеттер ретінде олардың тиімділігін сипаттайтын үлгілердің ең маңызды физикалық-механикалық қасиеттері таңдалды, мысалы, орташа тығыздық (г/см^3), сығуға беріктігі (МПа), суды сіңіруі (%), жалпы кеуектілігі (%) және жылу өткізгіштігі (Вт/м °С).

Дайындалған үлгілерді 7025-91 МемСТ бойынша керамикалық және силикат кірпіш пен тастардың суды сіңіруін, тығыздығын анықтау әдістері және аязға төзімділікті бақылауға сәйкес сынақ жұмыстары жүргізілді. Сәйкесінше сусіңіргіштікті анықтау әрбір нұсқаның 3 үлгісіне жүргізілді. Үлгі алдынала тұрақты массаға дейін кептірілді.

Үлгілер биіктігі бойынша бір қатарға биіктігі бойынша арасындағы саңылаулар 2 см кем емес торға орналастырылды және судың деңгейі үлгілерден 2-10 см жоғары болды. Үлгілер суда 48 сағат ұсталды және ол 3-суретте көрсетілген.

Сумен қанықкан үлгілер 48 сағаттан соң судан шығарылып, дымқыл шүберекпен сүртілді және өлшенді. Үлгіден таразыға ағатын судың массасы қанықкан үлгінің массасына кіреді. Әрбір үлгіні өлшеу оны судан алынғаннан кейін 2 минуттан кешіктірілмей өлшенді.

Үлгілердің массасы бойынша суды сіңіруі МемСТ 7025-91 талаптарына сәйкес есептелді.

Есептеу нәтижесі бойынша су сіңіру мәні үшін 1% дәлдікпен есептелген барлық үлгілердің су сіңуін анықтау нәтижелерінің ор-

2-сурет – 1000°С температурада цилиндрлердің зертханалық термиялық өңделген үлгілері

3-сурет – Сусіңіргіштік қасиетін анықтау

таша арифметикалық мәні алынды. Үлгінің орташа тығыздығы МемСТ 7025-91 талаптарына сәйкес анықталды. Есептеу нәтижесі бойынша үлгілердің орташа арифметикалық мәні алынды. Күйдірілген үлгілердің сығылу беріктігі МемСТ 530-2012 сәйкес анықталды.

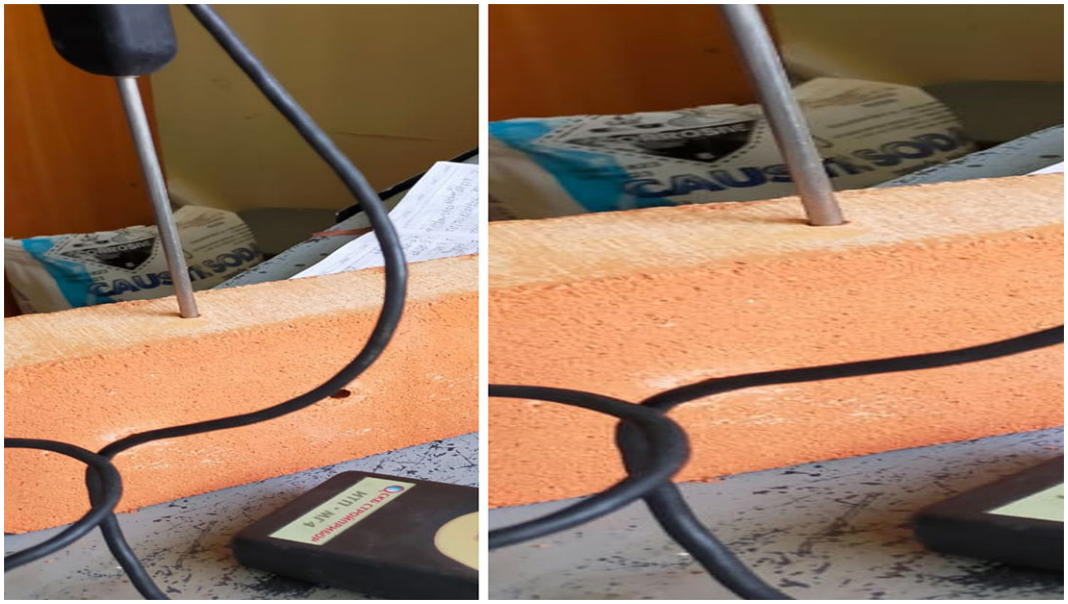
Сығылудағы максималды жүктемені ИП-1А 500 АБ маркалы пресс көмегімен анықтадық және ол 4-суретте көрсетілген.

Үлгілердің жылу өткізгіштігін анықтау ИТП-МГ4 жылу өткізгіштік өлшегішінің көмегімен жүргізілді. Температура аралығындағы өлшеу диапазоны 173-423°К. 5-суретте үлгінің жылуөткізгіштік коэффициентін анықтау барысы көрсетілген.

Ғылыми-эксперименттік жұмыстардың нәтижелерін салыстырмалы талдау жұмыстарды жүргізу нәтижелері 2-кестеде келтірілген.

1000°С температурада термиялық өңдеудің физика-механикалық қасиеттерін талдау нәтижелері шикізат жүйесінің зерттелетін аймағындағы компоненттік құрамға байланысты олардың өзгеруінің негізгі заңдылықтарын анықтауға мүмкіндік берді. Алынған нәтижелер көрсеткендей, сығуға беріктік шегі, орташа тығыздық пен жылу өткізгіштік коэффициенті бойынша ең тиімдісі № 3 үлгіге қол жеткізілді, мұнда Шұбаркөл көмір кен орнының көмір мөлшері 5%-ды, Погодаев кен орнының бентонит сазы – 10%-ды және кремнийлі жынысты опока – 85%-ды

4-сурет – ИП-1А-500АБ маркалы престе сығылудағы максималды жүктемені анықтау барысы



5-сурет – ИТП-МГ4 көмегімен жылуөткізгіштік коэффициентін анықтау

құрайды. Бұл жағдайда жалпы кеуектіліктің максималды мәні 43%-ды құрайды. Айта кету керек, жоғары жалпы кеуектілікке және орташа тығыздықтың төмен көрсеткіштеріне (1,239 г/см^3) қарамастан, термиялық өңделген үлгілер сығу кезінде жоғары беріктік (17 МПа) көрсеткіштеріне ие.

3-кестеде қарапайым керамикалық кірпіш пен алынған көбікті керамикалық материалдың салыстырмалы сипаттамасы келтірілген.

Қарапайым керамикалық кірпішпен салыстырғанда көбікті керамикалық материал жақсартылған жылу өткізгіштікке, кішкене тығыздыққа және жеңілдікке ие (3-кесте). Олар алынған материалдың артықшылығын көрсетеді.

Қорытынды

Осылайша, керамикалық массалардың зерттелетін композицияларының негізінде тиімді керамикалық материалдарды алуға болатындығы анықталды. Олар салыстырмалы жеңілдігімен, қажетті беріктігімен, жоғары жалпы кеуектілігімен және жылу өткізгіштік коэффициентінің төмен көрсеткіштерімен ерекшеленеді. Зерттеу нәтижелері кең спектрлі тиімді және жоғары сұранысқа ие құрылыс материалдары (керамикалық жол материалдары, жылу оқшаулағыш-құрылымдық қабырға керамикалық материалдары, жылу оқшаулағыш керамикалық плиталар, жеңіл кеуекті толтырғыштар) өндіру технологиясын әзірлеуге негіз бола алады.

2-кесте – 1000°С температурада термиялық өңделген керамикалық үлгілердің физика-механикалық қасиеттері

Құрамдардың №	Орташа тығыздық, г/см^3	Сығуға беріктік шегі, МПа	Суды сіңіру, %	Жалпы кеуектілік, %	Жылу өткізгіштік, Вт/(м °С)
1	0,925	15	36	45	0,247
2	0,950	19	34	43	0,253
3	0,880	17.5	35	43	0,209
4	0,835	12.1	37	44	0,199
5	0,920	9	37	42	0,230

3-кесте – Қарапайым керамикалық кірпіш пен алынған көбікті керамикалық материалдың салыстырмалы сипаттамасы

Көрсеткіш	Керамикалық кірпіш	Алынған көбікті керамикалық материал
Орташа тығыздығы, кг/м^3	1650-1700	0,950-0,835
Жылу өткізгіштігі, Вт/м °С	0,6-0,7	0,199-0,253
Сығуға беріктік шегі, МПа	10-15	9-19

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. С.А. Монтаев, Н.Б. Адилова, К.М. Джумабаева, А.Е. Ержанов, А.Н. Нұрғалиев / Жергілікті шикізаттар негізінде көбікті керамикалық материалдарды алудың алғышарттары // Республиканский научно-технический журнал «Университет еңбектері – Труды университета» Карагандинского технического университета, 2023. № 3. – С. 278-283.
2. Петров В.П., Явруян Х.С., Иванченко А.В., Крбашян Р.Г. Повышение качества стеновой керамики с плотностью до 1000 кг/м // Материалы Международной конференции «Строительство 2002». – Ростов-на-Дону: РГСУ, 2002. – С. 66.

3. Куликов О.А. Способ увеличения прочности пористого керамического кирпича // Строительные материалы. – 1995. – № 11. – С. 18.
4. Тамов М.Ч. Интенсификация спекания пористокерамических изделий // Там же. – 1998. – № 12. – С. 18.
5. Дмитриев К.С. Пористая керамика: Современное состояние и перспективы // Международный журнал экспериментального образования. – 2016. – № 7. – С. 152-154.
6. Завадский В.Ф. Поризованная строительная керамика / В.Ф. Завадский, Н.Б. Путро, Ю.С. Максимова // Строительные материалы. – 2004. – № 2. – С. 21-22.
7. Габидуллин М.Г. Взаимосвязь структуры и теплофизических свойств пористой керамики / М.Г. Габидуллин, Р.А. Кагомов, Р.З. Рахимов, А.В. Темляков // Там же. – 2005. – № 9. – С. 62-65.

Исследование физико-механических свойств составляющих компонентов пенокерамического материала

[1]*МОНТАЕВ Сарсенбек Алиакбарұлы, *д.т.н., профессор, montaevs@mail.ru,*
[1]АДИЛОВА Нургуль Болатовна, *к.т.н., ассоциированный профессор, adnur@mail.ru,*
[1]ДЖУМАБАЕВА Камар Муратовна, *магистрант, zhumabaeva12.02.88@gmail.com,*
[1]НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», ул. Жангир хана, 51, Уральск, Казахстан,
**автор-корреспондент.*

Аннотация. *Описывается разработка состава керамических масс на основе опоки Таскалинского месторождения, бентонитовой глины Погодаевского месторождения, Шубаркольского угля Карагандинской области, обеспечивающих получение эффективных керамических материалов. Дается описание получения керамической массы из этих материалов. Приводятся наиболее важные физико-механические свойства образцов полученной керамической массы, характеризующие их эффективность, то есть средняя плотность, прочность при сжатии, влагопоглощение, общая пористость, теплопроводность. Описываются методы определения наиболее важных физико-механических свойств образцов. Приводятся результаты проведенных исследований. Даются выводы по результатам проведенных исследований.*

Ключевые слова: *пенокерамические материалы, изученный состав керамических масс, образцы цилиндров, физико-механические свойства образцов.*

Study of Physical and Mechanical Properties of Components of Foam Ceramic Material

[1]*MONTAEV Sarsenbek, *Dr. of Tech. Sci., Professor, montaevs@mail.ru,*
[1]ADILOVA Nurgul, *Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, adnur@mail.ru,*
[1]DZHUMABAEVA Kamar, *Master Student, zhumabaeva12.02.88@gmail.com,*
[1]NJSC «Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian Technical University», Zhangir Khan Street, 51, Oral, Kazakhstan,
**corresponding author.*

Abstract. *Describes the development of the composition of ceramic masses based on the flask of the Taskalinsky deposit, bentonite clay of the Pogodaevsky deposit, Shubarkol coal of the Karaganda region, ensuring the production of effective ceramic materials. A description of the production of ceramic mass from these materials is given. The most important physical and mechanical properties of the samples of the obtained ceramic mass are given. characterizing their efficiency, i.e. average density, compressive strength, moisture absorption, total porosity, thermal conductivity. Methods for determining the most important physical and mechanical properties of samples are described. The results of the conducted research are presented. Conclusions are given based on the results of the conducted studies.*

Keywords: *foam ceramic materials, studied composition of ceramic mixtures, cylinder samples, physical and mechanical properties of samples.*

REFERENCES

1. S.A. Montaev, N.B. Adilova, K.M. Dzhumabaeva, A.E. Yerzhanov, A.N. Nұrғaliyev / Prerequisites for obtaining foam ceramic materials based on local raw materials // Republican Scientific and Technical Journal «University of eңbekteri – Proceedings of the University» of Karaganda Technical University, 2023. No. 3. – Pp. 278-283.
2. Petrov V.P., Yavruyan H.S., Ivanchenko A.V., Krbashyan R.G. Improving the quality of wall ceramics with a density of up to 1000 kg/m // Materials of the International Conference «Construction 2002». – Rostov-on-Don: RGSU, 2002. – P. 66.
3. Kulikov O.A. Method of increasing the strength of porous ceramic bricks // Construction materials. – 1995. – No. 11. – P. 18.
4. Tamov M.Ch. Intensification of sintering of poroceramic products // Tam zhe. – 1998. – No. 12. – P. 18.
5. Dmitriev K.S. Porous ceramics: Modern state and prospects // International Journal of Experimental Education. – 2016. – No. 7. – Pp. 152-154.
6. Zavadsky V.F. Decorated construction ceramics/V.F. Zavadsky, N.B. Putro, Yu.S. Maksimova // Construction materials. – 2004. – No. 2. – Pp. 21-22.
7. Gabidullin M.G. Relationship of structure and thermophysical properties of porous ceramics / M.G. Gabidullin, R.A. Kagomov, R.Z. Rakhimov, A.V. Temlyakov // Tam zhe. – 2005. – No. 9 – Pp. 62-65.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_189 ӘОЖ 624.04

Жартылай серпімділі негізді шоғырланған күш әсеріне зерттеу

[1]**КАСИМОВ Абай Тусупбекович,** *т.ғ.к., доцент, kasimov5301@mail.ru,*
[2]**АХАЖАНОВ Сунгат Беркинович,** *PhD, қауымдастырылған профессор, stjg@mail.ru,*
[1]***КАСЕНОВА Айгерим Нурсулановна,** *докторант, kasenova.aigerim@mail.ru,*
[1]**АБДРАХМАНОВА Каламкас Аманбековна,** *PhD, аға оқытушы, kagaip@mail.ru,*
[1]«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Н. Назарбаев даңғылы, 56, Қарағанды, Қазақстан,
[2]«Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университеті» КеАҚ, Университет көшесі, 28, Қарағанды, Қазақстан,
**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Серпімді жартылай негізге шоғырланған жүктемелер әсер еткен кездегі нормалдық кернеу мен жылжудың мәндерін есептеу арқылы нәтижелерді алу қарастырылады. Бұл мәселені ең алғаш Фламанның еңбектерінен көруге болады. Бірақ, классикалық есептеулерде серпімді жартылай негізде туындаған нормалдық кернеу мен жылжудың мәні 0 нүктесінде шексіздікке тең болады. Бұл Фламан мәселесінің бірқатар кемшіліктерін көрсетеді. Xiaobao Li еңбектерінде кемшіліктерді ескере отырып, серпімді жартылай негізге шоғырланған жүктемелер әсер еткен кездегі жаңа теңдеуді құрастырды. Теңдеулердің шешімдері Фламанның классикалық есебі шешімінен айтарлықтай ерекшеленеді, классикалық емес теңдеулер жүйесін құрайды. Xiaobao Li шешімінің кемшіліктеріне күрделі интегралды теңдеулерді қолдану арқылы нәтижелерге қол жеткізу жатқызылады. Ізденіс жұмысының мақсаты құрылыс механикасындағы Фламанның классикалық шешімін негізге ала отырып, Мор теңдеуін қолдану арқылы серпімді жартылай негізде шоғырланған жүктемелер аумағындағы нормалдық кернеулер және жылжуларды анықтау. Берілген мақаладағы жұмыстың өзектілігі – классикалық және классикалық емес теңдеулерден ерекшеленетін жаңа, қарапайым теңдеулер жүйесін құрастыру арқылы нәтижелерді алу.*

Кілт сөздер: *жартылай серпімді негіз, Фламан шешімі, кернеу, жылжу, деформация, Мор формуласы, шоғырланған жүктеме.*

Кіріспе. Негіздер мен іргетастардың көтергіш қабілеттілігі көп жағдайда топырақтардың кернеулік-деформациялық күйін дұрыс бағалау және негіздер түрін тиімді таңдау арқылы анықталады. Қазіргі заманғы ғимараттар мен үймереттерді математикалық модельдеу мен жобалау көп жағдайда іргетастар мен арқалықтардың серпімді негіздері сапасына байланысты болады, ол артық кернеусіз құрылымға әсер ететін барлық жүктемені қабылдай отырып, оның беріктігін, қатаңдығын және орнықтылығын қамтамасыз етеді [1]. Осыған байланысты іргетастар мен арқалықтардың серпімді негіздері есептерін дамыту мен жетілдіруге байланысты кез-келген зерттеулер өзекті болып табылады. Серпімді негіздерді есептеу барысында реактивті кернеулердің сызықтық таралу гипотезасы бастапқыда теміржол рельстері мен понтондық құрылымдардың кең көлемде салынуымен Фусс-Винклер-Циммерман моделін есептеулерге кеңінен қолданды [2]. Алайда, ол біріктірілген топырақтардың құрамына байланысты нақты жағдайға сәйкес келмейтін болып шықты. Нәтижесінде серпімді жартылай жазықтық моделі үшін белгілі Буссинск шешімі, ал жазықтық типті есептер үшін серпімді жартылай негіз моделі пайда болды [3]. Фламан есебі сызықты серпімді сына ұшында нүктелік күштермен жүктелген сынадағы кернеулер мен орын ауыстырулар үшін өрнектерді береді. Жылжу есебі теңдеуін Мичелл шешімін қолдану арқылы анықтайды. Фламанның бұл есебі нақты шешімдерді анықтамайды және физикалық емес болып көрінеді [4]. Дегенмен, кернеу функциясында шоғырланған күштерді шекара шарттарында көрсету өте қиын, өйткені шыңдағы бірлік сыртқы нормаль анықталмаған; күштер нүктеде қолданылады, демек,

сол кездегі жылжу анықталатын нүкте шексіздікке тең болады. Зерттеу нәтижесінде көлемдік деформациясының процесін сипаттайтын материалдық теңдеу алынды және екі жақты шешім қабылданды: сызықты тұтқыр материалға; көрсеткіш үшке тең күштік-заңды материалға арналған [5]. Шоғырланған жүктемелердің шегінде жүктелген серпімді жартылай жазықтық үшін Фламанның сызықты емес есебінің аналитикалық шешімдерін алу үшін, Бертенова-Хазановичтің сығылмайтын материалдар үлгісі қабылданды, ол эластомерлі материалдар механикасында кеңінен қолданылады [6]. Фламанның классикалық шешімінде серпімді изотропты жартылай жазықтықтың бетіне перпендикуляр әсер ететін шоғырланған жүктеме мәселесі жатқызылады. Сингулярлық шешімді жарты жазықтықты жүктеуге байланысты күрделі есептерді шешудің сандық әдісін құру үшін пайдаланады. Бұл теория бойынша екі қосымша тұрақтылықты қарастырады және сингулярлы жылжуға ұшырайды. Жартылай жазықтықтағы Фламан есебі нанобайланыс механикасында қолдану қазіргі таңда өзекті мәселелердің бірі. Бір мезгілде беттік керілуді, мембрана қаттылығын және жартылай жазықтық шекараның иілу қаттылығы есепке алынады [7]. Топырақ негізінің көтергіш қабілеті мен іргетастың отыруын, кернеуленген жағдайын анықтау үшін де серпімді жартылай негіздегі Фламан есебі қолданылады. Топырақты негіздің көтергіш қабілеттілігі мен іргетасты есептеуге Хенк теңдеуін негізін алу арқылы, сингулярлы интегралдарды жеңілдету мақсатында жазық пуансондарды жүктеу арқылы орындалады [8].

Зерттеу әдістері. Жазық серпімділік теориясының негізгі мәселелерінің бірі болып жартылай серпімділі негізді шоғырланған жүктеме әсеріне (p) есептеу табылады. Ғылыми жұмыстарда алынған нәтижелерде жүктеме түскен нүктеде жылжу мен кернеудің мәндерін анықтау өте күрделі болып саналады [9]. Осы мәселені шешу үшін жартылай серпімділі негіздің бір бөлігін қарастырайық (1-сурет).

Жартылай серпімділі негіздің бөлігін жазық элемент деп санап, оның ұзындығын – 2L биіктігін – h деп белгілеп аламыз. Жүктеме түскен нүктенің оң және сол жақтарын арыс арқалық (бір жағы бекінген, ал екіншісі бос) түрінде қабылданады (2-сурет).

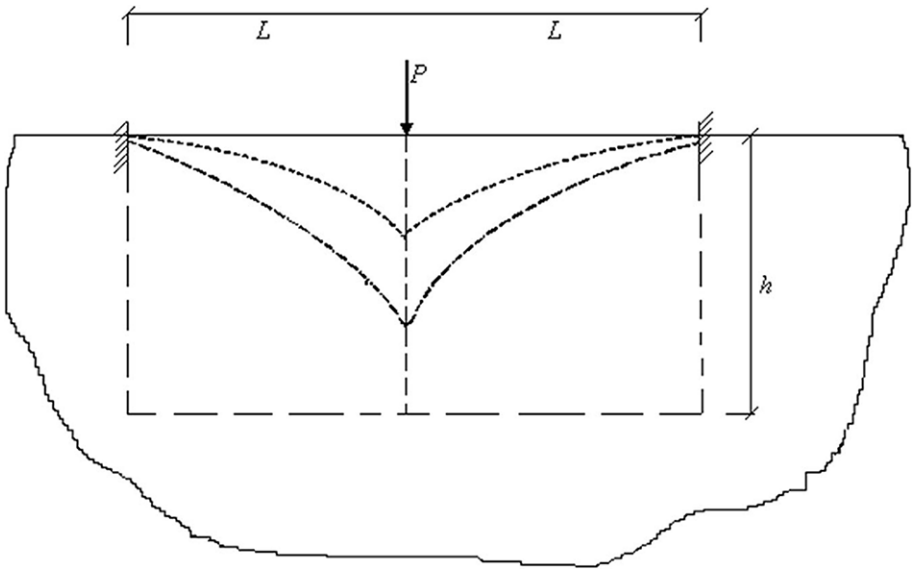
Бұл арқалықтардың иілу қатаңдығы $\bar{E}J_0$ болсын. Мұнда $\bar{E}$ – жартылай серпімділі негіздің материалының серпімділік модулі, J_0 – өстік момент инерциясы. Жүктеменің мәнін келесі түрде қабылдаймыз:

$$P = q_0 \cdot \beta \cdot l, 0 < \beta \leq 1, \qquad (1)$$

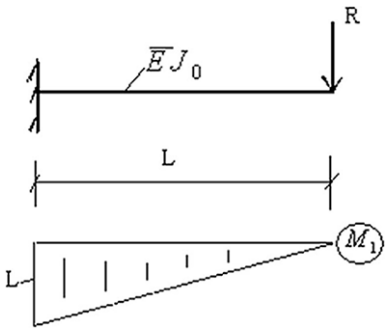
мұнда q_0 – бірқалыпты жайылған жүктеменің қарқындылығы; β – арқалықтың ұзындығының параметрі. Жүктеме түскен нүктенің тік жылжуы құрылыс механикасындағы Мор формуласымен анықталады.

$$W_* = \int_0^l \frac{M_p M_1}{\bar{E}J_0} dx = \\ = \frac{1}{\bar{E}J_0} \cdot \frac{1}{2} \cdot L \cdot L \cdot \frac{2}{3} \cdot L \cdot R = \frac{R \cdot L^3}{3\bar{E}J_0}, \qquad (2)$$

мұнда M_1 – арыс арқалықта бірлік күштен пайда болған иілу моментінің эпюрасы, M_p – арыс арқалықта жинақталған P жүктемеден пайда болған иілу моментінің эпюрасы, R – сыртқы және реактивтік қысымның тең



1-сурет – Жартылай серпімді жазық элемент



2-сурет – Арыс арқалық

әсерлі күші. Ол келесі формула бойынша анықталады [10]:

$$2R = \beta \cdot l(q_0 - r). \qquad (3)$$

Осы мәнді (3) өрнекке енгізіп, алынған нәтижені (2) формулаға қойсақ, онда күш түскен нүктенің тік жылжуы және реактивтік қысымы келесі түрде болады:

$$W_* = \frac{\gamma_1}{\gamma}, r = \frac{\pi(1-\nu^2)}{2}\frac{\overline{E}}{l}\frac{\gamma_1}{\gamma}. \qquad (4)$$

Егер (1) формуланы ескерсек және (4) теңдеуде $\beta = 0$ болса, онда шоғырланған күштен пайда болған жылжу (Фламан) былайша болады.

$$W_* = \frac{2P}{\overline{E}}\left(\frac{L}{h}\right)^3. \qquad (5)$$

Бұл шешім күш түскен нүктеде жылжу шексіздік мән қабылдайды деген кемшілікті толығымен жояды және 1-суреттегі өлшемдерге (L, h) тәуелді болады. Егер $L = 0$, $h \neq 0$ болса, онда $W_* = 0$. Бұл жағдайда күш түскен нүкте қатаң бекінген болып табылады. Енді жартылай серпімділі негіздегі күш түскен нүктенің астындағы нормалдық кернеудің таралу заңдылығын анықтап көрейік. Ол үшін [10] жұмыстағы формуланы қолданамыз.

$$\sigma_3 = \frac{\overline{E}h^3}{12}\alpha(z_0)\frac{d^4W}{dx_1^4} = \frac{\overline{E}h^3}{12} \times \\ \times \alpha(z_0)\frac{d^4W_0}{dx_1^4} = \frac{\overline{E}h^3}{12}\alpha(z_0)\overline{k^4}W_*, \qquad (6)$$

мұнда z_0 – жартылай серпімділі негіздегі жоғарыдан төмен қарай өзгеретін өлшемсіз координата. (6) теңдеудегі таралу функциясы $\alpha(z_0)$ [11] жұмыстағы нәтижелерді ескеріп, ($P_0 = 1$) және ($\beta_0 = 0$) болған кезде мына түрді қабылдайды:

$$\alpha(z_0) = e^{-kz_0}\alpha_0(1+kz_0) = \\ = -\frac{6(1-\nu^2)}{k^3}(1+kz_0)e^{-kz_0}. \qquad (7)$$

(7) функцияны және (4) формуланы ескеру арқылы нормалдық кернеуді (6) табамыз.

$$\sigma_3 = \frac{k^4\beta}{6\gamma}\alpha(z_0)\left(\frac{L}{h}\right)^3\left(\frac{L}{h}\right)\cdot q_0. \qquad (8)$$

Сонымен, жартылай серпімділі негіздің күш түскен нүктесінің жылжуы былайша болады:

$$U_3(x_1, z_0) = f(z_0)\frac{2\beta \cdot lq_0}{\overline{E}\cdot\gamma}\left(\frac{L}{h}\right)^3, \qquad (9)$$

мұнда U_3 – жартылай серпімділі негіздің күш түскен нүктесінің тік жылжуы.

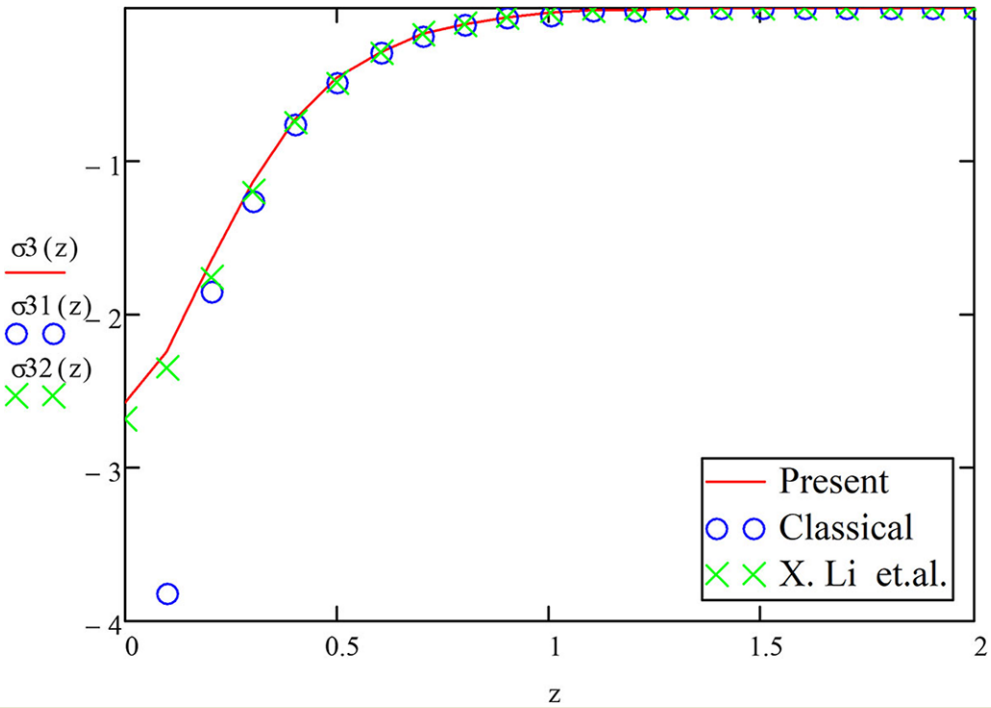
Егер $z_0 \to \infty$, онда $\alpha(z_0) = f(z_0) = 0$. Шешім (9) күш түскен нүктеде жылжу шексіздік мән қабылдайды деген кемшілікті толығымен жояды және өлшемдерге (L, h) тәуелді болады. Егер (1)-ші өрнекті ескерсек, онда жартылай серпімділі негіздің нормалдық кернеуі (8) және жылжуы (9) былайша болады:

$$\sigma_3 = \frac{k^4}{6\gamma}\alpha(z_0)\left(\frac{L}{h}\right)^3\frac{P}{h}, \\ U_3(z_0) = f(z_0)\left(\frac{L}{h}\right)^3\frac{2P}{\overline{E}\gamma}. \qquad (10)$$

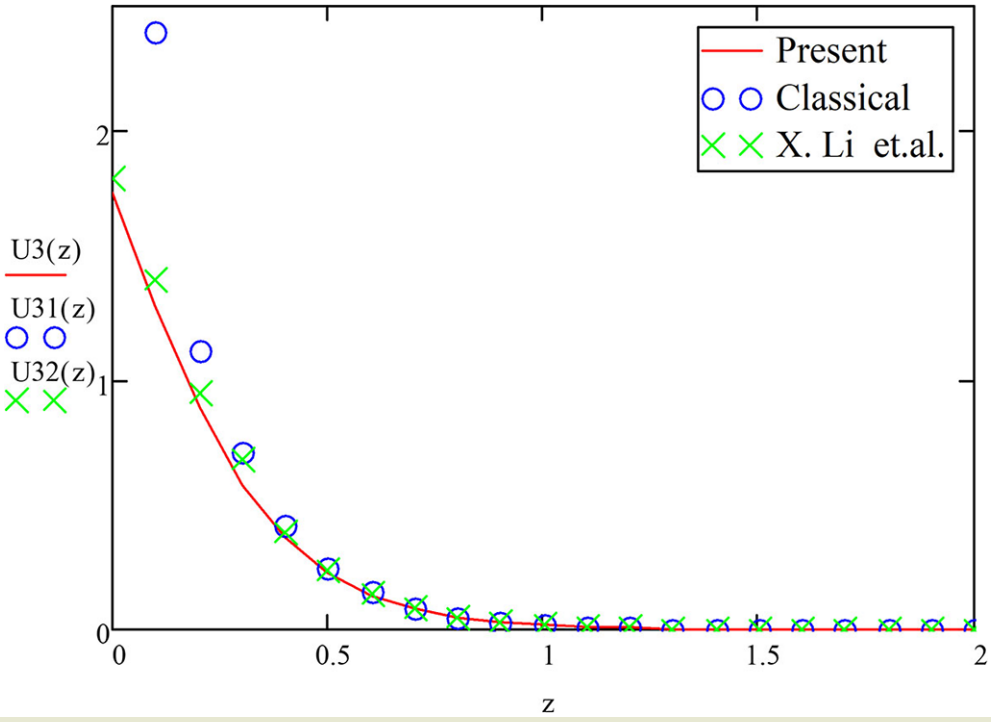
Сөйтіп, Фламан есебінің шешімі (5), (10) бойынша толығымен анықталды. Бұл есепті бірінші рет Фламан шығарған. Бірақ, оның шешімінде жоғарыда айтылған кемшіліктер бар.

Нәтижелер мен талқылаулар

Берілген 3-суретте σz қалыпты кернеу компонентінің шекарада, сондай-ақ жартылай жазық дененің ішіндегі қалыңдығы арқылы таралуы, 4-суретте uz қалыпты жылжулары көрсетілген. Эпюрада Фламанның классикалық шешімі, Xiaobao Li [7] және ұсынылған шешім бойынша орындалған теңдеулердің нәтижелері берілді. Жартылай серпімді негіз шекарасындағы классикалық шешімінен көріп тұрғандай, бастапқы жағдайда үш әдіспен анықталған шешімдер бірдей болады. Жартылай серпімді негіздің 0-ден 2-ге дейінгі шекара аумағындағы кернеулер мәні анықталды, бұл жағдайда иілу қатаңдығының әсері маңызды. Серпімді жартылай негізге шоғырланған жүктеме әсер еткен кезде классикалық әдістер бойынша нормалдық кернеу мен жылжудың 0 нүктесіндегі мәні шексіздікке тең болады. Бұл классикалық әдістің кемшілігін көрсетеді. Ұсынылған әдісте нормалдық кернеу мен жылжудың 0 нүктесіндегі мәні алынып, Xiaobao Li және Фламан шешімінің классикалық әдістерімен салыстырылды. Берілген есептеулерде серпімді негіздің серпімділік модулі E1 = 1 мПа, серпімді негіздің қалыңдығы H = 2 м, Пуассон коэффициенті



3-сурет – Серпімді жартылай негіздегі нормалдық кернеу



4-сурет – Серпімді жартылай негіздегі жылжу

ν = 0,25, шоғырланған жүктеме P = 7 кН мәндері берілді (1- және 2-кесте).

Қорытынды. Серпімді жартылай негізде шоғырланған жүктемелер әсерінен пайда болатын кернеу мен жылжуларды анықтаудың жаңа есебі берілді. Есептеулер Фламанның классикалық және Xiaobao Li классикалық емес теңдеулерінен ерекшеленеді. Жаңа есептеу теңдеуі ретінде құрылыс ме-

1-кесте – Жартылай серпімді негіздің шоғырланған жүктеме әсеріндегі нормалдық кернеу мәні

Жартылай кеңістік шекаралары (z)	Фламанның классикалық шешімі мәні σ31 (z)	Xiaobao Li шешімінің мәні σ32 (z)	Нақты берілген шешім мәні σ3 (z)
0	-∞	-2.687	-2.576
0.1	-3.815	-2.345	-2.238
0.2	-1.851	-1.755	-1.655
0.3	-1.250	-1.201	-1.129
0.4	-0.758	-0.742	-0.734
0.5	-0.492	-0.487	-0.462
0.6	-0.292	-0.287	-0.284
0.7	-0.176	-0.174	-0.171
0.8	-0.109	-0.107	-0.102
0.9	-0.062	-0.061	-0.06
1	-0.038	-0.037	-0.035
1.1	-0.022	-0.021	-0.02
1.2	-0.014	-0.013	-0.012
1.3	$-6.722\cdot10^{-3}$	$-6.721\cdot10^{-3}$	$-6.721\cdot10^{-3}$
1.4	$-3.833\cdot10^{-3}$	$-3.832\cdot10^{-3}$	$-3.832\cdot10^{-3}$
1.5	$-2.177\cdot10^{-3}$	$-2.176\cdot10^{-3}$	$-2.176\cdot10^{-3}$
1.6	$-1.238\cdot10^{-3}$	$-1.231\cdot10^{-3}$	$-1.231\cdot10^{-3}$
1.7	$-6.946\cdot10^{-4}$	$-6.945\cdot10^{-4}$	$-6.945\cdot10^{-4}$
1.8	$-3.907\cdot10^{-4}$	$-3.906\cdot10^{-4}$	$-3.906\cdot10^{-4}$
1.9	$-2.192\cdot10^{-4}$	$-2.191\cdot10^{-4}$	$-2.191\cdot10^{-4}$
2	$-1.227\cdot10^{-4}$	$-1.226\cdot10^{-4}$	$-1.226\cdot10^{-4}$

2-кесте – Жартылай серпімді негіздің шоғырланған жүктеме әсеріндегі жылжу мәні

Жартылай кеңістік шекаралары (z)	Фламанның классикалық шешімі мәні U31 (z)	Xiaobao Li шешімінің мәні U32 (z)	Нақты берілген шешім мәні U3 (z)
0	-∞	1.81	1.75
0.1	2.4	1.4	1.3
0.2	1.12	0.95	0.89
0.3	0.710	0.685	0.579
0.4	0.416	0.385	0.365
0.5	0.247	0.234	0.224
0.6	0.148	0.142	0.136
0.7	0.086	0.084	0.081
0.8	0.052	0.050	0.048
0.9	0.031	0.029	0.028
1	0.018	0.017	0.016
1.1	$9.309\cdot10^{-3}$	$9.306\cdot10^{-3}$	$9.303\cdot10^{-3}$
1.2	$5.337\cdot10^{-3}$	$5.334\cdot10^{-3}$	$5.331\cdot10^{-3}$
1.3	$3.047\cdot10^{-3}$	$3.044\cdot10^{-3}$	$3.041\cdot10^{-3}$
1.4	$1.734\cdot10^{-3}$	$1.730\cdot10^{-3}$	$1.727\cdot10^{-3}$
1.5	$9.780\cdot10^{-4}$	$9.776\cdot10^{-4}$	$9.773\cdot10^{-4}$
1.6	$5.519\cdot10^{-4}$	$5.516\cdot10^{-4}$	$5.513\cdot10^{-4}$
1.7	$3.110\cdot10^{-4}$	$3.106\cdot10^{-4}$	$3.101\cdot10^{-4}$
1.8	$1.748\cdot10^{-4}$	$1.742\cdot10^{-4}$	$1.739\cdot10^{-4}$
1.9	$9.740\cdot10^{-4}$	$9.738\cdot10^{-4}$	$9.734\cdot10^{-4}$
2	$5.444\cdot10^{-5}$	$5.440\cdot10^{-5}$	$5.436\cdot10^{-5}$

ханикасындағы Мор теңдеулерін қолданып, нормалдық кернеу мен жылжу MathCad автоматты есептеу бағдарламасы арқылы анықталды. Фламанның классикалық шешімі, Xiaobao Li және ұсынылған нұсқа шешімдеріне салыстырулар жүргізілді.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Байтасов Т.М., Оразалы Е.Е., Жакулин Ә.С. Геотехника. Оқулық. – Алматы: «Дәуір» ЖШС РПБК, 2011. – 156 б.
2. Bosakov, S., Kozunova, O. Calculation of foundation mesh slabs on an elastic layer. In: Contemporary Issues of Concrete and Reinforced Concrete: Collected Research Papers. Minsk. Institute BelNIIS. Vol. 12. 2020. Pp. 11-27. https://doi.org/ 10.35579/2076-6033-2020-12-01.
3. Balabušić, M., Folić, B. and Ćorić, S. (2019) Bending the Foundation Beam on Elastic Base by Two Reaction Coefficient of Winkler's Subgrade. Open Journal of Civil Engineering, 9, 123-134. doi: 10.4236/ojce.2019.92009.
4. Badiger, S., D. S., R. Stress distribution in an infinite plate with discontinuities like elliptical or circular hole by boundary force method. SN Appl. Sci. 5, 77 (2023). https://doi.org/10.1007/s42452-023-05289-9.
5. Jordan, J., Jasiuk, I., & Zubelewicz, A. (2008). Concentrated force acting on a power law creep half-plane. Journal of Mechanics of Materials and Structures. 2008, 3 (4), pp. 697-705. https://doi.org/10.2140/jomms.2008.3.697.
6. Stupishin L.Y., Kolesnikov A.G., Nikitin K.E. Optimal design of flexible shallow shells on elastic foundation. Journal of Applied Engineering Science. 2017, 15 (3): pp. 349-353. https://doi.org/10.5937/jaes15-14654.
7. Xiaobao, L., Lijian, J., Changween, M. Flamant solution of a half-plane with surface flexural resistibility and its applications to nanocontact mechanics. Mathematics and Mtchanics of solids. 2019, Vol. 25 (3), pp. 664-681. https://doi.org/10.1177/1081286519887205.
8. Ter-Martirosyan, Z.G., Ter-Martirosyan, A.Z. & Kurilin, N.O. Bearing Capacity of Soil Base and Settlement of Foundations of Finite Width. Soil Mech Found Eng 58, 18-24 (2021). https://doi.org/10.1007/s11204-021-09702-6.
9. Georgiadis, H.G., Anagnostou, D.S. Problems of the Flamant-Boussinesq and Kelvin Type in Dipolar Gradient Elasticity. J Elasticity 90, 71-98 (2008). https://doi.org/10.1007/s10659-007-9129-x.
10. Akhazhanov S., Bostanov B., Kaliyev A., Akhazhanov T., Mergenbekova A. Simplified Method of calculating a beam on a two-parameter elastic foundation. International journal of Geomate. 2023 Vol.25, Issue 111, pp. 33-40. ISSN: 2186-2982 (P), 2186-2990 (O), Japan, DOI: https://doi.org/10.21660/2023.111.3898.
11. Akhazhanov, S.B., Vatin, N.I., Akhmediyev, S., Akhazhanov, T., Khabidolda, O., Nurgoziyeva, A. Beam on a two-parameter elastic foundation: Simplified finite element model. Magazine of Civil Engineering. 2023. 121 (5). Article no. 12107. DOI: 10.34910/MCE.121.7.

Исследование воздействия сосредоточенной нагрузки на упругой полуплоскости

[1]КАСИМОВ Абай Тусупбекович, *к.т.н., доцент, kasimov5301@mail.ru,*
[2]АХАЖАНОВ Сунгат Беркинович, *PhD, ассоциированный профессор, stjg@mail.ru,*
[1]*КАСЕНОВА Айгерим Нурсулановна, *докторант, kasenova.aigerim@mail.ru,*
[1]АБДРАХМАНОВА Каламкас Аманбековна, *PhD, старший преподаватель, kagaip@mail.ru,*
[1]НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан,
[2]НАО «Карагандинский университет имени Е.А. Букетова», ул. Университетская, 28, Караганда, Казахстан,
**автор-корреспондент.*

Аннотация. *Рассматривается получение результатов по расчету значений нормальных напряжений и перемещений при воздействии на упругое полупространство сосредоточенных нагрузок. Эту проблему впервые можно увидеть в работах Фламана. Однако в классических решениях величина нормального напряжения и смещения в точке 0 равна бесконечности. Это указывает на ряд недостатков решения Фламана. В работах Xiaobao Li, учитывая недостатки, сформулировал новое уравнение действия сосредоточенных нагрузок на упругое полупространство. Решение уравнения существенно отличается от решения классической задачи Фламана, образуя систему неклассических уравнений. К недостаткам решения Xiaobao Li можно отнести получение результатов с использованием сложных интегральных уравнений. Цель научно-исследовательской работы – определение нормальных напряжений и перемещений в зоне действия сосредоточенных нагрузок на упругом полупространстве с использованием уравнения Мора, основанного на классическом решении Фламана в строительной механике. Актуальность данной статьи заключается в получении результатов путем построения новой, более простой системы уравнений, отличающейся от классических и неклассических уравнений.*

Ключевые слова: *упругое полупространство, решение Фламана, напряжение, перемещение, деформация, формула Мора, сосредоточенная нагрузка.*

Study of the Effect of Concentrated Load on an Elastic Half-plane

[1]KASIMOV Abay, *Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, kasimov5301@mail.ru,*
[2]AKHAZHANOV Sungat, *PhD, Associate Professor, stjg@mail.ru,*
[1]*KASSENOVA Aigerim, *Doctoral Student, kasenova.aigerim@mail.ru,*
[1]ABDRAKHMANOVA Kalamkas, *PhD, Senior Lecturer, kagaip@mail.ru,*
[1]NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», N. Nazarbayev Avenue, 56, Karaganda, Kazakhstan,
[2]NPLC «Karaganda Buketov University», University Street, 28, Karaganda, Kazakhstan,
**corresponding author.*

Abstract. *We consider obtaining results for calculating the values of normal stresses and displacements when an elastic half-space is exposed to concentrated loads. This problem can first be seen in Flamant's work. However, in classical solutions the magnitude of the normal voltage and displacement at point 0 is equal to infinity. This points to a number of shortcomings in Flamant's solution. In the works of Xiaobao Li, taking into account the shortcomings, he formulated a new equation for the action of concentrated loads on an elastic half-space. The solution to the equation differs significantly from the solution to the classical Flamand problem, forming a system of non-classical equations. The disadvantages of Xiaobao Li's solution include obtaining results using complex integral equations. The purpose of the research work is to determine normal stresses and displacements in the zone of concentrated loads on an elastic half-space using Mohr's equation based on the classical Flamant solution in structural mechanics. The relevance of this article lies in obtaining results by constructing a new, simpler system of equations that differs from classical and non-classical equations.*

Keywords: *elastic half-space, Flamant solutions, stress, displacement, deformation, Mohr's formula, concentrated load.*

REFERENCES

1. Bajtasov T.M., Orazaly E.E., Zhakulin A.S. Geotehnika. Okulyk. – Almaty: «Dauir» ZhShS RPBK, 2011. – 156 p.
2. Bosakov, S., Kozunova, O. Calculation of foundation mesh slabs on an elastic layer. In: Contemporary Issues of Concrete and Reinforced Concrete: Collected Research Papers. Minsk. Institute BelNIIS. Vol. 12. 2020. Pp. 11-27. https:doi.org/ 10.35579/2076-6033-2020-12-01.
3. Balabušić, M., Folić, B. and Ćorić, S. (2019) Bending the Foundation Beam on Elastic Base by Two Reaction Coefficient of Winkler's Subgrade. Open Journal of Civil Engineering, 9, 123-134. https:doi:10.4236/ojce.2019.92009.
4. Badiger, S., D. S., R. Stress distribution in an infinite plate with discontinuities like elliptical or circular hole by boundary force method. SN Appl. Sci. 5, 77 (2023). https:doi.org/10.1007/s42452-023-05289-9.
5. Jordan, J., Jasiuk, I., & Zubelewicz, A. (2008). Concentrated force acting on a power law creep half-plane. Journal of Mechanics of Materials and Structures. 2008, 3(4), pp.697-705. https:doi.org/10.2140/jomms.2008.3.697.
6. Stupishin L.Y., Kolesnikov A.G., Nikitin K.E. Optimal design of flexible shallow shells on elastic foundation. Journal of Applied Engineering Science. 2017, 15 (3): pp. 349-353. https:doi.org/10.5937/jaes15-14654.
7. Xiaobao, L., Lijian, J., Changween, M. Flamant solution of a half-plane with surface flexural resistibility and its applications to nanocontact mechanics. Mathematics and Mtchanics of solids. 2019, Vol. 25 (3), pp. 664-681. https:doi.org/10.1177/1081286519887205.
8. Ter-Martirosyan, Z.G., Ter-Martirosyan, A.Z. & Kurilin, N.O. Bearing Capacity of Soil Base and Settlement of Foundations of Finite Width. Soil Mech Found Eng 58, 18-24 (2021). https:doi.org/10.1007/s11204-021-09702-6.
9. Georgiadis, H.G., Anagnostou, D.S. Problems of the Flamant-Boussinesq and Kelvin Type in Dipolar Gradient Elasticity. J Elasticity 90, 71-98 (2008). https:doi.org/10.1007/s10659-007-9129-x.
10. Akhazhanov S., Bostanov B., Kaliyev A., Akhazhanov T., Mergenbekova A. Simplified Method of calculating a beam on a two-parameter elastic foundation. International journal of Geomate. 2023 Vol.25, Issue 111, pp. 33-40. ISSN: 2186-2982 (P), 2186-2990 (O), Japan, DOI: https:doi.org/10.21660/2023.111.3898.
11. Akhazhanov, S.B., Vatin, N.I., Akhmediyev, S., Akhazhanov, T., Khabidolda, O., Nurgoziyeva, A. Beam on a two-parameter elastic foundation: Simplified finite element model. Magazine of Civil Engineering. 2023. 121 (5). Article no. 12107. DOI: 10.34910/MCE.121.7.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_197 ӘОЖ 693.5

Ұсақталған шина резеңкелері және мұнай қалдықтары қосылған асфальтбетонның қасиеттерін зерттеу

[1]*ЖАПАХОВА Акмарал Утешевна, т.ғ.к., аға оқытушы, zhapakhova@mail.ru,
[1]УДЕРБАЕВ Сакен Сейтканович, т.ғ.д., профессор, saken_uderbayev@mail.ru,
[1]САКТАГАНОВА Наргуль Амановна, PhD, қауымдастырылған профессор, amanovna.75@mail.ru,
[2]КЕЛМАҒАМБЕТОВ Нұрлыбек Кішпанұлы, т.ғ.к., аға оқытушы, nurlibek_70_70@mail.ru,
[1]«Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті» КеАҚ, Әйтеке би көшесі, 29а, Қызылорда, Қазақстан,
[2]Ашық университеті, Ғ. Мұратбаев көшесі, 43, Қызылорда, Қазақстан,
*автор-корреспондент.

Аңдатпа. *Физика-механикалық қасиеттері жоғары, мұнайқалдықтары мен ұсақталған шина резеңкесі қосылған асфальтбетон қоспасының құрамын әзірлеу ұсынылған. Олар белгілі бір бөлшектік құрамда асфальтбетон құрамына енгізілген кезде асфальтбетон қоспасының суды сіңіруіне едәуір төмендетуге, суғатөзімділігін арттыруға, сондай-ақ қоршаған орта факторлары мен ультракүлгін сәулеленудің әсерінен ескіруге төзімділікке ықпал ететіні анықталды. Резеңке бөлшектері асфальтбетондағы жабық кеуектіліктің үлесін арттыруға көмектеседі, яғни резеңке үгіндісін қосқанда асфальтбетонның коррозияға төзімділігі жақсаруы мүмкін. Мұнайқалдықтары мен ұсақталған шина резеңкесінің асфальтбетонның қасиеттеріне әсерін бағалауға мүмкіндік беретін негізгі тәуелділіктер келтірілген, оның физика-механикалық қасиеттерін арттыру мүмкіндігі көрсетілген. Ыстық климат жағдайында асфальтбетонға қоспа ретінде резеңке үгінділер мен мұнай қалдықтарын пайдалану бойынша ұсынымдар ұсынылды.*

Кілт сөздер: *резеңке үгіндісі, мұнай қалдықтары, қайта өңдеу, қайталама шикізат, экология, жол құрылысы, асфальтбетон.*

Кіріспе

Көлік жүктемелерінің артуы, асфальтбетон жабындарында пластикалық деформацияның өсуіне әкеледі. Бұл мәселе жазғы ауа температурасы жоғары барлық елдер үшін, соның ішінде Қызылорда облысы үшін де өзекті [1, 2, 3].

Қызылорда облысының аумағында бір мезгілде қыстық температураның төмен болуы қойылған мақсатты күрделене түседі, бұл асфальтбетонның жарыққа төзімділігін бір мезгілде арттыруды талап етеді.

Органикалық тұтқыр материалдар мен асфальтбетонды модификациялау технологиясын дамытудың бір жолы-ұсақталған шина резеңкесін қолдану. Теориялық тұрғыдан, бұл асфальтбетонның серпімділік қасиеттерін жақсарту арқылы жылуға төзімділікті де, жарыққа төзімділікті де арттыра алады.

Алайда, бұл материал жол салу тәжірибесінде кеңінен қолданылмады. 70-90-шы жылдар кезеңіндегі осы мәселе бойынша басылымдарды талдау негізгі проблема қасиеттері бойынша тұрақты өнім беретін шина резеңкесін ұнтақтаудың өнеркәсіптік технологияларының болмағандығын көрсетеді [4, 5, 6, 7]. Басылымдарда бөлшектік құрамы бойынша бастапқы үгінділердің қасиеттері сирек талданады [8, 9, 10, 11]. Бізге тұрақсыз қасиеттері бар үгінділерді іс жүзінде қолдану тұрақты нәтиже бере алмайтындай көрінеді.

Жұмыстың мақсаты – асфальтбетон қоспасының асфальтбетон қоспасын және ілулі физика-механикалық қасиеттері бар ұсақталған шина резеңкесін жасау.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы оның құрамына мұнай қалдықтары мен белгілі бір астық құрамының ұсақталған шиналы резеңкесін енгізу кезінде асфальтбетон сапасын арттыру мүмкіндігін негіздейді.

Зерттеу әдістері

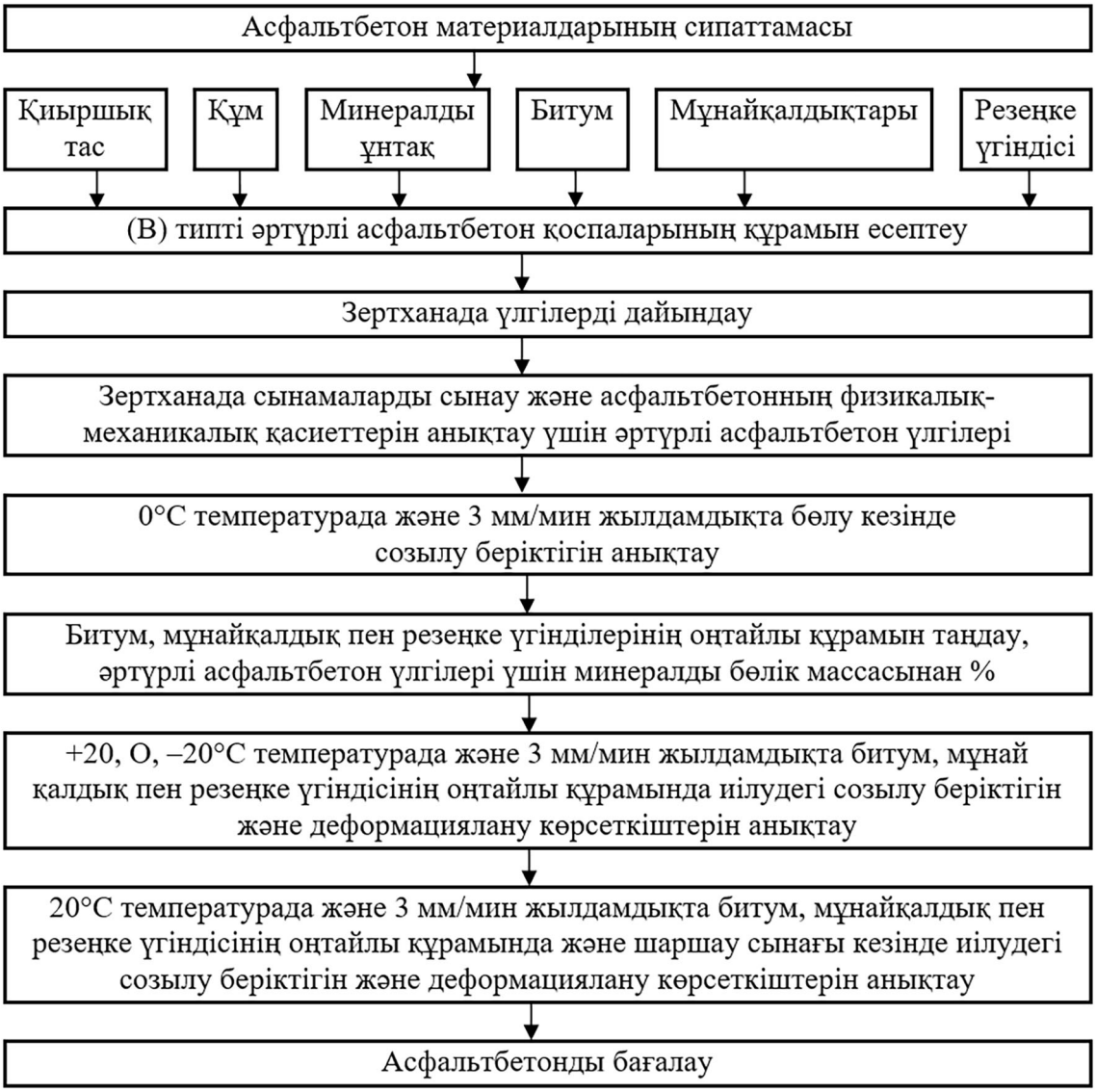
Зертханалық эксперименттік зерттеу бағ-

дарламасы 1-суретте көрсетілген.

Жұмыста Құмкөл кен орнының АШПШ мұнай қалдығы және бөлшектердің максималды мөлшері бойынша ерекшеленетін резеңке үгінділердің төрт түрі пайдаланылды; 2,0; 1,5; 1,2; 0,6 мм. Олардың үшеуі оң нәтиже ала алмады. Бөлшектердің максималды мөлшері 2,0 және 1,5 мм болған кезде асфальтбетон үлгілері металл қалыптан алынған кезде олардың тығыздалуы байқалды. Бөлшектердің максималды мөлшері 0,6 мм болғанда, битум шығыны күрт өсті және 50°С қысу кезінде беріктік шегі төмендеді.

Келесі экспериментте резеңке үгіндісінің 1-кестеде көрсетілген бөлшектік құрамы бар таза резеңке үгіндісі болып табылатын түрі қарастырылды.

Асфальтбетон қоспаларының бөлшектік құрамын есептеу. МемСТ 9128-2009 талаптарына сәйкес В типті асфальтбетон қоспаларының екі құрамы таңдалды [11]. Бұл композициялар 2-кестеде келті-



1-сурет – Асфальтбетонды құрғақ процесс бойынша дайындау және сынау бағдарламасы

1-кесте – Резеңке үгіндісінің бөлшектік құрамы

	Елеуіш тесіктерінің өлшемдері, мм							0,071 мм кем
	5	3	1,25	0,630	0,315	0,140	0,071	
Електен өтеді, %	98,76	63,54	31,18	16,44	7,26	2,7	1,18	0,00

рілген. Бірінші астық құрамына кәдімгі асфальтбетон қоспасы, екінші бөлшектік құрамына резеңке асфальтбетон қоспасы кіреді.

Асфальтбетон қоспаларының үлгілерін дайындау. Асфальтбетон қоспаларының құрамын жобалау құрылымдағы асфальтбетонның жұмыс жағдайларын, құрылыс орнының климаттық ерекшеліктерін, асфальтбетон дайындауға арналған материалдардың болу ынталдауды қамтыды. Осы талдау негізінде зерттеу үшін МемСТ 9128-2009 сәйкес В типті асфальтбетон қабылданды.

МемСТ 12801-98 талаптарына сәйкес зертханада асфальтбетон мен резеңке үгіндісі қосылған асфальтбетон қоспаларын дайындау кезінде құрамы бойынша берілген мөлшерде минералды материалдар контейнерге өлшеніп, қыздырылды, мезгіл-мезгіл 165-175°С температураға дейін араластырылды және қыздырылмаған минералды ұнтақтың қажетті мөлшерін және жеке ыдыста қыздырылған битумды 160°С температураға дейін қосты. Битум берілгенге дейін минералды материалдарды араластыру ұзақтығы 15-30 секундты құрайды, ал минералды материалдардың қоспасын битуммен араластырудың толық уақыты – 120-180 сек. Осыдан кейін асфальтбетон қоспасы 175°С температураға дейін АШПШ мұнай қалдықтары мен резеңке үгіндісі берілгенге дейін қыздырылды. Асфальтбетон қоспасын АШПШ мұнай қалдықтарымен және резеңке үгінділерімен араластыру ұзақтығы 3-5 минут.

Ғылыми нәтижелер. 2-суретте АШПШ мұнай қалдықтары мен резеңке үгінділерін қосудың асфальтбетонның суға қанығуына әсері көрсетілген. Суреттен 6,5%, 7,% және 7,5% битумы бар асфальтбетондардың барлық қоспаларында резеңке үгінділерінің көбеюі асфальтбетон үлгілерінің суға қанықтылығын арттыратынын көруге болады.

Зертханалық зерттеулер негізінде 2022 жылғы тамыз-қазан айларында тәжірибелік-конструкторлық жұмыстар жүргізілді, нәтижесінде ұсақталған шина резеңкесі қосылған асфальтбетоннан жасалған тәжірибелік учаске салынды.

3-кестеден көріп отырғаныңыздай, қолданылған қоспаның бөлшектік құрамы үзіліссіз гранулометриясы бар қоспалар үшін МемСТ 9128-2009 талаптарын қанағаттандырады.

2022 жылдың қазан айында жоғарыда аталған тәжірибелік учаскеге жоспарлы тексеру жүргізілді. Қазіргі уақытта учаске қанағаттанарлық жағдайда.

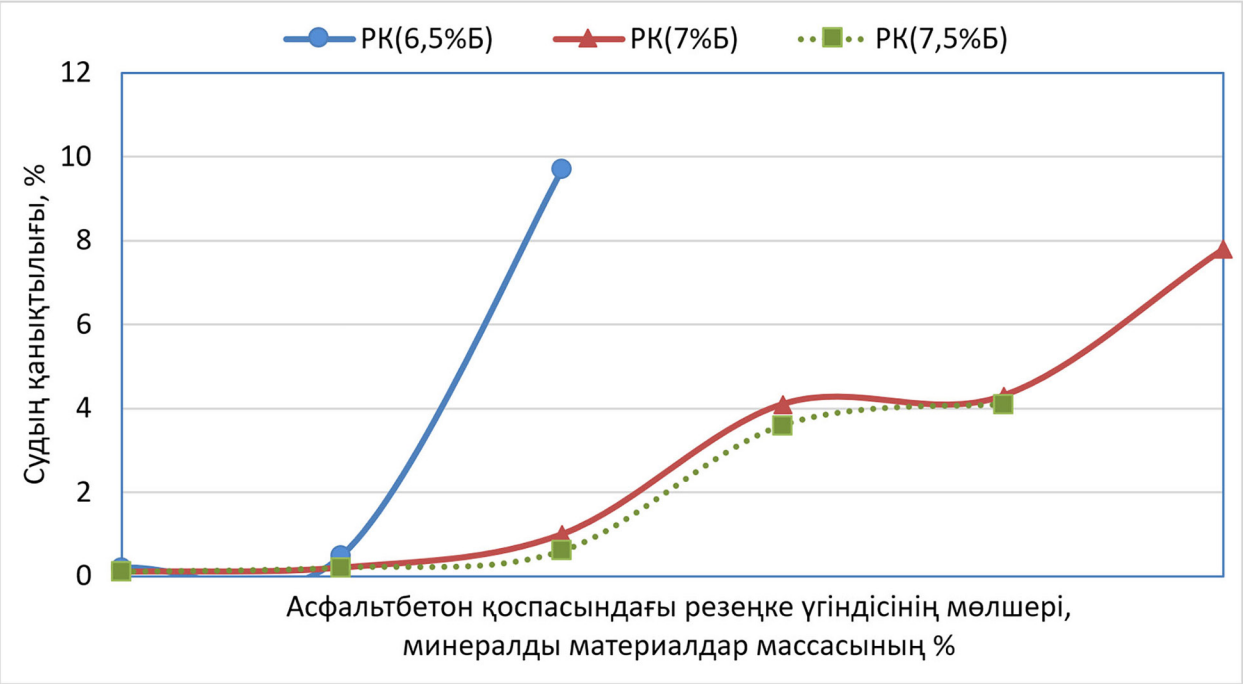
Резеңке үгінділерін қолданудың экономикалық тиімділігін бағалау жол жабындарының аралық мерзімдерінің өзгеруі туралы ғылыми деректердің болмауына байланысты күрделі міндет болып табылады. Бірқатар зерттеулерге сәйкес, жөндеу аралық мерзімдер 2 есе артуы мүмкін, дегенмен біз бұл болжамды оптимистік деп санаймыз.

Резеңке үгіндісінің орташа құны бүгінгі күні ҚҚС-пен шамамен 10000 теңге/тн болғанда, I маркалы Б типті асфальт тоннасының құны 2,5% резинке үгіндісінің құрамын және битум құрамының ұлғаюын (5,0% орнына 7,5) ескере отырып, 7000-7500 теңге/тн құрайды. Ресурстық әдіс бойынша есептеу кезінде В-I типті резеңке үгіндісі қосылған асфальтобетон жабынының қымбаттауы құрылыс технологиясы өзгермеген жағдайда шамамен 20% құрайды. Бұл жағдайда қолданылатын асфальтбетон қоспаларының минералды құрамы іс жүзінде өзгермейді.

Осылайша, стандартты жабындардың салыстырмалы үнемділігі жаңа жабынның жөндеуаралық қызмет ету мерзімімен дәстүрліге қарағанда 20%-ға ғана қол жеткізі-

2-кесте – Асфальтбетонды қоспалардың бөлшектік құрамы

(Б) типті асфальтбетон қоспасы	Қиыршық тас	Құм	Минералды ұнтақ	АШПШ мұнай қалдығы	Резеңке үгіндісі	Толық құрамы
Бірінші құрам: кәдімгі асфальтбетон						
0,0% РҮ қосқанда	44,0%	42,0%	14,0%	0,0%	0,0%	100%
Екінші құрам: Резеңке үгіндісі (РҮ) және мұнай қалдығы қосылған асфальтбетон						
1% РҮ қосқанда	44,0%	40,0%	14,0%	1%	1%	100%
1,5% РҮ қосқанда	44,0%	39,5%	14,0%	1%	1,5%	100%
2,5% РҮ қосқанда	44,0%	38,5%	14,0%	1%	2,5%	100%
3,5% РҮ қосқанда	44,0%	37,5%	14,0%	1%	3,5%	100%
4,5% РҮ қосқанда	44,0%	36,5%	14,0%	1%	4,5%	100%
5,5% РҮ қосқанда	44,0%	35,5%	14,0%	1%	5,5%	100%



2-сурет – Асфальтбетон қоспасындағы резеңке үгіндісінің суға қанығуына тәуелділігі

3-кесте – Асфальтбетонды қоспаның минералды бөлігінің бөлшектік құрамы

Електің диаметрі, мм	20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071
Бөлшектік қалдық, %	0,8	11,2	17,5	15,4	5,9	7,2	9,1	12,9	8,3	4,4
Толық қалдық, %	0,8	12,1	29,6	44,9	50,9	58,1	67,1	80,0	88,3	92,7
Өтуі, %	99,2	87,9	70,4	55,1	49,1	41,9	32,9	20,0	11,7	7,3
Електен өтуі, % 9128-2009 МемСТ бойынша	90-100	80-100	70-100	50-60	38-48	28-37	20-28	14-22	10-16	6-12

леді. Жабынның нақты қызмет ету мерзіміне келтірілген шығындарды талдау көрсеткендей, жаңа жабынның толық өтелуі 6-7 ай жұмыс істегеннен кейін пайда болады, тек пайдалану сапасын жоғалтпай қызмет ету мерзімін минималды ұлғайту есебінен жаңа жабынның үнемділігі стандарттыдан шамамен 50%-ға артық.

Резеңке үгіндісі қосылған асфальтбетондарды қолданудың экономикалық тиімділігі орташа жылдық инфляцияны және кредиттеу мөлшерлемесін ескере отырып, пайдалану мерзіміне келтірілген шығындарды ресурстық әдіспен есептеумен расталады.

$$Ш_{t2 \to t1} = \frac{Ш_{t2}}{(1 + Н + И)^{(t2-t1)}},$$

мұндағы $Ш_{t2}$ – шығындар көлемі, t2 жылына (t2 – шығындар өндіру жылы),

t1 – шығындар болған жыл, t2 жылында өндірілген шығындар, (t2 > t1),

Н – несиенің жылдық мөлшерлемесі,

И – жылдық инфляция.

Орташа (Н – И) = 0,1.

Кәдімгі В типті асфальтбетонның орнына резеңке үгіндісі бар асфальтбетонды қолдану ең жақсы жағдайда жабынның аралық мерзімінің 3-4-тен 7-8 жылға дейін өсуіне әкелуі мүмкін.

Бұл жағдайда әдеттегі тығыздалатын В типті асфальтбетонды қолдану бастапқы сәтте келтірілген 175% қосымша шығындарға сәйкес келеді. Яғни, жалпы шығындар тең болған жағдайда, құру сәтінде резеңке қосылған асфальтбетон жабынының құны Б типті тығыздалған асфальтбетонның 1 шаршы метрінен 2,75 есе немесе 175% артық болуы мүмкін.

Іс жүзінде бұл мән 20%-дан аспайды, яғни жаңа асфальтбетонның жалпы экономикалық тиімділігі әдеттегіден кем дегенде екі есе жоғары. Жабынның кепілдік қыз-

мет ету мерзімін небәрі 1 жылға, 4 жылдан 5 жылға дейін ұлғайту оны жөндеу кезінде қымбаттауды толығымен жабады.

Осылайша, АШПШ мұнай қалдықтарын және дәстүрлі жол-құрылыс материалдары мен резеңке үгінділерінің қолданыстағы бағаларын кәдеге жарату кезінде оны қолданудың өтелуіне жөндеу аралық мерзімдер 1 жылға ұлғайған кезде қол жеткізілетін болады.

Қорытынды

Жүргізілген зерттеулер асфальтбетон құрамындағы максималды ірілігі 1,2 мм АШПШ мұнай қалдығы мен резеңке үгіндісін қолданудың тиімділігін көрсетті. Асфальтбетон қоспаларының құрамын және олардың физикалық-механикалық қасиеттерін салыстыра отырып, қоспаларды дайындау үшін 2,5%-дан астам резеңке үгіндісін пайдалану ұсынылмайды. Асфальтбетонға резеңке үгіндісін қосу минералды материал, резеңке үгіндісі мен битум арасындағы кеуектілік пен адгезияны азайту арқылы судың қанықтылығын төмендетеді және ұзақ уақыт қаныққан кезде суға төзімділікті арттырады: коррозияға төзімділік пен беріктік жоғарылайды.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Жапахова А.У. және т.б. Экологиялық технологиялар: мұнай қалдықтарын қайталама шикізат ретінде пайдаланудың негізгі бағыттарына шолу // Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университетінің хабаршысы. Техника ғылымдары және технология. – 2023. – № 2 (2). – Б. 28-40. (ағылшын).
2. Өнертабысқа патент № 34799. Асфальт қоспасы. Үдербаев С.С., Ерімбетов Қ.А. // Қазақстан Республикасы Әділет министрлігінің «Ұлттық зияткерлік меншік институты» РМК 25.12.2020 ж.
3. Жапахова А.У., Қуанышбек А.Т. Техникалық резеңке қалдықтарын қолдану арқылы асфальтбетонның пайдалану қасиеттерін жақсарту // Халықаралық ғылыми-практикалық конференция: «Қазіргі жағдайларда ғылымды дамытудың стратегиялары мен тенденциялары». Уфа. – 2020. – Б. 67-69. (орысша).
4. Мелік-Бағдасаров М.С. Асфальт қоспасының оңтайлы араласу уақыты / М.С. Мелік-Бағдасаров, В.Н. Кононов, Е.С. Файнберг // Автомобиль жолдары. – 1974. – № 3. – Б. 16-17. (орысша).
5. Соловьев Б.Н. Асфальтбетон қоспаларын өндіруде энергия шығынын азайтудың негізгі бағыттары / Б.Н. Соловьев, В.В. Жібек // Автомобиль жолдарының жылдам құрылысының өндірістік-пайдалану базасын жетілдіру: Союздорняның жұмыстары. – М., 1984. – Б. 81-85. (орысша).
6. Горелышев Н.В. Жол асфальтбетон жабындарының төзімділігін арттыру жолдары / Н.В. Горелышев, Н.В. Быстров // Жол ғылымына 70 жыл 1926-1996 жж.: ғылыми еңбектер жинағы. – М.: КРУК, 1996. – Б. 4-11. (орысша).
7. Лофлер М., Шелегов В.Г., Слободчикова Н.А. Жол құрылысында мұнай шламын пайдалану бағыты // Известия вузов. Инвестициялар. Құрылыс. Жылжымайтын мүлік // 8-том, № 4 (27), 2018. Б. 98-104. (орысша).
8. Топилин В.М. Тозған шиналарды және оларды өңдеу өнімдерін халық шаруашылығында пайдалану / В.М. Топилин, В.Д. Карминский. – Ростов-на-Дону: Оңтүстік. 2001. – 134 б. (орысша).
9. Humphrey, D.N., Eaton, R.A. Performance of Tire Chips as an Insulating Layer Beneath Gravel Surface Roads, Proceedings of the Fourth International Cymposium on Cold Region Development. Espoo. Finland. 1994. – Pp. 125-126. (ағылшын).
10. Винопал А.М. Жаңа резеңке модификаторлары бар асфальтбетон / А.М. Винопал, Б.М. Соқырлар / Асфальтбетонды зерттеушілер қауымдастығының жыл сайынғы ғылыми сессиясының мақалалары мен баяндамаларының жинағы. – М.: МАДИ, 2011. – Б. 155-158.
11. МемСТ 9128-2009. Жол, аэродром және асфальтбетон қоспалары. Техникалық талаптар. – М.: Стандартинформ, 2010. – 20 б.

Исследование свойств асфальтобетона с добавкой измельченной шинной резины и нефтеотхода

*[1]*ЖАПАХОВА Акмарал Утешевна,* к.т.н., старший преподаватель, zhapakhova@mail.ru,
[1]УДЕРБАЕВ Сакен Сейтканович, д.т.н., профессор, saken_uderbayev@mail.ru,
[1]САКТАГАНОВА Наргуль Амановна, PhD, ассоциированный профессор, amanovna.75@mail.ru,
[2]КЕЛМАҒАМБЕТОВ Нұрлыбек Кішпанұлы, к.т.н., старший преподаватель, nurlibek_70_70@mail.ru,
[1]НАО «Кызылординский университет имени Коркыт Ата», ул. Айтеке би, 29а, Кызылорда, Казахстан,
[2]Университет Ашык, ул. Г. Муратбаева, 43, Кызылорда, Казахстан,
*автор-корреспондент.

Аннотация. *Предложена разработка состава асфальтобетонной смеси с добавкой нефтеотхода и измельченной шинной резины, обладающей повышенными физико-механическими свойствами. Установлено, что при их введении в состав асфальтобетона в определенном зерновом составе способствуют повышению асфальтобетонной смеси к значительному снижению водопоглощения, увеличению водостойкости, а также устойчивости к старению под действием факторов окружающей среды и ультрафиолетового излучения. Частички резины способствуют повышению доли закрытой пористости в асфальтобетоне, а это означает, что при добавлении резиновой крошки может улучшиться коррозионная устойчивость асфальтобетона. Приводятся полученные основные зависимости, позволяющие оценить влияние нефтеотхода и измельченной шинной резины на свойства асфальтобетона. Авторами предложены рекомендации по использованию резиновой крошки и нефтеотхода в качестве добавки в асфальтобетон в условиях жаркого климата.*

Ключевые слова: *резиновая крошка, нефтеотход, утилизация, вторичное сырье, экология, дорожное строительство, асфальтобетон.*

Study of the Properties of Asphalt Concrete with the Additive of Ground Tire Rubber and Oil Waste

*[1]*ZHAPAKHOVA Akmaral,* Cand. of Tech. Sci., Senior Lecturer, zhapakhova@mail.ru,
[1]UDERBAEV Saken, Dr. of Tech. Sci., Professor, saken_uderbayev@mail.ru,
[1]SAKTAGANOVA Nargul, PhD, Associate Professor, amanovna.75@mail.ru,
[2]KELMAGAMBETOV Nurlybek, Cand. of Tech. Sci., Senior Lecturer, nurlibek_70_70@mail.ru,
[1]NPJSC «Korkyt Ata Kyzylorda University», Aiteke bi Street, 29a, Kyzylorda, Kazakhstan,
[2]Ashyk University, G. Muratbaev Street, 43, Kyzylorda, Kazakhstan,
*corresponding author.

Abstract. *It is proposed to development of the composition of an asphalt concrete mixture with the addition of oil waste and crushed tire rubber, which has improved physical and mechanical properties. It has been established that when they are introduced into the composition of asphalt concrete in a certain grain composition, they contribute to an increase in the asphalt concrete mixture to a significant decrease in water absorption, an increase in water resistance, as well as resistance to aging under the influence of environmental factors and ultraviolet radiation. Rubber particles contribute to an increase in the proportion of closed porosity in asphalt concrete, which means that the addition of crumb rubber can improve the corrosion resistance of asphalt concrete. The obtained main dependences are presented, which allow to evaluate the influence of oil waste and crushed tire rubber on the properties of asphalt concrete. The authors offer recommendations on the use of crumb rubber and oil waste as an additive in asphalt concrete in hot climates.*

Keywords: *rubber crumb, oil refinery waste, secondary raw material, ecology, highway engineering, asphalt concrete.*

REFERENCES

1. Zhapakhova A.U. and others. Environmental technologies: overview of the main directions of using oil waste as secondary raw materials // Bulletin of Kyzylorda University named after Korkyt Ata. Technical sciences and technology. – 2023. – No. 2 (2). – Pp. 28-40. (English).
2. Patent for the invention No. 34799. Asphalt mixture. Uderbaev S.S., Yerimbetov K.A. // «National Institute of Intellectual Property» of the Ministry of Justice of the Republic of Kazakhstan 25.12.2020.
3. Zhapakhova A.U., Kuanyshbek A.T. Improving the performance properties of asphalt concrete by using waste technical rubber // International scientific and practical conference: «Strategies and trends in the development of science in modern conditions», Ufa. – 2020. – Pp. 67-69. (Russian).
4. Melik-Baghdasarov M.S. Optimum mixing time of asphalt mixture / M.S. Melik-Baghdasarov, V.N. Kononov, E.S. Feinberg // Highways. – 1974. – No. 3. – Pp. 16-17. (Russian).
5. Soloviev B.N. The main directions of reducing energy consumption in the production of asphalt concrete mixtures / B.N. Soloviev, V.V. Silk // Improvement of the production-utilization base of rapid construction of highways: works of Soyuzdornya. – Moscow, 1984. – Pp. 81-85. (Russian).
6. Gorelyshev N.V. Ways to increase the durability of road asphalt concrete pavements / N.V. Gorelyshev, N.V. Bystrov // 70 years of road science 1926-1996: Collection of scientific works. – Moscow: KRUK, 1996. – Pp. 4-11. (Russian).
7. Loeffler M., Shelegov V.G., Slobodchikova N.A. Direction of use of oil sludge in road construction // Izvestiya vuzov. Investments. Construction. Real estate // Volume 8, No. 4 (27), 2018. Pp. 98-104. (Russian).
8. Topilin V.M. Use of worn tires and their processing products in the national economy / V.M. Topilin, V.D. Karminsky. – Rostov-on-Don: South. 2001. – 134 p. (Russian).
9. Humphrey, D.N., Eaton, R.A. Performance of Tire Chips as an Insulating Layer Beneath Gravel Surface Roads, Proceedings of the Fourth International Symposium on Cold Region Development. Espoo. Finland. 1994. – Pp. 125-126. (English).
10. Vinopal A.M. Asphalt concrete with new rubber modifiers / A.M. Vinopal, B.M. The Blind / Collection of Papers and Papers from the Annual Scientific Session of the Association of Asphalt Concrete Researchers. – Moscow: MADI, 2011. – Pp. 155-158.
11. GOST 9128-2009. Road, airfield and asphalt concrete mixtures. Technical requirements. – Moscow: Standartinform, 2010. – 20 p.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_204 UDC 691.16

Modifiers of Asphalt Concrete Mixtures for Road Pavements

[1]**ZHUMAGULOVA Adiya,** *Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, zaaskarovna@gmail.com,*
[1]***DYUSEMBINOV Duman,** *Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, dusembinov@mail.ru,*
[2]**RAKHIMOVA Galiya,** *Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, galinrah@mail.ru,*
[1]**KOZHAKHMET Aru,** *Master's Student, arukozhahmet@gmail.com,*
[2]**BAKIRBAYEVA Anar,** *Doctoral Student, bakirbaeva.anar@mail.ru,*
[1]NPJSC «L.N. Gumilyov Eurasian National University», Satpayev Street, 2, Astana, Kazakhstan,
[2]NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», N. Nazarbayev Avenue, 56, Karaganda, Kazakhstan,
**corresponding author.*

Abstract. *Modified asphalt concrete is considered, focusing on its significance in Kazakhstan's road infrastructure and the factors influencing its strength properties. It discusses various types of asphalt concrete and their compositions, highlighting the role of bitumen as the main binding material. Emphasis is placed on asphalt modifiers, including plasticizers, rubber additives, and polymer fibers, with a particular focus on rubber additives. The paper also discusses the use of asphalt concrete in road construction, noting the shift towards crushed stone-mastic and porous coarse-grained asphalt concrete. Additionally, it presents experimental results on the use of modifiers such as plastic, polymers, and activated rubber crumb, demonstrating improvements in crack resistance, plasticity, and rutting resistance of asphalt concrete. Overall, the study underscores the importance of asphalt concrete in ensuring safer and more efficient traffic flow in Kazakhstan's road network.*

Keywords: *asphalt concrete, road pavement, modifier, rubber crumb, bitumen.*

Introduction. Asphalt-concrete roads are the main trunk routes and connect different regions of Kazakhstan. Asphalt roads play an important role in the economic and social development of Kazakhstan, and the country continues to invest in the development of its road infrastructure to ensure safer and more efficient traffic both domestically and internationally. The main influencing factors are road loads, climatic conditions, engineering and geological conditions that affect the strength properties of asphalt concrete roads [1].

The main binding material in asphalt concrete is bitumen. The main characteristic of bitumen is viscosity. It must be sufficient to cover the crushed stone or gravel when mixed, but not enough to flow off of it. The binder should have a decent resistance to deformation, but should remain plastic and not form cracks. Bitumen of the recommended grades is suitable for this task [2]. In some cases, it is necessary to improve the properties of bitumen by using polymer-bitumen binders and modifications. Therefore, many modifiers mainly affect asphalt modifiers are additives or chemicals that are added to asphalt concrete to improve its properties or production characteristics [3]. These vary depending on the specific purpose and requirements of the asphalt concrete.

It would be desirable to note that in road construction not rigid road pavements use crushed stone-mastic asphalt concrete and porous coarse-grained asphalt concrete. Previously, road construction used a single-layer asphalt concrete of hot fine-grained (top layer) and leveling layer of coarse-grained (bottom layer) mixture with a total thickness of 11-12 cm. As it is noticed above, asphalt concrete is used quite intensively in road construction. The only point is that there is a difference in the composition of asphalt concrete depending on the coarseness of the aggregates and the mineral component [4].

This paper presents the results of experimental work on the use of modifiers based on plastic, polymers and activated rubber powder in asphalt concrete. The results obtained show an improvement in various characteristics, including crack resistance, plasticity and rutting resistance of asphalt concrete in road

construction.

Materials and methods. Asphalt concrete modifiers are additives or chemicals that are added to asphalt concrete to improve its properties or production characteristics. Asphalt concrete modifiers can be used to improve various properties of asphalt concrete, such as crack resistance, ductility and resistance to rutting. For example, adding rubber crumbs to asphalt concrete can significantly increase its crack resistance and improve the durability of the pavement [5-6].

The effectiveness of various asphalt concrete modifiers can be assessed by conducting experimental studies. In such studies, various parameters of asphalt concrete are analyzed, such as its strength, ductility, resistance to cracks and rutting [7]. For example, conducting tests for resistance to various climatic conditions can help determine the best modifier for specific operating conditions.

Methods for improving the properties of asphalt concrete using various modifiers:

1. Addition of rubber crumbs.

The addition of rubber crumbs is an effective method of modifying asphalt concrete, aimed at improving its mechanical characteristics. The rubber crumb obtained from recycled car tires has high elasticity and resistance to deformation [8]. Its introduction into the asphalt concrete mixture increases the resistance of the material to cracks and reduces the likelihood of track formation. Additionally, the rubber crumb helps to reduce traffic noise due to its cushioning ability.

Rubber crumb is an effective modifier of asphalt concrete due to a number of its advantages:

- Increased elasticity and crack resistance: The addition of rubber crumbs to the asphalt concrete mixture helps to increase its elasticity and crack resistance. This reduces the likelihood of cracks and increases the durability of the road surface.

- Noise reduction: The rubber crumb has shock-absorbing properties, which reduces the noise level from traffic. This is especially true in urban environments, where noise reduction is an important factor of comfort and safety.

- Environmental sustainability: The use of rubber chips in road construction helps to reduce the amount of waste from recycling car tires and, as a result, reduce the negative impact on the environment.

2. The use of polymer fibers.

The integration of polymer fibers into an asphalt concrete mix is a method aimed at improving the mechanical strength and crack resistance of the material. Polymer fibers with high strength and elasticity play the role of a reinforcing component in the structure of asphalt concrete. Their presence in the mixture contributes to an even distribution of the load, increases the adhesion between the particles and increases resistance to mechanical stresses, which, in turn, reduces the likelihood of cracking.

The use of polymer fibers in asphalt concrete in road construction has a number of advantages:

- Increase in mechanical strength: Polymer fibers are a reinforcing component that increases the mechanical strength of asphalt concrete. They create additional adhesion points between the particles, reduce the likelihood of cracking and increase resistance to mechanical stress.

- Improved fracture resistance: Polymer fibers improve the resistance of asphalt concrete to fatigue failures such as cracking and fracture under repeated loads. This allows you to significantly increase the service life of the road surface.

- Reducing rut formation: The addition of polymer fibers reduces the likelihood of rut formation on roads, especially in the area of turns and transport stops. This increases traffic safety and the comfort of using the road.

3. Plastic-based bitumen modifier:

Modified bitumen is a binder containing additional additives aimed at improving its technological and operational characteristics. Polymers, rubbers or other modifiers are added to bitumen in order to increase its plasticity, deformation resistance and adhesion to mineral fillers. Modified bitumen provides more effective bonding of the components of the mixture, which increases its strength and durability under operating conditions.

The use of plastic-based bitumen modifier in road construction has a number of advantages:

- Improvement of plasticity and deformation resistance: The addition of special additives, such as polymers or rubbers, improves the plasticity and deformation resistance of bitumen. This helps to reduce the likelihood of cracks and increases the durability of the road surface.

- Improved adhesion: Modified bitumen has improved adhesive properties, which contributes to a stronger connection between asphalt concrete and the base. This is especially important in conditions of high loads and variable climatic conditions.

- Reduced sensitivity to temperature changes: Modified bitumen can provide more stable properties over a wide temperature range, which improves the production characteristics and operating conditions of road surfaces.

4. Application of adhesive additives:

Adhesive additives are designed to in-

crease the adhesion between bitumen and the mineral components of the asphalt concrete mixture. They form chemical bonds between the binder and fillers, improving their adhesion and resistance to separation. The use of adhesive additives contributes to the formation of a more durable and stable structure of asphalt concrete, which increases its resistance to deformation and increases the service life of the pavement.

The use of adhesive additives in road construction provides several advantages:

- Improved adhesion: Adhesive additives help to improve the adhesion between bitumen and mineral fillers in the asphalt concrete mix. This increases the strength and durability of the road surface, especially in conditions of high loads and variable humidity.

- Reducing the risk of deformation: The proper use of adhesive additives helps to prevent the separation of the asphalt concrete mixture, which reduces the risk of deformation and increases resistance to mechanical stress.

- Increased durability: Improved grip due to adhesive additives leads to increased durability of the pavement and an increase in its service life.

Results. In order to achieve these results, extensive experimental studies were conducted to assess the effectiveness of various modifiers in improving the properties of asphalt concrete. This involved conducting laboratory tests to determine the impact of rubber crumbs, polymer fibers and modified bitumen on the water saturation, compressive strength, split tensile strength of asphalt concrete's samples (Figure 1).

Determination of water saturation of asphalt concrete samples is to calculate the amount of water absorbed by the samples under a given saturation regime, according to the norms of the national standard ST RK 1218-2003 [9]. Samples from mixtures are placed in a vessel with water at a temperature of 20±2°C (Figure 2). The water level above the samples does not exceed 3 cm. The vessel with samples is placed in a vacuum unit with pressure not more than 2000 Pa and kept for an hour. Then the pressure is brought to atmospheric pressure and the samples are kept for another 30 minutes. After that they are removed and weighed in air. For the result of water saturation take the value rounded to the first decimal place of the arithmetic mean of three determinations.

Compressive strength is to determine the load required to fracture the specimens under specified conditions. The test result is taken as the value rounded to the first decimal place of the arithmetic mean of three specimens (Figure 3).

One of the key activities undertaken in this research was the preparation of asphalt concrete mixtures with varying proportions of modifiers. Different combinations of rubber crumbs, polymer fibers and modified bitumen were added to the asphalt concrete mixture to assess their impact on the properties of the material. Mixing and compaction of the asphalt concrete mixtures were carried out according to standard procedures to ensure uniform distribution of modifiers within the mixture. The test results of the modified asphalt concrete mix samples are shown in Table.

As it is shown, the best performance is possessed by the composition with the addition of a modifier based on activated crumb rubber. However, the additive content in bitumen is higher than comparable analogs. The characteristics of the samples based on modifiers meet the requirements of the standards for asphalt concrete mixtures, which makes them suitable for road construction.

Figure 1 – Samples of asphalt concrete with different modifiers

Figure 2 – Determination of water resistance during prolonged water saturation

Figure 3 – Testing of asphalt concrete cores

Physical and mechanical tests were then conducted on the modified asphalt concrete mixtures to evaluate their performance characteristics. These tests included the determination of the Marshall stability, flow, and indirect tensile strength of the mixtures to assess their resistance to rutting, deformation and cracking. In addition, laboratory tests were carried out to measure the adhesion properties and durability of the modified asphalt concrete mixtures.

The results obtained from these tests were then analyzed and compared to assess the effectiveness of each modifier in improving the properties of asphalt concrete. Statistical analysis and regression modeling were employed to determine the correlation between the addition of modifiers and the enhancement of the material properties. The findings from these analyses provided valuable insights into the optimal combination of modifiers for achieving the desired performance characteristics in asphalt concrete.

Furthermore, field testing of the modified asphalt concrete mixtures was conducted to validate the laboratory results and assess the performance of the materials under real-world conditions. Test sections were constructed on selected road surfaces to evaluate the durability, resistance to wear and overall performance of the modified asphalt concrete mixtures. Data collected from these field tests were then compared with the laboratory results to validate the effectiveness of the modifiers in enhancing the properties of asphalt concrete.

Conclusion. The results of the field tests were an indispensable step in evaluating the actual performance of the modified asphalt concrete mixtures. By observing the behavior of the pavement on different road sections, it was possible to obtain valuable data on its durability and wear resistance under real operating conditions. Comparison of these data with the results of laboratory tests allowed to establish correspondence between theoretical estimates and practical results. This approach allows to optimize the process of selection and application of modifiers for asphalt concrete mixtures, improving the quality of the road surface and ensuring its durability in the conditions of real operation. The obtained data can also be used for further research and development in the field of asphalt concrete properties improvement and optimization of road construction processes.

Overall, the research involved a comprehensive investigation into the use of modifiers in improving the properties of asphalt concrete for road construction. The experimental studies, laboratory tests, statistical analyses and field testing activities conducted in this research have collectively contributed to the successful development of modified asphalt concrete mixtures with enhanced performance characteristics. The promising results obtained from this research highlight the potential for the widespread adoption of modifiers in asphalt concrete production to improve the durability, safety and sustainability of road infrastructure.

Test results of asphalt concrete with different modifiers

Type of modifier	Content in bitumen, %	Water saturation, %	Compressive strength, MPa, at temperature	
			20°C	50°C
Activated crumb rubber	7,0	2,3	5,15	1,25
Polymer additive	6,0	2,9	3,8	1,35
Recycled plastic	6,5	2,9	3,3	1,25

REFERENCES

1. Siverio Lima M.S. et al. Environmental Potentials of Asphalt Materials Applied to Urban Roads: Case Study of the City of Münster: 15 // Sustainability. Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2020. Vol. 12, no. 15. P. 6113.
2. Yang K., Li R. Characterization of bonding property in asphalt pavement interlayer: A review // Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition). 2021. Vol. 8, no. 3. Pp. 374-387.
3. Wu C. et al. Evolution Analysis of Asphalt Pavement Performance in Its Life Cycle: Case Study in Qinghai-Tibet Highway: 12 // Sustainability. Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2023. Vol. 15, no. 12. P. 9600.
4. GOST 12801-98. Materials based on organic binders for road and airfield construction. Test methods. Interstate Scientific and Technical Commission for Standardization, Technical Regulation and Certification in Construction (MNTKS), 1998. [Electronic resource] // Информационная система ПАРАГРАФ. URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30039464 (accessed: 27.03.2024).
5. Mirwald J. et al. Understanding bitumen ageing by investigation of its polarity fractions // Construction and Building Materials. 2020. Vol. 250. P. 118809.
6. Czajkowski P., Przyjazny A., Boczkaj G. Bitumen Aging-Laboratory Simulation Methods Used in Practice and Selected Directions of Research on New Methods: 2 // Materials. Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2023. Vol. 16, no. 2. P. 853.
7. Al Hawesah H. et al. A Review on Improving Asphalt Pavement Service Life Using Gilsonite-Modified Bitumen: 12 // Sustainability. Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2021. Vol. 13, no. 12. P. 6634.
8. ST RK 2028-2010. Asphalt concrete modified with crumb rubber for road surfaces. Technical conditions [Electronic resource] // Information system PARAGRAPH. URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31607280 (accessed: 03/27/2024).
9. ST RK 1218-2003. Materials based on organic binders for road and airfield construction. Test methods. [Electronic resource] // Information system PARAGRAPH. URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30023718 (accessed: 03.27.2024).

Жол жабындарына арналған асфальтбетон қоспаларының модификаторлары

[1]ЖУМАГУЛОВА Адия Асқаровна, *т.ғ.к., доцент, zaaskarovna@gmail.com,*
[1]*ДЮСЕМБИНОВ Думан Серикович, *т.ғ.к., доцент, dusembinov@mail.ru,*
[2]РАХИМОВА Галия Мухамедиевна, *т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, galinrah@mail.ru,*
[1]ҚОЖАХМЕТ Ару Мейрамқызы, *магистрант, arukozhahmet@gmail.com,*
[2]БАКИРБАЕВА Анар Ақылбайқызы, *докторант, bakirbaeva.anar@mail.ru,*
[1]«Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті» КеАҚ, Сәтпаев көшесі, 2, Астана, Қазақстан,
[2]«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Н. Назарбаев даңғылы, 56, Қарағанды, Қазақстан,
**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Қазақстанның жол инфрақұрылымындағы маңыздылығына және оның беріктік сипаттамаларына әсер ететін факторларға баса назар аудара отырып, түрлендірілген асфальтбетон қарастырылады. Асфальтбетонның әртүрлі түрлері және олардың құрамдары келтірілген, битумға негізгі байланыстырушы материал ретінде маңыздылық беріледі. Асфальтбетон қоспасының модификаторларына, соның ішінде пластик, белсенді резеңке үгіндісі негізделген және полимерлі талшықтар қоспаларына, әсіресе БРҮ ерекше назар аударылады. Сондай-ақ, жол құрылысында асфальтбетонды қолдану талқыланады, қиыршық тас-мастикалық және кеуекті ірі түйіршікті асфальтбетондарға көшу байқалады. Сонымен қатар, пластик, полимерлер және белсенді резеңке үгіндісі сияқты модификаторларды қолдану бойынша эксперименттік зерттеулердің нәтижелері ұсынылған.*

Бұл асфальтбетонның жарыққа төзімділігін, икемділігін және жолтабандылығының қалыптасуына төзімділігін жақсартады. Жалпы, мақала Қазақстанның жол желісінде көліктің неғұрлым қауіпсіз және тиімді қозғалысын қамтамасыз ету үшін модификацияланған асфальтбетонды қолданудың өзектілігін атап көрсетеді.

Кілт сөздер: *асфальтбетон, жол жабыны, модификатор, резеңке үгіндісі, битум.*

Модификаторы асфальтобетонных смесей для дорожных покрытий

[1]ЖУМАГУЛОВА Адия Асқаровна, *к.т.н., доцент, zaaskarovna@gmail.com,*
[1]*ДЮСЕМБИНОВ Думан Серикович, *к.т.н., доцент, dusembinov@mail.ru,*
[2]РАХИМОВА Галия Мухамедиевна, *к.т.н., ассоциированный профессор, galinrah@mail.ru,*
[1]ҚОЖАХМЕТ Ару Мейрамқызы, *магистрант, arukozhahmet@gmail.com,*
[2]БАКИРБАЕВА Анар Акылбаевна, *докторант, bakirbaeva.anar@mail.ru,*
[1]НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева», ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан,
[2]НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан,
**автор-корреспондент.*

Аннотация. *Рассматривается модифицированный асфальтобетон с упором на его значимость в дорожной инфраструктуре Казахстана и факторы, воздействующие на его прочностные характеристики. Приведены различные типы асфальтобетона и их составы, придается важность битуму в качестве основного связующего материала. Особое внимание уделяется модификаторам асфальтобетонной смеси, включая пластификаторы, добавки на основе активной резиновой крошки и полимерные волокна, с основным фокусом на АРП. Также обсуждается применение асфальтобетона в дорожном строительстве, отмечается переход на щебеночно-мастичные и пористые крупнозернистые асфальтобетоны. Кроме того, представлены результаты экспериментальных исследований по использованию модификаторов, таких как пластики, полимеры и активированный резиновый порошок, демонстрирующие улучшение трещиностойкости, пластичности и устойчивости асфальтобетона к колееобразованию. В целом, статья подчеркивает актуальность применения модифицированного асфальтобетона для обеспечения более безопасного и эффективного движения транспорта в дорожной сети Казахстана.*

Ключевые слова: *асфальтобетон, дорожное покрытие, модификатор, резиновая крошка, битум.*

REFERENCES

1. Siverio Lima M.S. et al. Environmental Potentials of Asphalt Materials Applied to Urban Roads: Case Study of the City of Münster: 15 // Sustainability. Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2020. Vol. 12, no. 15. P. 6113.
2. Yang K., Li R. Characterization of bonding property in asphalt pavement interlayer: A review // Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition). 2021. Vol. 8, no. 3. Pp. 374-387.
3. Wu C. et al. Evolution Analysis of Asphalt Pavement Performance in Its Life Cycle: Case Study in Qinghai-Tibet Highway: 12 // Sustainability. Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2023. Vol. 15, no. 12. P. 9600.
4. GOST 12801-98. Materials based on organic binders for road and airfield construction. Test methods. Interstate Scientific and Technical Commission for Standardization, Technical Regulation and Certification in Construction (MNTKS), 1998. [Electronic resource] // Информационная система ПАРАГРАФ. URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30039464 (accessed: 27.03.2024).
5. Mirwald J. et al. Understanding bitumen ageing by investigation of its polarity fractions // Construction and Building Materials. 2020. Vol. 250. P. 118809.
6. Czajkowski P., Przyjazny A., Boczkaj G. Bitumen Aging-Laboratory Simulation Methods Used in Practice and Selected Directions of Research on New Methods: 2 // Materials. Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2023. Vol. 16, no. 2. P. 853.
7. Al Hawesah H. et al. A Review on Improving Asphalt Pavement Service Life Using Gilsonite-Modified Bitumen: 12 // Sustainability. Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2021. Vol. 13, no. 12. P. 6634.
8. ST RK 2028-2010. Asphalt concrete modified with crumb rubber for road surfaces. Technical conditions [Electronic resource] // Information system PARAGRAPH. URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31607280 (accessed: 03/27/2024).
9. ST RK 1218-2003. Materials based on organic binders for road and airfield construction. Test methods. [Electronic resource] // Information system PARAGRAPH. URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30023718 (accessed: 03.27.2024).

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_211 UDC 691.32:620

Corrosion Resistance of Reinforcement in Reinforced Concrete Products

[1]***AKMALAIULY Kenzhebek,*** *Dr. of Tech. Sci., Professor, kakmalaev@mail.ru,*
[1]****TOLEGENOVA Aigerim,*** *Doctoral Student, aigerim.tolegenova.94@mail.ru,*
[2]***KOSHKOMBAYEVA Guldana,*** *Senior Technologist, guldana-kk@mail.ru,*
[1]NCJSC «Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev», Satpayev Street, 22a, Almaty, Kazakhstan,
[2]LLC «ISKER Company», Bolashak Street, 7, Kaskelen, Kazakhstan,
**corresponding author.*

Abstract. *The compositions of modified concrete and grease for metal molds have been developed, which can be recommended for wide implementation in production to increase the corrosion resistance of reinforcement. Therefore, the purpose of the study is to protect the reinforcement from corrosion in the specified period (corrosion of reinforcement begins after 15 min) is an important problem in increasing the durability of reinforced concrete products. Methods of research of reinforced concrete products show that for several technological reasons prepared for molding products form with installed and – fixed reinforcement is in the unfilled concrete state from 30 to 60 minutes and more. Steel reinforcement in the concrete, during the manufacture of which the molds were lubricated with the lubricant developed by us, is in an even more favorable (passive) state. Even after 10 min of measurements, the potential of steel, also polarized to +600 mV, did not reach its stationary value and was at the level of +90 mV values.*

Keywords: *concrete, reinforcement, corrosion, admixtures, freezing-thawing resistance, corrosion inhibitors, micro silica.*

Introduction. Reinforced concrete products for high-strength structures are subject to complex requirements for strength, crack resistance, hydrophysical properties and corrosion resistance. Modern methods of designing heavy concrete for reinforced concrete products do not consider the conditions of operation in extremely cold climates, the impact of groundwater and highly mineralized soils. In order to improve the performance characteristics of concrete, fly ash, meta kaolin, blast furnace slag, amorphous micro silica and other types of pozzolanic additives are introduced into the concrete mixture.

The solution to the problem of obtaining effective heavy concrete for reinforced concrete products of high-speed highways with improved performance indicators of strength, crack resistance, hydrophysical properties and corrosion resistance, can be achieved by densification and strengthening of the structure of the cement matrix due to the joint influence of stabilized suspension of activated micro silica, plasticizing additive and basalt fiber.

Material and labor costs caused to the national economy by corrosion of concrete and reinforced concrete are very significant. Their values are in inverse dependence on the service life of products and structures. The estimated service life of reinforced concrete lining of subways is about 40-50 years and reinforced concrete products – are not less than 20 years and require constant monitoring of their corrosion state.

The service life of these products depends on several technological and operational characteristics, which include technological defects occurring during the manufacture of prestressed reinforced concrete structures. These are longitudinal cracks in the zone of location of prestressed reinforcement caused by its slippage in concrete as a result of insufficient anchorage. Such defects occur in case of improper design of concrete composition, its compaction, hardening, and improper tempering of tensioned reinforcement, e.g. in prestressed reinforced concrete products. The defects arising due to operational reasons include cracks in the zone of reinforcement location, which arise as a result of damage to the reinforcement under the influence of water filtration through the concrete of the subway

lining. Such a circumstance leads to corrosion of concrete of type I classification. As a result of such processes (water filtration), the alkalinity of the liquid phase of concrete decreases below the critical values set and equal to pH = 11.8, and consequently, the passivating effect of concrete about steel reinforcement. Corrosion of steel reinforcement in concrete also occurs due to the leakage of currents from electrification transport (stray currents, which will be discussed further).

The analysis of technical literature has shown that a significant extension of the service life of prestressed reinforced concrete products can be achieved through the use of chemical additives in concrete. Such additives should densify the concrete structure and passivate the surface of steel reinforcement [1]. At present, in many industrialized countries, the share of concrete placed with the use of chemical modifier additives has amounted to more than 50% of the volume, in some countries of the world 80-90 and even 100% of concrete is produced with additives [2].

Positive results in the field of obtaining modified concretes, achieved as a result of numerous and long-term tests, allowed us to recommend such concretes for manufacturing reinforced concrete structures used in subway construction [3].

Materials and methods of research. The essence of the test method by GOST 27677-88 consists of the comparative analysis of the obtained results of the investigated samples placed in a non-aggressive medium with the values of indicators of samples of the same composition placed in an aggressive medium. For each composition 3 control and 3 basic samples were prepared for each investigated aggressive medium. The sizes were established based on the largest aggregate coarseness and set as recommended with the dimensions of the ribs 100×100×100 mm. Studies were carried out on sample cubes at the age of 28 days of normal curing in aqueous solutions of 5% sodium sulfate (Na_2SO_4), 3% sodium chloride (NaCl), distilled water, and 0,01 M hydrochloric acid (HCl) solution. As a non-aggressive medium, bottled drinking water meets the requirements of GOST 32220-2013 «Drinking water packed in containers. General technical conditions». Before the research, the samples were dried and weighed. At the next stage, three control samples were tested in bending tension and compression. Three specimen prisms of each composition were placed in the above-mentioned aggressive media, ensuring uniform access to the sample from all sides, with the duration of the study of 6 months.

To conduct frost resistance tests, the first basic method was used according to the requirements of GOST for repeated freezing and thawing in a water-saturated state in accordance with the methodology in which the test conditions were established: water for saturation and thawing with a temperature of 20±2°C and with a freezing temperature of minus 18±2°C. The determination of the frost resistance grade of concrete was carried out on samples with ribs 100×100×100 mm at the age of 28 days.

As part of the research on this topic, an X-ray phase analysis of the structure of the samples was carried out. The objective of the research was to identify possible neoplasms in the cement stone of concrete. The method of X-ray diffractometry makes it possible to qualitatively assess the mineral composition of cement and its hydration products by the intensity of diffraction reflections on the X-ray image. X-ray studies were carried out on the DRON-2.0 device in SoKα radiation at an accelerating voltage U = 20 kV, a current strength of 1 = 20 mA, and a counter rotation speed of 2 degrees/min.

The powder method was used during the study.

This method consists in taking X-ray images using monochromatic ray emission cameras and multicrystalline samples from a powder cylindrical column (diameter usually 0,45-0,85 mm, height 4-7 mm), you can also use a flat strip or powder that is glued to a substrate. The radiation is recorded on a narrow strip of photographic film, which is rolled into a cylinder. X-rays are reflected from a polycrystalline sample, the crystals of which are randomly arranged.

To determine the corrosion resistance by the requirements of GOST 31383-2008 12 samples of cylindrical shape, height 50 mm and diameter 50 mm, with maximum grain size of coarse aggregate not more than 10 mm were prepared for each investigated composition. The specimens were examined at the age of 28 days of normal curing with preliminary preparation of side surfaces and application of coatings: a primer in the form of a solution of epoxy glue and acetone with a ratio of components 1:1; putty consisting of epoxy glue and Portland cement with a ratio of 1:25; two layers of epoxy glue with a total thickness of 0,4 mm.

The working surfaces were then stripped of the cement film and layers of protective coatings. The required solution was poured into the exicators and the samples were immersed with a maintained distance of 40 mm from its walls and the surface of the solution. At the same time, the volume of the aggressive medium to the working surface of the investigated samples was strictly maintained in the ratio 50:1.

The acid concentration was kept constant and determined by acid-base titration method using 0,01M sodium hydroxide (NaOH) and phenolphthalein.

Experiments were conducted based on the joint-stock company «BENT», where a pilot batch of pre-stressed products for the railroad gauge 1520 mm type ShS-1u, made with the use of cement of 400 DO grade with additives of modifiers «Biotech-NM» and latex SKS-65GP was produced. Washed crushed stone of Koturbulak deposits of 5-10 and 10-20 mm fractions were used as aggregates. The fine aggregate was sand of Alexeevskoye deposit of medium size. For reinforcement, we used a periodic profile wire of class BpII with increased plastic properties with a diameter of 3 mm, according to TU 14-4-716-76. The number of reinforcing wires in the product is 44.

Reinforcement packages with clamps at the ends were assembled at a separate installation and then transferred and installed in the grips of the stands. Tensioning of the reinforcement package consisting of 44 wires was carried out in one go using a powerful hydraulic jack. The total tension force of the reinforcement wires in the package was 36,42 tf. The average tension force of one wire was 827 kgf, and the deviations of the tension force of individual wires did not differ from the average value by more than 8%.

Before filling with concrete mixture having mobility P-2, the molds were lubricated with a special grease for metal molds [4]. The use of this grease containing a «volatile» steel corrosion inhibitor is justified by the fact that during the manufacture of reinforcing strings of packages, the wire is coiled and passed through the correct braking and cutting devices. In this case, a spiral-shaped notch is formed on the wire along its entire length, and the natural oxide layer formed by the rolling scale is destroyed.

The grease was prepared by mixing the above components in a rotary pulsation apparatus (RPA). The grease obtained in this way is ready for use and has high stability (does not delaminate during 6 months). It has high dispersibility due to the presence of an oil-soluble inhibitor (dicyclohexylammonium nitrate), which combines well with oils and disperses them. The grease is easily applied with a spray gun, does not clog main pipelines and hoses, and does not soften the rubber of hoses [5].

Before molding the products, the power molds lubricated with the given compositions of greases, with the reinforcing strings fixed in them, were covered with polyethylene films. The curing time of the concrete mixture before placement in both cases was 30 min. The ambient air temperature in the shop was within 22-25°C [6].

The corrosion state of steel reinforcement in heat and moisture-treated concrete was evaluated by the method of reinforcement polarizability and rate of potential drop. This method is based on the relationship between the corrosion state of the reinforcement, the nature and rate of decline of the steel potential to the initial value of the stationary potential after its anodic polarization from an external current source. Anodic polarization is carried out for 1 min, then the current is switched off, and after 0,5, 1,0, 2,0, and 3.0 min the potential value is measured. If for 1 minute the potential drops to no more than zero volts, the steel reinforcement in concrete is in a passive state, if the potential drops faster, the steel is active and its corrosion damage is possible [7].

Results and discussion

The analysis of X-ray phase analysis data has shown that cement mixing with micro silica-activated suspension leads to an intensification of hydration process and binding of formed calcium hydroxide $Ca(OH)_2$ by micro silica to formation of low basic calcium hydrosilicates, which causes its reduction by more than 23% relative to pure cement stone, reduction of intensity of analytical lines (C_3S) and, accordingly, densification and hardening of cement stone structure.

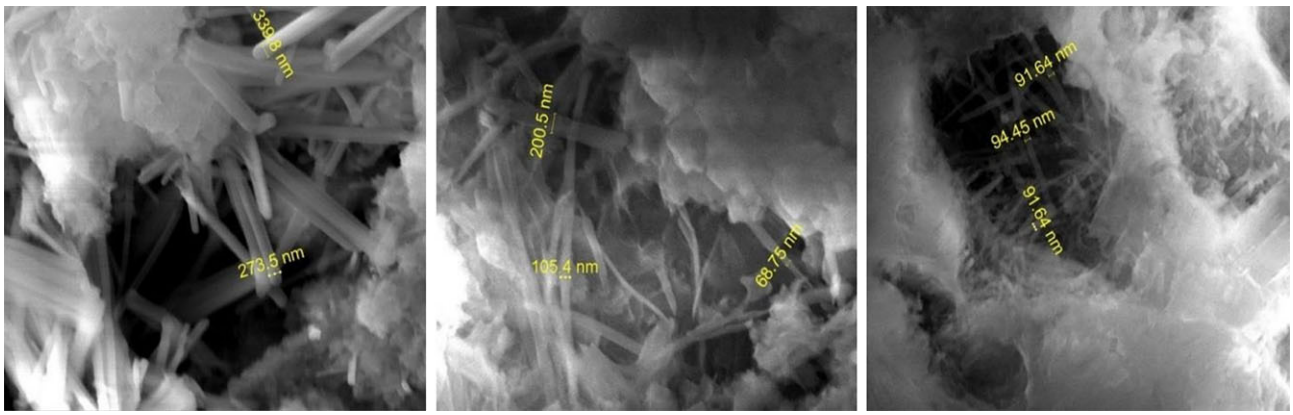
It was found that in the crystals of the modified cement stone their size decreases – from 80 to 110 nm (Figure c), which is significantly lower than in the control composition – from 200 to 300 nm (Figure a) and composition (Portland cement + micro silica) – from 100 to 200 nm (Figure b). The established changes are associated with the formation of additional amounts of low-base calcium hydro silicates due to alkaline excitation of silica-containing particles.

For frost resistance tests the first basic method according to GOST requirements was used at repeated freezing and thawing in a water-saturated state by the methodology, in which the test conditions were established: water for saturation and thawing with the temperature of 20±2°C and freezing temperature of minus 18±2°C. Determination of concrete frost resistance grade was carried out on specimens with ribs 100×100×100 mm at the age of 28 days.

The results of frost resistance tests of the investigated concrete are shown in Table.

Analysis of the data on frost resistance allowed us to draw the following conclusions:

- the obtained test results of the control (composition 1) concrete showed that starting from 250-300 cycles in the samples there was a decrease in mass by up to 3,2% and cubic strength by 9%.



a) 30000x b) 30000x c) 30000x

Microstructure of cement stone: a) control sample; b) Portland cement + micro silica; c) Portland cement + micro silica + superplasticizer

Results of concrete testing for frost resistance

Labeling sample	Weight loss of the sample, %, after cycles					Coefficient of frost resistance after cycles				
	200	300	400	500	550	200	300	400	500	550
Composition 1 control	1,16	3,20	6,34	-	-	0,97	0,91	0,69	-	-
Composition 2 15% amorphous micro silica	0,52	1,15	2,0	3,4	5,32	1,05	0,96	0,93	0,90	0,72
Composition 3 15% micro silica active	0,47	0,96	1,62	2,8	4,96	1,06	1,02	0,95	0,91	0,74
Composition 4 15% micro silica active + 0.75% basalt fiber	0,12	0,34	0,68	1,37	2,81	1,10	1,07	1,02	0,96	0,92
Composition 5 15% active micro silica + 0.75% polypropylene fiber	0,24	0,53	1,11	2,23	3,95	1,09	1,05	0,99	0,93	0,89

Fiber and activated micro silica (composition 5) became critical, which reduced the strength characteristics by more than 7%, and the weight loss reached 3,95%.

High frost resistance with optimal consumption of activated micro silica of MKU-95 grade with consumption of 15% and basalt fiber 0,75% is characterized by mass loss up to 1,37% and strength by 4,0% at 500 test cycles, which is due to the creation of a closed fine porous structure of cement stone and its high-water impermeability. The obtained results indicate that the proposed composition has a reserve after 500 test cycles for mass loss and strength, which significantly exceeds the required index of frost resistance of concrete F=200, which is regulated by the interstate standard.

Measurements are usually carried out using high-impedance voltmeters with an input resistance of at least 10 ohms. We used a voltmeter VK-2-16 with an input resistance of more than 103 Ohm since this voltmeter allows us to carry out electrochemical measurements of the potential of steel reinforcement in reinforced concrete structures with any degree of concrete moistening [8].

Electrochemical measurements were carried out in both the compressed (upper reinforcement wire) and tensile (lower reinforcement wire) zones. The reference electrode was a non-polarizing copper-sulfate electrode, which was moved along the reinforcement with a step of 20-25 cm to obtain 5-6 potential values. The steel armature was polarized by anodic current from a 9-12 V battery to a potential of +600 mV.

The experiments showed that the potential drop on the reinforcement in concrete, during the production of which the molds were lubricated with the previously used lubricant, reaches its stationary value only after 5 min. This indicates a high protective ability of the developed concretes with the additives

of modifiers Biotech-NM, latex SKS 65GP, and corrosion inhibitor NNK about the stressed steel reinforcement.

Conclusion. Thus, the conducted studies of the corrosion resistance of steel reinforcement in steel concrete with additives of modifiers allow us to conclude that the developed compositions of modified concretes can be recommended for widespread introduction into production.

Corrosion resistance estimates have been developed taking into account the main provisions of the theory of heterogeneous chemical processes occurring in cement stone or concrete under the influence of various aggressive media. When studying the behavior of cement stone (concrete) in aggressive solutions, researchers use various criteria to assess corrosion resistance. In some cases, the criterion is based on a comparative change in the chemical composition of cement stone before and after exposure to an aggressive solution, in others – on a change in the mechanical characteristics of concrete, and, thirdly, on the magnitude of their volumetric deformations.

The analysis of the X-ray phase analysis data showed that when cement is sealed with a suspension, it leads to an intensification of the hydration process and the binding of the formed calcium hydroxide ($Ca(OH)_2$) before the formation of low-base calcium hydrosilicates, which causes a decrease of more than 23% relative to pure cement stone, a decrease in the intensity of analytical lines (C_3S), and, accordingly, a compaction and strengthening of the cement stone structure.

According to frost resistance, the following conclusions were made: the test results of the control concrete showed that starting from 250-300 cycles, the samples showed a decrease in weight to 3.8% and cubic strength by 10%. It is characterized by a loss of mass up to 1.4% and strength by 4.5% at 500 test cycles, due to the creation of a closed fine-porous structure of cement stone and its high water resistance. The results obtained indicate that it has a margin after 500 cycles of weight and strength loss tests, which significantly exceeds the required frost resistance index of concrete, which is regulated by the interstate standard.

This, in turn, eliminated the condition of corrosion of steel reinforcement during the period when the mold is not yet filled with a concrete mixture. After filling the mold with a concrete mixture, the reinforcement is in even more favorable conditions, since the concrete mixture contains an inorganic corrosion inhibitor NNA, which simultaneously seals the concrete structure. The combination of volatile and inorganic inhibitors in the composition of the developed concrete mixture irreversibly changed the properties of the metal and led to complete passivation of the stressed reinforcement. The obtained data confirmed the experimental data, as well as the high efficiency of the concrete mix compositions developed by us.

REFERENCES

1. Шулдяков К.В., Крамар Л.Я., Трофимов Б.Я., Мамаев Н.А. Влияние добавки «микрокремнезем-поликарбоксилатный суперпластификатор» на гидратацию цемента, структуру и свойства цементного камня // Цемент и его применение. – 2013. – № 2. – С. 114-118.
2. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Кардумян Г.С. Новые модифицированные бетоны. Москва: Парадиз. – 2010. – 258 с.
3. Степанова В.Ф. Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии – основа обеспечения долговечности зданий и сооружений // Промышленное и гражданское строительство. – 2013. – № 1. – С. 13-16.
4. Розенталь Н.К. Коррозия и защита железобетонных конструкций транспортных сооружений // Строительство и транспорт. – 2008. – № 3. – С. 16-17.
5. Лукутцова Н.П., Пыкин А.А., Устинов А.Г., Кондрик А.С. Коррозионная стойкость бетона с добавкой углерод-кремнеземистого наномодификатора // Строительство и реконструкция. – 2012. – № 5 (43). – С. 62-67.
6. Рахимбаев Ш.М., Толыпина Н.М. Повышение коррозионной стойкости бетонов путем рационального выбора вяжущего и заполнителей. – Белгород: БГТУ, 2015. – 250 с.
7. Loginova S.A., Goglev I.N. Modeling of kinetics and dynamics of mass transfer under various types of corrosion of cement concrete. Bulletin of Cherepovets State University. 2020; (99): 22-35. DOI: 10.23859/1994-0637-2020-6-99-2 (In Russ).

8. Mideiros-Junior Ronaldo A. Service life of concrete structures considering the effects of temperature and relative humidity on chloride transport / A. Mideiros-Junior Ronaldo, G. Lima Maryagela, H.F Mideiros Marcelo // Environment Dev. Sustainability. 2015. Vol. 17, no. 5, pp. 1103-1119.

Темірбетон бұйымдарындағы арматураның коррозияға төзімділігі

[1]АҚМАЛАЙҰЛЫ Кенжебек, *т.ғ.д., профессор, kakmalaev@mail.ru,*
[1]*ТОЛЕГЕНОВА Айгерим Кайратовна, *докторант, aigerim.tolegenova.94@mail.ru,*
[2]КОШКОМБАЕВА Гулдана, *бас технолог, guldana-kk@mail.ru,*
[1]«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Сәтбаев көшесі, 22а, Алматы, Қазақстан,
[2]«ISKER Company» ЖШС, Болашақ көшесі, 7, Қаскелең, Қазақстан,
**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Арматураның коррозияға төзімділігін арттыру мақсатында өндіріске кеңінен енгізу үшін ұсынылуы мүмкін металл қалыптарға арналған модификацияланған бетондар мен майлағыштардың құрамы әзірленді. Сондықтан зерттеудің мақсаты арматураны көрсетілген кезеңде коррозиядан қорғау (арматураның коррозиясы 15 минуттан кейін басталады) темірбетон бұйымдарының беріктігін арттырудың маңызды мәселесі болып табылады. Темірбетон бұйымдарын зерттеу әдістері бірқатар технологиялық себептерге байланысты бұйымдарды қалыптауға дайындалған, орнатылған және бекітілген арматурасы бар қалып бетонмен толтырылмаған күйде 30-дан 60 минутқа дейін және одан да көп болатындығын көрсетеді. Бетондағы болат арматура, оның өндірісінде біз жасаған майлаумен майланған, одан да қолайлы (пассивті) күйде. 10 минуттық өлшеулерден кейін де +600 мВ-қа дейін поляризацияланған болаттың потенциалы өзінің стационарлық мәніне жете алмады және +90 мВ деңгейінде болды.*

Кілт сөздер: *бетон, арматура, коррозия, қоспалар, аязға төзімділік, коррозия ингибиторлары, микрокремний диоксиді.*

Коррозионная стойкость арматуры в железобетонных изделиях

[1]АКМАЛАЙУЛЫ Кенжебек, *д.т.н., профессор, kakmalaev@mail.ru,*
[1]*ТОЛЕГЕНОВА Айгерим Кайратовна, *докторант, aigerim.tolegenova.94@mail.ru,*
[2]КОШКОМБАЕВА Гулдана, *главный технолог, guldana-kk@mail.ru,*
[1]НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева», ул. Сатпаева, 22а, Алматы, Казахстан,
[2]ТОО «ISKER Company», ул. Болашак, 7, Каскелен, Казахстан,
**автор-корреспондент.*

Аннотация. *Разработаны составы модифицированных бетонов и смазки для металлических форм, которые могут быть рекомендованы для широкого внедрения в производство с целью повышения коррозионной стойкости арматуры. Поэтому цель исследования – предохранение арматуры от коррозии в указанный период (коррозия арматуры начинается уже через 15 мин) – является важной проблемой повышения долговечности железобетонных изделий. Методы исследования железобетонных изделий показывают, что по ряду технологических причин подготовленная к формованию изделий форма с установленной и зафиксированной на ней арматурой находится в незаполненном бетоном состоянии от 30 до 60 мин и более. Стальная арматура в бетоне, при изготовлении которого формы были смазаны разработанной нами смазкой, находится в еще более благоприятном (пассивном) состоянии. Даже через 10 мин измерений потенциал стали, также поляризованной до +600 мВ, не достиг своего стационарного значения и находился на уровне значений +90 мВ.*

Ключевые слова: *бетон, арматура, коррозия, добавок, морозостойкость, ингибиторы коррозии, микрокремнезём.*

REFERENCES

1. SHuldyakov K.V., Kramar L.YA., Trofimov B.YA., Mamaev N.A. Vliyanie dobavki «mikrokremnezem-polikarboksilatnyj superplastifikator» na gidrataciyu cementa, strukturu i svojstva cementnogo kamnya [Effect of the additive «silica-polycarboxylate superplasticizer» on cement hydration, structure and properties of cement stone]. Cement i ego primenenie [Cement and its application]. 2013, no. 2, pp. 114-118.
2. Kaprielov S.S., SHejnfel'd A.V., Kardumyan G.S. Novye modificirovannye betony [New modified concretes]. Moscow: Paradiz [Moscow: Paradise], 2010, 258 p.
3. Stepanova V.F. Zashchita betonnyh i zhelezobetonnyh konstrukcij ot korrozii – osnova obespecheniya dolgovechnosti zdanij i sooruzhenij [Protection of concrete and reinforced concrete structures from corrosion – the basis for ensuring the durability of buildings and structures]. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and civil construction], 2013, no. 1, pp. 13-16.
4. Rozental' N.K. Korroziya i zashchita zhelezobetonnyh konstrukcij transportnyh sooruzhenij [Corrosion and protection of reinforced concrete structures of transport structures]. Stroitel'stvo i transport [Construction and transport]. 2008, no. 3, pp. 16-17.
5. Lukutcova N.P., Pykin A.A., Ustinov A.G., Kondrik A.S. Korrozionnaya stojkost' betona s dobavkoj uglerod-kremnezemistogo nanomodifikatora [Corrosion resistance of concrete with the addition of carbon-silica nanomodifier]. Stroitel'stvo i rekonstrukciya [Construction and reconstruction]. 2012, no. 5 (43), pp. 62-67.
6. Rahimbaev SH.M., Tolypina N.M. Povyshenie korrozionnoj stojkosti betonov putem racional'nogo vybora vyazhushchego i zapolnitelej [Improving the corrosion resistance of concrete by rational choice of binder and aggregates]. Belgorod: BGTU, 2015. 250 p.
7. Loginova S.A., Goglev I.N. Modeling of kinetics and dynamics of mass transfer under various types of corrosion of cement concrete. Bulletin of Cherepovets State University. 2020, No (99), pp. 22-35. DOI: 10.23859/1994-0637-2020-6-99-2 (In Russ).
8. Mideiros-Junior Ronaldo A. Service life of concrete structures considering the effects of temperature and relative humidity on chloride transport. Environment Dev. Sustainability. 2015. Vol. 17, no. 5, pp. 1103-1119.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_218 ӘОЖ 656.212

Қарағанды темір жол бөлімшесі қызметкерлерінің автоматтандырылған жұмыс орындарын енгізу және жаңарту

[1]**БЕКЖАНОВА Сәуле Ертайқызы,** *т.ғ.д., профессор, s.bekzhanova@satbayev.university,*
[2]**ИСИНА Ботакөз Малгаждарқызы,** *магистр, аға оқытушы, bota_kazatk@mail.ru,*
[2]***ҚОСБАРМАҚОВ Самат Жақсыбайұлы,** *магистр, аға оқытушы, samat.130579@mail.ru,*
[2]**МАҚСҰТОВА Жұпар Құдайбергенқызы,** *магистр, ассистент, zhuparkudaibergen@mail.ru,*
[1]«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Сәтбаев көшесі, 22а, Алматы, Қазақстан,
[2]«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Н. Назарбаев даңғылы, 56, Қарағанды, Қазақстан,
**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Мақалада теміржол көлігі мамандарының автоматтандырылған жұмыс орнын қалыптастыруды одан әрі нақтылай отырып, интеллектуалды көлік жүйесінің алгоритмін әзірлеу қарастырылған. Темір жол көлігінің тасымалдау процесін пайдалану технологиясы қарастырылады. Бірыңғай көліктік ақпараттық кеңістікте халықаралық дәліздерді дамытуды қамтамасыз етеді. Жүкті тиеу-түсіру кезіндегі вагон айналымын, ірі кәсіпорындардың кірме жолдарында вагондардың бос тұрып қалуын азайтуға көмектеседі. Логистикалық схемалар арқылы жүк тасымалдау көлемі жыл сайын артып келеді. Бұл схема жүк жөнелтушілерге транзиттік тарифті төлеуден жалтаруға мүмкіндік береді, өйткені транзиттік тарифтер деңгейі экспорттық-импорттық тарифтер деңгейінен жоғары.*

Кілт сөздері: *жүк жөнелтуші, транзиттік тариф, тасымалдау процесі, вагон айналымы, логистикалық схемалар, жүкті тиеу-түсіру, вагондардың бос тұруы, халықаралық дәліздер.*

Қарағанды темір жол бөлімшесі жүк тасымалдау магистральдарының негізгі қатарына жатады. Қазақстанның темір жолдары желісі бойынша жалпы тиеудің төрттен бірінен астамы дәл осы бөлімшенің станцияларынан жүзеге асырылады. Ағымдағы жылдың басынан бастап «ҚТЖ-ЖТ» ЖШС «Қарағанды ЖТ бөлімшесі» филиалының шекарасындағы пайдалану жұмысының қорытындылары оң динамиканы көрсетті. Бірінші жартыжылдықта өткен жылдың сәйкес кезеңімен салыстырғанда жүк тиеу 16,4 пайызға ұлғайды, жүк айналымы 12 пайызға, вагондардың өнімділігі 10,2 пайызға, қарапайым бір жүк операциясымен 6,1 пайызға өсті. Осы көрсеткіштерді орындаудың оң нәтижелері табыстың өсуіне тікелей әсер етті. Жаңа клиенттермен іскерлік байланыс орнату бойынша шаралар қабылдануда. Жүктерді жөнелтетін 24 ұйым тартылды. Олардың қатарында «КПК АС-АЙ», «Микрансазия», «Ақтоғай Мыс» ЖШС және тағы басқалары бар, олар шамамен 53 мың тоннаны жалпы тиеуді қамтамасыз етеді. Ресейдің Лужская станциясына салмағы 6300 тонна болатын 344 ауыр пойыз маршруттары құрылып, жөнелтілді. Бөлімшеде тасымалдауды ұйымдастырудың перспективалық технологияларын енгізуге көп көңіл бөлінеді. АСУ ДКР-да электрондық құжат айналымы (шарттық және коммерциялық жұмыс) 13 жүк станциясында енгізілді. Жыл соңына дейін барлық басқа станцияларды қағазсыз технологияға көшіру жоспарлануда. Машинистің жұмыс уақытын, энергия ресурстарының шығынын, қозғалыс жылдамдығын, локомотивтің ағымдағы орналасқан жерін автоматтандыруды көздейтін АСУ ЭДТ (энергия диспетчерлік тарту) бағдарламалық қамтамасыз етуін пайдалануға беру бойынша жұмыстар орындалады [1-2].

Жұмыстың өзектілігі

Технологиялық процестерді автоматтандыру, тасымалдау процесінің ақпараттық технологияларын және теміржол көлігінің бизнес-процестерін дамыту есіктен есікке дейін тасымалдауды қамтамасыз етуге мүм-

кіндік береді.

Жұмыстың мақсаты

Теміржол көлігі мамандарының автоматтандырылған жұмыс орнын қалыптастыруды одан әрі нақтылай отырып, интеллектуалды көлік жүйесінің алгоритмін әзірлеу.

Ғылыми жаңалық

Теміржол көлігінде ақпараттық технологияларды қолданудың және теміржол көлігінде тасымалдау құжаттарын ресімдеу үшін автоматтандырылған жұмыс орындарын жетілдіру:

- берілген тораптарда және ақпараттық жүйеде жаңа әдістерді дайындау, тұтынушыға қызмет көрсету жүйесіне қосылу, жүйедегі стансадан бірыңғай диспетчерлік басқару орталығында құрастырылып, белгіленетін мәліметтер бойынша жылжымалы құрамның жағдайы мен пойыз жағдайын білу;

- «жүк жөнелтуші мен жүк қабылдаушының» негізгі критерияларын ескере отырып электронды құжат айналымын дайындау, ақпараттық жүйені құрастыру, автоматты басқару жүйесіндегі халықараалық ішкі экономикалық қатынастағы ғылыми техникалық жүйеде дайындалған халықаралық стандарт негізінде EDIFACT құру;

- бастапқы мәліметтерді қолдана отырып тасымалдау құжаттарын ақпараттық жүйеде құру, жөнелтілген жүкті торапта бақылап отыру.

Практикалық маңыздылығы

Ұйымдастырудың әртүрлі технологиялары мен әдістеріне, станциялардағы жұмыс модульдерінің әртүрлі нұсқаларының функционалды және техникалық құрылымдарына икемді параметрлер жүйесін енгізу.

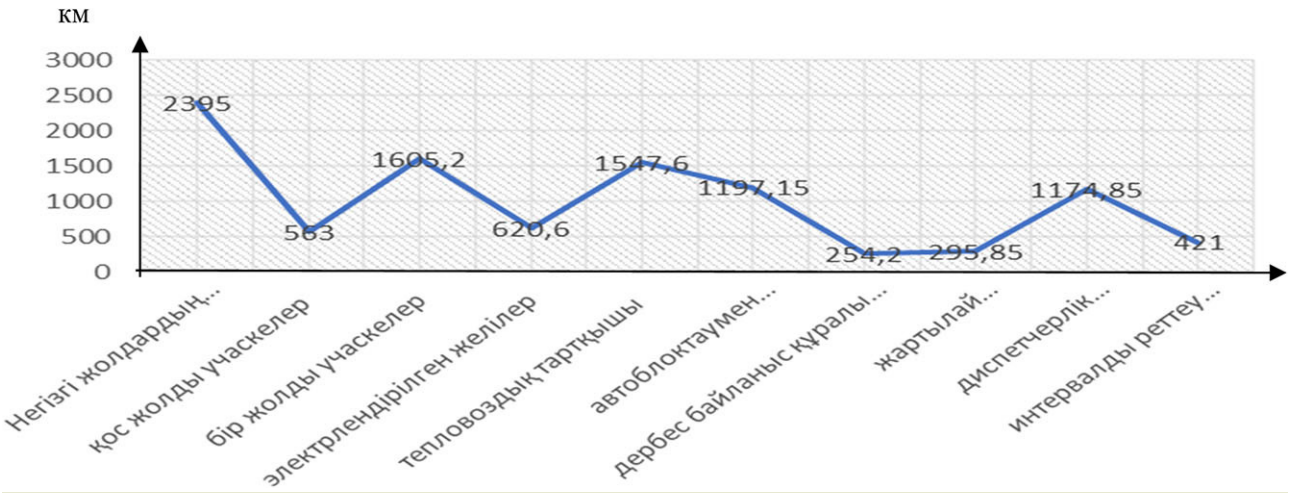
Күтілетін нәтижелер

Теміржол көлігі мамандарының автоматтандырылған жұмыс орындарын енгізу және жаңғырту халықаралық дәліздерді дамытуды көздейтін бірыңғай көліктік ақпараттық кеңістікте неғұрлым тиімді іске асырылуы мүмкін.

Алдағы уақытта тасымалдау көлемі ұлғаятын болады және «ҚТЖ-ЖТ» ЖШС желісінің ең ауыр жүк бағыттарының бірі – Қарағанды – жүктерді тасымалдау қажеттілігін қанағаттандыруы, жылдам контейнерлік поездарды өткізуді қамтамасыз етуі тиіс. Сондықтан жолдардың техникалық жағдайын жақсарту басты назарда болуы керек. Жезқазған-Қызылжар учаскесінің өткізу қабілетін арттыру көзделген. Ағымдағы жылы 83 шақырымды күрделі жөндеуден өткізу бойынша жұмыстардың басқа түрлерінде орындау қажет. Жылжымалы құрамның тапшылығы жағдайында вагондарды тиімді пайдаланудың өзектілігі артады. Бөлімшенің басты міндеті тиеу және түсіру кезінде вагондардың айналымын қамтамасыз ету, ірі кәсіпорындардың кірме жолдардағы вагондардың тоқтап қалуын азайтуға жәрдемдесу. Қалыптасқан тәжірибеге сәйкес, жөнелтудің негізгі шыңы қысқа дайындық кезеңінде болады. Сондықтан ел ішінде жаппай әлеуметтік маңызы бар жүктерді үздіксіз тасымалдауды қамтамасыз ету үшін барлық күш-жігерді жұмсау қажет. Талқылаудың ерекше тақырыбы пойыздар қозғалысының қауіпсіздігі мәселелері болды. Кеңес барысында бөлімше, теміржол кәсіпорындары басшыларының биыл жол берілген бұзушылық фактілері бойынша қабылданған шаралар туралы есептері тыңдалды. Қызметкерлердің технологиялық процестерді сақтауын бақылауды күшейту, өйткені қателіктердің көпшілігінің себебі адам факторы болып табылады. Қарағанды бөлімшесі даму әлеуеті зор мықты бөлімшелердің бірі болып табылады. Ұжымның алдында пайдалану көрсеткіштерін орындау, инфрақұрылымды жаңарту, қызметтің тиімділігін арттыру, поездар қозғалысының қауіпсіздігін қамтамасыз ету жөніндегі жоспарларды іске асыру бойынша нақты міндеттер қойылды [3-6].

«ҚТЖ-ЖТ» ЖШС «Қарағанды ЖТ бөлімшесі» филиалы үшін ең маңызды оқиға 2014 жылдың тамыз айында мемлекет басшысы Жезқазған-Бейнеу, Арқалық-Шұбаркөл темір жолының ашылуы болды. Қарағанды теміржолшыларының зор күш-жігері мен ерік-жігерінің арқасында қиын климаттық жағдайларда екі жыл ішінде ғасырлық жол дүниеге келді. Ол Қазақстанды бүкіл әлеммен байланыстырды. Транзиттік көлік дәлізі Азиядан Ресей мен Еуропаға, Әзірбайжан, Грузия, Түркия және Оңтүстік Еуропа бағытында, Түрікменстан арқылы Парсы шығанағына өтеді.

«ҚТЖ-ЖТ» ЖШС «Қарағанды ЖТ бөлімшесі» филиалының магистральдық теміржол желісінің жалпы ұзындығы техникалық бөлімімен берілген деректерге сәйкес 2168,2 километрді құрайды. Негізгі жолдардың орналастырылған ұзындығы – 2395 километр, оның ішінде: қос жолды учаскелер – 563 километр, бір жолды учаскелер – 1605,2; электрлендірілген желілер – 620,6 километр, тепловоздық тартқышы бар – 1547,6; автоблоктаумен жабдықталған учаскелер – 1197,15 километр, дербес байланыс құралы ретінде АЛСО жабдықталған учаскелер – 254,2 километр; жартылай автоблоктаумен жабдықталған учаскелер – 295,85 километр; диспетчерлік орталықтандыруға енгізілген учаскелер – 1174,85 километр. Бірінші деңгейдегі борттық қауіпсіздік жүйесімен жабдықталмаған локомотивтері бар радиоарна



1-сурет – «ҚТЖ-ЖТ» ЖШС «Қарағанды ЖТ бөлімшесі» филиалының магистральдық теміржол желісінің жалпы ұзындығы

базасында пойыздардың қозғалысын интервалды реттеу жүйесімен жабдықталған жаңа желінің учаскелері де бар – 421 километр.

Белгіленген халықаралық транзиттік көлік дәліздерінің құрамына кіретін темір жол желілерінің қазіргі учаскелерінің ұзындығы: 40 – Мойынты – 563 километр, Мойынты-Саяқ – 336,6, Жарық-Жезқазған – 417,9, Жезқазған-Қоскөл – 274,6, Шұбаркөл-Терісаққан – 146,9 километр.

Сондай-ақ, Қарағанды жүк тасымалдау бөлімшесінің филиалына 89 бөлек пункт кіреді, оның ішінде 44 станция жүк операцияларын жүргізу үшін ашық, 3 сыныптан тыс станция, 9 бірінші класты станция, 11 – екінші, 9 – үшінші, 16 – төртінші және 41 бесінші класты станция бар.

Сондай-ақ, жұмыстың негізгі мақсаты мен сипатына қарай жүк тасымалдау бөлімшесінде: сұрыптау станциясы, 18 жүк, 9 учаскелік және 61 аралық станция бар.

2020 жылдың қараша айында 35,26 сағаттық қарапайым жергілікті вагон іс жүзінде 27,21 сағатты құрады, яғни 8,05 сағатқа (29,6%) азайды.

2019 жылдың қарашасымен салыстырғанда қарапайым жергілікті вагон 6,08 сағатқа (22,3%) төмендеді.

2020 жылдың 11 айында қарапайым жергілікті вагон 35,04 сағат нормасымен іс жүзінде 30,60 сағатты құрады, яғни 4,44 сағатқа (14,5%) азайды.

2019 жылдың сәйкес кезеңімен салыстырғанда қарапайым жергілікті вагон 2,65 сағатқа (8,7%) ұлғайды.

Бос уақыттың ұлғаюының себебі вагондармен қосарланған операциялардың болуы. Қаңтар айында мұндай вагондар 660, ақпан айында 556 вагон, наурызда – 640 вагон, сәуірде – 626 вагон, мамырда – 509 вагон, маусымда – 492 вагон, шілдеде – 676 вагон, тамызда – 638 вагон, қыркүйекте – 514 вагон, қазанда – 499 вагон, қараша айында – 457 вагон болды.

Кедендік жүктің көп келуі: қаңтар айында – 176 вагон, ақпан айында – 197 вагон, наурыз айында – 245 вагон, сәуір айында – 214 вагон, мамыр айында – 178 вагон, маусым айында – 205 вагон, маусым, шілде айларында Қарағанды көмір станциясының толық көлемде жұмыс істемеуіне байланысты.

2020 жылдың қаңтар, ақпан, наурыз айларында ауа-райының қолайсыздығына және көптеген мерекелердің болуына байланысты вагондарды түсіру қиынға соқты, мұздатылған жүк болды.

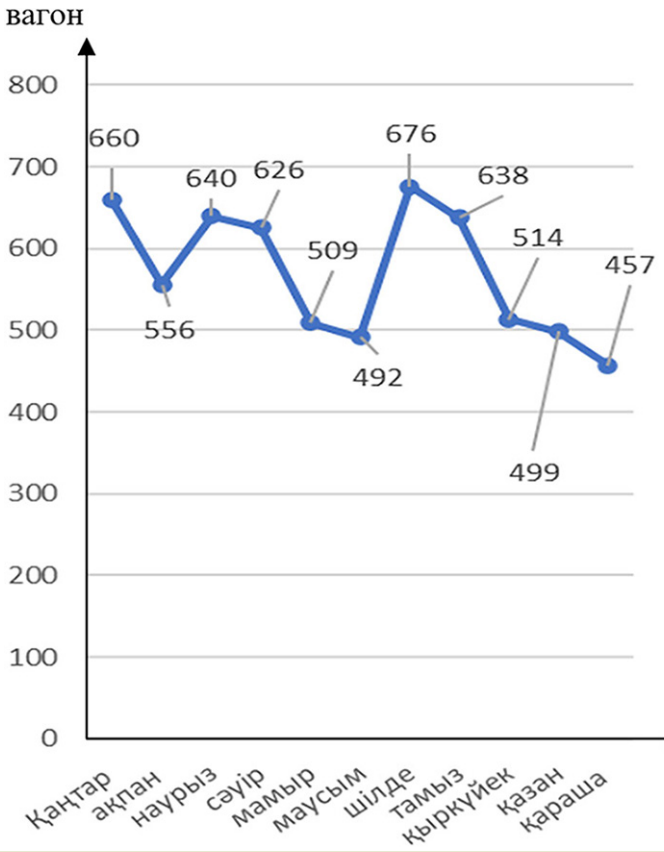
Сондықтан бір терезе қағидаты бойынша қызмет тұтынушылармен жедел жұмысты қамтамасыз ету үшін:

- өтінімді қабылдау;
- қол қойылған шартты беру;
- вагондарды беру және жинау ведомосін ресімдеу;
- есеп айырысуды жүргізу және қызметтер үшін төлемдерді қабылдау қажет.

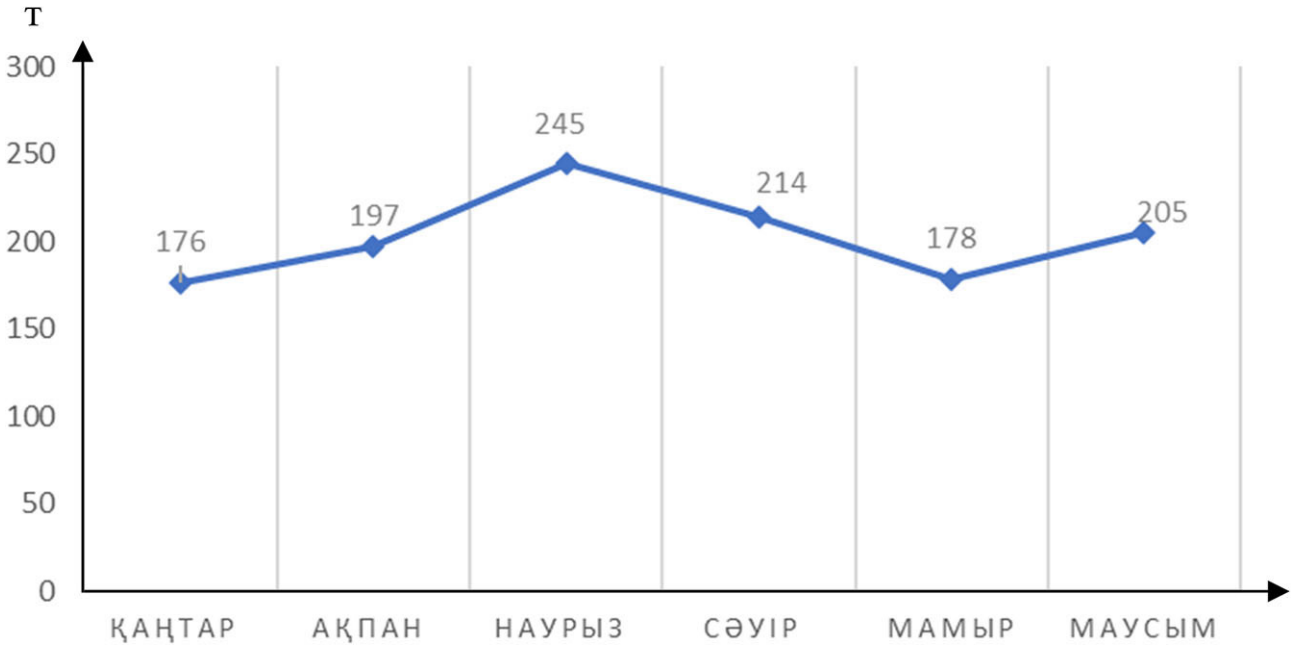
Тұтынушылардың жүктерін жедел жөнелту және қабылдау үшін барлық жол бөлімшелері бойынша шарттық және коммерциялық жұмысты басқарудың автоматтандырылған жүйесінде электрондық тасымалдау құжаты ресімделеді.

Электр энергиясын беру бойынша қызмет көрсету сапасын жақсарту үшін электрмен жабдықтау сенімділігін арттыру бөлігінде мынадай жұмыстар тұрақты жүргізіледі:

- 0,4 кВ желілері бойынша жүктемені өлшеуді жүргізу және желілердің жүктемесін



2-сурет – Бос уақыттың ұлғаюының себебі вагондармен қосарланған операциялардың болуы



3-сурет – Кедендік жүктің көп келуі

біркелкі фазалық бөлуді қамтамасыз ету;

- желінің зақымдалған учаскесін селективті ажырату және резервті автоматты түрде қосу немесе желінің тұрақсыз қысқа мерзімді зақымдануы бар учаскесін автоматты түрде қайта қосу есебінен электрмен жаб-

дықтау сенімділігін арттыруды қамтамасыз ететін вакуумдық ажыратқыштары, заманауи құрылғылары және автоматтандырылған жүйелерді қолдану [7-8].

Саланы ырықтандыру жөніндегі жұмыс шеңберінде мемлекеттік баға реттеуінен шығарылды: теміржол жүк вагондарын жалға беру жөніндегі қызметтер және вагондар (контейнерлер) операторының қызметтері; Қазақстан Республикасының аумағы арқылы транзиттік қатынаста темір жол көлігімен жүктерді тасымалдау жөніндегі қызметтер; контейнерлерде, контейлерлік жөнелтілімдерде, бос контейнерлерде және теміржол көлігімен бос фитинг платформаларында жүктерді тасымалдау жөніндегі қызметтер шығарылды. 2019 жылы пилоттық режим шеңберінде шектеулі учаскелерде екі жеке жүк тасымалдаушының магистральдық теміржол желісіне дейін іске қосу жүзеге асырылды, оның барысында магистральдық теміржол желісінің қызметтеріне және теміржол көлігімен (локомотивтік тартым) жүктерді тасымалдау қызметтеріне қолданыстағы тарифтік реттеу жүйесінің бұрмалануы шиеленісе түсті.

Олардың негізгілері «ҚТЖ-ЖТ» ЖШС тарифтерінде жүк түрлері, сондай-ақ жүк есебінен жолаушылар тасымалы арасында бірнеше айқаспалы субсидиялаудың болуы болып табылады. Бұл ретте жүктерді жеке тасымалдаушылар қандай да бір субсидиялау бойынша міндеттемелерді көтермейді және тасымалдау түрлерін таңдауда еркін болады. «ҚТЖ-ЖТ» ЖШС тарифтік реттеу жүйесін дәйекті реформалау бойынша ұсыныстар енгізді. Бұл бағыттағы алғашқы қадам-жолаушылар мен жүк тасымалының қаржылық ағындарын бөлу. 2020 жылғы 1 қаңтардан бастап «Қазақстан Республикасының кейбір заңнамалық актілеріне теміржол көлігі мәселелері бойынша өзгерістер мен толықтырулар енгізу туралы» Қазақстан Республикасының заңы күшіне енді. Аталған өзгерістер, сондай-ақ қажетті заңға тәуелді нормативтік құқықтық актілердің қолданысқа енгізілуі 2020 жылы жолаушылар тасымалын субсидиялаудың жаңа моделін іске асыруға мүмкіндік берді. Компанияның корпоративтік портфелі бес блоктан тұрады: магистральдық теміржол желісі – «ҚТЖ-ЖТ» ЖШС филиалы – «Магистральдық желі дирекциясы»; «Қазтеміртранс»АҚ; «KTZ Express» АҚ, ОТЛК ЕРА, Құрық порты және т.б. компаниялардың көліктік – логистикалық блок-тобы; жекешелендірудің мемлекеттік бағдарламасына және жалғыз акционердің тапсырмаларына сәйкес «ҚТЖ-ЖТ» ЖШС компаниялар тобының бейінді емес активтерін иеліктен шығару бойынша жұмыс жалғасуда. 2016-2018 жылдары 22 актив сатылды, 2 компания қайта құрылды, 9 компания таратылды. 2019 жылы «ҚТЖ-ЖТ» ЖШС периметрінен 12 компания («Қорғас ХШЫО» АҚ, әуежайлар және басқалар) шығарылды, оның ішінде жеке жолаушылар тасымалдаушылары ұлттық жүк тасымалдаушыда жатыр. Бүгінде жүк тасымалы нарығында 40-қа жуық компанияның лицензиясы бар. Реттеуші ортадағы және тарифтік әдіснамадағы өзгерістердің келесі қадамы учаскенің типі (электрлендірілген немесе электрлендірілмеген) бойынша магистральдық теміржол желісінің қызметтеріне, ал тартым түрлері бойынша локомотив тартымына (электр және жылу тартымы) тарифтерді саралауды енгізу арқылы бизнесті жүргізудің тең, әділ және кемсітпейтін жағдайларын жасау үшін тасымалдаушылардың қызмет көрсету шарттарын теңестіру болады. Бұдан басқа, 2019 жылы «теміржол көлігі туралы» Қазақстан Республикасының заңына «жүк транзиті» ұғымын айқындау және уәкілетті органның транзит кезінде жүктерді тасымалдауды жүзеге асыру тәртібін айқындау бөлігінде түзетулер енгізілді. Жүк жөнелтушілерге Қазақстан Республикасының аумағы бойынша теміржол транзиттік тарифін төлеуден кетуге мүмкіндік беретін логистикалық схемаларды қолдана отырып, жүктерді тасымалдау көлемі жыл сайын артып келеді. Аталған схема жүк жөнелтушілерге транзиттік тарифті төлеуден аулақ болуға мүмкіндік береді, өйткені транзиттік тарифтердің деңгейі экспорттық-импорттық тарифтер деңгейінен жоғары, бұл кейіннен «ЖТ-ҚТЖ» ЖШС-нің қаржы-экономикалық көрсеткіштеріне теріс әсер етеді. Осыған байланысты, аталған проблеманы шешу мақсатында «Теміржол көлігі туралы» Қазақстан Республикасының заңында тасымалдаушының жүк жөнелтушіден және жүк алушыдан жүк транзиті кезінде тауарға ілеспе құжаттардың көшірмелерін алу құқығы және жүк жөнелтуші өкілінің жүк жөнелтілгенге дейін тасымалдаушыға жүк транзиті туралы хабарлау міндеті көзделген. Сонымен қатар, транзит кезінде жүкті тасымалдауды жүзеге асыру тәртібін регламенттейтін заңға тәуелді нормативтік актінің тиісті жобасы әзірленді, ол қазіргі уақытта мемлекеттік органдармен келісу рәсімінен өтуде. Бұл шаралар жүк жөнелтушілердің «жасырын» транзит схемаларын пайдалануы үшін алғышарттарды азайтуға мүмкіндік береді, жолаушылар тасымалы – «Жолаушылар тасымалы» АҚ компаниялар тобы; бейіндік – көмекші блок – «Транстелеком» АҚ, «әскерилендірілген теміржол күзеті» АҚ, «Теміржолсу» АҚ және басқалар. GRI 102-7, 102-10, 102-49* – сенімгерлік басқаруда 01.01.2020 ж. жағдай бойынша «ЖТ-ҚТЖ» ЖШС компаниялар тобының құ-

рылымы. «ЖТ-ҚТЖ» ЖШС «ҚТЖ-Жүк тасымалы» АҚ (100%) «Жолаушылар тасымалы» АҚ (100%) «KTZ Express» АҚ (100%) «Ремлокомотив» АҚ (100%) «Әскерилендірілген теміржол күзеті» АҚ (100%) «Logistic System Management B.V компаниясы» (50%) «Еуразиялық теміржол Альянсы біріккен көліклогистикалық компаниясы» АҚ (33,33%) «Dosjan temir zholy» АҚ (46,016%) «ҚТЖ Қаржы» ЖШҚ (100%) «Порт Құрық» ЖШС (100%) «Қамқор Жөндеу корпорациясы» ЖШС (100%), «Қазтеміртранс» (100%)», «Трансгелеком» АҚ (51%) «Теміржолсу» АҚ (100%), «Ақтау теңіз сауда порты «ҰК» АҚ. «Қазақстан темір жолы «ҰК» АҚ «Қазақстан темір жолы «ҰК» АҚ.

Жүк тасымалының географиясы және нарықтары. 2019 жылы теміржол көлігімен тасымалдауға ұсынылатын негізгі тауарлық өнімнің құрылымы мен үлесі өзгерген жоқ және өзгеріссіз қалды. Теміржол көлігімен жүк тасымалдау көлемінің динамикасы елдің экономикалық өсу динамикасымен байланысты. 2019 жылы Қазақстанның ЖІӨ өсімі 4% құрады, оның ішінде тау-кен өндіру өнеркәсібінде – 3,7%, өңдеу өнеркәсібінде – 4,4%, көлік және қоймалау – 5,1%. Сыртқы сауда айналымы 1,1%-ға, импорт 11,5%-ға, экспорт 4,7%-ға төмендеді. 2019 жылы жүктерді темір жол көлігімен тасымалдау 2018 жылғы деңгейге мынадай қатынас түрлерінде өсті: республикалық – 0,38%-ға, импорттық – 14,95%-ға транзиттік – 3,67%-ға экспорттық қатынаста 0,12%-ға төмендеді. Жүктерді тасымалдаудың ұлғаюы жүктердің мынадай номенклатурасы бойынша орын алды: кен – 10,3%-ға, қара металдар – 6,8%-ға, құрылыс жүктері – 1,4%-ға, орман жүктері – 4,6%-ға, өзге де жүктер – 6%-ға. Мұнай жүктерінің, химиялық және минералды тыңайтқыштардың, астық жүктерінің жүк айналымы алдыңғы кезеңмен салыстырғанда төмендеді. Транзиттік контейнерлік тасымалдау перспективалы жоғары табысты сегмент болып табылады. 2019 жылы контейнерлік тасымалдау көлемі 664,6 мың ДФЭ құрады, бұл 2018 жылғы деңгейден 24%-ға артық. Транзиттік контейнерлік тасымалдардағы негізгі үлесті Қытай – Еуропа – Қытай бағыты алады, оның үлесі 52% құрайды. Елдегі теміржол көлігі нарығының жалпы жүк айналымындағы үлесі 2019 жылы өткен жылдармен салыстырғанда өзгерген жоқ. Тарихи тұрғыдан магистральдық теміржол желісі қызметтері мен локомотивтік тартым тарифтерінің өсуі Қазақстанның өнеркәсіптік өнімдерін өндірушілердің тұтыну бағалары мен бағалары индекстерінің өсуінен едәуір төмен болды. Бұл және көліктің барлық түрлерімен жүк айналымының үлесі, % GRI 102-6 2019 жылғы жүк номенклатурасы тұрғысынан теміржол көлігінің жүк айналымының үлесі, % компания қазір жұмыс істеп жатқан тарифтік реттеуші ортаның басқа жүйелік кемшіліктері 2019 жылдың қорытындысы бойынша жүк айналымының 78% өзіндік құннан төмен тасымалдануына әкелді.

Жүк жұмысындағы, тасымалдауды, қаржы мен инфрақұрылымды басқарудағы электрондық құжат айналымы теміржол көлігі тасымалдаушысының ішкі қызметіне жатады. Коммерциялық жұмыстағы электрондық құжат айналымы «сыртқы ортамен», яғни тасымалдаудың басқа қатысушыларымен өзара әрекеттесу саласына жатады [9-10].

Қорытынды

Теміржол көлігі тасымалдаушысының тасымалдаудың басқа қатысушыларымен өзара іс-қимылы кезіндегі электрондық құжат айналымының ерекшеліктерін қарастыра отырып, жүктердің кедендік тұрып қалуларында өзара іс-қимыл әрекеттерін реттейтін бір терезе қағидаты бойынша жұмыс жасауды реттейтін заңнамалар енгізу, бір тараптың және екінші тараптың немесе тасымалдаудың басқа қатысушыларының алдындағы жауапкершілігін айқындайтын құжатты ресімдеу болып табылады. Бірінші жағдайда, жасалған өзара іс-қимыл фактісін растайтын құжатты қалыптастыру аяқталғаннан кейін қағаз құжат ресімделеді, оған тараптар өкілдерінің жеке қолдары қойылады және мөрлермен және мөртабандармен куәландырылады (қажет болған жағдайда). Екінші жағдайда электрондық құжатқа оны қалыптастырған электрондық цифрлық қолтаңба (ЭЦҚ) қол қояды және өзара іс-қимылға қатысқан басқа тарапқа жіберіледі. Электрондық құжатты алушы тарап оны арнайы электрондық хабарламаны жіберуші тарапқа беру арқылы алғанын растайды.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Технический распорядительный акт станции Жана-Караганды.
2. Технологический процесс работы станции Жана-Караганды.
3. Интеллектуальные транспортные системы железнодорожного транспорта (основы инновационных технологий: пособие / В.В. Скалозуб, В.П. Соловьев, И.В. Жуковицкий, К.В. Гончаров. – Д.: Изд-во Днепропетр. нац. ун-та ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна, 2013. – 207 с.
4. Электронная транспортная накладная. Этран http://www.intellex.ru/projects/etran/
5. Коваленко Е.А. Методология проектирования информационных систем организации – концепция двух зеркал // Российский академический журнал. – 2012. – № 4. – С. 38-41.
6. Бекжанова С.Е., Исина Б.М., Кенжекеева А.Р. Автоматизированная информационная система электронной дорожной ведомости // Актуальные научные исследования в современном мире. Выпуск 10 (54). Часть 1. Переяслав-Хмельницкий, 2019. С. 67-75.
7. Бекжанова С.Е., Исина Б.М. Разработка логических схем и блок-схем алгоритмов деятельности товарного кассира при решении задач управления // Свидетельство о государственной регистрации прав на объект авторского права № 6148 от «30» октября 2019 года. С. 22.
8. Бекжанова С.Е., Исина Б.М., Айткурман Е. Жүк ауданында көлікке қызмет көрсетуді автоматтандырылған орталықтан басқару. XLIV Международная научно-практическая конференция «Инновационные технологии на транспорте: образование, наука, практика». Том 1. Алматы, 2020. С. 210-213.
9. Маслов Е.С. Виртуализация логистических функций – инновационный уровень управления интеллектуальными транспортными системами // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2018. – № 3. – С. 49-53.
10. Маслов Е.С., Обухов А.Д. Цифровая версия транспортно-логистической системы // Автоматика, связь, информатика. – 2018. – № 5. – С. 28-33.

Внедрение и модернизация автоматизированных рабочих мест сотрудников Карагандинского железнодорожного отделения

[1]БЕКЖАНОВА Сауле Ертаевна, *д.т.н., профессор, s.bekzhanova@satbayev.university,*
[2]ИСИНА Ботакоз Малгаждаровна, *магистр, старший преподаватель, bota_kazatk@mail.ru,*
[2]*КОСБАРМАКОВ Самат Жаксибаевич, *магистр, старший преподаватель, samat.130579@mail.ru,*
[2]МАКСУТОВА Жупар Кудайбергенкызы, *магистр, ассистент, zhuparkudaibergen@mail.ru,*
[1]НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева», ул. Сатпаева, 22а, Алматы, Казахстан,
[2]НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан,
**автор-корреспондент.*

Аннотация. *Рассматриваются автоматизированные рабочие места специалистов железнодорожного транспорта, технология работы перевозочного процесса железнодорожного транспорта. Их внедрение и модернизация предусматривают развитие международных коридоров в едином транспортном информационном пространстве, содействуют снижению оборота вагонов при выполнении погрузки и выгрузки, простое вагонов на подъездных путях крупных предприятий. Объем перевозок грузов с применением логистических схем ежегодно увеличивается. Указанная схема позволяет грузоотправителям избегать оплаты транзитного тарифа, так как уровень транзитных тарифов выше уровня экспортно-импортных тарифов.*

Ключевые слова: *грузоотправитель, транзитный тариф, перевозочный процесс, вагонооборот, логистическая схема, погрузка-выгрузка грузов, простой вагонов, международные коридоры.*

Implementation and Modernization of Automated Workplaces of Employees of the Karaganda Railway Department

*[1]**BEKZHANOVA Saule,** Dr. of Tech. Sci., Professor, s.bekzhanova@satbayev.university,*
*[2]**ISSINA Botakoz,** Master's Degree, Senior Lecturer, bota_kazatk@mail.ru,*
*[2]***KOSBARMAKOV Samat,** Master's Degree, Senior Lecturer, samat.130579@mail.ru,*
*[2]**MAKSUTOVA Zhupar,** Master's Degree, Assistant, zhuparkudaibergen@mail.ru,*
[1]NCJSC «Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev», Satpayev Street, 22a, Almaty, Kazakhstan,
[2]NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», N. Nazarbayev Avenue, 56, Karaganda, Kazakhstan,
**corresponding author.*

***Abstract.** The article discusses automated workplaces for railway transport specialists. Considers the technology of operation of the transportation process of railway transport. Provides for the development of international corridors in a single transport information space. Helps reduce the turnover of cars during loading and unloading, and idle time of cars on the access roads of large enterprises. The volume of cargo transportation using logistics schemes increases annually. This scheme allows shippers to avoid paying a transit tariff, since the level of transit tariffs is higher than the level of export-import tariffs.*

***Keywords:** shipper, transit tariff, transportation process, car turnover, logistics scheme, loading and unloading of cargo, idle time of cars, international corridors.*

REFERENCES

1. Technical administrative act of the Zhana-Karaganda station.
2. The technological process of the Zhana-Karaganda station.
3. Intelligent transport systems of the railway transport port (fundamentals of innovative technologies: a manual / V.V. Skalozub, V.P. Solovyov, I.V. Zhukovitsky, K.V. Goncharov. – D.: Publishing House of Dnepropetr. nats. Univ. zh.-D. transp. named after academician V. Lazaryan, 2013. – 207 p.
4. Electronic bill of lading. Etran http://www.intellex.ru/projects/etran/
5. Kovalenko E.A. Methodology of designing information systems of an organization – the concept of two mirrors // Russian Academic Journal. – 2012. – No. 4. – Pp. 38-41.
6. Bekzhanova S.E., Isina B.M., Kenzhekeeva A.R. Automated information system of electronic road bulletin // Actual scientific research in in the modern world. Issue 10 (54). Part 1. Pereyaslav-Khmelnitsky, 2019. Pp. 67-75.
7. Bekzhanova S.E., Isina B.M. Development of logic circuits and block diagrams of algorithms for the activity of a commodity cashier in solving management problems // Certificate of state registration of rights to the object of copyright No. 6148 dated October 30, 2019. P. 22.
8. Bekzhanova S.E., Isina B.M., Aitkurman E. Zhuk audanynda kolikke kyzmet korsetudi automattandyrylgan ortalyktan baskaru. XLIV International Scientific and Practical Conference «Innovative technologies in transport: education, science, practice». Volume 1. Almaty, 2020. Pp. 210-213.
9. Maslov E.S. Virtualization of logistic functions – an innovative level of management of intelligent transport systems // Intellect. Innovation. Investment. – 2018. – No. 3. – Pp. 49-53.
10. Maslov E.S., Obukhov A.D. Digital version of the transport and logistics system // Automation, communications, informatics. – 2018. – No. 5. – Pp. 28-33.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_226 ӘОЖ 621.436:629

Маневрлік локомотивтерде газды отынды пайдалану тиімділігін негіздеу

[1]*БАҚЫТ Ғабит Бақытұлы, PhD, қауымдастырылған профессор, gaba_b@bk.ru,
[1]БАУБЕКОВ Ермек Ельтаевич, т.ғ.д., қауымдастырылған профессор, baubekov3@mail.ru,
[2]СӘРСЕНОВ Қуантхан Жанарбекұлы, докторант, kuantkhans@gmail.com,
[2]МУЗДЫБАЕВА Альфия Сеитовна, т.ғ.к., профессор, muzdybaeva@mail.ru,
[3]ГРАЧЕВ Владимир Васильевич, т.ғ.д., доцент, v_grach@mail.ru,
[1]Логистика және көлік академиясы, Шевченко көшесі, 97, Алматы, Қазақстан,
[2]«Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті» КеАҚ,
Д. Серікбаев көшесі, 19, Өскемен, Қазақстан,
[3]Император Александр I Петербург мемлекеттік қатынас жолдары университеті, Мәскеу даңғылы, 9, Санкт-Петербург, Ресей,
*автор-корреспондент.

Андатпа. Соңғы жылдары Ресейлік және басқа елдің бірқатар ғалымдары көлік құралдары үшін тиімді күштік қондырғылары жөнінде және олар үшін экономикалық және экологиялық талаптарды қанағаттандыратын отын түрін таңдау бойынша зерттеу жұмыстарымен айналысып келеді. Зерттеудің мақсаты – маневрлік тепловоздар үшін дизель отынымен бірге сұйылтылған және сығылған табиғи газды отынды қолдану мүмкіндігін қарастыру және тиімділігін негіздеу табылады. Әдебиеттік шолуларға сәйкес газ-дизельді қозғалтқыш үлгісін жасауға қойылатын негізгі талаптар жинақталды. Көлік түрлері үшін қолданылатын газды отындардың негізгі қасиеттері қарастырылып, локомотивтік қозғалтқыштарды газды отынмен тұрақты қамтамасыз ету мүмкіндігі негізделді. Жүргізілген талдаулар мен зерттеулер нәтижесінде сұйылтылған табиғи газды дизель отынына қоспа ретінде қолдану күштік қондырғының жұмыс көрсеткіштеріне оң әсер ететіні анықталды және негізделді.

Кілт сөздер: маневрлік тепловоздар, сұйытылған табиғи газ, сығылған газ, экологиялық және экономикалық тиімділік, энергетикалық қондырғылар, газ-дизельді қозғалтқыш.

Кіріспе

Теміржол тартым жылжымалы құрамда қозғалтқыштарды пайдаланудың өзіндік ерекшеліктері бар, олар көліктің осы түрінде газды отынды қолдануға мүмкіндік береді. Локомотивтің өнімділігі жүктеме және сыртқы жылдамдықты сипаттамаларымен де ерекшеленеді, өйткені бұл жағдайда иінді біліктің айналу жиілігі де, жанармайдың цикldік берілуі де өзгереді. Бұл дегеніміз, сапалық реттеу кезінде қоспаның құрамы немесе сандық реттеу кезінде қоспаның мөлшері өзгеруі керек. Ауыспалы режим басқарушы органның тепловоз сипаттамасының жаңа нүктесіне сәйкес келетін жаңа позицияға жылдам ауысуымен сипатталады. Теміржол тасымалы тәжірибесінде газ тәрізді отынды қолданудың салыстырмалы түрде аз тәжірибесі бар. Отынның осы түрімен локомотивтерді пайдаланудың бірнеше сәтті әрекеттерін атап өтуге болады [1].

Газ-дизель процесін қолдана отырып газды қозғалтқыш модификациясын жасау кезінде міндеттер қойылды [2]:

- жылу заряды бойынша 12-15% шегінде тұтану отынының шығынын алу;
- қозғалтқыштың іске қосу қасиеттерін сақтау;
- қарапайым және сенімді реттеу жүйесін құру;
- қозғалтқыш тораптарын минималды өзгерту және отынның бір түрінен екіншісіне жылдам ауысуды жүзеге асыра отырып, тек дизель отынымен жұмыс істеу мүмкіндігін сақтау.

Дизель отынын өндіруді арттыру оның фракциялық құрамын кеңейту (ауыр фракцияларды қосу) немесе мұнай өңдеу сапасын арттыру арқылы мүмкін болады. Алайда, бұл міндет мұнай өңдеу өнеркәсібімен шешілмейді, ал тепловоздар үшін мұндай отынды қолдану қозғалтқыштардың энергия ресурстарының төмендеуімен және оларды жабдықтау мен пайдалану шығындарымен

байланысты.

Елімізде және шетелде жұмыс жүргізіліп жатқан балама отындардан көмірден, тақтатастардан, табиғи газдан және басқа материалдардан алынған синтетикалық отындарды қарастыруға болады. Мұндай отындарға, мысалы, метанол және диметил эфирі (CH_3-O-CH_3) жатады. Диметил эфирі жақсы моторлық және экологиялық қасиеттерге ие және оны метанол өндіру процесінде алуға болады [2]. Алайда, елімізде синтетикалық отындарды өндіретін тәжірибелі қондырғылар ғана бар немесе құрылуда және оларды алудың қолданыстағы технологиялық процестері бүгінге дейін экономикалық тұрғыдан тиімді емес, өйткені олар үлкен энергия шығындарын қажет етеді.

Тепловоздарда қолдануға ең дайыны болып – табиғи газ (метан) табылады. Сонымен қатар, табиғи газдың энергетикалық және физикалық сипаттамалары – дизель отынымен салыстырғанда жуық шамамен 10%-ға жоғары массалық калориялығы, 1,5-2,0 есе жақсартылған экологиялық көрсеткіштері (1-кесте), майлау майының қызмет ету мерзімін 30-40%-ға ұлғайту – газ-дизельді локомотивтер жұмысының неғұрлым жоғары экономикалық, экологиялық және ресурстық көрсеткіштерін алуға мүмкіндік береді. Осылайша, тепловоздарды мотор отынымен тұрақты қамтамасыз ету, оны сатып алу шығындарын азайту, сондай-ақ экологиялық көрсеткіштерді арттыру мәселесін шешудің ең нақты және тиімді бағыты табиғи газды қолдану болып табылады [3].

Кез-келген көлік түрін газға ауыстырудың негізгі ережелерінің бірі – оны қолдануда қаншалықты қауіпсіз екендігі. Пайдалану және қызмет көрсету ережелерін сақтамаған жағдайда кез-келген техникалық құрылғы белгілі бір қауіп төндіреді. Ықтимал қауіпті анықтау кезінде газдардың физикалық-химиялық қасиеттерін, мысалы, температура мен өздігінен тұтанудың концентрациялық шектерін ескеру қажет.

Материалдар мен әдістер

Табиғи газ екі күйде болуы мүмкін: сұйытылған және сығылған. Барлық жағдайларда газ қозғалтқыштың цилиндрлеріне сығылған түрде беріледі, сондықтан тепловозда тасымалданатын газ қорының жай-күйі таңдалады.

Сұйытылған табиғи газ – криогендік сұйықтық (құрамы бойынша іс жүзінде сұйық метан CH_4), қысымға байланысты, теріс температурада –155 °С-тан –162 °С-қа (118-111 К) дейін сақталады. Сұйытылған табиғи газ оны газ тәрізді күйге ауыстырғаннан кейін, оның ауқымды өндірісін ұйымдастыруды қамтамасыз ете отырып, іштен жану қозғалтқыштарында, сондай-ақ жылу энергетикасының барлық түрлерінде қолдануға жарамды болуы мүмкін [3].

Сығылған газға қарағанда оның артықшылығы бар, бұл салқындату кезінде оның тығыздығы шамамен 600 есе артады. 20,0 МПа-ға дейін сығылған кезде (газ баллондарындағы әдеттегі қысым) газдың тығыздығы 200 есе артады. Сондықтан теориялық тұрғыдан сұйытылған газдың бірдей геометриялық көлемінде сығылған газға қарағанда 3 есе көп болуы мүмкін. Алайда, іс жүзінде дизельден ыстық су беру жүйесі бар газ-сулы жылу алмастырғышта сұйытылған табиғи газды жылыту қажеттілігі, тепловоз жүктемесінің күрт өзгермелі режимдеріндегі жылу алмастырғыштың жылу инерциясы және сы-

1-кесте – Газды отындардың негізгі қасиеттері

Көрсеткіштері		Табиғи газ (90-98% метан)	Сұйық метан	Сұйылтылған пропан-бутан газы
Тығыздығы, кг/м³ (кг/л)		0,72-0,75	(0,415)	(0,54)
Жану жылуы, кДж/м³ (кДж/л)		32680-34360 (48965)	20700	24800
Стехиометриялық коэффициенті, м³/м³ (м³/кг)		9,3-9,6	14,2	12,7
Стехиометриялық құрамдағы отын-ауа қоспаларының жануы кезінде бөлінетін жылу, кДж/м³		3200-3250	3230	3480
Өздігінен тұтану температурасы, °С		650-700	650-700	550-600
Сәйкес келетін коэффициенті	төменгі тұтану шегі	1,8-1,9	1,99	1,71-1,76
	максималды жану жылдамдығы	0,9-0,95	0,95	0,83-0,85
Октандық саны	100-110	107-120	90-100	

ғылған газға резервтік сыйымдылықты орнату қажеттілігінен туындаған сұйытылған газдың үлкен тығыздығының артықшылығын толық пайдалануға мүмкіндік бермейді. Көрсетілген агрегаттар, басқару автоматикасы, қауіпсіздік құрылғылары, сондай-ақ газ-ауалы жылу алмастырғыштарды орналастыру үшін тепловозда бос орынды талап етеді [4]. Егер, мысалы, тепловоздың криогендік тендер көлемінде криогендік сыйымдылықтар мен аталған жабдықтың орнына 25,0 МПа қысыммен сығылған газы бар баллондар орнатылса, онда оларға 10 тоннаға дейін сығылған газ орналастыруға болады. Криогендік тендерге 17 тонна сұйытылған табиғи газ орналастырылады және оны сақтау температурасын қамтамасыз ету үшін 3 тоннаға дейін технологиялық қорды құрайды. Осылайша, сығылған күймен салыстырғанда сұйытылған күйдегі табиғи газ қорының ұлғаюы іс жүзінде 25...28%-дан аспайды.

Сығылған табиғи газ қозғалтқыш цилиндрлеріне беруге жарамды күйде, оны сақтау үшін жоғары қысымды қолдану қажет, бұл газ құбырларын тығыздауда және пайдалану қауіпсіздігін қамтамасыз етуде белгілі бір қиындықтар туғызады.

Сығылған газдың апаттық ағуы кезінде оның кенеттен кеңеюіне байланысты тесіктің шеттері қатып қалады, соның әсерінен газдың жеткізілуі қысқарады немесе толқымалы болады.

Осылайша, агрегаттық күйлердің әрқайсысының өзіндік кемшіліктері бар, сондықтан оны таңдау тепловоздардың жұмыс жағдайына байланысты болуы керек [2, 4].

Жұмыс режимдері анағұрлым тұрақты және жанармай құю станциялары арасындағы жүріс олардың деподан үлкен алыстауына байланысты маневрлік локомотивтерге қарағанда маңыздырақ болатын магистральдық тепловоздар үшін екі агрегаттық күйді де қарастыруға болады. Алайда, сұйытылған газды газбен жабдықтау инфрақұрылымын құруға айтарлықтай шығындар газ-дизельді локомотивтердің жеткілікті мөлшерімен ақталатын оның өндірісі бар аймақтарда ғана қолдануға болады. Алайда, сұйытылған табиғи газ өндірісі сұйылтуға, сақтауға, тасымалдауға және сұйытылған табиғи газды пайдалануға арналған жабдықтарды жасау және өндіру бойынша криогендік технологиялар негізінде тұтас индустрияны дамытуды талап етеді; оны қолдану газдизельді локомотивтерді жаппай енгізу кезінде ғана ақталатын болады.

Нәтижелер

Табиғи газдың маңызды қасиеттерінің бірі, оны локомотив шаруашылығы үшін тартымды етеді және зиянды шығарындылары аз, ең алдымен жоғары экологиялық таза тиімді қозғалтқыштар жасауға мүмкіндік береді. Газды отындарда сутегі/көміртегі қатынасы 2,5-4,0 құрайды, ал молекулалар химиялық тұрақты және құрылымы жағынан қарапайым. Бұл жанармайдың жану процесінің жоғары сапалы ағынын, қозғалтқыштың детонациясыз жұмысын және жану өнімдерінің жоғары экологиялық тазалығын (отынның сутегі/көміртегі қатынасы неғұрлым жоғары болса, жану өнімдерінде CO_2 соғұрлым аз түзіледі) қамтамасыз етеді [3].

Мұнай негізіндегі отынға қатысты энергетикалық қасиеттері бойынша газ отынының артықшылықтары жоғары октан санымен, жанудың меншікті жылуымен, стехиометриялық қатынасымен (отынның толық жануы үшін қажетті ауа мөлшерімен) және стехиометриялық қоспаның төмен жану жылуымен анықталады. Меншікті еңбек шығындары, күрделі салымдар және тұтыну құны бойынша газды отындар көмір мен мұнай отындарына қарағанда әлдеқайда үнемді.

Газды пайдаланудың ыңғайлылығы да үлкен маңызға ие: қатты және сұйық отындарды пайдалану кезінде қажет болатын алдын ала дайындау және беру құрылғыларының қажеті жоқ. Газды отынды реттеу оңай, газ ауамен және басқа газдармен оңай араласады. Газ отынын қолдану мұнай негізіндегі отынмен салыстырғанда зиянды шығарындыларды айтарлықтай азайтуға мүмкіндік береді – күкірт шығарындыларын толығымен алып тастау, азот оксидтерінің (NO_x) шығарындыларын түбегейлі (90%-ға дейін) азайту және көмірқышқыл газының (CO_2) және бөлшектердің шығарындыларын айтарлықтай (30%) азайту [5].

Дизель отынының шығынын азайтудың, қозғалтқыштардың мотор ресурсын ұлғайту және газды кеңінен қолдану жөніндегі міндеттерді бір мезгілде орындау кезінде зиянды шығарындыларды азайтудың ең перспективалы жолдарының бірі – локомотив қозғалтқыштарын газ отынына ауыстыру болып табылады.

Экономикалық және экологиялық қолайлылығы газ отынын пайдалану әлеуетін кешенді талдауға негізделген газ отынын пайдалану тиімділігін анықтау бірқатар факторлардың өзгеруін ескеретін кешенді міндет болып табылады, олардың кейбіреулері локомотив паркі тұтынатын дизель отынының көлемі және оны табиғи газға ауыстыру пайызы болып табылады.

Газ дизель отынын қолданудың кешенді критерийі үш көрсеткішті пайдалана отырып бағаланады [5]:

1) *экологиялық тиімділік* – қоршаған ортаға зиянның болмауы немесе азайтылуы;

2) *энергетикалық тиімділік* – термиялық ПӘК-і, отын үнемділігі, қол жетімділік, пайдаланудағы технологиялық қолайлылығы;

3) *экономикалық тиімділік* – отын түрін алмастырудан болатын (немесе үнемдеудің) экономикалық әсері.

Соңғы жылдарда «ҚТЖ – Жүк тасымалы» ЖШС бойынша орташа дизель отынын тұтыну көлемі және локомотивтердің тіркелген паркінің орташа саны артып отырғандығы белгілі (2-кесте).

Маневрлік тепловоздар үшін газды отынды қолдану электрлендірілген теміржолдар үшін де дизель отынын үнемдеу мәселелерін шешеді. Бұл экологиялық тұрғыдан да тиімді, өйткені ірі сұрыптау станциялары, соның ішінде электрлендірілген теміржолдардың бөлігі қалалар шегінде немесе оларға жақын орналасқан [3, 5]. Бұл теміржол көлігінде газ отынын бірінші кезекте маневрлік тепловоздарда пайдаланудың ұтымдылығын көрсетеді.

Талқылау

Маневрлік тепловозбен газды отынның шығынын есептеу газды отынға ауысқан кезде осы жылжымалы бірліктің негізгі көрсеткіштерін анықтауды талап етеді. Қозғалтқыш конструкциясының өзгеруі оның жұмыс көрсеткіштеріне қатысты емес. Локомотивтің жұмыс көрсеткіштері оған газды отынды сақтауға арналған қосымша сақтау орындарын орналастыруға байланысты өзгереді. Сыйымдылықтарды орнату тепловоз өлшемдерінің ұлғаюына әкеледі, бұл белгілі бір шектерге дейін локомотив жұмысының үнемді нәтижелеріне әсер етпейді. Өлшемдердің ұлғаюы деподағы тепловоздық стойлалардың көлемін ұлғайтуды талап ете бастағанда ғана тепловоздың экономикалық тиімділігінің төмендеуіне әкеледі. Тепловоздың массасының өсуі, бір жағынан, массасы аз пойыздармен салыстырғанда оның жұмысының көрсеткіштерін айтарлықтай төмендетпейді, бірақ екінші жағынан, жүк ағынының өсуін және сұрыптау құрылғысының жұмысының қарқындылығын ескере отырып, үлкен маңызға ие маневрлі тепловоздармен үздіксіз өңделуі мүмкін [1, 4].

Зерттеу жұмыстарын талқылауда газды отынның жұмысы 20 МПа қысымдағы сығылған табиғи газды және 0,6 МПа-дан аспайтын қысымдағы сұйытылған табиғи газды қарастырған болатынбыз. Дизель отынының штаттық багының орнына әрқайсысының салмағы 128 кг және диаметрі 420 мм металл композиттік материалдардан жасалған 14 баллон орналастырылады, олардың биіктігі шамамен 2500 мм, онда 20 МПа қысымда және тығыздығы 133,92 кг/м^3 болғанда шамамен 109,8 кг сығылған газды сақтауға болады, бұл жабдықтау (экипировка) мерзімдерін 4 тәулікке дейін арттырады [4]. Алайда, бұл жағдайда цилиндрлі баллондарды техникалық қызмет көрсету кезінде тез алып тастауға болатындай етіп орналастыру керек. Бұл жағдайда жабдықтар оларды тепловозға толтыруды қарастырған жөн.

Жоғарыда қарастырылған жағдайда дизель отынының қажетті қоры тепловоз жақтауының астында орналасқан бакта орналасуы мүмкін. Бір мезгілде ілінісу массасын да, жүріс қорын да сақтау талабы болған кезде бұрынғы деңгейде 20 МПа қысымы бар сығылған табиғи газға арналған сыйымдылықпен, сыйымдылығы 1000-нан 1800 кг-ға дейін және сұйытылған табиғи газ 2700 кг-ға дейін орналастырылуы керек. Бұл жағдайда тепловоздың массасы 200 тоннаға дейін артады. Бұл деректер маневрлік жұмыс үшін отын шығыны мен локомотивтің өнімділігін есептеуге мүмкіндік береді.

Қазақстанның табиғи газдың айтарлықтай үлкен қоры бар екені белгілі. Бұл табиғи газ қорлары Қазақстанның барлық аумағында көлік кешенін (оның ішінде теміржол көлігін де) отынмен қамтамасыз ете алады. Темір жол көлігінде газ отынын қолдану нәтижесінде отын-энергетикалық кешендерді кеңейту тұрғысынан да, зиянды заттар шығарындыларының деңгейін төмендету тұрғысынан да теміржол көлігін пайдаланудың тиімділік көрсеткіштері артады.

2-кесте – «ҚТЖ – Жүк тасымалы» ЖШС бойынша орташа дизель отынын тұтыну көлемі және локомотивтердің тіркелген паркі

Локомотив	Орташа саны	Дизель отынының орташа жылдық шығыны	
		тоннамен	%
Магистральдық	711	632502,02	85
Маневрлік	509	112853	15
Барлығы	1220	754355	100

Қорытынды

Сыртқы қоспаның пайда болуымен отын-ауа қоспасы газ-ауалық араластырғышта немесе араластырғыш клапанда дайындалады, оның мақсаты газ бен ауаны белгілі бір пропорцияда мұқият араластыру болып табылады.

Мұнайды өндіру мен өңдеудің қымбаттауына байланысты дизель отыны құнының өсуі мұнай отынын неғұрлым ұтымды және үнемді пайдалану қажеттілігін талап етеді.

Табиғи газды дизель отынына қосымша ретінде қолдану дизельдің жұмысына оң әсер ететіні анықталды.

Жүргізілген талдау негізінде осы бағыттағы әрі қарайғы зерттеулердің қажеттілігі тұжырымдалды және бағыттары анықталды.

Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырды (грант №AP22688234).

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Боксерман Ю.И. Перевод транспорта на газовое топливо / Ю.И. Боксерман, Я.С. Мертычан, К.Ю.Чириков. – М.: Недра, 1988. – 220 с.
2. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. – М.: Гос. изд. физ. мат. лит., 1973. – 708 с.
3. Володин А.И., Сковородников Е.И., Анисимов А.С. Комплексный анализ термодинамических, экономических и экологических характеристик тепловозных дизелей в условиях эксплуатации: Монография. – Омск, 2011. – 165 с.
4. Марков В.А. Топливоподача многотопливных и газодизельных двигателей / В.А. Марков, С.И. Козлов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. – 296 с.
5. Лытко В. Применение альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания / В. Лытко, В.Н. Луканин, А.С. Хачиян. – М.: МАДИ(ТУ), 2000. – 311 с.

Обоснование эффективности использования газового топлива на маневровых локомотивах

[1]*БАҚЫТ Ғабит Бақытұлы, *PhD, ассоциированный профессор, gaba_b@bk.ru,*
[1]БАУБЕКОВ Ермек Ельтаевич, *т.ғ.д., ассоциированный профессор, baubekov3@mail.ru,*
[2]СӘРСЕНОВ Қуантхан Жанарбекұлы, *докторант, kuantkhans@gmail.com,*
[2]МУЗДЫБАЕВА Альфия Сеитовна, *к.т.н., профессор, muzdybaeva@mail.ru,*
[3]ГРАЧЕВ Владимир Васильевич, *д.т.н., доцент, v_grach@mail.ru,*
[1]Академия логистики и транспорта, ул. Шевченко, 97, Алматы, Казахстан,
[2]НАО «Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева», ул. Д. Серикбаева, 19, Усть-Каменогорск, Казахстан,
[3]Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Московский проспект, 9, Санкт-Петербург, Россия,
**автор-корреспондент.*

Аннотация. *В последние годы ряд ученых России и других стран занимаются исследованиями по эффективным силовым установкам для транспортных средств и по выбору для них вида топлива, удовлетворяющего экономическим и экологическим условиям. Целью исследования является рассмотрение и обоснование эффективности использования сжиженного и сжатого природного газа в сочетании с дизельным топливом для маневровых тепловозов. В соответствии с литературными обзорами обобщены основные требования к созданию модели газодизельного двигателя. Рассмотрены основные свойства газового топлива, используемого для транспортных средств, и обоснована возможность постоянного снабжения локомотивных двигателей газовым топливом. В результате проведенных*

анализов и исследований выявлено и обосновано, что применение сжиженного природного газа в качестве добавки к дизельному топливу положительно влияет на показатели работы силовой установки.

Ключевые слова: *маневровые тепловозы, сжиженный природный газ, сжатый газ, экологическая и экономическая эффективность, энергетические установки, газодизельный двигатель.*

Justification of the Efficiency of Using Gas Fuel on Shunting Locomotives

[1]*BAKYT Gabit, *PhD, Associate Professor, gaba_b@bk.ru,*
[1]BAUBEKOV Yermek, *Dr. of Tech. Sci., Associate Professor, baubekov3@mail.ru,*
[2]SARSENOV Kuantkhan, *Doctoral Student, kuantkhans@gmail.com,*
[2]MUZDYBAYEVA Alfiya, *Cand. of Tech. Sci., Professor, muzdybaeva@mail.ru,*
[3]GRACHEV Vladimir, *Dr. of Tech. Sci., Associate Professor, v_grach@mail.ru,*
[1]Academy of Logistics and Transport, Shevchenko Street, 97, Almaty, Kazakhstan,
[2]NCJSC «D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University», D. Serikbayev Street, 19, Oskemen, Kazakhstan,
[3]Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Moscow Avenue, 9, Saint Petersburg, Russia,
**corresponding author.*

Abstract. *In recent years, a number of scientists in Russia and other countries have been engaged in research on efficient power plants for vehicles and on the choice of a fuel type for them that meets economic and environmental conditions. The purpose of the research is to consider and substantiate the efficiency of using liquefied and compressed natural gas in combination with diesel fuel for shunting locomotives. In accordance with the literature reviews, the basic requirements for creating a model of a gas-diesel engine are summarized. The main properties of the gas fuel used for vehicles are considered and the possibility of constant supply of locomotive engines with gas fuel is justified. As a result of the conducted analyses and studies, it was revealed and substantiated that the use of liquefied natural gas as an additive to diesel fuel has a positive effect on the performance of the power plant.*

Keywords: *shunting diesel locomotives, liquefied natural gas, compressed gas, environmental and economic efficiency, power plants, diesel engine.*

REFERENCES

1. Bokserman Yu.I. Perevod transporta na gazovoe toplivo / Yu.I. Bokserman, Ya.S. Mertichan, K.Yu. Chirikov. – Moscow: Nedra, 1988. – 220 p.
2. Vargaftik N.B. Spravochnik po teplofizicheskim svoistvam gazov i zhidkostei. – Moscow: Gos. izd. fiz. mat. lit., 1973. – 708 p.
3. Volodin A.I., Skovopodnikov E.I., Anisimov A.C. Kompleksnyi analiz tepmodinamicheckih, ekonomicheskih i ekologicheskih hapaktepistik teplovoznyh dizelei v ucloviyah ekspluatatsii: Monografiya. – Omsk, 2011. – 165 p.
4. Markov V.A. Toplivopodacha mnogotoplivnyh i gazodizelnyh dvigatelei / V.A. Markov, S.I. Kozlov. – Moscow: Publ. MGTU im. N. E. Baumana, 2000. – 296 p.
5. Lytko V. Primenenie alternativnyh topliv v dvigatelyah vnutrennego sgopaniya / V. Lytko, V.N. Lukanin, A.S. Hachiyan. – Moscow: MADI(TU), 2000. – 311 p.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_232 УДК 656.02

Анализ уровня развития мультимодальных перевозок в потенциальных маршрутах "Новый Шелковый путь"

[1]**ТОКТАМЫСОВ Айдос Бейсембаевич,** *магистрант, Taidos_11@mail.ru,*
[1]**КАШКИМБАЕВ Аскар Максатович,** *магистрант, k.askar@mail.ru,*
[1]**ИМАНБАЕВ Дәулет Сержанұлы,** *магистрант, ids_01@mail.ru,*
[1]**ТОКТАМЫСОВА Алия Бейсембаевна,** *к.т.н., ассистент профессора, Aliya_311@mail.ru,*
[2]***АТЬКЕН Ержан,** *магистр, старший преподаватель, adil-ansar82@mail.ru,*
[1]Академия логистики и транспорта, ул. Шевченко, 97, Алматы, Казахстан,
[2]НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан,
**автор-корреспондент.*

Аннотация. *Рассматриваются маршруты и значение проекта «Новый Шелковый путь». Определены задачи Казахстана в направлении развития транспортно-логистической системы. Оценена экономическая эффективность контейнерных перевозок. Описаны существующие транспортные коридоры контейнерных перевозок в направлении Китай-Европа. Показаны требования к мультимодальным перевозкам и пути их реализации. Учитывалась провозная способность железной дороги при смешанных перевозках.*

Ключевые слова: *Шелковый путь, ТРАСЕКА, мультимодальная перевозка, контейнерная перевозка, контейнерный терминал, международные маршруты, пропускная способность, комбинированная перевозка.*

Введение

Актуальность работы. В данной работе оценена значимость проекта «Новый Шелковый путь», связывающего Китай и Европу, а также эффективность контейнерных перевозок. Казахстан играет важную роль в этом проекте, соединяя Восток и Запад самым коротким маршрутом по сухопутным и морским путям.

Казахстан выступает как крупнейший деловой и транзитный хаб Центрально-Азиатского региона. Экономический пояс Шелкового пути охватывает 40 стран с населением в 3 млрд человек и соединит Азиатско-Тихоокеанский регион и Европу. Необходимо отметить важность развития Казахстанско-Иранского коридора, который дает выход: на Индию, Китай, Ирак, Афганистан и Азербайджан, другие страны Персидского залива, Южной и Юго-Восточной Азии. Задача повышения эффективности и качества железнодорожных перевозок отвечает основным стратегическим направлениям развития Казахстана. Одним из эффективных способов транспортировки грузов являются контейнерные перевозки, которые играют важную роль в реализации транспортного потенциала республики, участвуя во внутриреспубликанских и международных транспортно-экономических связей.

Целью работы являются анализ и оценка перспективных проектов и проделанной работы по мультимодальном перевозкам.

Задачи исследования. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценка хода и эффективности работ, проводимых в рамках проекта «Новый Шелковый путь»;
- учет существующих маршрутов международных контейнерных перевозок;
- выявление факторов, влияющих на экономическую эффективность контейнерных перевозок;
- анализ мер по повышению пропускной способности железнодорожной сети и контейнерных терминалов.

Научная новизна заключается в следующем: оценка работы, проводимой в рамках проекта «Новый Шелковый путь», с точки зрения экономической эффективности и прогнозирование ее будущих результатов.

Основная часть

В условиях глобализации мировой торговли Казахстан, находясь между динамично развивающимися рынками Европы и Азии, придает особое значение развитию транзитно-транспортного потенциала. Позиционируя себя в роли транспортно-логистического хаба на Евразийском пространстве, Казахстан способен участвовать в распределении Евро-Азиатских потоков. Одной из основных задач экономической политики, стоящих в настоящее время перед Казахстаном, является увеличение транзитно-пропускной способности республики. Ключевым вопросом стало возрождение Нового Шелкового пути между Европой и Азией через реализацию проекта «Новый Шелковый путь», суть которого заключается в возрождении сухопутного моста между Китаем и Европой [1].

Казахстан выступает как крупнейший деловой и транзитный хаб Центрально-Азиатского региона. Главный элемент «Новый шелковый путь» – транспортно-логистический хаб – планируют развивать на базе создаваемой в настоящее время компании при национальном перевозчике АО НК «Казахстан Темір Жолы».

В настоящее время Казахстан имеет все условия для притока иностранных и внутренних инвестиций в развитие транспортно-логистической и туристской индустрии, торговых отношений, а поддержка и участие потенциальных инвесторов в реализации эффективного и крупномасштабного проекта «Новый Шелковый путь» ускорит процесс создания конкурентоспособной, отечественной экономики [2].

Экономический пояс Шелкового пути охватывает 40 стран с населением в 3 млрд человек и соединит Азиатско-Тихоокеанский регион и Европу. Данный маршрут соединит маршруты с востока на запад, из Азии в Европу.

Для увеличения транзита и возрождения Шелкового пути уже запущены следующие транспортные и логистические проекты: автомобильная дорога «Западная Европа» – «Западный Китай»; Казахстанско-Иранский коридор; воздушный транзит через Казахстан; расширение порта Актау в северном направлении; проекты «ТРАСЕКА» и «Silk Wind» через Каспийское море; СЭЗ «Хоргос – Восточные Ворота»; ICBC «KHORGOS»; терминальная инфраструктура в порту Ляньюньган и проект «Электронный поезд». По форсированному индустриально-инновационному развитию Республики Казахстан на 2010-2014 годы, программы развития интеллектуального технико-торгово-экономического развития на 2010-2014 годы, по развитию нефтяной и газовой промышленности, электроноэнергетики Казахстана и др. представлены инвестиционные проекты Всемирной торговой организации, проекты по развитию и строительству транспортной железной дороги, проекты трансазиатского континентального пути по программе «Дорожная карта Бизнеса-2020», «Джезказган – Бейнеу», проекты компании «Тенгиз Шевройл», проекты газопровода «Западная Европа – Западный Китай», «Карталы – Тобольск – Кокшетау – Астана», «Карашыганак» и мн. другие проекты по развитию отраслей экономики Казахстана [3].

«Kazakhstan Supply Chain Cluster» – является комплексом основных проектов по улучшению логистического климата Казахстана: содействие в реализации проектов малому и среднему бизнесу, в частности контрактная логистика, 3 Pl, 4 Pl внедрение SCM и др. проекты, внесение проектов в ГП-ФИИР. В него входят проекты: E-freight, морской порт Актау, АСУ Логистика, пул операторов вагонов, скоростные поезда «Шаттл».

Транспортно-логистические операции и грузопоток по маршруту «Новый Шелковый путь» осуществляются по следующим транспортным коридорам: Северный, Южный и Центральный Трансазиатские железнодорожные маршруты, используемые грузоотправителями и перевозчиками из стран Казахстана, России, Китая и Германии; маршрут Север-Юг (Санкт-Петербург-Актау-Амирабад-Бендер-Аббас) и TRASECA (Ляньюнгань-Достык-Актау-Баку-Поти-Стамбул) [4].

Динамика экономических связей диктует необходимость постоянного поиска и выработки механизмов способствования единому восприятию проходящей всеми участниками экономической цепочки. В связи с этим, возникла необходимость создания общего пространства. Таким образом, актуальность исследования предопределяется необходимостью качественного управления цепями поставок контейнерных грузов в ходе становления рынка контейнерных перевозок в Республике Казахстан [1].

Контейнерная транспортная система становится еще более важным звеном процесса перевозок в современных условиях развития рыночных отношений.

Соответственно, ожидается рост удельного веса в основных средствах транспортной системы, материально-технической базы контейнерной системы: парка контейнеров, контейнерных терминалов, средств механизации погрузочно-разгрузочных работ, универсального ПС разных видов транспорта. В последние годы, согласно современным условиям, возникла необходимость совершенствования контейнерных перевозок, в том числе за счет повышения качества и эффек-

тивности функционирования самой контейнерной системы.

Экономическая эффективность использования контейнеров зависит от ряда факторов, наиболее важными из которых являются: мощность грузопотока, дальность перевозки грузов; размер отдельных их отправок; структуры грузопотока; формы транспортно-экспедиционного облуживания; наличия или отсутствия железнодорожных путей у грузовладельцев; типа и грузоподъемности подвижного состава; типа и грузоподъемности средств механизации и др. [5].

Международный опыт организации контейнерных перевозок показывает, что в развитых странах в общем объеме перевозок контейнерные перевозки составляют от 15-40% и до 80% в экспортно-импортных перевозках.

По экспертной оценке специалистов, до 55% тарно-штучных грузов с экономической точки зрения целесообразно осуществлять в универсальных контейнерах, в том числе в режиме комбинированных перевозок.

Следует признать, что до настоящего времени нет четкого определения сфер экономически целесообразного применения крупнотоннажных средств.

Экономическая эффективность контейнерных перевозок достигается за счет следующих факторов:

- значительное сокращение продолжительности простоев подвижного состава под погрузкой-разгрузкой в результате предварительной подготовки грузов с укладкой их в контейнеры, заблаговременного оформления товарно-транспортных документов, механизации погрузочно-разгрузочных работ. Все это позволяет резко увеличить производительность подвижного состава и высвободить значительное количество автомобилей, вагонов [6];

- сокращение расходов на тару и упаковочные работы. При доставке товаров народного потребления, оборудования, грузов технического назначения, промышленной продукции в контейнерах отпадает необходимость в специальной таре, так как в этом случае их можно перевозить в облегченной таре, в цеховой упаковке или без тары [7].;

- переход на контейнерный способ доставки грузов позволил бы сэкономить значительное количество дорогостоящих материалов, которые в настоящее время используются на изготовление тары и упаковку. На тонну перевозимого груза (без контейнера) стоимость невозвратной тары составляет 3000-4000 тенге, а для некоторых экспортных грузов – до 15000 тенге [8];

- уменьшение времени перевозок, ускорение доставки грузов, повышение их сохранности в пути и сохранения их качества. При определенных условиях эти факторы являются определяющими для выбора рационального способа перевозки грузов, что может повлиять на сроки доставки грузов, которые могут сократится в 1,5-2 раза;

- сокращение трудовых затрат на погрузочно-разгрузочные работы при контейнерных перевозках – важнейшее преимущество и источник снижения задержек обращения;

- применение контейнеров позволяет ликвидировать или значительно сократить потери груза в результате порчи и повреждений, неизбежных при погрузочно-разгрузочных работах, выполняемых вручную. Например, при доставке стекла в смешанном сообщении обычным способом потери в результате боя составляют 15-20% всего выпуска, а при контейнерном способе перевозки эти потери не превышают 1,5%. При перевозке пылевидных грузов (цемент, известь) навалом в крытых вагонах потери составляют 3-15%, а при перевозке в контейнерах – не более 1% [9].

Внедрение контейнерных перевозок существенно уменьшает потребность в складских помещениях для хранения и переработки грузов. Поэтому контейнерный способ транспортировки грузов обеспечивает дополнительную экономию за счет сокращения капитальных вложений в строительство складских помещений, контейнеров как во внутриреспубликанском сообщении, так и в связях с зарубежными странами.

Вместе с тем, следует отметить, что потребность в крупнотоннажных контейнерах систематически растет в связи с развитием смешанных железнодорожно-водных сообщениях, что для Казахстана является актуальным.

В настоящее время транспортируются грузы в контейнерных поездах:

Из Казахстана – Алматы (РК) – Хоргос (КНР); Аксу (РК) – Циндао (КНР); Защита (РК) – Находка (РФ); Жинишке (РК) – Рига-Краста (Латвия).

Назначением в Казахстан – Ляньюньган (КНР) – Алматы (РК); Находка (РФ) – Защита (РК); Брест (Беларусь) – Защита (РК).

В транзитном сообщении – Чунцин (КНР) – Дуйсбург (Германия); Циндао (КНР) – Аблык (Узбекистан); Находка (РФ) – Аблык (Узбекистан); Находка (РФ) – Галаба (Узбекистан); Ляньюньган (КНР) – Аламедин (Кыргызстан); Чэнду (КНР) – Лодзь (Польша); Чжэнджоу (КНР) – Гамбург (Германия); Мууга (Эстония) – Улугбек (Узбекистан); Аламедин (Кыргызстан) – Ляньюньган (КНР); Аблык (Узбекистан) – Циндао (КНР); Дуйсбург (Германия) – Чунцин (КНР); Гамбург

(Германия) – Галаба (Узбекистан) [2].

Существующие и перспективные маршруты контейнерных поездов между Казахстаном и Китаем представлены на рисунке 1.

В целях привлечения транзитных грузопотоков КТЖ реализует проекты, способствующие упрощению процесса организации международных поставок товаров и переориентации грузопотоков с морских линий на трансказахстанские маршруты. Часть грузопотока уже удалось переключить на железную дорогу, в том числе благодаря появлению таких поездов, как Чунцин – Дуйсбург.

Впервые демонстрационный международный контейнерный поезд, в составе которого 36×40 футовых контейнеров в сообщении Азия – Европа. В пути следования данный поезд пересекает государственные границы Китая, Казахстана, России, Беларуси, Польши и Германии. Общее расстояние более 11 тыс. км поезда преодолевают в среднем за 17,8 суток со средней скоростью 726 км/сут. Морем этот путь занимает 45-60 дней. Осуществление данного проекта позволило практически в 4 раза сократить сроки доставки, что очень важно для клиентов, чьи грузы чувствительны к срокам транспортировки (рисунок 2).

Участниками проекта Чунцин-Дуйсбург являются: Казахстан, Германия, Россия, Беларусь, Китай. Маршрут следования поезда: Чунцин – Достык – Илецк – Красное – Брест/Малашевиче – Дуйсбург транспортируются

Характеристики регулярных скоростных контейнерных поездов		
	Расстояние	Время
Чунцин-Дуйсбург	~ 10 769 км	16 сут.
Чэнду-Лодзь	~ 10 564 км	14 сут.
Чунцин-Дуйсбург морем	~ 20 000 км	45 сут.

Рисунок 1 – Существующие и перспективные маршруты контейнерных поездов между Казахстаном и Китаем

Рисунок 2 – Маршрут контейнерного поезда Чунцин-Дуйсбург

41-52×40 футовых контейнера.

В целях обеспечения эффективности и быстроты движения транспортных потоков, обусловленных современными методами производства и распределения товаров, международные комбинированные перевозки должны, в частности, отвечать следующим требованиям: отправление/прибытие в соответствии с требованиями потребителей; малая продолжительность перевозки «от двери до двери», высокая точность соблюдения графика, гарантированные сроки доставки; точная и своевременная информация о транспортных процедурах, простая документация, малый риск нанесения ущерба; способность осуществлять перевозки стандартных контейнеров всех типов, а также всех грузовых единиц, которые могут перевозиться автомобильным транспортом в международном сообщении Европа-Азия [10].

Пропускная способность железнодорожных линий, предназначенных для комбинированных перевозок, должна быть достаточной, чтобы избежать простоя поездов, используемых для комбинированных перевозок.

В целях эффективной обработки отправок на терминалах должны соблюдаться следующие требования:

- временной разрыв между крайним сроком принятия грузов и отправлением вагонов, а также между прибытием и готовностью вагонов к выгрузке, не должен превышать одного часа;

- время простоя автотранспортных средств, обеспечивающих завоз-вывоз грузовых единиц на терминал, не должно превышать 20 минут;

- расположение терминала должно выбираться таким образом, чтобы:

а) к нему имелся быстрый и легкий доступ по автодорогам от отправителей и получателей грузов;

б) в пределах железнодорожной сети он имел хорошую связь с магистральными железнодорожными линиями, а в случае перевозок группами вагонов – хороший доступ к скоростным поездам комбинированных перевозок.

Вывод

Для развития маршрута «Новый Шелковый путь» необходимо формирование совместными усилиями сторон конкурентоспособной тарифной политики для перевозок грузов в/из/через территорию Республики Казахстан и КНР; проведение мероприятий по увеличению грузооборота и обеспечению привлекательности маршрутов с использованием мультимодального транспорта; создание рабочей группы для рассмотрения и содействия в решении барьеров, возникающих в процессе перевозки продукции; взаимодействие в реализации проектов по созданию интегрированного логистического продукта на территории стран.

Таблица 1 – Характеристика скоростных контейнерных поездов

Маршрут	Расстояние, км	Время, сут
Чунцин-Дуйсбург	~10 769	16
Чэнду-Лодзь	~10 564	14
Чунцин-Дуйсбург морем	~20 000	45-60

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тавровский Ю.В. Новый шелковый путь – главный проект XXI века. – М.: Эксмо, 2017.
2. Бекмагамбетов М.М., Жумагулов Р.Б. Перспективы развития транспортной системы Республики Казахстан. – Алматы, 2015.
3. Рычихина Н.С. и др. Основы международной логистики. – Иваново, 2017.
4. Лазарев, В.А. Международная логистика. – М.: КНОРУС, 2022.
5. Беспалов Р.С. Транспортная логистика. Новейшие технологии построения эффективной системы доставки. – М.: Вершина, 2017.

6. Попова О.В. и др., Грузовые контейнерные перевозки. – М.: КНОРУС, 2022.
7. Миротина Л.Б. и др. Управление грузовыми потоками в транспортно-логистических системах: Монография. – М.: Маршрут, 2016.
8. Ушаков Д.В. Организация контейнерных перевозок грузов. – М.: ТРАНСЛИТ, 2022.
9. Шведов В.Е. Контейнерные терминалы и пункты на транспорте. – Санкт-Петербург: СПбГУГА, 2012.
10. Шишкин Д.Г., Транспортная логистика. – М.: Маршрут, 2014.

«Жаңа Жібек жолы» әлеуетті бағыттарында мультимодальды көліктің даму деңгейін талдау

[1]ТОКТАМЫСОВ Айдос Бейсембаевич, *магистрант, Taidos_11@mail.ru,*
[1]КАШКИМБАЕВ Аскар Максатович, *магистрант, k.askar@mail.ru,*
[1]ИМАНБАЕВ Дәулет Сержанұлы, *магистрант, ids_01@mail.ru,*
[1]ТОКТАМЫСОВА Алия Бейсембаевна, *т.ғ.к., профессор ассистенті, Aliya_311@mail.ru,*
[2]*АТЬКЕН Ержан, *магистр, аға оқытушы, adil-ansar82@mail.ru,*
[1]Логистика және көлік академиясы, Шевченко көшесі, 97, Алматы, Қазақстан,
[2]«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Н. Назарбаев даңғылы, 56, Қарағанды, Қазақстан,
**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *«Жаңа Жібек жолы» жобасының маршруттары мен маңыздылығы қарастырылады. Көліктік логистикалық жүйені дамыту бағытындағы Қазақстанның міндеттері белгіленді. Контейнерлік тасымалдың экономикалық тиімділігі бағаланды. Қытай-Еуропа бағытындағы контейнер тасымалының қолданыстағы көліктік дәліздері сипатталды. Мультимодальды тасымалға қойылатын талаптар мен оны орындау жолдары көрсетілді. Аралас тасымал кезіндегі теміржолдың өткізгіштік қабілеттілігі ескерілді.*

Кілт сөздер: *Жібек жолы, ТРАСЕКА, мультимодальды тасымалдау, контейнерлік тасымалдау, контейнерлік терминал, халықаралық маршруттар, өткізгіштік қабілеттілік, аралас тасымалдау.*

Analysis of The Level of Development of Multimodal Transport in Potential «New Silk Road» Routes

[1]TOKTAMYSOV Aidos, *Master's Student, Taidos_11@mail.ru,*
[1]KASHKIMBAEV Askar, *Master's Student, k.askar@mail.ru,*
[1]IMANBAEV Daulet, *Master's Student, ids_01@mail.ru,*
[1]TOKTAMYSSOVA Aliya, *Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, Aliya_311@mail.ru,*
[2]*ATKEN Yerzhan, *Master's Degree, Senior Lecturer, adil-ansar82@mail.ru,*
[1]Academy of Logistics and Transport, Shevchenko Street, 97, Almaty, Kazakhstan,
[2]NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», N. Nazarbayev Avenue, 56, Karaganda, Kazakhstan,
**corresponding author.*

Abstract. *The routes and significance of the New Silk Road project are examined. The objectives of Kazakhstan in the direction of development of the transport and logistics system have been identified. The economic efficiency of container transportation has been assessed. The existing transport corridors for container shipping in the China-Europe direction are described. The requirements for multimodal transportation and ways of their implementation are shown. The carrying capacity of the railway for intermodal transport was taken into account.*

Keywords: *Silk Road, TRACECA, multimodal transportation, container transportation, container terminal, international routes, capacity, combined transportation.*

REFERENCES

1. Tavrovskij Yu.V. Novyj shelkovyj put – glavnyj proekt XXI veka. – Moscow: Eksmo, 2017.
2. Bekmagambetov M.M., Zhumagulov R.B. Perspektivy razvitiya transportnoj sistemy Respubliki Kazahstan. – Almaty, 2015.
3. Rychihina N.S. i dr. Osnovy mezhdunarodnoj logistiki. – Ivanovo, 2017.
4. Lazarev, V.A. Mezhdunarodnaya logistika. – Moscow: KNORUS, 2022.
5. Bespalov R.S. Transportnaya logistika. Novejshie tehnologii postroeniya effektivnoj sistemy dostavki. – Moscow: Vershina, 2017.
6. Popova O.V. i dr., Gruzovye kontejnernye perevozki. – Moscow: KNORUS, 2022.
7. Mirotina L.B. i dr. Upravlenie gruzovymi potokami v transportno-logisticheskih sistemah: Monografiya. – Moscow: Marshrut, 2016.
8. Ushakov D.V. Organizaciya kontejnernyh perevozok gruzov. – Moscow: TRANSLIT, 2022.
9. Shvedov V.E. Kontejnernye terminaly i punkty na transporte. – Sankt-Peterburg: SPbGUGA, 2012.
10. Shishkin D.G., Transportnaya logistika. – Moscow: Marshrut, 2014.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_239 UDC 625.8

Critical Analysis of External and Internal Structure-Forming Factors Affecting the Quality Indicators of Asphalt Concrete Based on The Industrial Wastes

[1]***KUNAEV Vyacheslav,** PhD, Director of Department, kunaev91@list.ru,*
*[1]**AKHMETOVA Gulzhainat,** PhD, Postdoctoral Researcher, Docent, g.akhmetova@tttu.edu.kz,*
*[1]**BATYRBEK Alibek,** Doctoral Student, alibek_batyrbek@inbox.ru,*
*[1]**TAVSHANOV Ilgar,** Lecturer, ilgartavshanov@gmail.com,*
*[2]**FATHI Mohamad,** PhD, Associate Professor, syazli@utm.my,*
[1]NPJSC «Karaganda Industrial University», Republic Avenue, 30, Temirtau, Kazakhstan,
[2]University of Technology Malaysia, Skudai, Iskandar Puteri, Johor Bahru, Johor, Malaysia,
**corresponding author.*

***Abstract.** The article is devoted to the issue of increasing the life cycle of automobile roads as transport infrastructure facilities through designing of asphalt concrete mixtures, taking into account the structure-forming factors that determine the effectiveness of road transport construction. The purpose of the study is to analyze the structure-forming factors affecting the quality indicators of road asphalt concrete based on the industrial wastes. To achieve this purpose, the methods of literary-patent review and set theory were used. The conducted literature review showed possible options for using blast furnace slag and microsilica in road transport construction. Based on its results, subsets of internal and external factors affecting the physical and mechanical characteristics of asphalt concrete were identified. The authors established a set of structure-forming factors that make it possible to select and describe with the help of set theory those factors that need to be taken into account and optimized for a given variant of design of asphalt concrete mixture, for example, when using industrial wastes in its composition. The most important factors determining the quality indicators of asphalt concrete for automobile roads when using blast furnace slag and microsilica in its composition were determined.*

***Keywords:** transportation engineering, transport infrastructure, structure-forming factors, asphalt pavement, automobile road construction, set theory.*

Introduction. The development and improvement of transport infrastructure is one of the priorities of the Republic of Kazakhstan [1-3]. To ensure convenient communication of regional and district centers of the country with remote settlements, it is necessary to build and (or) reconstruct tens of thousands of kilometers of highways [4]. One of the main materials needed to solve this problem is asphalt concrete.

In conditions of high cost of extraction and transportation of natural materials necessary for the manufacture of coarse aggregate (crushed stone) and mineral powders for the production of asphalt concrete, the urgent task is to maximize the possible use of local materials for these purposes, including industrial waste.

One of the most common industrial wastes used for the production of asphalt concrete is blast furnace slag, which is formed during the smelting of cast iron in a blast furnace. Another common by-product formed during the production of technical silicon is microsilica. Both of these materials are produced in large quantities at enterprises of the Karaganda region, which imposes requirements for their rational use.

A possible option for the integrated use of blast furnace slag and microsilica is their use as part of an asphalt concrete mixture for road construction. It is known from the literature that the introduction of blast furnace slag into asphalt concrete, according to [5], reduc-

es its voidness (with an increase in bitumen consumption), with a properly selected proportional ratio of components, it can increase shear stability, resistance to rut formation and fatigue life of asphalt concrete [6], its strength [7], improve the characteristics of asphalt aging, as well as its resistance to residual deformation [8]. In turn, the introduction of microsilica into asphalt concrete (up to 10% of microsilica) increases its Marshall stability [9], reduces penetration rates [10], increases the viscosity of the mixture, reduces its softening temperature (4-6% of silica) [11], increases fatigue life (2% of micro silica and 4% of fly ash) [12], prevents the formation of microcracks [13].

As can be seen from the literature analysis, the introduction of blast furnace slag and microsilica can have a positive effect on a variety of properties of asphalt concrete. Based on the above, we can hypothesize about the possibility of improving the quality of asphalt concrete coating due to the synergistic effect of the integrated use of blast furnace slag and microsilica in its composition in an optimal ratio.

An important stage for the verification of this hypothesis, which precedes experimental studies, is a critical analysis of external and internal structure-forming factors affecting the quality indicators of asphalt concrete based on industrial waste, which is the main purpose of this paper.

To achieve this purpose, the following tasks were solved:

- a review of literature sources devoted to the study of the influence of various factors on the quality of asphalt concrete;
- determination of the set of structure-forming factors affecting the physical and mechanical characteristics of asphalt concrete;
- development of proposals for optimizing the quality indicators of asphalt concrete when using waste and by-products of metallurgical and silicon production in its composition.

The scientific novelty of the study lies in the complex of factors that determine the quality indicators of asphalt concrete based on the industrial waste, established and described using the notation of the theory of sets.

Materials and methods of research. The method of literary and patent review was used to analyze the external and internal structure-forming factors affecting the quality indicators of asphalt concrete based on the industrial waste. The main groups of internal and external structure-forming factors affecting the quality indicators of asphalt concrete based on the industrial waste were identified. These factors have a direct impact on such key indicators of asphalt concrete quality as its porosity, water saturation, frost resistance, Marshall stability and plasticity, durability of the road surface, etc. Based on the significant variety of structure-forming factors that determine the quality indicators of asphalt concrete, it was concluded that their classification and systematization are necessary. The method of set theory was used for this purpose. 11 groups of structure-forming factors were identified. Each of these groups can be represented as a subset of parameters that affect the quality of asphalt concrete. When describing the classification of structure-forming factors, subsets were indicated by capital letters of the English alphabet (from A to K).

Subsets of internal factors [14]:

- factors characterizing the mineral aggregate of asphalt concrete (A);
- factors characterizing the binding agent (B);
- factors characterizing mineral powder (C);
- factors characterizing the proportional ratios of asphalt concrete mix components (D);
- factors determining the chemical resistance of asphalt concrete coating against aggressive solutions (E);
- factors affecting the segregation of asphalt concrete mixtures (F);
- factors determining the thermal stability of asphalt concrete pavement (G);
- factors affecting the adhesion of bitumen to mineral aggregate grains (H).

Subsets of external factors:

- factors characterizing the technological process of preparation of asphalt concrete mix (I);
- factors characterizing the technological process of asphalt concrete delivery and laying (J);
- weather and climatic factors (K).

The specific factors affecting asphalt concrete quality indicators are elements of the listed subsets and are indicated by the corresponding lowercase letters a_1, $a_2 \ldots a_n$, b_1, $b_2 \ldots b_n$, et al. Then the entire possible set of structure-forming factors affecting the quality indicators of asphalt concrete based on industrial waste, indicated by the letter Y, can be represented as a combination of subsets of internal (A, B, C, D, E, F, G, H) and external (I, J, K) factors (Figure):

$$Y = A \cup B \cup C \cup D \cup E \cup F \cup G \cup H \cup I \cup J \cup K. \quad (1)$$

Research results and discussion. The results of an analytical study aimed at systematizing the factors that determine the quality of asphalt concrete are presented in Table.

The presented set of structure-forming factors affecting the quality indicators of asphalt

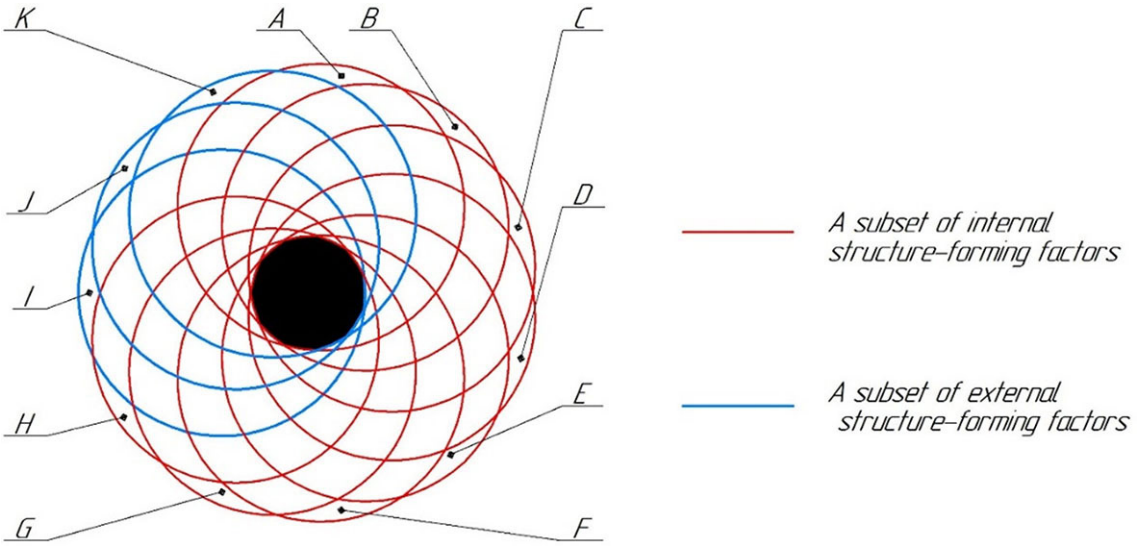


Figure 1 – Combining subsets of external and internal structure-forming factors affecting the quality indicators of asphalt concrete based on industrial waste

concrete allows to select and describe with the help of set theory those factors that need to be taken into account and optimized for a particular variant of design of asphalt concrete mix.

For example, when using blast furnace slag and microsilica in asphalt concrete, important factors determining the quality of the pavement are the factors characterizing the mineral aggregate of asphalt concrete. (aggregate crushing value (a_1), frost resistance (a_2), wear resistance (a_3), content of grains of lamellar and needle-shaped forms (a_4), content of pulverized and clay particles (a_5), porosity (a_6), water absorption (a_7), density (a_8)), the ratio of «Binder agent/Coarse aggregate» (d_3), contact interaction of bitumen and aggregate grains (g_1), granulometric composition of the aggregate (g_2), the average adhesion force in contact between the particles of the asphalt concrete mixture (h_7), specific surface area of the dispersed phase (grains of asphalt concrete mixture aggregate) (h_8), the relative position of the aggregate grains in the monolith (h_{10}), the nature of the energy bond between the aggregate grains and the binder (h_{11}). When using the notation of set theory, this set of factors can be described in the following form:

$$Y = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8\} \cup \cup \{d_3\} \cup \{g_1, g_2\} \cup \{h_7, h_8, h_{10}, h_{11}\}. \quad (2)$$

Knowledge of the relationship between the factors selected for optimization and road surface quality indicators will allow achieving the best values of the physico-mechanical characteristics of asphalt concrete when designing the composition of the mixture and preparing its raw materials, varying the content of components, introducing additional stages of preliminary preparation of materials, etc. For example, in the case described above using blast furnace slag and microsilica in asphalt concrete, it is possible to achieve a comprehensive optimization of factors such as strength, porosity, water absorption, frost resistance of the aggregate due to its pre-enrichment [15], which allows to reject brittle low-quality grains and use only the most strength and high-quality grains in the production of asphalt concrete. To select the optimal ratio of components in the mixture, an experimental assessment of the synergistic effect of the combined use of microsilica and blast furnace slag in asphalt concrete in varying proportions is necessary.

Conclusion.

1) The authors extablished a set of factors determining the quality indicators of asphalt concrete for road-transportation construction, allowing to select and describe using set theory those factors that need to be taken into account and optimized for a particular variant of design of an asphalt concrete mixture, for example, when using any industrial waste in its composition.

2) A possible way to optimize the quality indicators of road asphalt concrete based on such industrial waste as blast furnace slag is its preliminary selective crushing, which makes it possible to select the most strength and low-porous grains for their further use as an asphalt concrete mixture aggregate.

3) With the complex use of such by-products of production as blast furnace slag and microsilica in asphalt concrete, it is important

The structure-forming factors determining the quality indicators of asphalt concrete

№	Factors group (letter designation of a subset)	The structure – forming factor – the letter designation of a subset element
1	Factors characterizing the mineral aggregate of asphalt concrete (A)	Aggregate crushing value – a_1
		Frost resistance – a_2
		Wear resistance – a_3
		Content of grains of lamellar and needle-shaped forms – a_4
		The content of pulverized and clay particles – a_5
		Porosity – a_6
		Water absorption – a_7
		Density – a_8
2	Factors characterizing the binding agent (B)	Penetration – b_1
		Softening temperature – b_2
		Kinematic viscosity – b_3
		Dynamic viscosity – b_4
		Brittleness temperature – b_5
3	Factors characterizing mineral powder (C)	Granulometric composition – c_1
		Porosity – c_2
		Bitumen capacity – c_3
		Humidity – c_4
		Hydrophobicity – c_5
		Activity – c_6
		The content of water-soluble compounds – c_7
		The content of one and a half oxides – c_8
4	Factors characterizing the proportional ratios of asphalt concrete mix components (D)	The ratio of «Binder agent/Mineral powder» – d_1
		The ratio of «Binder agent/Sand» – d_2
		The ratio of «Binder agent/Coarse aggregate» – d_3
		Dosing accuracy in the preparation of the mixture – d_4
		The mass fraction of all components in the composition of the mixture – d_5
5	Factors determining the chemical resistance of asphalt concrete coating against aggressive solutions (E)	The ability of bitumen to withstand the aggressive effects of the solution – e_1
		The degree of water saturation and swelling of asphalt concrete in an aggressive solution – e_2
		The diffusion coefficient characterizing the rate of penetration of the solution into the coating material – e_3
		Resistance to aggressive environment of large and fine mineral aggregate, which is part of asphalt concrete – e_4
6	Factors affecting the segregation of asphalt concrete mixtures (F)	Uneven mixing and dosage errors – f_1
		Delamination during unloading from the mixer and loading into storage hot bins – f_2
		Delamination during storage in hot bins – f_3
		Layering during the delivery of the mixture and unloading into the hopper of the paver – f_4
		Variation of aggregate properties in one batch – f_5
		Variation of binder agent properties in one batch – f_6
		Stratification in the distribution on the finished base surface – f_7
		Violation of the rhythmic delivery of the mixture – f_8

7	Factors determining the thermal stability of asphalt concrete pavement (G)	Contact interaction of bitumen and aggregate grains – g_1
		Granulometric composition of the aggregate – g_2
		Plasticity of asphalt concrete – g_3
		Structural and rheological type of bitumen – g_4
8	Factors affecting the adhesion of bitumen to mineral aggregate grains (H)	Size, shape, surface character and relative location of mineral particles – h_1
		The ratio of the content of free and adsorbed bitumen in the structure of asphalt concrete – h_2
		The thickness of the bitumen film on the surface of aggregate grains – h_3
		Topography, microrelief and surface cleanliness of aggregate grains – h_4
		Rheological and adhesive properties of bitumen – h_5
		Structural and rheological type of bitumen – h_6
		The average adhesion force in contact between the particles of the asphalt concrete mixture – h_7
		Specific surface area of the dispersed phase (grains of asphalt concrete mixture aggregate) – h_8
		Thickness of the contact zone – h_9
		The relative position of the aggregate grains in the monolith – h_{10}
		The nature of the energy bond between the aggregate grains and the binder – h_{11}
9	Factors characterizing the technological process of preparation of asphalt concrete mix (I)	The temperature of asphalt concrete mix during preparation – i_1
		Duration of mixing bitumen with aggregate and mineral powder – i_2
		The volume of the mix in one batch – i_3
		The order of the components dosing – i_4
		Duration of mixture storage in hot storage bins – i_5
10	Factors characterizing the technological process of asphalt concrete delivery and laying (J)	Type of the used asphalt mixer – j_1
		The duration of action of the sealing load – j_2
		Intensity of the specific sealing load – j_3
		The temperature of laying the mixture – j_4
		Speed of the asphalt roller when compacting asphalt concrete – j_5
		The number of asphalt roller passes per one track – j_6
		Thickness of the compacted layer of asphalt concrete – j_7
		Type of asphalt roller used in compacting the mixture – j_8
		Linear pressure during compaction of the mixture – j_9
		Time of the mixture delivery to the road construction site – j_{10}
11	Weather and climatic factors (K)	Air temperature during asphalt concrete laying – k_1
		Temperature of the pavement base surface – k_2
		The presence of moisture on the road base surface – k_3
		Wind speed when laying the asphalt concrete – k_4

to determine the optimal ratio of these components in the mixture, which allows achieving the best quality indicators and the greatest strength of the automobile road surface. The practical implementation of the presented results will improve the life cycle of automobile roads as transport infrastructure facilities by designing better road-building asphalt concrete.

This research has been/was/is funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP22786668).

REFERENCES

1. Saktaganova G.S., Legostaeva L.V., Karipova A.T. Major development mechanisms for the infrastructure of the transport and logistics complex in Kazakhstan // Journal of Advanced Research in Law and Economics. – 2018. – 9 (4). – Pp. 1474-1480.
2. Rygzynov T.S., Batomunkuev V.S., Gomboev B.O., Dong S., Sharaldaev B.B., et. al. Efficiency of Transport Infrastructure in Asian Russia, China, Mongolia, and Kazakhstan in the Context of Creating New Trans-Eurasian Transport Corridors // Sustainability (Switzerland). – 2023. – 15 (12). – 9714.
3. Kongyrbay A.R., Duisen G.M., Spankulova L.S. Analysis of Kazakhstan's transport infrastructure in the context of the silk road economic belt development // Journal of Applied Economic Sciences. – 2017. – 12 (7). – Pp. 2050-2060.
4. Uazhanov M.U. Key directions in transport and logistics infrastructure development in the Republic of Kazakhstan // Actual Problems of Economics. – 2015. – 167 (5). – Pp. 161-168.
5. Lin D.-F., Chou L.-H., Wang Y.-K., Luo H.-L. Performance evaluation of asphalt concrete test road partially paved with industrial waste – basic oxygen furnace slag // Construction and Building Materials. – 2015. – 78. – Pp. 315-323.
6. Chegenizadeh A., Hanson S.W., Nikraz H., Kress C.S. Effects of ground-granulated blast-furnace slag used as filler in dense graded asphalt // Applied science. – 2022. – 12. – 2769.
7. Marathe S., Akarsh P.K., Bhat A.K., Kumar M. Investigations on stone matrix asphalt mixes by utilizing slag and cellulose fiber // Lecture Notes in Civil Engineering. – 2023. – 261. – Pp. 253-259.
8. Hernandez-Fernandez N., García-Mejía T.A., Ramírez-Zamora R.M., Ochoa-Diaz R., Ossa-Lopez A. Effect of application of metallurgical slag powders on physical and rheological properties of asphalt // Construction and Building Materials. – 2021. – 292. – 123432.
9. Prabhanjan N., Golla S.Y., Sahithi G., Chandu B., Rathore R.S., Guruprasad M., Swetha M. The effect of partial replacement of microsilica in asphalt mix // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – 981 (3). – 032054.
10. Qasim Z.I., Al-Sahaf N.A., Al-Jameel H.A. Effectiveness of micro- and nano-silica as modifiers in asphalt concrete mixture // Journal of Engineering Science and Technology. – 2022. – 17 (2). – 0820 – 0838.
11. Zghair H.H., Joni H.H., Hassan M.S. Evaluation of the effect of mixing conditions of micro-silica modified asphalt binder // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – 518 (2). – 022048.
12. Sarsam S.I. Influence of Additives on the Fatigue Life and Stiffness of Asphalt Concrete // International Research Journal of Multidisciplinary Technovation. – 2021. – 3 (6). – Pp. 8-15.
13. Bhat F.S., Mir M.S. Rheological investigation of asphalt binder modified with nanosilica // International Journal of Pavement Research and Technology. – 2021. – 14 (3). – Pp. 276-287.
14. Котлярский Э.В. Повышение долговечности покрытий автомобильных дорог за счет оптимизации структуры асфальтобетонов. Дисс. на соискание уч. степени д.т.н. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2012. – 613 с.
15. Kunaev V., Bazarov B., Tavshanov I., Kadyrov A., Abdugaliyeva G., Kydyrbayeva S. Evaluation of the effect of enrichment of slag aggregate for pavement subbase by grains density on its physical and mechanical characteristics // Results in Engingeering. – 2023. – 18. – 101181.

Техногендік қалдықтар негізінде асфальтбетон сапасының көрсеткіштеріне әсер ететін сыртқы және ішкі құрылымды қалыптастырушы факторларды сыни талдау

*[1]**КУНАЕВ Вячеслав Александрович,** PhD, департамент директоры, kunaev91@list.ru,*
*[1]**АХМЕТОВА Гульжайнат Есенжоловна,** PhD, постдокторант, доцент, g.akhmetova@tttu.edu.kz,*
*[1]**БАТЫРБЕК Әлібек Есімбекұлы,** докторант, alibek_batyrbek@inbox.ru,*
*[1]**ТАВШАНОВ Ильгар Сулейменович,** оқытушы, ilgartavshanov@gmail.com,*
*[2]**ФАТХИ Мохамад Шазли,** PhD, қауымдастырылған профессор, syazli@utm.my,*
[1]«Қарағанды индустриялық университеті» КеАҚ, Республика даңғылы, 30, Теміртау, Қазақстан,

[2]Малайзия технологиялық университеті, Скудай, Искандар Путери, Джохор-Бару, Джохор, Малайзия,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Мақала жол-көлік құрылысының тиімділігін анықтайтын құрылымдық факторларды ескере отырып, асфальтбетон қоспаларын жобалау арқылы автомобиль жолдарының көлік инфрақұрылымы объектілері ретінде беріктігін арттыру мәселесіне арналған. Зерттеудің мақсаты – техногендік қалдықтар негізінде жол асфальтбетон сапасының көрсеткіштеріне әсер ететін құрылымдық факторларды талдау. Мақсатқа жету үшін әдеби-патенттік шолу әдістері мен жиындар теориясы қолданылды. Жүргізілген әдебиеттерге шолу жол-көлік құрылысында домна шлактары мен микросиликаларды пайдаланудың ықтимал нұсқаларын көрсетті. Оның нәтижелері бойынша асфальтбетонның физикалық-механикалық сипаттамаларына әсер ететін ішкі және сыртқы факторлардың ішкі жиындары анықталды. Асфальтбетон қоспасын жобалаудың берілген нұсқасында, мысалы, оның құрамында техногендік қалдықтарды пайдаланған кезде ескерілуі және оңтайландырылуы қажет факторларды жиынтық теориясын қолдана отырып таңдауға және сипаттауға мүмкіндік беретін құрылымды қалыптастырушы факторлардың кешені белгіленді. Асфальтбетон сапасының көрсеткіштерін анықтайтын ең маңызды факторлар оның құрамында домна пешінің қожы мен микросилика қолданылған кезде анықталды.

Кілт сөздер: көлік инжинирингі, көлік инфрақұрылымы, құрылымды қалыптастырушы факторлар, асфальтбетон, автомобиль жолдарының құрылысы, жиынтықтар теориясы.

Критический анализ внешних и внутренних структурообразующих факторов, влияющих на показатели качества асфальтобетона на основе техногенных отходов

[1]***КУНАЕВ Вячеслав Александрович,** PhD, директор департамента, kunaev91@list.ru,
[1]**АХМЕТОВА Гульжайнат Есенжоловна,** PhD, постдокторант, доцент, g.akhmetova@tttu.edu.kz,
[1]**БАТЫРБЕК Әлібек Есімбекұлы,** докторант, alibek_batyrbek@inbox.ru,
[1]**ТАВШАНОВ Ильгар Сулейменович,** преподаватель, ilgartavshanov@gmail.com,
[2]**ФАТХИ Мохамад Шазли,** PhD, ассоциированный профессор, syazli@utm.my,
[1]НАО «Карагандинский индустриальный университет», пр. Республики, 30, Темиртау, Казахстан,
[2]Университет технологий Малайзии, Скудай, Искандар Путери, Джохор-Бару, Джохор, Малайзия,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Статья посвящена вопросу повышения долговечности автомобильных дорог как объектов транспортной инфраструктуры за счет проектирования асфальтобетонных смесей с учетом структурообразующих факторов, определяющих эффективность дорожно-транспортного строительства. Цель исследования – анализ структурообразующих факторов, влияющих на показатели качества дорожного асфальтобетона на основе техногенных отходов. Для достижения цели использованы методы литературно-патентного обзора и теории множеств. Проведенный обзор литературы показал возможные варианты использования доменного шлака и микросилики в дорожно-транспортном строительстве. По его результатам выделены подмножества внутренних и внешних факторов, влияющих на физико-механические характеристики асфальтобетона. Установлен комплекс структурообразующих факторов, позволяющих выбирать и описывать с помощью теории множеств те факторы, которые необходимо учитывать и оптимизировать при заданном варианте проектирования асфальтобетонной смеси, например, при использовании в его составе техногенных отходов. Определены наиболее важные факторы, определяющие показатели качества асфальтобетона для автомобильных дорог, при использовании в его составе доменного шлака и микрокремнезема.

Ключевые слова: транспортный инжиниринг, транспортная инфраструктура, структурообразующие факторы, асфальтобетон, строительство автомобильных дорог, теория множеств.

REFERENCES

1. Saktaganova G.S., Legostaeva L.V., Karipova A.T. Major development mechanisms for the infrastructure of the transport and logistics complex in Kazakhstan // Journal of Advanced Research in Law and Economics. – 2018. – 9 (4). – Pp. 1474-1480.
2. Rygzynov T.S., Batomunkuev V.S., Gomboev B.O., Dong S., Sharaldaev B.B., et. al. Efficiency of Transport Infrastructure in Asian Russia, China, Mongolia, and Kazakhstan in the Context of Creating New Trans-Eurasian Transport Corridors // Sustainability (Switzerland). – 2023. – 15 (12). – 9714.
3. Kongyrbay A.R., Duisen G.M., Spankulova L.S. Analysis of Kazakhstan's transport infrastructure in the context of the silk road economic belt development // Journal of Applied Economic Sciences. – 2017. – 12 (7). – Pp. 2050-2060.
4. Uazhanov M.U. Key directions in transport and logistics infrastructure development in the Republic of Kazakhstan // Actual Problems of Economics. – 2015. – 167 (5). – Pp. 161-168.
5. Lin D.-F., Chou L.-H., Wang Y.-K., Luo H.-L. Performance evaluation of asphalt concrete test road partially paved with industrial waste – basic oxygen furnace slag // Construction and Building Materials. – 2015. – 78. – Pp. 315-323.
6. Chegenizadeh A., Hanson S.W., Nikraz H., Kress C.S. Effects of ground-granulated blast-furnace slag used as filler in dense graded asphalt // Applied science. – 2022. – 12. – 2769.
7. Marathe S., Akarsh P.K., Bhat A.K., Kumar M. Investigations on stone matrix asphalt mixes by utilizing slag and cellulose fiber // Lecture Notes in Civil Engineering. – 2023. – 261. – Pp. 253-259.
8. Hernandez-Fernandez N., García-Mejía T.A., Ramírez-Zamora R.M., Ochoa-Diaz R., Ossa-Lopez A. Effect of application of metallurgical slag powders on physical and rheological properties of asphalt // Construction and Building Materials. – 2021. – 292. – 123432.
9. Prabhanjan N., Golla S.Y., Sahithi G., Chandu B., Rathore R.S., Guruprasad M., Swetha M. The effect of partial replacement of microsilica in asphalt mix // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – 981 (3). – 032054.
10. Qasim Z.I., Al-Sahaf N.A., Al-Jameel H.A. Effectiveness of micro- and nano-silica as modifiers in asphalt concrete mixture // Journal of Engineering Science and Technology. – 2022. – 17 (2). – 0820 – 0838.
11. Zghair H.H., Joni H.H., Hassan M.S. Evaluation of the effect of mixing conditions of micro-silica modified asphalt binder // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – 518 (2). – 022048.
12. Sarsam S.I. Influence of Additives on the Fatigue Life and Stiffness of Asphalt Concrete // International Research Journal of Multidisciplinary Technovation. – 2021. – 3 (6). – Pp. 8-15.
13. Bhat F.S., Mir M.S. Rheological investigation of asphalt binder modified with nanosilica // International Journal of Pavement Research and Technology. – 2021. – 14 (3). – Pp. 276-287.
14. Kotljarskij Je.V. Povyshenie dolgovechnosti pokrytij avtomobil'nyh dorog za schet optimizacii struktury asfal'tobetonov. Diss. na soiskanie uch. stepeni d.t.n. Belgorod: BGTU im. V.G. Shuhova. – 2012. – 613 p.
15. Kunaev V., Bazarov B., Tavshanov I., Kadyrov A., Abdugaliyeva G., Kydyrbayeva S. Evaluation of the effect of enrichment of slag aggregate for pavement subbase by grains density on its physical and mechanical characteristics // Results in Engingeering. – 2023. – 18. – 101181.

Педагогика высшей школы. Экономика

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_247 УДК 378.091.12:004.82(045)

Сравнительный анализ цифровой инфраструктуры на примере КазНПУ им. Абая и КГУТИ им. Ш. Есенова

[1]**АХМЕТОВ Бахытжан Сражатдинович,** *д.т.н., профессор, bakhytzhan.akhmetov.54@mail.ru,*
[2]***ЖИЛКИШБАЕВ Асхат Асылханович,** постдокторант PhD, ведущий специалист, askhat.zhilkishbayev@yu.edu.kz,*
[1]НАО «Казахский национальный педагогический университет имени Абая», пр. Достык, 13, Алматы, Казахстан,
[2]НАО «Каспийский университет технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова», 32 микрорайон, Актау, Казахстан,
**автор-корреспондент.*

Аннотация. *Статья содержит результаты анализа сравнительного анализа цифровой инфраструктуры на примере двух университетов РК – КазНПУ им.Абая и КГУТИ им.Ш.Есенова. В рамках анализа были рассмотрены ключевые аспекты цифровой инфраструктуры, такие как доступность и качество интернет-соединения, наличие и использование образовательных платформ, цифровые библиотеки, а также техническая поддержка и обучение персонала. В статье представлены данные, полученные в результате опросов студентов и преподавателей, а также результаты мониторинга использования цифровых ресурсов. Анализ проводится в рамках обобщения опыта имплементации современных технологий онлайн-обучения, требований к организации образования, интеграции облачных ресурсов и инструментов онлайн-обучения в процессы обучения в университетах РК. Результаты эмпирических исследований были обобщены на основе анкетирования преподавателей и студентов. Это позволило выявит основные тренды использования цифровых технологий в учебном процессе проанализированных университетов.*

Ключевые слова: *цифровая трансформация, онлайн образование, университет, информационная инфраструктура, анкетирование.*

Введение

В условиях острой глобальной конкуренции и жестких ресурсных ограничений требуется выделение приоритетов среди возможных направлений дальнейшего развития системы высшего образования в Республике Казахстан (РК) в краткосрочной и среднесрочной перспективе. Одним из таких приоритетов является цифровая трансформация высшего образования (ВО). Стоящие перед ВО задачи цифровой трансформации требуют формирования новых моделей «цифровых» организаций с новыми подходами к реализации всех видов деятельности, базовых и вспомогательных процессов, новыми принципами взаимодействия участников образовательного процесса и новыми цифровыми сервисами. В [1-2] говориться именно о цифровой трансформации, которая подразумевает не просто внедрение цифровых технологий в процессы организации, а переосмысление и изменение данных процессов, как за счет внедрения цифровых технологий, так и напрямую не связанные с ними, а являющимися ответом системы образования на изменения общественных отношений и экономики под влиянием массового распространения цифровых технологий. Именно в этом заключается принципиальное отличие текущей ситуации от многочисленных проектов информатизации образования, которые активно разрабатывались и реализовывались в системе высшего образования с 70-80-х годов XX века [3-4].

В этих условиях крайне важным и актуальным является проведение исследований возможностей цифровых технологий в образовании, разработки видения условий их эффективного использования, учитывая скорость технологических изменений в современном мире и необходимость формирования новых компетенций обучающихся.

Методы исследования

В ходе исследований использовался аналитический метод. В качестве объекта исследования нами были выбраны Казахский национальный педагогический университет имени Абая и Каспийский университет технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова. Целью анализа является соотнесение их с мероприятиями, предусмотренными в данных фреймворках, а также в национальных программах и стратегиях цифровой трансформации организаций высшего образования. В результате должна быть обеспечена целостность и долгосрочное планомерное развитие подходов к интеграции и использованию цифровых технологий и средств для повышения эффективности всех видов деятельности университета на основе развития цифровой инфраструктуры университета.

Научные результаты

Проведенный анализ показал, что каналы доступа исследуемых университетов имеют среднюю производительность, укладывающуюся в 100–500 Мбит/с. Как правило, такой производительности хватает для обеспечения текущих потребностей в доступе к сети интернет и реализации онлайн-обучения, но могут возникать сложности при размещении на своих ресурсах большого количества тяжелого образовательного контента и массового использования сервисов видеоконференцсвязи для организации дистанционного обучения.

Средняя загруженность каналов доступа составляет 50%, что говорит о наличия потенциала, достаточного для дальнейшего роста использования интернет-ресурсов и сервисов в университете.

В исследуемых вузах имеются центры обработки данных. Общая емкость систем хранения данных находится в диапазоне от 200 до 500 ТБ, что позволяет отнести их к категории «крупных» центров обработки данных.

Вузы, относящиеся к этой категории, обладают необходимыми возможностями размещения учебного контента, даже содержащего большое количество видеоматериалов. Загруженность систем хранения данных составляет 60%. Такой уровень загрузки говорит о возможности увеличения объема хранимого цифрового контента, а также разворачивания новых информационных систем и сервисов в масштабе всей организации [5-6].

Результаты исследования инфраструктуры доступа к сети интернет в общежитиях для студентов и преподавателей показало, что доступ обеспечен в 100% общежитий, постоянными пользователями существующей инфраструктуры являются 85% от общего числа проживающих.

В Университете КазНПУ им. Абая имеются 117 точек доступа WiFi, скорость передачи составляет до 100 Мбит/с. Для доступа к WiFi студенты и ППС используют логины и пароли.

Оба университета имеют LMS-платформы. В КазНПУ им. Абая используется Moodle и Univer, а в Университете Есенова – Canvas и Univer. В обоих вузах системы активно включены в учебный процесс и используются всеми преподавателями и студентами.

Оба университета также активно используют в своей деятельности сервисы ВКС.

В Университете Есенова в учебных целях используются два сервиса ВКС – Zoom, Microsoft Teams, которые используются

для всех поточных лекций, где количество участников составляет до 300 человек.

Всего было опрошено 893 студента и 300 преподавателей и 61 административных работников.

Более 95% опрошенных студентов в обоих вузах (95,9% – КазНПУ им. Абая, 97,2% – Университет Есенова) в течение последнего учебного года столкнулись с удаленным обучением в дистанционной форме.

Из них около 50% регулярно использовали в обучении сервисы видеоконференцсвязи, еще около 30% делали это достаточно часто (таблица 1).

Большинство опрошенных преподавателей также столкнулись с проведением занятий в дистанционном формате: 88,6% преподавателей КазНПУ им. Абая, и 98,4% преподавателей Университета Есенова. Значимая доля преподавателей регулярно использовали для проведения занятий сервисы ВКС (таблица 2).

У 37,2% опрошенных студентов КазНПУ им.Абая и 29,5% опрошенных студентов университета Есенова за прошедший учебный год было большое число курсов, предполагающих регулярное использование компьютеров. 63,8% студентов КазНПУ им.Абая и 44,6% студентов университета Есенова отметили, что им в процессе учебы требуются компьютеры, предоставляемые университетом, поскольку у них либо нет своих устройств, либо на них нет необходимого программного обеспечения. При этом уровень оснащенности достаточно высоко (на 4 и 5 по 5-балльной шкале) оценивают только 24,2% студентов КазНПУ им. Абая и 30% студентов университета Есенова.

При этом около 67% от числа опрошенных студентов имеют в личном пользовании ноутбук, или планшет и готовы использовать его в обучении. Но только 41,8% отметили, что они могут использовать необходимое для учебы программное обеспечение на своем личном компьютере. 27% отметили, что могут использовать необходимое ПО только на компьютере организации.

65,7% опрошенных преподавателей КазНПУ им. Абая и 51,7% преподавателей университета Есенова отметили, что им необходим доступ к компьютеру в университете, при этом такую возможность отмечают 52% и 71% соответственно. При этом отметим, что только 22% от числа опрошенных преподавателей рабочий компьютер требуется по причине отсутствия личного. Потребность остальных связана с отсутствием на устройствах необходимого программного обеспечения.

Согласно данным проведенного исследования, высоко оценивают качество доступа к сети интернет со стационарных компьютеров 30,4% студентов КазНПУ им. Абая и 31,5% опрошенных студентов университета Есенова, через беспроводные сети (WiFi) – 27,9% и 34% соответственно. Не удовлет-

Таблица 1 – Доля обучающихся, использующих в обучении сервисы видеоконференцсвязи

	КазНПУ им. Абая	Университет Есенова
Постоянно	49,6%	59,1%
Часто	40,8%	21,9%
Редко	7,7%	10,7%
Никогда	1,3%	7,0%
Затрудняюсь ответить	0,6%	1,4%

Таблица 2 – Доля НПР, использующих в преподавании сервисы видеоконференцсвязи

	КазНПУ им. Абая	Университет Есенова
Постоянно	60,0%	39,6%
Часто	22,8%	25,4%
Редко	12,9%	25,4%
Никогда	2,9%	4,8%
Затрудняюсь ответить	1,4%	4,8%

ворены качеством проводной связи 41,8% опрошенных студентов, а беспроводной – 38,9%.

Среди преподавателей доля высоко оценивающих качество доступа к сети интернет со стационарных компьютеров составляет: 25,3% в КазНПУ им. Абая и 38% в университете Есенова. Доля высоко оценивающих скорость работы беспроводных сетей 19,4% и 28% соответственно. Не удовлетворены качеством проводной связи 19,8% опрошенных преподавателей, а беспроводной – 24,1%.

В таблице 3 мы видим результаты опроса студентов об использовании цифровой среды университета (LMS-платформы и дополнительных сервисов) в учебном процессе. Самыми распространенными способами использования стало получение заданий, скачивание материалов и прохождение тестов и испытаний.

В таблице 4 представлены данные об использовании цифровой среды университета профессорско-преподавательским составом университетов. Преподаватели чаще всего используют LMS-платформу для размещения заданий для студентов, размещения учебных материалов, размещение презентаций и записей занятий. Отметим, что функционалом платформы, используемой в вузе, довольны 90% опрошенных преподавателей университета Есенова и 74,2% преподавателей КазНПУ им. Абая.

Интересным результатом стало выявленные существенные различия в использовании платформы между двумя исследуемыми университетами. При этом в КазНПУ им. Абая мы видим более активное использование платформы студентами, а в университете Есенова – преподавателями.

В таблицах 5, 6 и 7 представлены результаты исследования относительно работы служб технической поддержки в университетах. Отметим, что эффективная работа службы технической поддержки особенна важна при внедрении новых технологических решений или практик, основанных на использовании цифровых технологий [7-8].

Полученные результаты демонстрируют фокусировку работы службы поддержки на сопровождение операционных процессов: доля АУП, знающая о работе службы, пользующаяся ее услугами и довольная ее работой выше, чем для других категорий опрашиваемых.

Выводы

Проведенное исследование в КазНПУ им. Абая и КГУТИ им. Ш. Есенова, позволило получить актуальную информацию о востребованности и использовании существующей цифровой инфраструктуры вузов, а также выделить ряд ключевых направлений ее развития. Результаты исследования показывают важность внутренних исследований и использования доказательного подхода при

Таблица 3 – Использование студентами цифровой среды университета

	КазНПУ им. Абая	Университет Есенова
Получаю задания от преподавателей	61,5%	25,6%
При необходимости могу задать вопрос преподавателю	35,1%	6%
Скачиваю необходимые материалы для занятий	57,1%	7,7%
Сдаю выполненные письменные работы	45,2%	11,3%
Прохожу тесты, проверочные работы	48,4%	14,9%
Получаю результаты промежуточной и итоговой аттестации	50,4%	5,4%
Просматриваю презентации и\или видеозаписи лекций	35,4%	7,1%
Пользуюсь электронными образовательными ресурсами (учебниками, программами, видео, заданиями и т.д.)	33,2%	4,2%
Пользуюсь электронной библиотекой	23,4%	1,8%
Слежу за расписанием, изменениях в учебном процессе	21,4%	7,1%
Слежу за мероприятиями, которые проводятся в учебном заведении	20,2%	1,8%
Пользуюсь электронной зачетной книжкой	26,6%	1,8%
Просматриваю, обновляю электронные портфолио	21,1%	5,4%

Таблица 4 – Использование НПР цифровой среды университета

	КазНПУ им. Абая	Университет Есенова
Размещал задания для студентов	35,4%	77,6%
Отвечал на вопросы студентов	19,2%	63,8%
Размещал необходимые материалы для занятий (данные, тексты для обсуждения)	38,5%	74,1%
Собирал выполненные письменные работы студентов	19,2%	62,1%
Размещал тесты, проверочные работы и т.д. для студентов и оцениваю их результаты	21,5%	77,6%
Размещал результаты промежуточной и итоговой аттестации (контрольных, тестов, экзаменов, эссе и т.д.)	24,6%	70,7%
Размещал презентации, аудио- и\или видео записи лекций	27,7%	75,9%
Размещал ссылки на электронные образовательные ресурсы (учебники, программы, задания, ссылки на литературу)	16,9%	67,2%
Пользовался/пользовалась электронной библиотекой	18,5%	48,3%

Таблица 5 – Доля студентов, НПР и АУП, знающих к кому можно обратиться в случае возникновения проблем при использовании цифровых средств и оборудования

	КазНПУ им. Абая	Университет Есенова
Студенты	53,9%	53,8%
НПР	73%	95,2%
АУП	78,6%	100%

Таблица 6 – Доля студентов, НПР и АУП, которым приходилось обращаться к помощи технических служб университета в течение последнего года

	КазНПУ им. Абая	Университет Есенова
Студенты	32,9%	42,2%
НПР	63,3%	85,7%
АУП	69,6%	80%

Таблица 7 – Доля студентов, НПР и АУП, удовлетворенных работой службы поддержки университета

	КазНПУ им. Абая	Университет Есенова
Студенты	49,2%	27,7%
НПР	69,4%	88,9%
АУП	79,5%	100%

определении целей развития. Полученные результаты и методология исследования могут быть использованы другими образовательными организациями для принятия стратегических решений о развитии собственной цифровой инфраструктуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ларионов, В.Г., Шереметьева, Е.Н., Горшкова, Л.А. (2021). Цифровая трансформация высшего образования: технологии и цифровые компетенции. Вестник Астраханского государственного технического университета. серия: экономика, (2), 61-69.
2. Попова, О.И. (2018). Трансформация высшего образования в условиях цифровой экономики. Вопросы управления, (5 (35)), 158-160.
3. Ахметов Б.С., Карлов И.А., Жилкишбаев А. В международной повестке цифровой трансформации анализ концепции и процессов цифровизации КазНПУ имени Абая // Вестник КазНПУ имени Абая. Серия «Педагогика и психология». – № 2 (47), 2021. – С. 15-17.
4. Voronin, D.M., Saienko, V.G., Tolchieva, H.V. (2020, May). Digital transformation of pedagogical education at the university. In International Scientific Conference «Digitalization of Education: History, Trends and Prospects» (DETP 2020) (pp. 757-763). Atlantis Press.
5. Santos, H., Batista, J., Marques, R.P. (2019). Digital transformation in higher education: the use of communication technologies by students. Procedia Computer Science, 164, 123-130.
6. Балыкбаев Т.О., Бидайбеков Е.Ы., Ахметов Б.С., Гриншкун В.В. Концепция комплексной цифровизации Казахского национального педагогического университета имени Абая. – 2020. – 122 с.
7. Kaputa, V., Loučanová, E., & Tejerina-Gaite, F.A. (2022). Digital transformation in higher education institutions as a driver of social oriented innovations. Social innovation in higher education, 61, 81-85.
8. Digital University Framework, http://digitaluniversity.ac/affiliation-management-system-2. Дата обращения: 03.06.2021.

Абай атындағы ҚазҰПУ және Ш. Есенов атындағы КТИУ мысалында цифрлық инфрақұрылымды салыстырмалы талдау

[1]АХМЕТОВ Бахытжан Сражатдинович, *т.ғ.д., профессор,*
bakhytzhan.akhmetov.54@mail.ru,
[2]*ЖИЛКИШБАЕВ Асхат Асылханович, *PhD постдокторанты, жетекші маман,*
askhat.zhilkishbayev@yu.edu.kz,
[1]«Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті» КеАҚ, Достық даңғылы, 13, Алматы, Қазақстан
[2]«Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті» КеАҚ, 32 шағын ауданы, Ақтау, Қазақстан,
**автор-корреспондент.*

Андатпа. *Мақалада Қазақстан Республикасының екі университеті – Абай атындағы ҚазҰПУ және Ш.Есенов атындағы КМТИУ мысалында цифрлық инфрақұрылымды салыстырмалы талдау нәтижелері берілген. Талдау интернетке қосылудың қолжетімділігі мен сапасы, білім беру платформаларының, цифрлық кітапханалардың қолжетімділігі мен қолданылуы, техникалық қолдау мен қызметкерлерді оқыту сияқты цифрлық инфрақұрылымның негізгі аспектілерін зерттеді. Мақалада студенттер мен оқытушылардың сауалнамаларынан алынған мәліметтер, сондай-ақ цифрлық ресурстарды пайдалану мониторингінің нәтижелері берілген. Сонымен қатар Қазақстан Республикасының жоғары оқу орындарында заманауи онлайн оқыту технологияларын енгізу тәжірибесін, білім беруді ұйымдастыруға қойылатын талаптарды, бұлтты ресурстарды және онлайн оқыту құралдарын оқу үдерістеріне интеграциялау шеңберінде жүзеге асырылады. Эмпирикалық зерттеулердің нәтижелері оқытушылар мен студенттер арасында сауалнама жүргізу негізінде қорытындыланды. Бұл талданған ЖОО-ның оқу үдерісінде цифрлық технологияларды қолданудың негізгі тенденцияларын анықтауға мүмкіндік берді.*

Кілт сөздер: *цифрлық трансформация, онлайн білім беру, университет, ақпараттық инфрақұрылым, сауалнама.*

Comparative Analysis of Digital Infrastructure on the Example of KazNPU Named After Abay and KSUTI Named After Sh. Yessenov

[1]AKHMETOV Bakhytzhan, *Dr. of Tech. Sci., Professor, bakhytzhan.akhmetov.54@mail.ru,*
[2]*ZHILKISHBAYEV Askhat, *PhD Postdoctoral Fellow, Leading Specialist, askhat.zhilkishbayev@yu.edu.kz,*
[1]NPJSC «Abai Kazakh National Pedagogical University», Dostyk Avenue, 13, Almaty, Kazakhstan,
[2]NPJSC «Sh. Yessenov Caspian University of Technology and Engineering», 32 Microdistrict, Aktau, Kazakhstan,
**corresponding author.*

Abstract. *The article contains the results of a comparative analysis of digital infrastructure using the example of two universities of the Republic of Kazakhstan – KazNPU named after Abai and KSUTI named after Sh. Yessenov. The analysis examined key aspects of digital infrastructure, such as the availability and quality of Internet connections, the availability and use of educational platforms, digital libraries, and technical support and staff training. The article presents data obtained from surveys of students and teachers, as well as the results of monitoring the use of digital resources. The analysis is carried out as part of generalizing the experience of implementing modern online learning technologies, requirements for the organization of education, integration of cloud resources and online learning tools into learning processes at universities in the Republic of Kazakhstan. The results of empirical research were summarized based on a survey of teachers and students. This made it possible to identify the main trends in the use of digital technologies in the educational process of the analyzed universities.*

Keywords: *digital transformation, online education, university, information infrastructure, survey.*

REFERENCES

1. Larionov, V.G., Sheremet'eva, E.N., Gorshkova, L.A. (2021). Cifrovaja transformacija vysshego obrazovanija: tehnologii i cifrovye kompetencii. Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta. serija: jekonomika, (2), 61-69.
2. Popova, O.I. (2018). Transformacija vysshego obrazovanija v uslovijah cifrovoj jekonomiki. Voprosy upravlenija, (5 (35)), 158-160.
3. Ahmetov B.S., Karlov I.A., Zhilkishbaev A. V mezhdunarodnoj povestke cifrovoj transformacii analiz koncepcii i processov cifrovizacii KazNPU imeni Abaja // Vestnik KazNPU imeni Abaja. Serija «Pedagogika i psihologija». – No. 2 (47), 2021. – Pp. 15-17.
4. Voronin, D.M., Saienko, V.G., Tolchieva, H.V. (2020, May). Digital transformation of pedagogical education at the university. In International Scientific Conference «Digitalization of Education: History, Trends and Prospects» (DETP 2020) (pp. 757-763). Atlantis Press.
5. Santos, H., Batista, J., Marques, R.P. (2019). Digital transformation in higher education: the use of communication technologies by students. Procedia Computer Science, 164, 123-130.
6. Balykbaev T.O., Bidajbekov E.Y., Ahmetov B.S., Grinshkun V.V. Koncepcija kompleksnoj cifrovizacii Kazahskogo nacional'nogo pedagogicheskogo universiteta imeni Abaja. – 2020. – 122 p.
7. Kaputa, V., Loučanová, E., & Tejerina-Gaite, F.A. (2022). Digital transformation in higher education institutions as a driver of social oriented innovations. Social innovation in higher education, 61, 81-85.
8. Digital University Framework, http://digitaluniversity.ac/affiliation-management-system-2. Data obrashhenija: 03.06.2021.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_254 ӘОЖ 355.233.22

Жоғары оқу орындары студенттерінің қысқа қашықтыққа жүгірудегі техникалық дайындығын жетілдіру

[1]*КУАТОВА Гульдана Алайдаровна, оқытушы, g_kuatova@mail.ru,
[1]ТУСУПБЕКОВ Абайдолда Сайпашевич, аға оқытушы, abaydolla@mail.ru,
[1]МАДИЯРОВ Медет Кабдуллаевич, оқытушы, beknurai82@mail.ru,
[1]ГОЛОВИН Игорь Леонидович, п.ғ.к., кафедра меңгерушісі, ilgolovin61@mail.ru,
[1]«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Н. Назарбаев даңғылы, 56, Қарағанды, Қазақстан,
*автор-корреспондент.

Аңдатпа. *Студенттердің дене шынықтыру сабақтарына жүргізілген педагогикалық бақылаулар және ЖОО оқытушыларының сауалнамасы жүгіру техникасын жетілдіруге бағытталған жаттығулардың көлемінің жеткіліксіздігі мен аз түрін анықтады. Қысқа қашықтыққа жүгірушілердің физикалық және техникалық дайындығының ерекшелігі – олардың нақты мөлшерін ескере отырып, жүгіру қадамдарына қатысатын жеке бұлшық ет топтарын күшейтетін жылдамдық пен күш жаттығуларын қолдану қажеттілігі. Аталған ерекшеліктерді ескере отырып, қысқа қашықтыққа жүгіру кезінде қозғалыс техникасын оқыту кезінде педагогикалық процестің әдістемелік бағытына оқыту құралдары мен әдістерін арнайы таңдау арқылы қол жеткізу керек. Жұмыстың мақсаты – жылдамдық-күш сапасын арттыруды қамтамасыз ететін арнайы жаттығулар жүйесін ұтымды пайдалануға, жүгіру қадамдарының параметрлерін анықтауға және талдауға негізделген қысқа қашықтыққа жүгірудің жеке техникасын жетілдіру әдістемесін әзірлеу, сондай-ақ осы әдістеменің студенттердің оқу-жаттығу процесінде тиімділігін тексеру.*

Кілт сөздер: *дене шынықтыру, жеңіл атлетика, спринт, қашықтық, жаттығулар, спорттық құрал-жабдықтар, старт, старттық үдеу, эксперимент.*

Кіріспе

Дене тәрбиесі адамның жеке басының үйлесімді дамуындағы маңызды мәселелердің бірі болды және солай болып қала береді.

Дененің барлық функцияларының үйлесімі адамды жетілдірудің негізі болып табылады. Дененің динамикалық бірлігінде бұлшық ет қызметі ішкі органдардың қызметінен бөлінбейді. Біздің денеміздің көптеген мүшелері жаттығуларға белсенді қатысады және бұлшық ет-буын аппаратпен бір уақытта жетілдіріледі.

Бұл қазіргі уақытта техникалық прогресс, автоматтандыру, компьютерлендіру адамның бұлшық ет қызметін күрт шектеген кезде өте маңызды.

Жоғары оқу орындарындағы дене тәрбиесі процесі жоғары кәсіптік білім берудің мемлекеттік білім беру стандарттарына сәйкес жүзеге асырылады, олар «Дене шынықтыру» пәні бойынша мазмұнының міндетті минимумына және жоғары мектеп бітірушілерінің деңгейіне қойылатын талаптарды қояды.

Жеңіл атлетика ең қол жетімді және бұқаралық спорт түрі ретінде жоғары оқу орындарындағы дене шынықтыру бағдарламасында маңызды орын алады. Спринтерлік жүгіру-жеңіл атлетиканың негізгі түрлерінің бірі, сонымен қатар жаттығу құралы ретінде ол көптеген басқа спорт түрлерінің жетістіктерінің деңгейін арттыруға көмектеседі. Дене тәрбиесі бағдарламасының негізгі міндетті стандарттарының бірі бола отырып, 100 метрге жүгіру студенттердің дене шынықтыру жүйесіндегі ең әлсіз байланыстардың бірі болып табылады.

100 метрге жүгіруде төмен нормативтік көрсеткіштерге қарамастан, студенттер оларды орындау кезінде айтарлықтай қиындықтарға тап болады.

Қысқа қашықтыққа жүгірудегі спорттық нәтижелер көбінесе ұтымды жүгіру техни-

касын игеруге байланысты. Спорттық техниканы оқыту және жетілдіру процесі университеттегі барлық курстарда жүреді, бірақ біздің бақылауларымыз бойынша қысқа қашықтыққа жүгіру техникасын бастапқы оқыту әдістемесінің ұтымсыздығы спринттегі жетістіктердің жалпы өсуін тежейді.

Ең маңызды міндеттердің бірі – техниканы меңгеру кезінде қимыл-қозғалыс дағдысын қалыптастырудың физиологиялық және психологиялық заңдылықтарын ғана емес, сонымен қатар қозғалыс жүйесінің қалыптасуының биомеханикалық ерекшеліктерін де ескеру қажет. Бұл ерекшеліктер олардың өткен қозғалыс тәжірибесін есепке алу, қозғалыстардың ұтымды техникасын дереу үйрену қажеттілігі, бақылаудың күрделілігін ескере отырып, қатысушылардың жеке ерекшеліктерін және олардың дене дайындығының деңгейі және, сайып келгенде, қажетті қимыл-қозғалыс қасиеттерінің бағытталған дамуын оқытуға оң әсерін ескеру. Тыңдаушылар үшін негізгі жаттығулардың рұқсат етілген параметрлерінен мүмкіндігінше аз ауытқуға мүмкіндік беретін және қозғалыс сезімдерінің айқындылығын дамыта алатын жағдайлар жасалуы керек, яғни, алған кинетикалық ақпаратқа назар аудара отырып, қозғалыстардың бөлшектерін тануға үйренді.

Жоғарыда аталған ерекшеліктерді ескере отырып, спринтте қимыл-қозғалыс техникасын оқытуда педагогикалық процестің әдістемелік бағытына құралдар мен оқыту әдістерін арнайы таңдау арқылы қол жеткізу керек.

Материалдар мен әдістер

Жүгірудің физиологиялық механизмі жұмыс істейтін бұлшық еттерден ми қыртысына күшті импульстердің әсерінен болады. Белсенділіктің жаңа деңгейіне көшу кезінде тірек-қимыл аппараты максималды кернеумен жұмыс істегенде, оны қамтамасыз ететін вегетативті функциялар қажетті деңгейге жетуге үлгермейді, бұл олардың белсенділігінің сәйкессіздігіне әкеледі. Осы орайда спортшының ерік-жігері ерекше мәнге ие болады, оның көрінісін арқасында спринтер осы қиын кезеңді еңсереді. Жұмыс деңгейі қол жеткізілген деңгейде қозғалтқыш және вегетативті функциялардың сәйкестігін анықтайтын реттеу процестерінің айтарлықтай шиеленісін талап етеді. Орта және ұзақ қашықтыққа жүгірумен салыстырғанда мұндай ауысу уақыты айтарлықтай қысқарады [3].

Жүгіру қадамдарының максималды қарқындылығы тірек-қимыл аппаратының қызметін басқаратын және жұмыс істейтін бұлшық еттердің проприорецепторларынан афферентті импульстардың күшті ағынын қабылдайтын нейрондардың жоғары белсенділігімен қамтамасыз етіледі. Нерв орталықтарының қарқынды жұмысы тез шаршаудың дамуына әкелетін оттегі жетіспеушілігінің әсерінен жүзеге асырылады. Тәжірибелі спринттердің бұлшық еттері тіректен күшті итермелеу үшін айтарлықтай күшті дамытуға қабілетті; тез жиырылу және демалу қабілетімен сипатталады. Осы қасиеттердің арқасында спринтер жүгірудің жеке максималды жылдамдығына жете алады. Бұлшық еттердің «жарылғыш» қасиеттері, сондай-ақ тез босаңсу мүмкіндігі, жарыс әрекетінің тиімділігін анықтайды [9, 10].

Қашықтықты еңсеру жылдамдығын анықтайтын факторлардың бірі қадамдардың оңтайлы жиілігі мен ұзындығы болып табылады, олардың арақатынасы биіктік-салмақ көрсеткіштерінің өлшемдерімен, аяқтардың ұзындығымен, сондай-ақ физикалық және техникалық-тактикалық дайындық деңгейімен анықталады. Спринтердің белсенділігі анаэробты жағдайда жүзеге асады, бұл кезде жоғары энергиялы фосфоры бар қосылыстардың: АТФ (аденозинтрифосфат) и КФ (креатинфосфат) қалпына келтіру қарқындылығы жылдамдықты сақтауда жетекші рөл атқарады. Спринтерде психоэмоционалдық жағдайға байланысты тыныс алу тездейді, 100 метрге жүгіруде оттегіге сұраныс 6-дан 13 литрге дейін жетеді. Оттегі қарызы оттегіге деген қажеттіліктің 90%-нан асады, бұл анаэробты өнімділікті дамыту қажеттілігін көрсетеді. Дегенмен, қалпына келтіру уақытын қысқартуға көмектесетін аэробты процестердің де маңызы зор.

Спорттық шеберліктің өсуімен жүгіру қарқынының артуы тірек кезеңінің уақытын қысқарту арқылы жүзеге асырылады, оның ұзақтығы нейрофизиологиялық және биологиялық процестердің күрделі циклімен анықталады. Бұл спринтер әзірлеген жылдамдық тек жұмыс істейтін бұлшық еттердің күш және жылдамдық параметрлеріне ғана емес, сонымен қатар қозғалыстардың жоғары координациясына байланысты екенін көрсетеді, соның арқасында қозғалыс әрекеттерінің құрылымы жетілдіріліп, үнемді болады. В.К. Бальсевич спринт жылдамдығын анықтайтын негізгі параметрлерін атап көрсетеді:

- жүгіру қадамдарының қарқыны мен ұзындығы;
- тірек және тірек емес аралықтардың ұзақтығы;
- тірек аяғын жүгіру жолына қою және итеру кезінде табанның амортизациясының уақыты;
- жүгіру қадамдарының ырғағы [4-6].

Бұл параметрлерді білу жарыстық қа-

шықтыққа жүгіру кезінде қозғалыс әрекеттерінің жеке сипаттамаларын зерттеу үшін үлкен маңызға ие, оларды ескеру өзіндік жүгіру стилін қалыптастыру заңдылықтарын анықтауға мүмкіндік береді және жүгіру қадамдарының техникасын жетілдіру процесін тиімді басқару мүмкіндігін арттырады. Қысқа қашықтыққа жүгіру техникасын жетілдіру әдістемесінің мазмұнына кіретін жаңа элементтер жаттығу процесінде жаңалықты қабылдауға ықпал етті, бұл спортшылардың қызығушылығын арттырды, олардың танымдық және қозғалыс белсенділігін арттырды. Бұл сонымен қатар эксперименттік топтың жүгірушілерінің бәсекеге қабілеттілігін арттыру факторларының бірі болды.

Жүгірудегі тірек-қозғалыс әрекетінің маңызды құрылымдық құрамдас бөліктерінің бірі – спортшы денесінің кеңістікте және уақытта алға жылжуын қамтамасыз ететін итеру. Тіректен ұтымды кері итеру көбінесе ұшу фазасының ұзақтығын анықтайды, ал ұшып көтерілу биіктігі соңғы итеру фазасының сәтіндегі үдеу шамасына байланысты үлкен маңызға ие. Итерілу тиімділігін қамтамасыз ететін факторлардың бірі – аяқтың бұлшық еттерінің күші.

Қысқа қашықтыққа жүгірудегі спорттық нәтижелердің өсуі көбінесе жылдамдық пен күш сапасының жоғарылауын қамтамасыз ететін арнайы жаттығулар жүйесін ұтымды пайдалану арқылы анықталады. Сонымен қатар, қолданылатын құралдардың жүгіру қадамдарының анатомиялық және физиологиялық параметрлеріне сәйкестігі үлкен мәнге ие [2, 7, 8, 11]. Итерілу күші тірек емес фазаның ұзындығы мен ұзақтығын анықтайды.

Нәтижелер және оларды талқылау

Қысқа қашықтыққа жүгірушілердің физикалық және техникалық дайындығының ерекшелігі – дәл мөлшерлеу жағдайында жүгіру қадамдарын орындауға қатысатын жеке бұлшық ет топтарын нығайтуды қамтамасыз ететін жылдамдықты күшейту жаттығуларын қолдану қажеттілігі. Қысқа қашықтықтағы білікті жүгірушілердің жүгіру қадамдарының техникасын жетілдіру әдістемесін жасау кезінде арнайы жаттығулар жүйесін, жаттығу әдістерін, қолданылатын құралдардың тиімділігін арттыратын әдіс-тәсілдерді, сондай-ақ бәсекелестік әрекеттің тиімділігіне әсер ететін факторлар мен жағдайларды таңдауды анықтайтын осы ережелер қолданылды.

Жарыстық қашықтықты еңсеру төменгі стартпен басталады, оның шығуы жүгіру нәтижесіне айтарлықтай әсер етеді, өйткені ең қысқа қашықтықта әр қозғалыс жылдамдықтың дамуын белгілі бір дәрежеде анықтайды. Сөрелік қалыпты таңдау бірқатар факторлармен анықталады: жүгірушінің бойы, аяқ-қолдардың ұзындығы, атыс дыбысына қозғалыс реакциясы, сөрелік колодканың алаңдарынан бір уақытта күшті итеру қабілеті. Сөрелік қозғалысты орындаудың әртүрлі нұсқаларының ішінен ең қолайлысы алғашқы қозғалыстардың орындалу жылдамдығын талдай отырып, оны бірнеше рет орындау процесінде анықтайды.

Бастау мен басталу үдеуінің маңызды ерекшелігі-дененің күйін сақтау қажеттілігі, онда арқа жүгіру жолының бетіне параллель болады, бұл ауа ағынының қарсыласу күшін азайтады. Бұл позицияда жүгіруші жоғары жылдамдыққа жетеді, бұл бастапқы үдеудің ұзақтығын қысқартады. Тірек фазасының көп бөлігі тірек нүктесінің алдында болуы, дене бөліктерінің оңтайлы орналасуы болып табылады, бұл бұлшық ет күштерін итеру кезінде бағыттауға жағдай жасайды. Денені бірте-бірте түзете отырып, аяқты дененің ЖАО (жалпы ауырлық орталығы) проекциясына, содан кейін алдына қояды. Бұл бірте-бірте жылдамдықты арттыруға және дененің бейімділігін азайта отырып, жүгіру қадамдарын ұзартуға мүмкіндік береді.

Денені тік қалыпқа келтіргенде, жүгіру қадамдарының техникасы қашықтыққа жүгіру сипаттамаларына ұқсас болады. Қашықтықтың басында жүгіру техникасының осы ерекшеліктерін меңгеру үшін қашықтықтың ортаңғы бөлігін бойлай жүгіруге тән ырғақтық сипаттамаға бейімдеу кезінде спортшыларға жүгіру қадамдарын басынан бастап орындаудың әртүрлі шарттары ұсынылды:

- шағын төмпешікте жүгіру, 10-15°;
- көлбеу жүгіру, 10-15°;
- салмағы 3-5 кг болатын аз салмақпен (рюкзак) тікелей жүгіру.

Жүгіру техникасын анықтайтын маңызды параметрлердің бірі тірек реакцияларының сипаты болып табылады.

В.Д. Кряжевтің 2002 жылғы зерттеулері ұшу фазасының ұзақтығына байланысты ЖАО тік тербелістерінің амплитудасы тіректен итеру жылдамдығына айтарлықтай әсер ететіндігін көрсетті.

Тіреусіз фаза ұзақтығының, табанның жолға серпімді қойылуының және тік тербелістер шамасының оңтайлы арақатынасы тірекпен өзара әрекеттесудің негізгі параметрлерін келісумен қамтамасыз етіледі. Бұл дағдыларды қалыптастыру келесі жаттығуларды орындауға ықпал етеді:

- екі итеру, оң аяққа алға секіру (табанның алдыңғы бөлігі), содан кейін итеру және жүгіру;
- екі итеру, сол аяққа алға секіру (табанның алдыңғы бөлігі), содан кейін итеру және жүгіру;
- айналымнан кейін және т.б.

Аяқтардың ұтымды қозғалыстарын игеру өте маңызды: Төмен-артқа күшті қозғалыс, оң табанның алдыңғы бөлігіне қонған кезде оң қол төмен және артқа түседі. Қону және итеру кезінде техниканың егжей-тегжейін білу маңызды, ол тірекпен өзара әрекеттесудің тиімділігіне айтарлықтай әсер етеді: оң аяққа қону өте жылдам серпіліс жасау үшін, бұл бүкіл аяққа түсу сәтін жояды.

Тірек аяқтың табанының алдыңғы бөлігінің ұтымды орналасуын бекіту үшін келесі әдістер қолданылады:

- кроссовкалардың бетіне бор жағыңыз және жаттығуды орындағаннан кейін тірекке аяқтың ізінің суретін зерттеңіз;

- тірек аяғын қою кезінде дененің бөліктері мен буындарының тірекке қатысты орналасуын бекітіңіз;

- оң аяқпен алдыға түсуден (алдыңғы аяққа тіреу), сол қолды алға, оң қолды артқа, секіруде алға қозғалу арқылы аяқтың қалпын өзгерту және қолдың орнын өзгерту.

Жаттығудың жетекші әдістері: қайталанатын, аралық, ауыспалы, дөңгелек, ойын және бәсекелестік (берілген кеңістіктік-уақыттық және кеңістіктік-күш параметрлерінің көбеюінің дәлдігін бағалау үшін). Қысқа қашықтыққа жүгірудің жеке техникасын жетілдіру бойынша мақсатты жұмыс барысында арнайы жаттығулардың тиімділігін арттыру үшін педагогикалық жағдайлар қолданылды:

- берілген стандартқа бағдарлану кезінде – В. Борзовтың жүгіруі және спортшының жүгіру қадамдарының жетекші параметрлері кезінде мінсіз техниканың бірлескен (жүгірушімен) салыстырмалы талдауын жүргізу;

- нақты мақсаттар мен нақты міндеттер жүйесін белгілеу;

- әр жаттығу сабағында олардың орындалуын егжей-тегжейлі талдай отырып, жеке жүгіру техникасын түзетуді қамтамасыз ететін нақты мақсаттар мен нақты міндеттер жүйесін белгілеу;

- әртүрлі жағдайларда арнайы жаттығуларды орындау кезінде бұлшық ет сезімдерін есте сақтау;

- жарыс әрекеті нәтижелерінің жақсаруының жүгіру қадамдары параметрлерінің сапалы өзгеруіне тәуелділігін анықтау.

Біз әзірлеген қысқа қашықтыққа жүгірудің жеке техникасын жетілдіру әдістемесінің тиімділігін тексеру үшін педагогикалық эксперимент жүргізілді, оған 17-21 жас аралығындағы 10 білікті жүгірушілер (I санат, СШҮ) қатысты. Бақылау тобы (БТ) – 12 адам және эксперименттік топ (ЭТ) – 15 адам ұйымдастырылды. Педагогикалық эксперимент басталар алдында арнайы жүгіру дайындығының бастапқы деңгейін анықтау үшін тестілеу өткізілді. Зерттеу нәтижелерін талдау БТ және ЭТ спортшыларының жүгіру дайындығы деңгейінде айтарлықтай айырмашылықтарды анықтаған жоқ. БТ-да жаттығу сабақтары жеңіл атлетика федерациясы ұсынған жүгірушілерді спорттық даярлау бағдарламасына сәйкес жалпы қабылданған әдістеме бойынша өткізілді. ЭТ-да біз әзірлеген қысқа қашықтыққа жүгіру техникасын жетілдіру әдістемесі қолданылды.

Педагогикалық эксперимент аяқталғаннан кейін қайта тестілеу өткізілді, оның нәтижелері екі топта да жаттығудың жоғарылағанын көрсетті. Алайда, ЭТ-да көрсеткіштердің өсуі айтарлықтай болды. Осылайша, бастапқы деректер 5,07±0,15 с болған кезде БТ-да 30 м-ге жүгіруде педагогикалық эксперименттің нәтижелері 4,98±0,13 с-қа дейін өсті; ЭТ-да, тиісінше, бастапқы нәтижелер 5,01±0,14 с болған кезде көрсеткіштер 4,62±0,12 с ($p>0,05$)-ге дейін жақсарды. Бастапқы деректер 8,12±0,10 с болған кезде 60 м жүгірудегі БТ-да педагогикалық эксперимент аяқталғанда көрсеткіштер 7,95±0,11 с ($p>0,05$) дейін өсті; ЭТ-да тиісінше бастапқы көрсеткіштер 8,10±0,14 с болған кезде педагогикалық эксперимент аяқталғаннан кейін нәтижелер 7,72 ±0,09 с ($p>0,05$) дейін өсті. 100 м-ге жүгіруде БТ-да бастапқы деректер 12,92±0,14 с болған кезде педагогикалық эксперимент аяқталғанда жылдамдық 12,75±0,12 с ($p>0,05$) дейін жақсарды; ЭТ-да, тиісінше, бастапқы нәтижелер 12,93±0,13 с болған кезде көрсеткіштер 12,34±0,10 с ($p>0,05$) дейін жақсарды.

Қорытынды

Осылайша, педагогикалық эксперименттің нәтижелері жүгіру қадамдарының параметрлерін анықтау мен талдауға, олардың әрқайсысының жүгіру қадамдарының жеке техникасын түзетудің маңыздылығына негізделген қысқа қашықтыққа жүгіру техникасын жетілдірудің орындылығы мен тиімділігін көрсетті; зерттелген параметрлер арасындағы қатынасты орнату. Эксперименттік топтың жүгірушілері сонымен бірге бақылау тобының спортшыларымен салыстырғанда бір уақыт аралығында едәуір нәтижелерге қол жеткізгені анықталды, бұл біз әзірлеген қысқа қашықтыққа жүгірудің жеке техникасын жетілдіру әдістемесінің тиімділігін растайды. Сонымен қатар, спринт қашықтыққа жүгірудің жеке техникасын жетілдіру үшін оның физиологиялық механизмін анықтау өте маңызды, бұл жаттығу процесінің тиімділігіне айтарлықтай әсер ететін педагогикалық жағдайларды анықтау үшін, сонымен қатар спорттық жаттығулардың тиісті құралдары мен әдістерін таңдау үшін маңызды. Бұл жаттығу процесін, оның логикасын, спринтерлердің спорттық шеберлігін жетілдірудің

негізгі идеясын құру үшін үлкен маңызға ие. Осы әдістеменің арқасында спорттық нәтижелерді арттырудың негізгі заңдылықтары, жаттығу жүктемесінің алгоритмін жасау тәсілдері, көп бағытты жаттығулардың кезектесуі айқынырақ болады.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Аванесов, В.У. Проблемы и пути повышения специальной работоспособности в беге на короткие дистанции / В.У. Аванесов // Теория и практика физической культуры. – 2007. – № 12. – С. 38-41.
2. Анисимова, Е.А. Повышение спортивного мастерства бегунов на короткие дистанции / Е.А. Анисимова, М.А. Козловский // Теория и практика физической культуры. – 2010. – № 9. – С. 76 (0,07/0,03 п.л.).
3. Анисимова, Е.А. Совершенствование техники бега на короткие дистанции / Е.А. Анисимова // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2014. – Том 9. № 1. – С. 14-19. Режим доступа: http://journal-science.org/ru/article/5.html. DOI: 10.14526/12_2014_12.
4. Бальсевич, В.К. Онтокинезиология человека / В.К. Бальсевич // Теория и практика физической культуры. – М.: 2000. – 275 с. ил.
5. Доронина, Е.А. Об эффективности различных способов постановки стопы на опору в спринтерском беге / Е.А. Доронина, О.Б. Немцев // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2007. – № 10 (32). – С. 60-62.
6. Ковальчук, Г.И. Прогнозирование двигательных способностей бегунов на короткие дистанции / Г.И. Ковальчук // Теория и практика физической культуры. – 2003. – № 9. – С. 31-34.
7. Костюнина, Л.И. Условия формирования навыков выполнения низкого старта в беге на короткие дистанции / Л.И. Костюнина, М.О. Маркин // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2014. – Том 9. № 1. – С. 40-46. Режим доступа: http://journal-science.org/ru/article/9.html. DOI: 10.14526/16_2014_16.
8. Кузнецова, З.М. Возрождение олимпийской традиции / З.М. Кузнецова, Ю.П. Симаков // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2009. – Том 4. № 1. Режим доступа: http://journal-science.org/ru/article/388.html.
9. Маркин, М.О. Теоретические основы спортивной тренировки легкоатлета: учебно-методическое пособие / М.О. Маркин, Л.И. Костюнина. – Ульяновск: УлГПУ. – 2012. – 35 с.
10. Назаренко, Л.Д. Формирование рационального взаимодействия с опорой бегуний на 400 м: монография / Л.Д. Назаренко, Е.А. Анисимова. – Ульяновск, 2011. – 107 с.
11. Назаренко, Л.Д. Средства и методы развития двигательных координаций: монография. / Л.Д. Назаренко. – М.: Теория и практика физической культуры, 2003. – 258 с.: ил.
12. Немытов, Д.И. Организация и направленность тренировочного процесса квалифицированных спринтеров в спортивном ориентировании / Д.И. Немытов // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2014. – Том 9. №1. – С. 92-100. Режим доступа: http://journal-science.org/ru/article/17.html. DOI: 10.14526/23_2014_23.
13. Бахтиярова С.Ж. Жеңіл атлетика оқыту әдістемесі. – Орал, 2013. – 254 б.
14. Оңғарбаева Д.Т., Мадиева Г.Б, Жеңіл атлетикадағы функционалды және физикалық дайындықтарының негізі. – Алматы, 2013. – 83 б.

Совершенствование технической подготовленности студентов высших учебных заведений в беге на короткие дистанции

[1]***КУАТОВА Гульдана Алайдаровна,** преподаватель, g_kuatova@mail.ru,*
*[1]**ТУСУПБЕКОВ Абайдолда Сайпашевич,** старший преподаватель, abaydolla@mail.ru,*
*[1]**МАДИЯРОВ Медет Кабдуллаевич,** преподаватель, beknurai82@mail.ru,*
*[1]**ГОЛОВИН Игорь Леонидович,** к.п.н., зав. кафедрой, ilgolovin61@mail.ru,*
[1]НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова»,
пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан,

**автор-корреспондент.*

***Аннотация.** Проведенные педагогические наблюдения за занятиями студентов физической культурой и анкетный опрос преподавателей вузов выявили недостаточный объем и небольшое разнообразие упражнений, направленных на совершенствование техники бега. Специфика физической и технической подготовки бегунов на короткие дистанции заключается в необходимости использования скоростно-силовых упражнений, обеспечивающих укрепление отдельных мышечных групп, участвующих в выполнении беговых шагов при условии их точного дозирования. С учетом перечисленных особенностей методическая направленность педагогического процесса при обучении техники движений в беге на короткие дистанции должна достигаться путем специального подбора средств и методов обучения. Поэтому целью работы является разработка методики совершенствования индивидуальной техники бега на короткие дистанции, основанной на рациональном использовании системы специальных упражнений, обеспечивающих увеличение скоростно-силовых качеств, на выявлении и анализе параметров беговых шагов, также проверить эффективность данной методики в учебно-тренировочном процессе студентов.*

***Ключевые слова:** физическое воспитание, легкая атлетика, спринтерский бег, дистанция, упражнения, спортивная техника, старт, стартовый разгон, эксперимент.*

Improving the Technical Studies of Higher Educational Students in Short Distance Run

[1]***KUATOVA Guldana,** Lecturer, g_kuatova@mail.ru,*
*[1]**TUSUPBEKOV Abaidolda,** Senior Lecturer, abaydolla@mail.ru,*
*[1]**MADIYAROV Medet,** Lecturer, beknurai82@mail.ru,*
*[1]**GOLOVIN Igor,** Cand. of Ped. Sci., Head of Department, ilgolovin61@mail.ru,*
[1]NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», N. Nazarbayev Avenue, 56,
Karaganda, Kazakhstan,

**corresponding author.*

***Abstract.** Pedagogical observations of students during physical fitness and a questionnaire survey of university teachers revealed an insufficient volume and a small variety of exercises for improving running technique. The specificity of physical and technical training of short-distance runners lies in the need to use speed and power exercises, providing strengthening of individual muscle groups involved in the execution of running steps under the condition of their precise dosage. Taking into account the above features, the methodological orientation of the pedagogical process in teaching movement technique in short distance running should be achieved by a special selection of means and methods of teaching. Therefore, the aim of the work is to develop a technique to improve individual technique of running for short distances based on rational use of a system of special exercises providing an increase in speed and power qualities, on revealing and analyzing parameters of running steps, as well as to check the effectiveness of this technique in the educational and training process of students.*

***Keywords:** physical education, athletics, sprinting, distance, exercises, sports equipment, start, starting stride, experiment.*

REFERENCES

1. Avanesov V.U. The problems and the ways of special working capacity increase in sprint. Teorija i praktika fizicheskoj kul'tury [Theory and practice of physical culture], 2007, no. 12, pp. 38-41. (in Russian).
2. Anisimova E.A., Kozlovskiy M.A. Sprinters' sportsmanship improvement Teorija i praktika fizicheskoj kul'tury [Theory and practice of physical culture], 2010, no. 9, 76 p. (in Russian).
3. Anisimova E.A. Perfection of sprint technique. Pedagogiko-psihologicheskie i mediko-biologicheskie problemy fizicheskoj kul'tury i sporta [Pedagogical-psychological and medico-biological problems of physical culture and sports], 2014, vol. 9, no.1, pp. 14-19. Available at: http://journal-science.org/en/article/5.html. DOI: 10.14526/12_2014_12
4. Balsevich V.K. Ontokineziologija cheloveka [A person's ontokinesiology]. Moscow, Theory and practice of physical culture, 2000, 275 p. (in Russian).
5. Doronina E.A., Nemtsev O.V. About the effectiveness of different ways of foot position on a support in sprint. Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta [Scientific notes of P.F. Lesgaft University], 2007, no. 10 (32), pp. 60-62. (in Russian).
6. Kovalchuk G.I. Sprinters' motional skills prediction. Teorija i praktika fizicheskoj kul'tury [Theory and practice of physical culture], 2003, no. 9, pp. 31-34. (in Russian).
7. Kostunina L.I., Markin M.O. Conditions of low start fulfillment skills formation in sprint. Pedagogiko-psihologicheskie i mediko-biologicheskie problemy fizicheskoj kul'tury i sporta [Pedagogical-psychological and medico-biological problems of physical culture and sports], 2014, vol. 9, no. 1, pp. 40-46. Available at: http://journal-science.org/en/article/9.html. DOI: 10.14526/16_2014_16.
8. Kuznetsova Z.M., Simakov Y.P. The Olympic tradition renewal. Pedagogiko-psihologicheskie i mediko-biologicheskie problemy fizicheskoj kul'tury i sporta [Pedagogical-psychological and medico-biological problems of physical culture and sports], 2009, vol. 4, no. 1. Available at: http://journal-science.org/ru/article/388.html.
9. Markin M.O., Kostyunina L.I. Teoreticheskie osnovy sportivnoj trenirovki legkoatleta [Theoretical basis of sports training of an athlete]. Ulyanovsk, Ulyanovsk State Pedagogical University, 2012, 35 p. (in Russian).
10. Nazarenko L.D., Anisimova E.A. Formirovanie racional'nogo vzaimodejstvija s oporoj begunij na 400 m [A rational interaction formation with the support among 400 meters female-runners]. Ulyanovsk, 2011, 107 p. (in Russian).
11. Nazarenko L.D. Sredstva i metody razvitija dvigatel'nyh koordinacij [Means and methods of motional co-ordinations development]. Moscow, Theory and practice of physical culture, 2003, 258 p. (in Russian).
12. Nemytov D.I. Qualified sprinters training process organization and orientation in orienteering. Pedagogiko-psihologicheskie i mediko-biologicheskie problemy fizicheskoj kul'tury i sporta [Pedagogical-psychological and medico-biological problems of physical culture and sports], 2014, vol. 9, no. 1, pp. 92-100. Available at: http://journal-science.org/en/article/17.html. DOI: 10.14526/23_2014_23.
13. Bakhtiyarova S.Zh. Methods of teaching athletics. – Uralsk, 2013. – 254 p.
14. Ongarbayeva D.T., Madieva G.B., Fundamentals of functional and physical training in athletics. – Almaty, 2013. – 83 p.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_261 UDC 378.048.2

The Content Analysis of the Educational Programs Components Aimed at Developing Research Skills Among Graduates in Engineering and Technical Fields

[1]*BAKINA Julia, Master's Degree, Senior Lecturer, vulyaa@mail.ru,
[1]SMIRNOVA Galina, Cand. of Ped. Sci., Associate Professor, smirnova_gm@mail.ru,
[1]GOTTING Valentina, Cand. of Ped. Sci., Associate Professor, gottingv@mail.ru,
[2]AKHMETOVA Nurlan, Dr. of Ped. Sci., Professor, nurlan.akhmetova@yandex.com,
[1]SHEBALINA Olga, Doctoral Student, Researcher, schebalina.olga@gmail.com,
[1]NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», N. Nazarbayev Avenue, 56, Karaganda, Kazakhstan,
[2]Jusup Balasagyn Kyrgyz National University, Frunze Street, 547, Bishkek, Kyrgyzstan,
*corresponding author.

Abstract. *The need to develop research skills among graduates in engineering and technical fields is being updated. In order to determine the effectiveness of preparing graduates for research activities, an analysis of educational programs was carried out to determine the components of educational programs that form research skills, which were formed in groups. The analysis of the results of educational programs showed that a significant part of the analyzed disciplines is focused on the formation of educational skills according to the methodology of the scientific research, and the other on conducting research work in professional activities. Despite the fact that educational programs have enough disciplines aimed at developing research skills, practice shows that when developing dissertation research, graduates are faced with the problem of developing the scientific apparatus of their research. To eliminate this contradiction, this research proposes certain ways to optimize the formation of research skills of graduates in engineering and technical fields.*

Keywords: *educational program, research skills, learning outcomes, analysis, dissertation research, scientific apparatus, master's students in engineering and technology.*

Introduction

Nowadays, modern production in Kazakhstan, based on modern technologies, needs specialists who are ready to implement innovations in the field of engineering and technology, the ability to solve complex cognitive problems, including conducting scientific research [1], as well as those capable of putting forward innovative ideas.

Today, there are 19 engineering and technical universities in Kazakhstan that train personnel for 477,204 industrial enterprises of various profiles (13.06.2022) according to relevant educational programs.

The analyzed opinions of employers published in the media and Internet resources show that university graduates entering production do not have sufficient skills to conduct research activities [2-7]. This suggests that during the process of studying at a university, it is necessary to focus on developing this skill.

In order to determine how effectively universities are preparing engineering and technical graduates for research activities, we analyzed 66 educational programs (EP) in 10 areas of training (7M061 – Information and Communication Technologies, 7M071 – Engineering, 7M072 – Manufacturing and processing industries, 7M073 – Architecture and construction, 7M075 – Standardization, certification and metrology according to industries, 7M112 – Hygiene and safety in production, 7M113 – Transport services, 7M041 – Business and management, 7M053 – Physical and chemical sciences, 7M051 – Biological and related sciences), which are currently being implemented in 5 universities of the Republic of Kazakhstan, the subject of the content of com-

ponents that form research skills.

5 technical universities in Kazakhstan were analyzed: Abylkas Saginov Karaganda Technical University; D. Serikbaev East Kazakhstan Technical University; K.I. Satpayev Kazakh National Research Technical University; M. Auezov South Kazakhstan University; Zhangir Khan West Kazakhstan Agricultural-Technical University.

Research methods

Based on data from the website of the Unified Higher Education Management System of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (UHEMS), the content analysis method was used to determine the research focus of master's degree programs across universities [8]. The type of content analysis used made it possible to take into account both quantitative and qualitative characteristics of the presented content of educational programs.

The results of the analysis showed that in all Educational programms, according to the structure of the master's educational program in the scientific and pedagogical direction (Appendix 1 to the State General Educational Standard for graduate education (hereinafter referred to as SGESPE), there is:

- discipline «History and Philosophy of Science» (4 credits) of the university component of the cycle of basic disciplines;
- research practice (12 credits);
- research work of a master's student includes an internship and a master's thesis (24 credits);
- preparation and defense of a master's thesis (8 credits).

Scientific results

When analyzing educational programs, the components of EP were identified (history and philosophy of science, experimental planning, fundamentals of scientific research, organization and planning of experiments, research work, research practice, research methodology, organization and planning of scientific research and innovation activities, etc.) forming research skills and corresponding learning outcomes.

The identified learning results were combined into 9 groups:

1. The results are focused on the implementation of research activities from the standpoint of scientific knowledge, philosophical and scientific thought, the culture of scientific thinking, moral and ethical values, norms of intercultural communication (have knowledge of methods of scientific knowledge, methods of philosophical problems of science; apply a philosophical worldview and approach to research work, principles and laws of philosophical thinking in the field of scientific research; analyze the main ideological and methodological problems arising in science at the present stage of its development, evaluate various facts and phenomena, based on the provisions and categories of the philosophy of science, apply knowledge of social and ethical aspects, moral, normative and value problems of philosophical and scientific thought in scientific research and teaching activities; conduct research work based on a philosophical and methodological base; carry out intercultural communication in production and scientific and pedagogical activities; to form a culture of scientific thinking, developing analytical abilities and research skills).

2. The results are focused on the application of scientific research methodology for planning, organizing, carrying out research work and professional teaching activities, analyzing and interpreting research results, including interdisciplinary ones (know the methodology and modern trends in scientific knowledge; principles and structure of the organization scientific activity; analyze information from various sources, conduct independent research characterized by academic integrity, based on modern theories and methods of analysis; develop, formulate their own new scientific ideas, expanding the boundaries of scientific knowledge, apply appropriate methods of analysis, both qualitative and quantitative; apply the methodology of scientific knowledge, the principles and structure of the organization of scientific activity; apply knowledge of the methodology of scientific research to carry out research work and professional teaching activities using modern educational technologies and skills of academic integrity; apply knowledge in the field of research methodology and academic writing in the specialty; principles and structure of organizing experimental activities; be able to integrate knowledge gained within different disciplines).

3. The results are focused on the development of a scientific research apparatus, analysis of existing patterns, construction of research logic, analysis, synthesis and presentation of information (formulate the subject, object, purpose and objectives of scientific research, analyze phenomena and processes, evaluate patterns and trends, their impact on human development and society, have the ability and willingness to navigate the problem statement, apply knowledge of modern research methods, analyze, synthesize and critically summarize information).

4. The results are focused on the selection, application of research methods, their modification and development of new ones in ac-

cordance with modern research and practical problems (be able to select the necessary research methods, modify existing ones and develop new methods based on the objectives of a particular study; be able to formulate and solve modern research and practical problems, selecting rational methods and techniques of scientific research, the ability to carry out static processing of experimental data, carry out analysis, draw conclusions).

5. The results are focused on the application of scientific experiment methodology, analysis and interpretation of results based on modern data processing methods, analysis and application of experimental results in the development and design of optimal methods for managing technical scientific objects (analyze and discuss the results of independent experimental and theoretical studies in the development designing optimal methods for managing technical scientific objects; collect and competently process experimental and statistical data, conduct scientific research using modern methods of mathematical analysis; choose research methods, plan and conduct the necessary experiments, interpret the results and draw conclusions; master the methodology of scientific experiment, basic concepts, method of processing experimental results; conduct scientific experiments using modern research equipment and instruments, evaluate research results; plan laboratory and production experiments and evaluate their results in relation to the problem being solved; have the ability to analyze basic ideological and methodological problems).

6. The results are focused on the use of modern software, information technologies for collecting, processing, storing and presenting the results of scientific research, their further application in professional activities, on the analysis and synthesis of scientific and technical information using information technologies, means of foreign language communication, planning and implementation complex and interdisciplinary research based on a holistic systemic worldview in the field of history and philosophy of science, analyze, critically comprehend and present information, search for scientific and technical information; acquire new knowledge, including with the help of information technology; apply advanced methods of scientific and applied research to quickly solve current and future scientific and production problems in the metallurgical industry; analyze and summarize scientific and technical information using information resources, using knowledge of a foreign language, plan and carry out complex and interdisciplinary research based on a holistic systemic worldview in the field of history and philosophy of science; integrate knowledge to organize, plan and conduct scientific research; use in practice skills and abilities in organizing research and design work; have the skills to conduct scientific work using modern computer technologies; acquire skills in research activities, timely identification of problematic issues arising during production and research work, identification of rational ways to solve them).

7. The results are focused on conducting scientific research taking into account interdisciplinary content (carry out complex research, including interdisciplinary, based on a holistic systemic scientific worldview; design and carry out complex and interdisciplinary research based on a holistic systemic scientific worldview using knowledge in the field of history and philosophy of science; apply acquired knowledge and skills to analyze problems in interdisciplinary related fields of knowledge).

8. The results are focused on conducting research within the framework of professional activity (carry out experimental research; carry out research work within the framework of professional activity; identify the main problems in the field of philosophy and describe the role of scientific methodology; describe modern relevant methodological, methodological problems in the field of IT).

9. A group of the results is focused on the analysis, testing and presentation of scientific research in the professional scientific community (systematize and analyze the results of scientific research, summarize them in scientific papers, patents and reports and test them at conferences, forums, congresses in the domestic and international scientific community; carry out experimental research, justify its results in discussion with specialists and other interested parties; carry out experimental research, justify research results in discussion with specialists and a wider audience, professionally present creative processes).

An analysis of 66 educational programs showed that:

- 41 of them contain disciplines focused on planning, organizing, managing and processing scientific research; Experimental planning; basics of scientific research, organization and planning of experiments; Planning and management of scientific and innovative activities; Organization and planning of scientific research and innovation activities; Planning and management of scientific and innovative activities; in visualization of scientific research; theory of experiment; Research methods and data analysis; Organization and planning of scientific research; theory of modeling a scientific experiment; Theory and technique of scientific experiment; Neoria of modeling and scientific experiment; Planning and management of sci-

entific and innovative activities; Processing of experimental data.

25 educational programs define disciplines in which scientific research is related to the professional direction of training (Methodology of scientific research in the field of construction; Fundamentals of supporting scientific research and inventive activity; Mathematical modeling and processing of experimental results; Methodology of scientific research in biotechnology; Methodology of scientific research in the field of construction; Automation scientific research; methodology of scientific research in chemical technology.

Conclusions

Analysis of the results of the EP showed that 62% of the analyzed disciplines were focused on the formation of knowledge of the methodology of scientific research and 38% on the formation of educational skills of the research process in professional activities.

A detailed analysis of the results of disciplines of a scientific research nature showed that their content presents topics on the methodological apparatus of scientific research, but practice shows that when developing dissertation research, that graduates are faced with the problem of developing the scientific apparatus of their research. And it is known, that starting point of the research and 50% of the scientific work success are determined by a properly designed scientific apparatus.

We have identified the ways to optimize the formation of the research skills of graduates in engineering and technical fields:

1. Conducting a methodological seminar, within the framework of which the initial level of preparedness for research will be determined using questionnaires and testing.

2. Conducting optional classes on designing the scientific apparatus of the dissertation research.

3. The constructor implementation for developing the scientific apparatus of dissertation research, and its testing in elective classes.

4. Conducting a training seminar on the development of a scientific apparatus for dissertation research on an approved topic.

The methodological seminar is theoretically oriented and covers the main sections of the research activities.

Conducting optional classes on designing a scientific apparatus for dissertation research, structure development, conducting a training seminar on developing a scientific apparatus for dissertation research is practice-oriented, and their goal is to develop research skills in developing a scientific apparatus for dissertation research.

The planned activities, in our opinion, will optimize the process of developing the readiness of graduates to conduct their own scientific research at the stage of designing the methodological apparatus of scientific research within the framework of a master's thesis.

REFERENCES

1. Kakie navyki neobhodimy dlya uspeshnoj kar'ery v blizhajshem budushchem: elektronnyj resurs https://forbes.kz/process/tsifrovoy_vseobuch_1632471651/ (data obrashcheniya 12.01.2024).
2. Vypuskniki kazahstanskih vuzov ne ustraivayut rabotodatelej kachestvom znanij: elektronnyj resurs https https://www.caravan.kz/news/vypuskniki-kazakhstanskikh-vuzov-ne-ustraivayut-rabotodatelejj-kachestvom-znanijj-349729/ (data obrashcheniya 10.08.2023).
3. Rabotodateli Kazahstana obespokoeny kvalifikaciej vypusknikov vuzov: elektronnyj resurs https https://www.youtube.com/watch?v=-bZucPtzbRA (data obrashcheniya 07.01.2024).
4. Vestnik Sibirskogo instituta biznesa i informacionnyh tekhnologij № 3 (23) 2017. M.A. Fedorova, M.V. Cyguleva Predstavlenie rabotodatelya o znachimyh nauchno-issledovatel'skih kompetenciyah vypusknikov inzhenernyh vuzov.
5. Akcent na obrazovanii: elektronnyj resurs https https://www.instagram.com/p/Cwe9SGutWiU/ (data obrashcheniya 15.09.2023).
6. Pochemu mnogie vypuskniki kazahstanskih vuzov ne rabotayut po special'nosti: elektronnyj resurs https://ustinka.kz/kazakhstan/society/77070.html (data obrashcheniya 15.09.2023).
7. Osobennosti ocenivaniya issledovatel'skih navykov obuchayushchihsya v sisteme integral'nogo GPA: elektronnyj resurs https://enic-kazakhstan.edu.kz/files/1661492653/zhakupova-aygul.pdf (data obrashcheniya 06.09.2023).
8. Reestr obrazovatel'nyh programm: elektronnyj resurs https://epvo.kz/#/register/education_program (data obrashcheniya 12.01.2024).

Инженерлік-техникалық бейіндегі магистранттардың ғылыми-зерттеу дағдыларын қалыптастыруға бағытталған білім беру бағдарламалары компоненттерінің мазмұнын талдау

[1]*БАКИНА Юлия Александровна, *магистр, аға оқытушы, vulyaa@mail.ru,*
[1]СМИРНОВА Галина Михайловна, *п.ғ.к., доцент, smirnova_gm@mail.ru,*
[1]ГОТТИНГ Валентина Владимировна, *п.ғ.к., доцент, gottingv@mail.ru,*
[2]АХМЕТОВА Нурлан Алымкуловна, *п.ғ.д., профессор, nurlan.akhmetova@yandex.com,*
[1]ШЕБАЛИНА Ольга Андреевна, *докторант, ғылыми қызметкер, schebalina.olga@gmail.com,*
[1]«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Н. Назарбаев даңғылы, 56, Қарағанды, Қазақстан,
[2]Жүсіп Баласағұн атындағы Қырғыз ұлттық университеті, Фрунзе көшесі, 547, Бішкек, Қырғызстан,
**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Қазіргі таңда инженерлік-техникалық бейіндегі магистранттардың ғылыми-зерттеу дағдыларын қалыптастыру қажеттілігі өзекті болуда. Жұмыста магистранттарды ғылыми-зерттеу қызметіне даярлаудың тиімділігін айқындау үшін топтар бойынша реттеліп жасалған ғылыми-зерттеу дағдыларын қалыптастыратын білім беру бағдарламаларының компоненттерін айқындау мақсатында берілген бағдарламаларға талдау жүргізілді. Білім беру бағдарламаларының нәтижелеріне жүргізілген талдау қарастырылған пәндердің едәуір бөлігі ғылыми зерттеу әдіснамасы бойынша магистранттардың білімін, іскерлігі мен дағдыларын қалыптастыруға бағытталғанын, ал пәндердің басқа бөлігі кәсіби қызметте ғылыми-зерттеу жұмыстарын жүргізуге бағытталғанын көрсетті. Білім беру бағдарламаларында ғылыми-зерттеу дағдыларын қалыптастыруға бағытталған пәндер жеткілікті болғанынымен, тәжірибе көрсеткендей, диссертациялық зерттеулерді әзірлеу кезінде магистранттар өз зерттеулерінің ғылыми аппаратын әзірлеу мәселесіне тап болады. Бұл мәселені шешудегі қайшылықты жою үшін жұмыста инженерлік-техникалық бейіндегі магистранттардың ғылыми-зерттеу дағдыларын қалыптастыруды оңтайландырудың белгілі бір жолдары ұсынылады.*

Кілт сөздер: *білім беру бағдарламасы, дайындық бағыттары, жұмыс берушілер, оқу нәтижелері, талдау, диссертациялық зерттеу, ғылыми аппарат, инженерлік-техникалық бейіндегі магистранттар, семинар, факультатив, сабақтар, дайындық.*

Анализ содержания компонентов образовательных программ ориентированных на формирование научно-исследовательских навыков у магистрантов инженерно-технического профиля

[1]*БАКИНА Юлия Александровна, *магистр, старший преподаватель, vulyaa@mail.ru,*
[1]СМИРНОВА Галина Михайловна, *к.п.н., доцент, smirnova_gm@mail.ru,*
[1]ГОТТИНГ Валентина Владимировна, *к.п.н., доцент, gottingv@mail.ru,*
[2]АХМЕТОВА Нурлан Алымкуловна, *д.п.н., профессор, nurlan.akhmetova@yandex.com,*
[1]ШЕБАЛИНА Ольга Андреевна, *докторант, научный сотрудник, schebalina.olga@gmail.com,*
[1]НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан,
[2]Кыргызский национальный университет имени Жусупа Баласагына, ул. Фрунзе, 547, Бишкек, Кыргызстан,
**автор-корреспондент.*

Аннотация. *Актуализируется необходимость формирования научно-исследовательских навыков у магистрантов инженерно-технического профиля. С целью определения эффективности подготовки магистрантов к научно-исследовательской деятельности проведен анализ образовательных программ на предмет определения компонентов образовательных программ, формирующих научно-исследовательские навыки, которые были сформированы по группам. Проведенный анализ результатов образовательных программ показал, что значительная часть проанализированных дисциплин ориентированы на формирование ЗУНов по методологии научного исследования, а другая – на проведения*

научно-исследовательской работы в профессиональной деятельности. Несмотря на то, что в образовательных программах достаточно дисциплин ориентированных на формирование научно-исследовательских навыков, практика показывает, что при разработке диссертационных исследований, магистранты сталкиваются с проблемой разработки научного аппарата своего исследования. Для устранения этого противоречия предлагаются определённые пути оптимизации формирования научно-исследовательских навыков магистрантов инженерно-технического профиля.

Ключевые слова: *образовательная программа, направления подготовки, работодатели, результаты обучения, анализ, диссертационное исследование, научный аппарат, магистранты инженерно-технического профиля, семинар, факультатив, занятия, готовность.*

REFERENCES

1. Kakie navyki neobhodimy dlya uspeshnoj kar'ery v blizhajshem budushchem: elektronnyj resurs https://forbes.kz/process/tsifrovoy_vseobuch_1632471651/ (data obrashcheniya 12.01.2024).
2. Vypuskniki kazahstanskih vuzov ne ustraivayut rabotodatelej kachestvom znanij: elektronnyj resurs https https://www.caravan.kz/news/vypuskniki-kazakhstanskikh-vuzov-ne-ustraivayut-rabotodatelejj-kachestvom-znanijj-349729/ (data obrashcheniya 10.08.2023).
3. Rabotodateli Kazahstana obespokoeny kvalifikaciej vypusknikov vuzov: elektronnyj resurs https https://www.youtube.com/watch?v=-bZucPtzbRA (data obrashcheniya 07.01.2024).
4. Vestnik Sibirskogo instituta biznesa i informacionnyh tekhnologij № 3 (23) 2017. M.A. Fedorova, M.V. Cyguleva Predstavlenie rabotodatelya o znachimyh nauchno-issledovatel'skih kompetenciyah vypusknikov inzhenernyh vuzov.
5. Akcent na obrazovanii: elektronnyj resurs https https://www.instagram.com/p/Cwe9SGutWiU/ (data obrashcheniya 15.09.2023).
6. Pochemu mnogie vypuskniki kazahstanskih vuzov ne rabotayut po special'nosti: elektronnyj resurs https://ustinka.kz/kazakhstan/society/77070.html (data obrashcheniya 15.09.2023).
7. Osobennosti ocenivaniya issledovatel'skih navykov obuchayushchihsya v sisteme integral'nogo GPA: elektronnyj resurs https://enic-kazakhstan.edu.kz/files/1661492653/zhakupova-aygul.pdf (data obrashcheniya 06.09.2023).
8. Reestr obrazovatel'nyh programm: elektronnyj resurs https://epvo.kz/#/register/education_program (data obrashcheniya 12.01.2024).

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_267 ӘОЖ 334.025

Білім беруді цифрландыру және трансформациялау жағдайында педагогтің кәсіби дамуы

[1]*ЖАНБАЕВА Ляззат Абдыкадыровна, *т.ғ.к., қауымдастырылған профессор м.а., liazka79@mail.ru,*
[2]АБИЛЬДИНА Айнур Шахизадина, *э.ғ.к., доцент,*
[3]САГИНТАЕВА Сауле Саветовна, *э.ғ.д., ф.-м.ғ.к., профессор,*
[4]АЛИМБАЕВА Жібек Арматовна, *студент,*
[1]«Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті» КеАҚ, Достық даңғылы, 13, Алматы, Қазақстан,
[2]«Ө.А. Байқоныров атындағы Жезқазған университеті» АҚ, Алашахан даңғылы, 1б, Жезқазған, Қазақстан,
[3]«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Н. Назарбаев даңғылы, 56, Қарағанды, Қазақстан,
[4]Назарбаев Университеті, Қабанбай батыр даңғылы, 53, Астана, Қазақстан,
**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Мақалада білім беруді цифрландыру және трансформациялау жағдайында заманауи педагогтің кәсіби дамуының тұжырымдамалық бағыттары қарастырылған, атап айтқанда, мектеп ұжымының біліктілігін арттырудың «әдістемелік абонемент» атаулы нысаны сондай-ақ тьюторлық желі-білім беру процесінің барлық субъектілеріне білім беру мен өзін-өзі тәрбиелеудің өзекті мәселелерін алқалы түрде шешетін, өз ісіне құмар кәсіби шеберлігі жоғары кәсіпқойлар қауымдастығы қарастырылады. Педагогтің цифрлық дағдыларын дамытуға, қолданыстағы кәсіби тапшылықтарды толтыруға қойылатын негізгі талаптар және білім берудегі цифрлық технологиялардың дамуын тежейтін қазіргі мектептегі негізгі қайшылықтар айқындалды. Мақаланың мақсаты – білім беруді цифрландыру және трансформациялау жағдайында қазіргі педагогтың кәсіби дамуының тұжырымдамалық бағытын анықтау. Зерттеу барысында келесі әдістер қолданылды: талдау мазмұны, синтез, салыстырмалы талдау.*

Кілт сөздер: *педагог, кәсіптік даму, білім беру, кәсіптік құзыреттілік, білім беруді цифрландыру, цифрлық білім беру ортасы, цифрлық технологиялар, білім беруді трансформациялау.*

Кіріспе

Жаңа цифрлық технологияларды дамыту және игеру білім беру жүйесіндегі бірінші кезектегі міндеттердің бірі болып табылады. Цифрландыру қазіргі заманғы мектепке білім беру процесін икемді ету, бүгінгі күннің шындығына бейімдеу, «цифрлық әлемде» бәсекеге қабілетті мамандарды қалыптастыру үшін объективті түрде қажет. Бұл ретте қазіргі заманғы ұрпақтың цифрлық дағдыларын, цифрлық мәдениетін қалыптастыру және жетілдіру бойынша ерекше жауапкершілік осындай технологияларды пайдалану деңгейі бойынша өз оқушыларынан едәуір артта қалған барлық педагогикалық қоғамдастыққа жүктеледі. Сондықтан қазіргі заманғы мектеп, мұғалім өз жұмысына цифрлық технологияларды кеңінен енгізу процесін қалай басқаруға болатындығын және жаңа технологиялар оқытуды қай бағытта өзгертетінін білуі керек. Қазіргі мұғалімге бұрынғыдан да жүйелі білім мен дағдылар, оның цифрлық мәдениетін анықтайтын және оқу процесінде жаңа технологияларды сенімді пайдалануға мүмкіндік беретін жаңа кәсіби құзыреттіліктер қажет.

Елімізде қалыптасқан жағдай қысқа мерзімді перспективада тиісті кадрларды даярлаудың тұжырымдамалық тәсілдерін жүйелі қайта қараусыз, мұғалімнің, цифрлық болашақ мұғалімінің кәсіби құзыреттеріне қойылатын талаптарды жаңартусыз қандай да бір серпінді өзгерістер туралы айтуға мүмкіндік бермейді.

Жаңа цифрлық технологиялармен жұмыс істей алмайтын, білім берудің жаңа мазмұнын, оқыту әдістемелерін, бағалаудың заманауи тәсілдерін білмейтін педагогтар ұсынылып отырған инновацияларды енгізуді, білім беруді трансформациялауда серпінді бағыттарды іске асыруды қамтамасыз ете алмайды.

Зерттеу әдістері

Зерттеудің әдіснамалық негізі қазіргі ғылымда кеңінен қолданылатын әртүрлі тәсілдер мен әдістер болып табылады. Мәселелерді зерттеу барысында зерттелетін мәселені құрамдас бөліктерге бөлуге және талдау кезінде алынған бөліктерді тұтастай біріктіруге мүмкіндік беретін талдау және синтез әдістері қолданылды. Зерттеу әдістерін қолдану білім беруді цифрландыру мен трансформациялаудың ғылыми тұжырымдамасын жалпылауға, зерттелетін мәселені анықтауға мүмкіндік берді.

Зерттеу нәтижелері

«Болашақ» мұғалімінің кәсіби дайындығымен қатар жаңа цифрлық білім беру контентін әзірлеу цифрлық экономиканың қалыптасуы жағдайында таяудағы жылдарға арналған қазіргі заманғы білім берудің негізгі міндеттерінің бірі болып табылады.

Ұлттық саясатты тиімді іске асыру және әлеуметтік-экономикалық дамудың жоспарланған нәтижелеріне қол жеткізу мақсатында қазіргі заманғы білім берудің тұжырымдамалық дамуын, оның ішінде цифрлық технологияларды жүйелі дамытуды, қызметтің көптеген басқа салаларында белсенді пайдаланылатын тиімді цифрлық құралдарды енгізуді қамтамасыз ету қажет [1].

Қазақстандағы білім беруді цифрландыру ұлттық бағдарламалардың [2] және заңдардың [3, 4] басым бағыттары негізінде білім беруді цифрландырудың жаһандық трендтерін ескере отырып әзірленген іс-шаралардың тұтас кешенін іске асыруды көздейді:

- бұлтты технологиялар, толықтырылған шындық шешімдері, бейнелеу технологиялары негізінде цифрлық оқу-әдістемелік кешендерді әзірлеу және енгізу;
- қашықтықтан білім беруді дамыту, жаппай онлайн білім беруді кеңейту курстары;
- жедел мүмкіндік беретін білім берудегі әлеуметтік желілерді дамыту;
- ақпарат алмасу, пайдаланушылардың жаңа қарым-қатынастарын қалыптастыруды, цифрлық қарым-қатынас дағдыларын игеруді қамтамасыз ету.

Қазақстан Республикасының 2007-2024 жылдарға арналған орнықты дамуға көшу тұжырымдамасын, «Цифрлық Қазақстан» мемлекеттік бағдарламасын, білім беруді цифрландыру жөніндегі Жол картасының іс-шаралар жоспарын іске асыру шеңберінде елде тиісті инфрақұрылым құрылды. Мәселен, мектептердің 98% Интернет желісіне қосылған, мектептердің 37% кең жолақты қолжетімділікке ие, компьютерлік техникамен қамтамасыз етілуі 1 компьютерге 16 оқушыны құрайды, республиканың 3450 мектебі мультимедиялық лингафондық кабинеттермен қамтамасыз етілген, 3571 мектеп интерактивті пәндік кабинеттермен жабдықталған. Педагогтар мен оқушылар қазақ, орыс және ағылшын тілдеріндегі барлық пәндерді қамтитын 30 мың электрондық сабақтар, тренажерлер, интерактивті жаттығулар, оқыту бейнелері мен анимациялық фильмдер топтамасы ұсынылған қазіргі заманғы білім беру контентінің ең ірі цифрлық кітапханасы BilimLand – белсенді пайдаланады. Еліміздегі барлық мектептер «Күнделік» жүйесіне қосылған, коворкингтерге ұқсас «Teacher's office» заманауи мұғалімдік жобасы іске қосылды, STEM – оқыту енгізілуде. Кітапхана қоры бойынша ақпаратты жүйелеуге және жинақтауға, әр оқу жылына әдебиеттерді сатып алуға орталықтандырылған тапсырысты қалыптастыруға арналған E-Kitaphana ақпараттық-аналитикалық жүйесі жұмыс істейді.

Осылайша, білім беру процесіне заманауи цифрлық ақпараттық коммуникативтік технологияларды (АКТ) енгізу, атап айтқанда, білім беру қызметінде бұлтты сервистерді қолдану алгоритмдерін меңгеру, жалпы және қосымша білім беру жүйелерінде онлайн оқыту үшін интерактивті модельдерді жобалау, онлайн курстарды негізгі білім беру бағдарламасына интеграциялау модельдері мен технологияларын пайдалану мәселелері ең өзекті болып айқындалды және біліктілікті арттыру шеңберінде одан әрі зерделеу үшін перспективалы [5].

Қазір өте қызықты құбылыс бар: мұғалімнің АКТ және цифрлық қызметтермен жұмыс жасауы кезінде кәсіби педагогикалық білімнің мағынасы жоқ, дидактикалық және әдістемелік құзыреттіліктер бірінші орынға шығады. Шын мәнінде, барлық пәндік білімді енді мұғалімнен тікелей емес, сандық көздерден, оқу платформаларынан, YouTube және т.б. алуға болады. Білім беру процесіне қол жеткізуді, ұйымдастыруды, басқаруды және қолдауды қамтамасыз ететін ақпараттық технологиялар, ресурстар, сервистер мен құралдар кешені әртүрлі нысандарда – цифрлық білім беру ортасы болып табылады, бұл цифрландыру және жаһандану жағдайында білім беруді дамытудың перспективалы және өзекті тұжырымдамасы. Ол білім беру процесінің сапасын, қолжетімділігін және тиімділігін арттыру, сондай-ақ XXI

ғасырдың негізгі құзыреттерін қалыптастыру үшін жаңа мүмкіндіктер ұсынады (сурет).

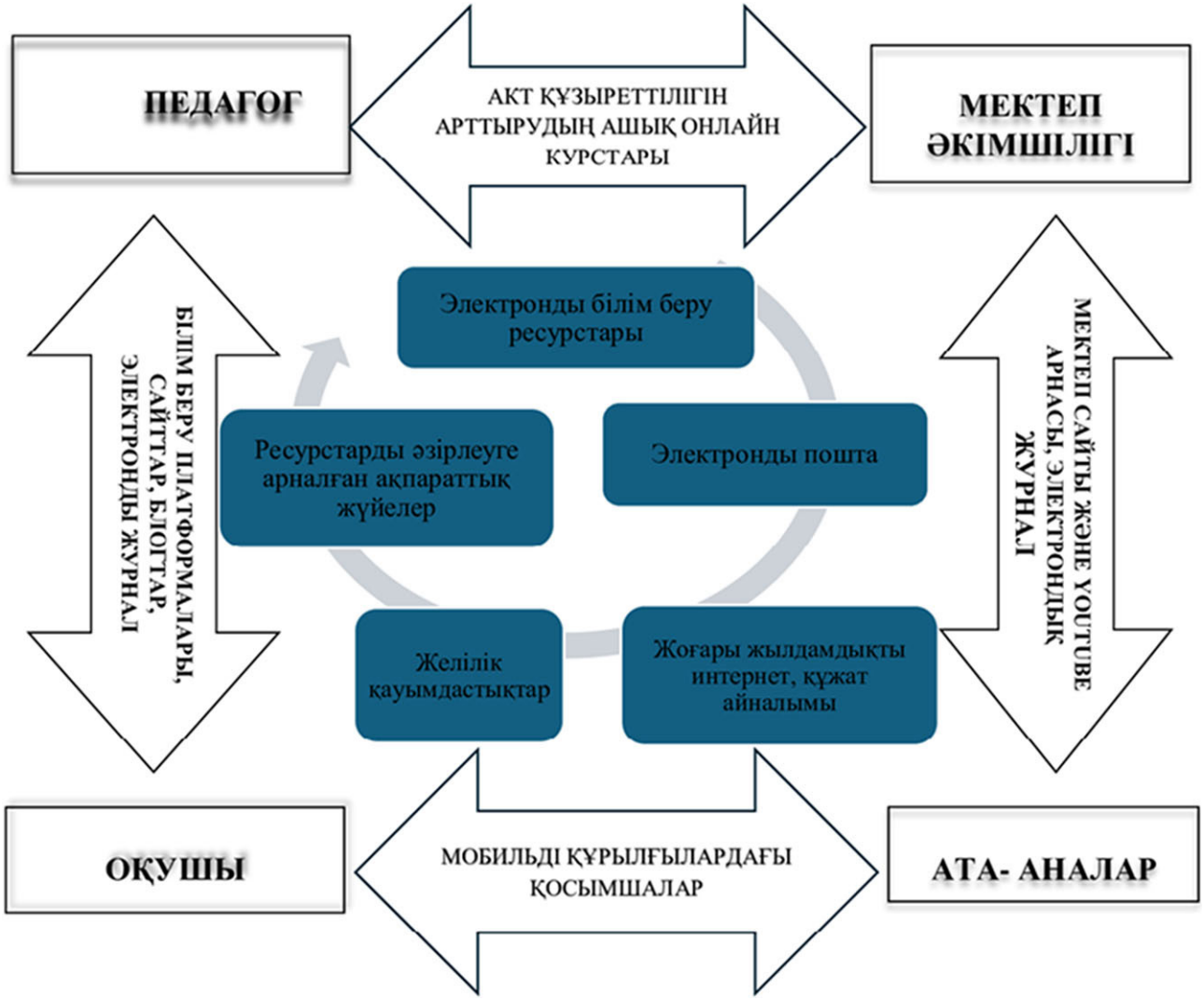
Сондай-ақ, 2030 жылға дейінгі Тұрақты даму мақсаттарының бірі жан-жақты және әділ сапалы білім беруді қамтамасыз ету және барлығына өмір бойы білім алу мүмкіндігін ынталандыру. Осы мақсатқа қол жеткізудің индикаторы – білікті мұғалімдер санының артуы, оның ішінде дамушы елдерде, әсіресе аз дамыған елдерде және шағын аралдық дамушы мемлекеттерде мұғалімдерді даярлаудағы халықаралық ынтымақтастық арқылы атап өтіледі. Бүгінгі таңда жаңартылған мазмұн бойынша біліктілігін арттырудан өткен Орта білім беру ұйымдарының педагог қызметкерлерінің үлесі олардың жалпы санынан 28,7% құрайды [6].

Қазақстанда педагогтар ҚР ҒЖБМ Республикалық қосымша білім беру оқу-әдістемелік орталығы әзірлеген бағдарламалар бойынша біліктілігін арттырудан өтеді. «Өрлеу» ұлттық біліктілікті арттыру орталығы еліміздің барлық облыс орталықтарында 16 филиал арқылы мемлекеттік тапсырыс негізінде біліктілікті арттыру курстарын өткізеді. Орталық жұмыс істеген кезде республиканың 715636 педагогы оқытылды.

Орталық қызметінің негізгі бағыттары:

- «эксклюзивті» мазмұндағы қосымша кәсіптік білім беру бағдарламаларын іске асыру;
- тағылымдама бағдарламаларын ұйымдастыру, сүйемелдеу және дамыту;
- кәсіби педагогикалық қоғамдастықтарды дамыту үшін алаңдардың қызметін қалыптастыру және сүйемелдеу;
- «көлденең оқыту» модельдерін енгізу;
- білім беру жобаларын іске асыру кезінде цифрлық технологияларды белсенді пайдалану.

Мұғалімдердің көпшілігі өз рөлдерінің өзгеруіне байланысты қиындықтарға тап болған кезде проблема туындайды: аудармашыдан және білімді тексерушіден модератор



Цифрлық білім беру ортасы

рөліне дейін, балаларға сандық медиа арқылы пәннің мазмұнын игеруге көмектеседі.

Қазіргі жағдайда мұғалімдердің тапшылығын жедел жою тұрғысынан тиімді, «әдістемелік абонемент» сияқты біліктілікті арттыру нысаны өзін дәлелдеді. Әдістемелік абонемент-бұл бүкіл мектеп ұжымының біліктілігін арттырудың атаулы нысаны, оның көмегімен білім беру ұйымында туындайтын қиындықтарды жедел шешуге және бүкіл педагогикалық топты бір уақытта оқытуға, мектепішілік, мектепаралық және өңірлік деңгейлердегі каскадтық модель негізінде педагогикалық ұжымның кәсібилігін арттырудың білім беру бағытын жобалауға болады.

Көптеген мұғалімдердің жас жетілуі сияқты маңызды факторды ескермеуге де болмайды. Отандық мұғалімдердің жасы мәселесі өте өткір, әсіресе ауылдық жерлерде. Мәселен, қазақстандық мұғалімнің орташа жасы – 41 жас, ал директорлардың – 48 жас. Қазақстанда ең көп мұғалімдер 36 жастан 49 жасқа дейін (54%), ең азы – 30 жасқа дейін (18,4%), қазақстандық мұғалімдердің үштен бірі (27%) 50 жастан асқан. Бұл мұғалімдердің кәсіби шеберлігінің қалыптасуы арнайы әдіс бойынша оқытудың үстемдігі дәуірінде болды. Нәтижесінде, бай кәсіби және өмірлік тәжірибе білім беру процесінің репродуктивті құрылысының үлгілерін, субъект – оның қатысушыларымен өзара әрекеттесудің объективті тәсілдерін әдеттегідей «ұсынады».

Ақпараттық ортада өмір сүретін оқушылар мен индустриалдыдан ақпараттық қоғамға «көшуде қалып қойған» мұғалімдердің өмірлік ұстанымдарында күрт алшақтық бар. Жаңа талаптарға сәйкес педагогикалық шеберліктің жоғары деңгейін ұстап тұру үшін өзін-өзі тәрбиелеу және өзін-өзі оқыту процестерін жобалай отырып, қайта даярлау, біліктілігін арттыру қажеттілігі мұғалімдерден регрессияны тудыратын ұзақ стресстік жағдайға батырып, уақытша, адами, ақпараттық және басқа ресурстарды қосымша жұмсауды талап етеді.

Осыған байланысты қосымша кәсіптік білім беру жаңа әлеуметтік жағдайларда мұғалімдердің дипломнан кейінгі білімінің тиімділігін қамтамасыз ететін тетіктерді іздеуді жүзеге асырады. Отандық және шетелдік тәжірибе көрсеткендей, мұндай механизм күндізгі және қашықтықтан тьюторлық сүйемелдеу бола алады. Тьютор өзінің жеке білім беру бағдарламасын, жеке және кәсіби дамудың дербес қызметін жобалау процесінде тьюторантты (оқушы, студент, педагог, біліктілікті арттыру курстарының тыңдаушысы және т.б.) сүйемелдеуді жүзеге асыратын Тьютор жеке тәсілді жүзеге асырады және даралау қағидатына сәйкес әрекет етеді.

Ақпарат теориясына сәйкес жылдам және сапалы кері байланысты, ақпаратты беру және түрлендіру сапасының тұрақтылығын педагогикалық қызметкерлерді, әртүрлі білім беру ұйымдарының, мекемелердің, министрліктердің, кәсіптік және қоғамдық бірлестіктердің мамандарын қамтитын тьюторлық желі қамтамасыз ете алады.

Тьюторлық желі – бұл білім беру процесінің барлық субъектілеріне білім беру мен өзін-өзі тәрбиелеудің өзекті мәселелерін алқалы түрде шешетін кәсіби шеберлігі жоғары өз ісіне құмар мамандар қауымдастығы [7].

Бұл ретте тьюторлық желі: жүйелік (оның қатысушылары арасындағы байланыстар саны қатысушылардың өздерінен жылдам артуы тиіс); мобильді (сыртқы және ішкі факторлар мен проблемаларға барабар және қысқа мерзімде жауап беруге дайын); тұрақты (қатысушылардың түзетулер енгізуі арқылы келісімді және тұтас болып қалуға, тез қалпына келуге және тәртіп күйіне келуге қабілетті қызмет) және өзін-өзі басқаратын (қатысушыларды бағыттайтын желі сыртқы бақылауға ғана емес, ішкі бақылауға да емес).

Осылайша, желілік қоғамдастықтың қызметі «оқытушы – тьютор – тьютор – оқушы» өзара іс-қимылының айтарлықтай жылдамдығымен және сапасымен қамтамасыз етіледі, бұл тұрақсыз тәуекел қоғамы жағдайында қиын жағдайда мұғалімнің педагогикалық шеберлігінің жоғары деңгейін ұстап тұру міндеті үшін тиімді жағдайлар жасауға мүмкіндік береді.

Бірлескен педагогикалық жобадағы тиімділік оның авторларының: қосымша кәсіптік білім беру жүйесінің педагогтары, мұғалім-тьюторлар, тьютор-тьюторлар жұмысының кешенділігімен, үйлесімділігімен және маңызды мәселелерді шешуді бірлесіп жобалаумен қамтамасыз етіледі. Бұл одақ неғұрлым тұрақты болса, бүкіл процестің тиімділігі соғұрлым жоғары болады.

Қорытынды

Цифрлық трансформация білім беру жүйесі оқу-тәрбие процесінің педагогикалық теориясы мен практикасындағы елеулі өзгерістермен қатар жүреді. Дәстүрлі білім бұрынғыдай бола алмайды, өйткені қоғамдық салалардағы өзгерістер тез жүріп жатыр және ақпарат ағыны артып келеді. Білім берудің жаңа тәсілі балалардың оқуға деген ынтасын арттыруға, білім беру процесінің тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Электронды платформалардың көпшілігі оқу жетістіктерін бағалау құралы болып табылады, білім алушылар интерактивті жаттығулар мен тест тапсырмаларын ұсынады. Жекелеген платформалар мұғалімге білім алушы-

лардың электронды ортадағы жұмысының статистикасын, оның әр түрлі деңгейдегі тапсырмаларды орындау жөніндегі қызметіне мониторингті ұсынады. Білім алушылардың дербес оқу қызметін ұйымдастырудың тиімді тәсілі және сонымен бірге қалыптастырушы бағалау құралы оқушының іс-әрекетін, оның хоббиі мен жетістіктерін талдауға мүмкіндік беретін портфолио болып табылады. Осылайша, цифрлық ресурстар мұғалімнің шығармашылық жұмысты цифрлық түрде құру сияқты инновациялық түрін қолдауға бағытталған, ол қазіргі уақытта мұғалімнің қағаз түрінде сабақ әзірлемелерін жасау жөніндегі дәстүрлі іс-әрекетін алмастырады. Өз сабағына цифрлық ресурстарды таңдайтын мұғалім өзі тапқан материалдарды өз бетінше бағалай отырып, сарапшы-тәлімгер ретінде әрекет етуі керек және сабақта тек негізгі мазмұндық-әдістемелік және дизайн-эргономикалық талаптарға сай келетіндерді ғана қолдануы керек.

Мұғалім оқушылардың не істей алатындығын білуі керек, сонымен қатар ол АКТ-ны қолдану мәдениетін, білім беру процесінде мағыналы қолдануды және білім беру процесін құру әдістемесіне енгізуді қалыптастыруы керек, ол бұрын үлестірмелі дидактикалық материалды немесе тапсырмалары бар сараланған карталарды қолданған сияқты.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Колыхматов, В.И. Значение цифровых технологий в профессиональном развитии педагога. СПб, 2019. 50-55 с.
2. «Қазақстан Республикасында жағары білімді және ғылымды дамытудың 2023-2029 жылдарға арналған тұжырымдамасы». ҚР Үкіметінің 28.03.2023 жылғы № 248 қаулысымен бекітілген https://adilet.zan.kz/kaz/docs/P2300000248
3. Қазақстан Республикасының «Білім туралы» Заңы 27.07.2007ж. № 319-III. (18.05.2024ж. өзгертулер мен толықтырулармен) https://adilet.zan.kz/kaz/docs/Z070000319
4. Қазақстан Республикасының «Педагог мәртебесі туралы» Заңы 27.12.2019ж. № 293-VI ҚРЗ https://adilet.zan.kz/kaz/docs/Z1900000293
5. Педагогтердің біліктілігін арттыру курстарын ұйымдастыру және жүргізу, сондай-ақ педагогтің қызметін курстан кейінгі қолдау қағидаларын бекіту туралы. ҚР ҒжБМ 28.01.2016ж. № 95 бұйрығы.
6. Қазақстан Республикасы Стратегиялық жоспарлау және реформалар агенттігінің ұлттық статистика бюросы https://www.stat.gov.kz
7. Власенко С.В., Чемоданова Г.И. Организация тьюторского сопровождения проектной деятельности педагогов в системе повышения квалификации // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Педагогика, психология. – 2013. – № 3 (14). 275-278 с.

Профессиональное развитие педагога в условиях цифровизации и трансформации образования

[1]*ЖАНБАЕВА Ляззат Абдыкадыровна, *к.т.н., и.о. ассоциированного профессора, liazka79@mail.ru,*
[2]АБИЛЬДИНА Айнур Шахизадина, *к.э.н., доцент,*
[3]САГИНТАЕВА Сауле Саветовна, *д.э.н., к.ф.-м.н., профессор,*
[4]АЛИМБАЕВА Жибек Арамановна, *студент,*
[1]НАО «Казахский национальный педагогический университет имени Абая», пр. Достык, 13, Алматы, Казахстан,
[2]АО «Жезказганский университет имени О.А. Байконурова», пр. Алашахана, 1б, Жезказган, Казахстан,

[3]НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова»,
пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан,
[4]Назарбаев Университет, пр. Кабанбай батыра, 53, Астана, Казахстан,
*автор-корреспондент.

Аннотация. *В статье рассмотрены концептуальные направления профессионального развития современного педагога в условиях цифровизации и трансформации образования, в частности, именная форма повышения квалификации школьного коллектива «методический абонемент», а также тьюторская сеть-сообщество профессионалов высокого профессионального мастерства, увлеченных своим делом, коллегиально решающих актуальные вопросы образования и самообразования для всех субъектов образовательного процесса рассматривается. Выявлены основные требования к развитию цифровых навыков педагога, восполнению существующих профессиональных дефицитов и основные противоречия в современной школе, сдерживающие развитие цифровых технологий в образовании. Целью научной статьи было определение концептуального направления профессионального развития современного педагога в условиях цифровизации и трансформации образования. В ходе исследования были использованы следующие методы: содержание анализа, синтез, сравнительный анализ.*

Ключевые слова: *педагог, профессиональное развитие, образование, профессиональная компетентность, цифровизация образования, цифровая образовательная среда, цифровые технологии, трансформация образования.*

Professional Development of a Teacher in the Context of Digitalization and Transformation of Education

[1]***ZHANBAYEVA Lyazzat,*** *Cand. of Tech. Sci., Acting Associate Professor, liazka79@mail.ru,*
[2]***ABILDINA Ainur,*** *Cand. of Econ. Sci., Associate Professor,*
[3]***SAGINTAEVA Saule,*** *Dr. of Econ. Sci., Cand. of Phys. and Math. Sci., Professor,*
[4]***ALIMBAEVA Zhibek,*** *Student,*
[1]*NPJSC «Abai Kazakh National Pedagogical University», Dostyk Avenue, 13, Almaty, Kazakhstan,*
[2]*JSC « Zhezkazgan University named after O.A. Baikonurov», Alashakhan Avenue, 1b, Zhezkazgan, Kazakhstan,*
[3]*NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», N. Nazarbayev Avenue, 56, Karaganda, Kazakhstan,*
[4]*Nazarbayev University, Kabanbay Batyr Avenue, 53, Astana, Kazakhstan,*
**corresponding author.*

Abstract. *The article discusses the conceptual directions of professional development of a modern teacher in the context of digitalization and transformation of education, in particular, the nominal form of professional development of the school staff «methodological subscription», as well as the tutor Network – a community of professionals with high professional skills who are passionate about their business, collegially solving topical issues of education and self-education for all subjects of the educational process. The main requirements for the development of digital skills of a teacher, filling existing professional deficits and the main contradictions in a modern school that inhibit the development of digital technologies in education are identified.The purpose of the scientific article was to determine the conceptual direction of professional development of a modern teacher in the context of digitalization and transformation of Education. In the course of the study, the following methods were used: analysis content, synthesis, comparative analysis.*

Keywords: *pedagogue, professional development, education, professional competence, digitalization of education, digital educational environment, digital technologies, transformation of Education.*

REFERENCES

1. Kolykhmatov, B.I. Knowledge of digital technologies in professional development teacher. Saint Petersburg, 2019. Pp. 50-55.
2. «Concept of development of education and science in the Republic of Kazakhstan for 2023-2029». Approved by the resolution of the government of the Republic of Kazakhstan dated 28.03.2023. No. 248 https://adilet.zan.kz/kaz/docs/P2300000248
3. The Law of the Republic of Kazakhstan «on Education» dated 27.07.2007. No. 319-III. (with amendments and additions dated 18.05.2024) https://adilet.zan.kz/kaz/docs/Z070000319
4. law of the Republic of Kazakhstan «on the status of a teacher» dated 27.12.2019. No. 293-VI kr https://adilet.zan.kz/kaz/docs/Z1900000293
5. on approval of the rules for organizing and conducting advanced training courses for teachers, as well as Post-course support for the teacher's activities. Order of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan dated 28.01.2016. No. 95.
6. Bureau of national statistics of the agency of the Republic of Kazakhstan for Strategic Planning and reforms https://www.stat.gov.kz
7. Vlasenko S. V., Chemodanova G. I. Organization of tutor support of teachers in the system of improving qualification // vector of Sciences of the Tolyatti State University. Series: pedagogy, psychology. – 2013. – No. 3 (14). Pp. 275-278.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_274 ӘОЖ 378

Arduino-ны білім беру мақсатында қолдану

[1]**ДИЯРОВА Лунара Бакытжановна,** *магистр, аға оқытушы, lunara.diyarova@mail.ru,*
[1]**АБУОВА Жанаргуль Мукамбетжановна,** *магистр, аға оқытушы, zhanargul81@mail.ru,*
[1]***БАИГУБЕНОВА Сая Кубаидоллиевна,** *магистр, аға оқытушы, saya_bsk@mail.ru,*
[1]**КАМАЛОВА Гаухар Абдумуталиповна,** *ф.-м.ғ.к., доцент, gokhakam@gmail.com,*
[1]«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Жәңгір хан көшесі, 51, Орал, Қазақстан,
**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Білім алушылардың Arduino көмегімен роботтық қондырғыларды жобалауы, құрастыру мүмкіндіктері, сонымен қатар Arduino-ны оқу үрдісіне енгізу, практикалық сабақтарды өткізу және жобаларды дайындау әдістері талқыланады. Arduino – білім алушыларды робототехника және бағдарламалау әлеміне енгізудің қолжетімді және оңай жолын ұсынатын интерактивті жобаларды құруға арналған ашық платформа. Arduino-ны білім беру үрдісінде қолдану білім алушылардың мотивациясын арттырып, электроника және бағдарламалау тұжырымдамаларын терең зерттеп қана қоймай, оларға әртүрлі оқу жобалары мен робототехникалық құрылымдарды құру арқылы іс жүзінде пайдалануға мүмкіндік береді. Arduino қазіргі технология әлемінде білім алушылардың шығармашылық, инженерлік ойлау және практикалық дағдыларын дамытуды ынталандыратын күшті құрал болып табылады. Зерттеудің мақсаты – Arduino-ны білім беру саласында қолданудың, платформаны заманауи оқу үрдісіне біріктірудің тиімді әдістерін анықтау және білім алушылардың дамуына әсерін бағалаудың негізгі бағыттарын айқындау. Зерттеудің өзектілігі Arduino платформасының заманауи білім берудегі рөлі мен маңыздылығын анықтау қажеттілігімен байланысты және қазіргі ақпараттық қоғамда маңызды болып табылатын сыни ойлауды, мәселелерді шешуге шығармашылық көзқарасты және ынтымақтастық дағдыларын дамытуға ықпал ететін негізгі бағыттарын анықтау тәсілі қолданатындығымен анықталады. Зерттеудің жаңалығы Arduino платформасын білім беру мақсатында қолданудың кешенді шолуын, оқу үрдісінде қолданудың әртүрлі аспектілерін қамтиды. Сонымен қатар Arduino-ның цифрлық құзыреттілік элементтерін қалыптастыру және болашақ техника мен технология мамандарын даярлаудағы маңыздылығына баса назар аударады. Ұсынылған мақалада қолданылатын платформаның мақсаты мен міндеттері, олардың қолдану тиімділігі атап айтылған.*

Кілт сөздер: *Arduino, платформа, микроконтроллер, датчик, Tinkercad, электроника, робототехника, бағдарламалау.*

Кіріспе

Технологияның қарқынды дамуы мен білім беруді цифрландыру дәуірінде тиімді және интерактивті оқытуға ықпал ететін құралдар дамыған сайын маңызды бола түсуде. Білім беру үрдісіне жаңа мүмкіндіктер әкелетін осындай инновациялық құралдардың бірі – Arduino технологиясы. Arduino – салада ғана емес, білім беруде де белсенді қолданылатын интерактивті электронды құрылғыларды құруға арналған платформа.

Қазіргі уақытта технологияны оқу үрдісінде қолдануға қызығушылық артып келеді және Arduino электроника, бағдарламалау және робототехника негіздерін практикалық оқытудың бірегей мүмкіндіктерін ұсынады. Қарастырылған тақырып білім алушыларды цифрлық экономика мен технологиялық инновацияларға дайындау аясында да, Arduino-ны білім беру мақсатында қолдануға арналған мақала білім алушылардың техникалық дағдыларын дамыту мен оқытудың заманауи әдістерін зерттеуде де өзекті [2].

Arduino-мен жұмыс істеу кезінде алынған практикалық тәжірибе білім алушыларға әртүрлі құрылғылардың жұмыс принциптерін жақсы түсінуге көмектеседі. Сонымен қатар, Arduino-ны физика, математика, информатика және дизайн сияқты әртүрлі пәндік салаларда қолдануға болады. Arduino платформасы әртүрлі жобаларды жасауға мүмкіндік беретін датчиктер мен модульдердің кең таңдауын ұсынады. Ол арқылы ақылды құрылғылар, роботтар, датчиктер жасауға болады. Arduino-ны үйрену білім алушыларды командада жұмыс істеуге үйретеді, өйткені

күрделі жобаларды құру көбінесе бірлескен күш-жігерді қажет етеді. Бұл оларды ұжымдағы болашақ жұмысқа дайындайды.

Зерттеу әдістері

Зерттеуде Arduino технологиясының әртүрлі әдістері мен тәсілдерін қолдана отырып, білім беру мақсатында қолдануға талдау жасалды. Зерттеу мақсатына жету үшін келесі материалдар мен әдістер қолданылды:

- әдеби шолу: Arduino-ны білім беруде қолдануға байланысты мақалалар, кітаптар мен академиялық басылымдарды қоса алғанда, ғылыми әдебиеттерге кең талдау жасалды. Бұл шолу Arduino-ны оқу үрдісінде қолдануға қатысты көптеген тақырыптарды, соның ішінде оқыту әдістемелерін, педагогикалық стратегияларды және Arduino-ны әртүрлі білім беру бағдарламаларына сәтті интеграциялау мысалдарын қамтуға мүмкіндік береді.

- эксперименттік зерттеулер: оқу мақсатында Arduino көмегімен эксперименттік зерттеулер жүргізілді.

- бағдарламалық қамтамасыздандыруды талдау: білім беру мақсатында Arduino-мен жұмыс істеуге болатын бағдарламалық қамтамасыздандыруды зерттеу жүргізілді. Бұған әр бағдарламалық өніммен байланысты білім беру ресурстарының функционалдығын, пайдаланудың қарапайымдылығын және мүмкіндіктерін бағалау қарастырылды.

Сонымен, осы әдістер мен материалдардың жиынтығынан Arduino-ны білім беру мақсатында қолдануды жан-жақты талдау және оқу үрдісінде тиімділігі мен маңыздылығын байқауға болады.

Tinkercad-тағы Arduino – бұл физикалық компоненттерді қажет етпестен Arduino жобаларын модельдеу және бағдарламалау мүмкіндігін беретін виртуалды орта. Tinkercad-та электронды компоненттерді Arduino тақтасына байланыс схемаларын құруға, олардың функционалдығын виртуалды ортада бағдарламалауға және тексеруге болады. Tinkercad Arduino жобаларында қолдануға болатын әртүрлі датчиктерді, жарықдиодты шамдарды, қозғалтқыштарды, резисторларды және электрондық компоненттер кітапханасын ұсынады. Сонымен қатар, Tinkercad Arduino тіліне негізделген блоктық бағдарламалауды қолдана отырып, кіріктірілген веб-интерфейспен Arduino бағдарламалау мүмкіндігін ұсынады. Бұл пайдаланушыларға қосымша бағдарламалық қамтамасыздандыруды орнатпай, скетчтер (Arduino бағдарламалары) жасауға мүмкіндік береді [3].

Tinkercad-тағы Arduino, оның сыртқы компоненттер арасындағы өзара әрекеттесунің модельдеуін қолдайды, пайдаланушыларға өз жобаларын физикалық іске асырылғанға дейін тексеруге және күйін келтіруге болады. Arduino-да бағдарламалау тілі C/C++-қа негізделген, бірақ жеңілдетілген синтаксисі бар (бағдарламалау тілдеріндегі грамматикалық ережелер) және оны үйрену оңай.

Қазір әлемдегі ең танымал CAD жүйелері компаниясына тиесілі Tinkercad онлайн қызметі – Autodesk құрылғыларды әзірлеу технологиясын оқыту және меңгеру тұрғысынан басқа платформаларға қарағанда бірқатар артықшылықтарға ие:

- онлайн платформа, жұмыс істеу үшін браузер мен тұрақты интернеттен басқа ештеңе қажет емес;

- электрондық схемаларды визуалды түрде құруға арналған ыңғайлы графикалық редактор;

- көптеген танымал электронды компоненттердің алдын-ала орнатылған модельдер жиынтығы, компоненттердің түрлері бойынша сұрыпталған;

- жасалған виртуалды құрылғыны виртуалды қуат көзіне қосуға және оның қалай жұмыс істейтінін бақылауға болатын электрондық схема симуляторы;

- датчиктер мен сыртқы әсер ету құралдарының симуляторы. Датчиктердің көрсеткіштерін жүйенің оларға қалай әсер ететінін бақылау арқылы өзгертуге болады;

- порт мониторы және қадамдық жөндеу мүмкіндігі бар Arduino кіріктірілген редакторы;

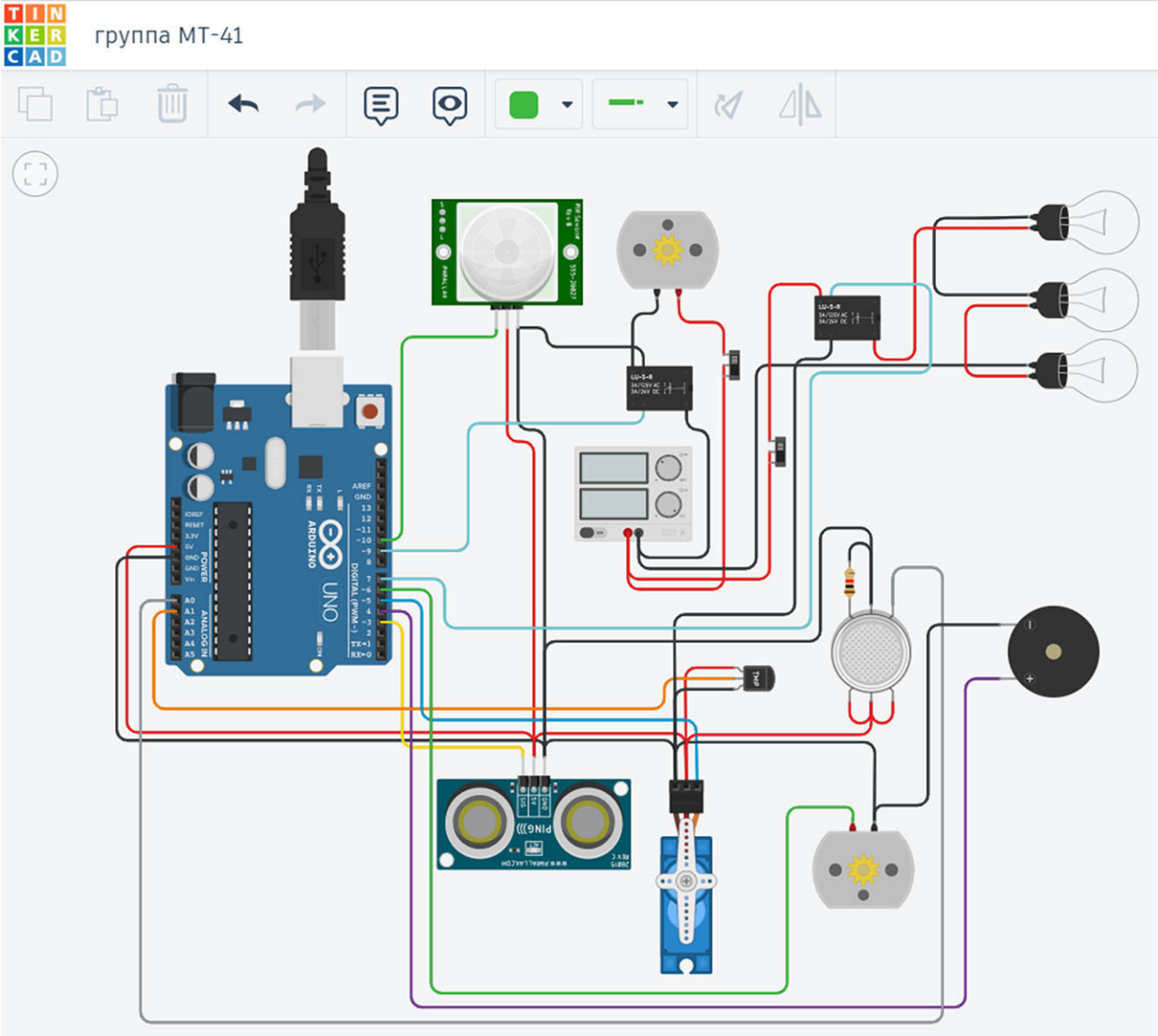
- Arduino визуалды код редакторы [4].

Ғылыми нәтижелері

Осылайша, Arduino платформасын жоғары функционалдылықпен, ыңғайлы бағдарламалау ортасымен, схемалар мен бағдарламалық қамтамасыздандырудың ашықтығына байланысты қосымшаны зерттеу және әзірлеу технологиясы бойынша зертханалық жұмыстарды жасау үшін оқу үрдісінде пайдалануға болады. Қарастырылған зертханалық қондырғыларды пайдалана отырып оқыту білім алушыларға жоба жасау технологияларын меңгеру үшін қажетті уақытты қысқартады.

Зерттеу барысы Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университетінің «Мехатроника» білім беру бағдарламасының оқу үрдісін ұйымдастыру нәтижелері бойынша жүргізілді. Сабақ барысында Arduino платформасын Tinkercad ортасында қолданып, «Ақылды үй» прототипі жасалды (1-сурет).

Прототипте келесі датчиктер қолданылған: температура, қозғалыс датчигі, газ датчигі, ультрадыбыстық датчик. Жасалған жоба үйді қашықтан басқаруға мүмкіндік



1-сурет – Arduino негізіндегі «Ақылды үй» прототипі

береді. Tinkercad платформасында құрастырылған жүйелердің артықшылығы – оларды жаңартуға және масштабтауға болады [5].

Жұмыстың бірінші кезеңінде жұмыс алгоритмін жазу болды. Білім алушылар алгоритмдерді кейіннен іске асыру үшін құрастыру дағдыларын іс жүзінде бекітуге мүмкіндік беретін жоба нұсқасын ұсынды.

Екінші кезеңде ұсынылған алгоритмнің жұмысын бағдарламалық қамтамасыз ету жүзеге асырылды.

Жұмыстың үшінші кезеңінде ұсынылған аппараттық компоненттердің сипаттамалары мен интерфейстері зерттелді. Дереккөздерден алынған ақпаратты өз бетінше зерттей отырып, білім алушылар «ақылды үй» жинап, оның жұмысын тексерді.

Дайындалған жобаны тұрғын үйлердің пәтерлерінде қолдануға болады.

Жасалған жоба бойынша код үзіндісі төменде көрсетілген (2-сурет).

Қорытынды

Бұл зерттеу Arduino технологиясын білім беру мақсатында қолдану заманауи оқытуға тиімді және перспективалы тәсіл екенін растайды. Arduino-ны оқу үрдісінде белсенді қолдану техникалық дағдыларды, бағдарламалауды, шығармашылық ойлауды және білім алушылардың ұжымдық жұмысын дамытуға ықпал етеді.

Теория мен практикалық тәжірибені талдау Arduino-ның білім берудің тамаша құралына айналдыратын бірқатар артықшылықтары бар екенін көрсетеді. Оның ашық және икемді архитектурасы білім алушыларға өз идеяларын нақты жобаларға айналдыра отырып, әртүрлі құрылғылар мен роботтар-

Текст

```
#include <Servo.h>
int Cab = 0;
int PIRS = 0;
int Gass = 0;
int Temps = 0;
long Distance(int triggerPin, int echoPin)
{
  pinMode(triggerPin, OUTPUT);
  digitalWrite(triggerPin, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(triggerPin, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(triggerPin, LOW);
  pinMode(echoPin, INPUT);
  return pulseIn(echoPin, HIGH);
}
Servo servo_5;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  servo_5.attach(5, 500, 2500);
  pinMode(10, INPUT);
  pinMode(9, OUTPUT);
  pinMode(7, OUTPUT);
  pinMode(A1, INPUT);
  pinMode(6, OUTPUT);
  pinMode(A0, INPUT);
  pinMode(4, OUTPUT);
}
void loop()
{
  Cab = 0.01723 * Distance(3, 3);
  Serial.println(Cab);
  if (Cab < 15) {
    servo_5.write(90);
    delay(5000);
  } else {
    servo_5.write(0);
  }
  PIRS = digitalRead(10);
```

2-сурет – Код фрагменті

ды жобалауға және бағдарламалауға мүмкіндік береді [6].

Сонымен қатар, Arduino-ны қолданудың қарапайымдылығы мен қолжетімділігі білім алушыларды оқытуға қолайлы болып табылады. Техникалық білімге қолжетімділікті кеңейтуге және қазіргі әлемде сұранысқа ие құзыреттіліктерді дамытуға үлесін қосады.

Осылайша, жүргізілген зерттеу негізінде Arduino-ны білім беру мақсатында қолдану білім беру сапасын жақсарту және білім алушылардың негізгі дағдыларын дамыту үшін үлкен әлеуетке ие деген қорытынды жасауға болады. Осы саладағы одан әрі зерттеулер мен инновациялар білім беру үрдісін одан әрі жетілдіруге және болашақ мамандарды даярлауға мүмкіндік береді.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Краткий обзор и перспективы применения микропроцессорной платформы Arduino в учебном процессе / Б.Ж. Унайбаев, В.Г. Пак, Е.С. Зозуля // Механика и технологии. 2019. № 4(66). С. 193-198.
2. Arduino-based wireless security monitoring system / A. Kolesnikov, T. Atygayev, I. Kasimov // Bulletin of the M. Kozybayev NKU. 2020. № 1 (46). С. 190-194.
3. Использование сервиса Autodesk Tinkercad для обучения работе и/или тестирования программ микроконтроллера Arduino / Е.Д. Вавилов // Постулат. 2020. № 2 (52). С. 3.
4. Возможности кроссплатформенного программного обеспечения Tinkercad для создания 3D-проектов / Н.А. Кулибеков, Р.К. Келбиханов, Р.К. Джалалов // Академическая публицистика. 2021. № 5. С. 514-518.
5. Tinkercad – a web based application for virtual labs to help learners think, create and make / R. Abburi, M. Praveena, R. Priyakanth // Journal of Engineering Education Transformations. 2021. С. 535-541.
6. Tap Arduino: An Arduino microcontroller for low-latency auditory feedback in sensorimotor synchronization experiments / B.G. Schultz, F.T. van Vugt // Behavior Research Methods. 2016. 48(4). С. 1591-1607.
7. Бокселл Дж. Изучаем Arduino. 65 проектов своими руками. Питер, 2022. – 448 с.
8. Smart performance of virtual simulation experiments through Arduino Tinkercad Circuits / B.N. Mohapatra // Perspectives in Communication, Embedded-systems and Signal-processing-PiCES. 2020. vol. 4. Issue 7. С. 157-160.
9. Усольцев В.Л. Элементы образовательных технологий на основе использования роботизированных систем и искусственного интеллекта / С.Ю. Глазов, А.Н. Сергеев // Информационно-вычислительные технологии и их приложения: сб. ст. XXV Междунар. науч.-техн. конф. Пенза. 2021. С. 37-42.
10. Петин В.А. Создание умного дома на базе Arduino. М.: ДМК Пресс, 2018. 128 с.

Применение Arduino в образовательных целях

*[1]**ДИЯРОВА Лунара Бакытжановна,** магистр, старший преподаватель, lunara.diyarova@mail.ru,*
*[1]**АБУОВА Жанаргуль Мукамбетжановна,** магистр, старший преподаватель, zhanargul81@mail.ru,*
*[1]***БАИГУБЕНОВА Сая Кубаидоллиевна,** магистр, старший преподаватель, saya_bsk@mail.ru,*
*[1]**КАМАЛОВА Гаухар Абдумуталиповна,** к.ф.-м.н., доцент, gokhakam@gmail.com,*
[1]НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», ул. Жангир хана, 51, Уральск, Казахстан,
**автор-корреспондент.*

***Аннотация.** В статье обсуждается проектирование обучающимися роботизированных установок с помощью Arduino, возможности сборки, а также методы внедрения Arduino в учебный процесс, проведения практических занятий и подготовки проектов. Arduino – это открытая платформа для создания интерактивных проектов, предлагающая доступный и простой способ познакомить обучающихся с миром робототехники и программирования. Использование Arduino в образовательном процессе не только повышает мотивацию обучающихся и углубленно изучает концепции электроники и программирования, но и позволяет им применять их на практике, создавая различные учебные проекты и робототехнические конструкции. Arduino является мощным инструментом в современном мире технологий, способствующим развитию творческих, инженерных умений и практических навыков обучающихся. Целью исследования является определение эффективных методов использования Arduino в сфере образования, интеграции платформы в современный учебный процесс и определение основных направлений оценки влияния на развитие обучающихся. Актуальность исследования обусловлена необходимостью определения роли и значимости платформы Arduino в современном образовании и тем, что в ней исполь-*

зуется подход к определению основных направлений, способствующих развитию критического мышления, творческого подхода к решению проблем и навыков сотрудничества, что является важным в современном информационном обществе. Новизна исследования включает в себя комплексный обзор использования платформы Arduino в образовательных целях, различные аспекты применения в учебном процессе. Он также подчеркивает важность Arduino для формирования элементов цифровой компетентности и подготовки будущих специалистов в области техники и технологий. В представленной статье подчеркиваются назначение и задачи используемой платформы, эффективность их применения.

Ключевые слова: *Arduino, платформа, микроконтроллер, датчик, Tinkercad, электроника, робототехника, программирование.*

The Use of Arduino For Educational Purposes

[1]DIYAROVA Lunara, *Master's Degree, Senior Lecturer, lunara.diyarova@mail.ru,*
[1]ADUOVA Zhanargul, *Master's Degree, Senior Lecturer, zhanargul81@mail.ru,*
[1]*BAIGUBENOVA Saya, *Master's Degree, Senior Lecturer, saya_bsk@mail.ru,*
[1]KAMALOVA Gaukhar, *Cand. of Phys. and Math. Sci., Associate Professor, gokhakam@gmail.com,*
[1]NJSC «Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian Technical University», Zhangir Khan Street, 51, Oral, Kazakhstan,
**corresponding author.*

Abstract. *The article discusses the design of robotic installations by students using Arduino, assembly capabilities, as well as methods for introducing Arduino into the educational process, conducting practical classes and preparing projects. Arduino is an open platform for creating interactive projects, offering an affordable and easy way to introduce students to the world of robotics and programming. The use of Arduino in the educational process not only increases the motivation of students and in-depth studies of the concepts of electronics and programming, but also allows them to apply them in practice, creating various educational projects and robotic structures. Arduino is a powerful tool in the modern world of technology, contributing to the development of creative, engineering skills and practical skills of students. The purpose of the study is to determine effective methods of using Arduino in the field of education, integrating the platform into the modern educational process and determining the main directions for assessing the impact on the development of students. The relevance of the research is due to the need to determine the role and importance of the Arduino platform in modern education and the fact that it uses an approach to identify the main areas that contribute to the development of critical thinking, creative approach to problem solving and cooperation skills, which is important in the modern information society. The novelty of the research includes a comprehensive review of the use of the Arduino platform for educational purposes, various aspects of application in the educational process. He also emphasizes the importance of Arduino for the formation of elements of digital competence and the training of future specialists in the field of engineering and technology. The article highlights the purpose and objectives of the platform used, the effectiveness of their application.*

Keywords: *Arduino, platform, microcontroller, sensor, Tinkercad, electronics, robotics, programming.*

REFERENCES

1. Unajbaev B.Zh., Pak V.G., Zozulya E.S. Kratkij obzor i perspektivy` primeneniya mikroprocessornoj platformy` Arduino v uchebnom processe (A brief overview and prospects of using the Arduino microprocessor platform in the educational process). Mexanika i texnologii [Mechanics and technology]. 2019, no. 4 (66), pp. 193-198.
2. Kolesnikov A., Atygayev T., Kasimov I. Arduino-based wireless security monitoring system, Vulletin of the M. Kozybayev NKU, 2020, no. 1 (46), pp. 190-194.
3. Vavilov E.D. Ispol`zovanie servisa Autodesk Tinkercad dlya obucheniya rabote i/ili testirovaniya programm mikrokontrollera Arduino (Using the Autodesk Tinkercad service for training and/or testing Arduino microcontroller programs), Postulat [The postulate], 2020, no 2 (52), pp. 3.
4. Kulibekov N.A., Kelbixanov R.K., Dzhalalov R.K. Vozmozhnosti krossplatformennogo programmnogo obespecheniya Tinkercad dlya sozdaniya 3D-proektov (Features of Tinkercad cross-platform software for creating 3D projects), Akademicheskaya publicistika [Academic journalism], 2021, no 5, pp. 514-518.
5. Abburi R., Praveena M., Priyakanth R. Tinkercad – a web based application for virtual labs to help learners think, create and make, Journal of Engineering Education Transformations, 2021, pp. 535-541.
6. Schultz B. G., van Vugt F.T. Tap Arduino: An Arduino microcontroller for low-latency auditory feedback in sensorimotor synchronization experiments, Behavior Research Methods, 2016, 48(4), pp. 1591-1607.
7. Boksell Dzh. Izuchaem Arduino. 65 proektov svoimi rukami [We are studying Arduino. 65 projects with your own hands]. Piter, 2022. 448 p.
8. Mohapatra B.N. Smart performance of virtual simulation experiments through Arduino Tinkercad Circuits, Perspectives in Communication, Embedded-systems and Signal-processing-PiCES, 2020, vol. 4, Issue 7, pp. 157-160.
9. Glazov S.Yu., Sergeev A.N., Usol`cev V.L. E`lementy` obrazovatel`ny`x texnologij na osnove ispol`zovaniya robotizirovanny`x sistem i iskusstvennogo intellekta (Elements of educational technologies based on the use of robotic systems and artificial intelligence), Informacionno-vy`chislitel`ny`e texnologii i ix prilozheniya: sb. st. XXV Mezhdunar. nauch.-texn. Konf [Information and computing technologies and their applications: collection of Articles XXV International Scientific and Technical conf], Penza, 2021, pp. 37-42.
10. Petin V.A. Sozdanie umnogo doma na baze Arduino [Creating an Arduino-based smart home]. Moscow: DMK Press, 2018. 128 p.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_281 УДК 378.01

Болашақ информатика мұғалімдерін нейрондық желілер бойынша даярлаудың ерекшеліктері

[1]**СЕРІК Меруерт,** *п.ғ.д., профессор, serik_meruerts@mail.ru,*
[1]***КАРИЛХАН Нұржанар,** докторант, iskulai@mail.ru,*
[1]**КАРЕЛХАН Нурсауле,** *PhD, доцент м.а., knursaule@mail.ru,*
[1]*«Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті» КеАҚ, Сәтпаев көшесі, 2, Астана, Қазақстан,*
**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Нейрондық желілер мазмұнының құрылымы бүгінгі күні ақпараттық технологиялар, математикалық талдау және статистика қиылысында адам қызметінің ең танымал, өзекті және заманауи бағыттарының бірі болып табылады. Қазіргі таңда жалпы білім беретін мектептерде арнайы тақырыптар ендірілген. Алайда, информатика мұғалімдерін даярлайтын білім беру бағдарламаларында нейрондық желілерге қатысты жеке курстар ендірілмеген. Мақалада нейрондық желіге қатысты курс пен информатика мұғалімдерінің кәсіби шеберлігін арттыру мақсатында, әлемдегі алдыңғы қатардағы жоғары оқу орындарында болашақ информатика мұғалімдерін нейрондық желілер бойынша даярлаудың ерекшеліктерін анықтау үшін, бүкіләлемдік деңгейде нейрондық желілердің жалпы қолданылу жағдайлары анықталып, әлемдегі алдыңғы қатардағы жоғары оқу орындарында нейрондық желілерді оқытудың жағдайлары және тәжірибесі талданды.*

Кілт сөздер: *нейрондық желі, информатика, білім беру, python, жасанды интеллект, терең оқыту.*

Кіріспе

Қазіргі таңда жасанды интеллект пен нейрондық желілердің дамуы туралы көбірек айтылуда. Еуропада 2023 ж. желтоқсан айында әлемдегі алғашқы жасанды интеллект туралы заң қабылданатыны белгілі болды [1].

Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрінің жалпы білім беру ұйымдарына арналған жалпы білім беретін пәндердің, таңдау курстарының және факультативтердің үлгілік оқу бағдарламаларын бекіту туралы бұйрығында 10-11 сыныптарына «Ақпараттық процестер мен жүйелер» бөлімінде ақпараттық технологияларды дамытудың қазіргі заманғы үрдістері: машиналық оқытудың принциптері, нейрондық желілер; жасанды интеллект қолдану салалары; Blockchain технологиясының мақсаты мен жұмыс принципі тақырыптары енгізу ұсынылған [2]. Қазіргі таңда нейронды желілердің жұмысы және ұйымдастыру принциптерін жалпы орта білім беру деңгейінің 10-11 сыныптарына арналған жаратылыстану-математика бағыттарындағы «Информатика» пәнінен жаңартылған мазмұны бойынша үлгілік оқу бағдарламасында орын алған.

Осыған орай болашақ информатика мұғалімдерін даярлауда жасанды интеллект, машиналық оқыту мен нейрондық желілерді оқытуды дамыту өзекті мәселелердің бірі.

Нейрондық желі – биологиялық нейрондық желілерді, тірі организмнің жүйке жасушаларының желілерін ұйымдастыру және жұмыс істеу принципі бойынша құрылған математикалық моделі мен бағдарламалық немесе аппараттық бейнесі. Бұл ұғым мидағы процестерді зерттеу кезінде және осы процестерді модельдеу кезінде пайда болды. Мұндай нейрондық желіні алғаш рет 1943 жылы нейрофизиолог және жас математик У. Маккулок пен У. Питтс нейрондық желілердің алғашқы үлгілерін жасаған. Оқыту алгоритмдерін жасағаннан кейін алынған модельдер практикалық мақсаттарда қолданыла бастады: болжау міндеттерінде, үлгіні тану үшін, басқару міндеттерінде және т.б. [3]. Алғашқы конференция 1987 жылы нейрондық желілер бойынша IEEE халықаралық нейрондық желілер конференциясы Сан-Диегода өтіп және халықаралық нейрондық желілер қоғамы (INNS) құрылды. Ал 1988 жылы INNS Neural Networks, одан кейін 1989 жылы Neural Computation және 1990 жылы IEEE Transactions on Neural Networks журналдары құрылды [4].

Жасанды интелектінің бағытының бірі нейрондық желілер жоғары білім беру саласына ендіріліп келе жатқаны белгілі.

Бүгінгі таңда жасанды интелектінің өсіп келе жатқан рөлі мен қарқынды дамуы болашақ информатика мұғалімінің кәсіби дайындығына қойылатын жаңа талаптарды талап етеді, бұл Қазақстанның педагогикалық жоғары оқу орындары білім алушыларының құзыреттілігін қалыптастыруға байланысты пәндердің мазмұнын қайтадан қарастырудың өзектілігін анықтайды.

Ал жаңа оқу жылында Ғылым және жоғары білім министрі Саясат Нұрбек Қазақстанның барлық студенттерін жасанды интеллект бойынша курстан өтуге міндеттеуді жоспарлады [5].

Сондықтан заманауи талаптарды ескере отырып болашақ информатика мүғалімдерін нейрондық желілер бойынша даярлаудың теориялық негіздерін меңгеру қажеттілігі туындауда. Қазіргі таңда жоғарғы оқу орындарында болашақ информатика мұғалімдерін даярлауда аталған тақырыптар информатика білім беру бағдарламасының толық мазмұнына ендірілмеген және жеткілікті түрде қарастырылмаған.

Бұл зерттеудің мақсаты: болашақ информатика мұғалімдерін нейрондық желілер бойынша даярлаудың ерекшеліктерін анықтау.

Бұл мақсатқа жету үшін мынадай міндеттер қойылды:

1) бүкіләлемдік деңгейде нейрондық желілердің жалпы қолданылу жағдайларын анықтау;

2) әлемдегі алдыңғы қатардағы жоғары оқу орындарында нейрондық желілерді оқытудың жағдайларын анықтау және тәжірибесін талдау.

Материалдар мен әдістер

1. Бүкіләлемдік деңгейде нейрондық желілердің жалпы қолданылу бойынша материалдарды қарастырсақ.

Нейрондық желілер саласы әлем бойынша қарқынды дамып келе жатыр. Бұл дегеніміз нейрондық желіге үлкен назар аударуға және одан әрі зерттеулерді қаржыландыруға жеткілікті. Бүгінгі таңда нейрондық желілер туралы пікірталастар әлем бойынша болып жатыр. Нейрондық теорияға негізделген чиптер пайда болады және күрделі мәселелерді шешуге арналған қосымшалар жасалынды. Бүгін нейрондық желі технологиялары үшін өтпелі кезең болғаны анық [6].

Нейрондық желі қазіргі заманауи информатика пәнінің болашағы бар бағытының бір бөлігі болып табылады. Ақпараттық технологияларды дамытудағы қазіргі заманғы үрдістер бойынша білім алушыларға қойылатын мақсаттардың бірі жасанды интелект, машиналық оқыту принциптері, нейрондық желілерді (нейрондық және синапстар) түсіндіре, үйрете білу.

Алдыңғы қатардағы дамыған елдер нейрондық желіні маңызды салалардың бірі ретінде оқу процесіне ендірді.

Нейрондық желілер тақырыбына қатысты дәйектемелері жоғары мынадай оқулықтары мен оқу әдістемелік құралдарын атауға болады: Гурни К. «Нейрондық желілерге кіріспе» [7], Франсуа Шолле «Python көмегімен терең оқыту, 2-ші басылым» [8], Орельен Жерон «Scikit-Learn, Keras және ThensorFlow көмегімен практикалық машиналық оқыту: интеллектуалды жүйелерді құрудың тұжырымдамалары, құралдары мен әдістері, 3-ші басылым» [9], Ян Лекун «Машина қалай үйренеді: нейрондық желілер мен терең оқыту саласындағы революция» [10].

Нейрондық желілер көптеген жолдармен білім беруде төңкеріс жасай алатын қызықты және ықпалды технологияның бірі екені анық. Егер нейрондық желілерді білім беруде қолдану үшін нейрондық желімен қатар сызықтық алгебра, есептеу, статистика, оңтайландыру және бағдарламалау сияқты нейрондық желілердің негіздерін зерттеуден бастау керек.

2. Әлемдегі алдыңғы қатардағы жоғары оқу орындарында нейрондық желілерді оқытудың жағдайларын анықтау мен тәжірибесін талдау.

Шет елдің білім беру саласында нейрондық желілерді зерттеу оқу бағдарламаларының ерекшеліктеріне және зерттеу бағыттарына байланысты әр түрлі деңгейде жүргізілген. Жоғарғы оқу орындарындағы білім алушылар перцептрондар, мұғаліммен және мұғалімсіз оқыту сияқты негізгі модельдер, нейрондық желілердің негізгі архитектуралары (мысалы, көп қабатты перцептрондар), градиенттің түсуі және қатенің кері таралуы сияқты оңтайландыру әдістері туралы қарастырады екен.

Қазіргі таңда дүниежүзіндегі алдыңғы қатардағы жоғары оқу орындары нейрондық желілер мен жасанды интеллект саласындағы зерттеулермен белсенді айналысуда. Оның ішінен QS рейтингі бойынша әлемдегі алдыңғы қатардағы ЖОО талдау жүргізілді (1-кесте).

Ал Қазақстан Республикасының жоғары оқу орындарында нейрондық желіні оқытудың бағдарламаларына талдау нәтижесі 2-кестеде көрсетілген:

Шолу нәтижелері бойынша жоғарыда көрсетілген кестеден орташа шамамен атаулы ЖОО нейрондық желіге қатысты пәнді 4 пен 7 кредит арасында оқитындығы анықталды. Сонымен қатар нейрондық желі тақырыптарына бірнеше сағаттар ғана бөлін-

1-кесте – Әлемдегі алдыңғы қатардағы жоғары оқу орындарында нейрондық желілерді оқытылатын пәндері мен оның қысқаша мазмұны

№	Жоғары оқу орындары	Оқытылатын пәндер	Пәндердің қысқаша мазмұны
1	Massachusetts Institute of Technology (Массачусетс технологиялық институты)	Introduction to Deep Learning (Терең оқытуға кіріспе)	Терең оқыту алгоритмдері туралы негізгі білімге ие болады және TensorFlow да нейрондық желілерді құрудың практикалық тәжірибесіне ие болады:терең оқытуға кіріспе, тізбекті терең оқытуда модельдеу, TensorFlow-қа кіріспе, музыка генерациясы, терең компьютерлік көру, терең генеративті модельдеу, бетті тану жүйелеріндегі бұрмалануларды жою және соңында жоба құру.
		Deep Learning: Mastering Neural Networks (Терең оқыту: нейрондық желілерді меңгеру)	Python негізінде терең оқыту алгоритмдері туралы негізгі білімге ие болады және PyTorch II да нейрондық желілерді құрудың практикалық тәжірибесіне ие болады: терең оқытудың негіздері, терең оқыту үшін Python негіздері, нейрондық желілерді құру және оқыту, PyTorch II көмегімен нейрондық желілер негіздегі қосымшаларды құру.
2	Stanford University (Стэнфорд университеті)	A Crash Course in AI (Жасанды интеллектің жеделдетілген курсы)	нейрондық желілер және олардың генеративті жасанды интеллектке және үлкен тілдік модельдерге қолданылуы.
		Tensorflow for Deep Learning Research (Терең оқытуды зерттеуге арналған Tensorflow)	терең оқыту жобаларында Tensorflow қолданбасын практикалық пайдалануға көбірек көңіл бөледі: TensorFlow шолуы, TensorBoard, сызықтық және логистикалық регрессияға арналған TensorFlow оптимизаторлары, word2vec, сызықтық регрессия, Saver нысаны, autodiff бақылау нүктелері мысал: word2vec, ConvNet-ке кіріспе, TensorFlow-тағы Convnet, конво-люциялық нейрондық желілер.
3	University of California (Калифорния университеті)	Deep Neural Networks (Терең нейрондық желілер)	Python негізінде нейрондық желілерді анықтау және оқыту: функциялар, есептеу графиктері, қатенің кері таралуы, итеративті оңтайландыру (SGD, Momentum, Adam), оқыту стратегиялары.
		Designing, Visualizing and Understanding Deep Neural Networks (Терең нейрондық желілерді жобалау, визуализациялау және түсіну)	Терең нейрондық желілерді жобалау, визуализациялау және түсіну. Бұл талқылау қайталанатын нейрондық желілер мен LSTM-ді қамтиды.
4	University of Oxford (Оксфорд университеті)	Uncertainty in Deep Learning (Терең оқытудағы белгісіздік)	Терең оқытудағы соңғы жетістіктерге, Байес нейрондық желі туралы. Дәріс мысалдары мен практикалық сабақтарда қолданылатын бағдарламалау ортасы Python/Py Torch болады.
		Deep Neural Networks (Терең нейрондық желілер	Терең нейрондық желілер арқылы оқытудың принциптері мен тәсілдері. Терең оқытудың негізгі нұсқалары және олардың типтік қосымшалары. Бағдарламалау ортасы: PyTorch и TensorFlow

2-кесте – Қазақстан Республикасының жоғары оқу орындарында информатика мұғалімдерін даярлау бағдарламалары бойынша нейрондық желіні оқыту

Жоғары оқу орнының атауы	Инновациялық білім беру бағдарлама	Білім беру бағдарлама	Пән атауы	Кредит саны
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті	6В01511 Информатика	В011 Информатика мұғалімдерін даярлау	Машиналық оқыту негіздері	7
			Жасанды интеллект	7
Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті	6В01507 Информатика	В011 Информатика мұғалімдерін даярлау	Жасанды интеллект негіздері	5
	6В01509 Информатика және робототехника	В011 Информатика мұғалімдерін даярлау		5
	6В01508 Информатика ағылшын тілінде	В011 Информатика мұғалімдерін даярлау		5
Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті	6В01503 Информатика	В011 Информатика мұғалімдерін даярлау	Жасанды интеллект	4
			Нейрондық желілер және оның қосымшалары	4
			Машиналық оқыту және мәліметтерді талдау	5
Ы. Алтынсарин атындағы Арқалық педагогикалық институты	6В01503 Информатика	В011 Информатика мұғалімдерін даярлау	Жасанды интеллект негіздері	5

гендігі анықталды. Бұл саланы жетілдіру қажетті.

ҚР Білім және ғылым министрлігі ұсынған жалпы білім беретін мектептің жаратылыстану-математика бағытындағы 11-сынып оқушыларына арналған В.Г. Архипова, Р.Г. Амдамова, Н.К. Беристемова, К.Б. Кадыракунов «Нейрондық желілер» оқулығында нейрондық желілерге қатысты нейрондық желілердің әрекет ету қағидалары, жіктелуі, MS Excel-дегі нейрондық желіні жобалау сияқты тақырыптар қарастырылған [11]. Сондықтан, ҚР жоғары оқу орындарында бұл саланы әлі де дамыту қажеттілігі бар.

Болашақ информатика мұғалімдерін даярлауға қатысты «В011 Информатика мұғалімдерін даярлау» білім беру бағдарламаларында нейрондық желіге қатысты жеке курстар ендірілмеген. Бұл қарқынды дамып келе жатқан заманауи салалардың бірі болғандықтан, жеке курс ендірілу жоспарлану қажет.

Қорытынды

Соңғы жылдары жасанды интеллект жалпы қоғамда танымал, сонымен қатар мектеп бағдарламасының мазмұнына ендірілген. Алайда мектеп мұғалімдері бұл саланы кәсіби тұрғыда жетік меңгеру қажет.

Нейрондық желі саласындағы педагогикалық кадрларды даярлау мәселесі сонымен қатар педагогикалық университеттердегі жасанды интеллектке байланысты пәндер таңдау пәндері болып табылады, сондықтан оларды болашақ информатика мұғалімдеріне нақты оқытуға кепілдік берілмейді және нейрондық желілер тақырыбы олардың кәсіби дайындығы аясында әсер етпеуі мүмкін.

Бұл мәселе келесі оқығалардың бірі нәтижесінде шешіледі деп санаймын:

1. «В011 Информатика мұғалімдерін даярлау» білім беру бағдарламаларында нейрондық желіге қатысты элективті курстар ендіру қажет.

2. Қазіргі таңдағы информатика мұғалімдерінің қазіргі заманғы машиналық оқыту, нейрондық оқыту технологиялары саласындағы кәсіби шеберлігін арттыру курстарын ендіру.

Мақала Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі тарапынан 2023-2025 жылдарға арналған AP19677348 «Білімнің жаһандануы жағдайында жасанды интеллекттің бағыты машиналық оқыту негізінде информатика мұғалімдерінің даярлықтарын жетілдіруге арналған ақпараттық білім порталын құру» атты жоба міндеттерін жүзеге асыру нәтижесіне негізделген.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. IMCO Committee Press [Электрондық ресур]. – Кіру режимі:https://twitter.com/EP_SingleMarket/status/1733255177535156307
2. Қазақстан Республикасы Оқу-ағарту министрінің 2022 жылғы 16 қыркүйектегі № 399 бұйрығы. Қазақстан Республикасының Әділет министрлігінде 2022 жылғы 23 қыркүйекте № 29767 болып тіркелді. [Электрондық ресур]. – Кіру рәсімі://https://adilet.zan.kz/kaz/docs/V2200029767
3. F. Rosenblatt, The perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain. Psychological Review // 65(6). – Pp. 386-408, https://doi.org/10.1037/h0042519.
4. G.A.Carpenter, S.Grossberg, A massively parallel architecture for a self-organizing neural pattern recognition machine. Comp. Vis. Graph. Image Proc. 37, Pp. 54-115, https://doi.org/10.1016/S0734-189X(87)80014-2
5. Болашақ келді ме? Жасанды интеллект Қазақстанды қайда апарады? [Электрондық ресур]. – Кіру режимі:https://tengrinews.kz/article/buduschee-nastupilo-iskusstvennyiy-intellekt-vedet-kazahstan-2288/
6. Jürgen Schmidhuber, Deep learning in neural networks: An overview, Neural Networks, Volume 61, January 2015, Pages 85-117, https://doi.org/10.1016/j.neunet.2014.09.003
7. Gurney, K. (eBook Published31 January 2017) An Introduction to Neural Networks. CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781315273570
8. Франсуа Шолле, Deep Learning with Python, Second Edition, Manning, 2021. – 503 p.
9. Aurélien Géron. Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow: Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems 3rd Edition, O'Reilly Media, 2022. – 861 p.
10. Лекун Я., Как учится машина: Революция в области нейронных сетей и глубокого обучения. – Альпина Паблишер, 2021. – 335 с.
11. Информатика. Жалпы білім беретін мектептің жаратылыстану-математика бағытындағы 11-сынып оқушыларына арналған оқулық // В.Г. Архипова, Р.Г. Амдамова, Н.К. Беристемова, К.Б. Кадыракунов. – Алматы: 2020. – 264 б.

Особенности подготовки будущих учителей информатики по нейронным сетям

[1]СЕРИК Меруерт, *д.п.н., профессор, serik_meruerts@mail.ru,*
[1]*КАРИЛХАН Нуржанар, *докторант, iskulai@mail.ru,*
[1]КАРЕЛХАН Нурсауле, *PhD, и.о. доцента, knursaule@mail.ru,*
[1]НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева», ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан,
**автор-корреспондент.*

Аннотация. *Структура нейронных сетей сегодня представляет собой одно из самых актуальных и популярных направлений в области информационных технологий, математического анализа и статистики. Несмотря на это, в образовательных программах, готовящих будущих учителей информатики, отсутствуют отдельные курсы по нейронным сетям. В статье рассматриваются общие условия использования нейронных сетей на мировом уровне с целью выявления специфики подготовки учителей информатики в ведущих университетах мира. Проведен анализ случаев и опыта обучения нейронным сетям в университетах-лидерах.*

Ключевые слова: *нейронная сеть, информатика, учитель информатики, образование, Python, искусственный интеллект, глубокое обучение.*

Features of The Training of Future Computer Science Teachers on Neural Networks

*[1]**SERIK Meruyert,** Dr. of Ped. Sci., Professor, serik_meruerts@mail.ru,*
*[1]***KARILKHAN Nurzhanar,** Doctoral Student, iskulai@mail.ru,*
*[1]**KARELKHAN Nursaule,** PhD, Associate Professor, knursaule@mail.ru,*
[1]NPJSC «L.N. Gumilyov Eurasian National University», Satpayev Street, 2, Astana, Kazakhstan,
**corresponding author.*

Abstract. *The structure of the content of neural networks today is one of the most popular, relevant and modern areas of human activity at the intersection of Information Technology, mathematical analysis and statistics. Currently, special topics are introduced in general education schools. However, in educational programs that train computer science teachers, individual courses related to neural networks are not embedded. Therefore, in order to improve the course and professional skills of computer science teachers in relation to the neural network, the article identifies the general conditions of use of neural networks at the world level in order to identify the features of training future computer science teachers in neural networks in leading universities in the world. The conditions and experience of teaching neural networks in leading universities in the world were analyzed.*

Keywords: *neural network, computer science, computer science teacher, education, Python, artificial intelligence, deep learning.*

REFERENCES

1. IMCO Committee Press [lektrondyq resur]. – Kıru räsımı: https://twitter.com/EP_SingleMarket/status/1733255177535156307
2. Qazaqstan Respublikasy Oqu-ağartu ministrınıŋ 2022 jylğy 16 qyrküiektegı № 399 būiryğy. Qazaqstan Respublikasynyŋ Ädılet ministrlıgında 2022 jylğy 23 qyrküiekte № 29767 bolyp tırkeldı. [lektrondyq resur]. – Kıru rejımı: // https://adilet.zan.kz/kaz/docs/V2200029767
3. F. Rosenblatt, The perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain. Psychological Review.65(6). – Pp. 386-408, https://doi.org/10.1037/h0042519.
4. G.A.Carpenter, S.Grossberg, A massively parallel architecture for a self-organizing neural pattern recognition machine. Comp. Vis. Graph. Image Proc. 37, Pp. 54-115, https://doi.org/10.1016/S0734-189X(87)80014-2
5. Bolaşaq keldı me? Jasandy intellekt Qazaqstandy qaida aparady? [lektrondyq resur]. – Kıru rejımı:https://tengrinews.kz/article/buduschee-nastupilo-iskusstvennyiy-intellekt-vedet-kazahstan-2288/
6. Jürgen Schmidhuber, Deep learning in neural networks: An overview, Neural Networks, Volume 61, January 2015, Pp. 85-117, https://doi.org/10.1016/j.neunet.2014.09.003
7. Gurney, K. (eBook Published31 January 2017) An Introduction to Neural Networks. CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781315273570
8. Fransua Şolle, Deep Learning with Python, Second Edition, Manning, 2021. – 503 p.
9. Aurélien Géron. Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow: Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems 3rd Edition, O'Reilly Media, 2022. – 861 p.
10. Lekun Ia., Kak uchitsıa maşina: Revoliytsiia v oblasti neironnyh setei i glubokogo obucheniia. – Alpina Pablişer, 2021. – 335 p.
11. Informatika. Jalpy bılım beretın mekteptıŋ jaratylystanu-matematika bağytyndağy 11-synyp oquşylaryna arnalğan oqulyq // V.G. Arhipova, R.G. Amdamova, N.K. Beristemova, K.B. Kadyrakunov. – Almaty: 2020. – 264 p.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_287 УДК 378

Особенности НИРС по педагогическим специальностям вузов

[1]***БАШИРОВ Александр Витальевич,*** *к.т.н., руководитель лаборатории, bashirov_av@mail.ru,*
[2]****ГОЛОВАЧЁВА Виктория Николаевна,*** *д.п.н., и.о. профессора, golovacheva_vn@mail.ru,*
[1]***ХАНОВ Талгат Ахматзиевич,*** *д.ю.н., директор НИИЭПИ, thanov@mail.ru,*
[1]Карагандинский университет Казпотребсоюза, ул. Академическая, 9, Караганда, Казахстан,
[2]НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан,
**автор-корреспондент.*

Аннотация. *Описаны особенности, специфические при реализации научно-исследовательской деятельности студента-педагога. На основе результатов анкетирования студентов выявлены особенности, влияющие на эффективность НИРС будущего педагога. Авторы акцентируют особое внимание на важность таких факторов, как использование информационных технологий в процессе проведения НИРС и роли преподавателя. Представлен анализ анкетирования респондентов по данной теме. Анализ анкетирования позволил определить причины низкой активности НИРС. По мнению экспертов, необходимо разрабатывать меры по выделению студентов, мотивированных к исполнению научно-исследовательской деятельности.*

Ключевые слова: *научно-исследовательская работа студентов-педагогов, анкетирование респондентов, педагог-исследователь, специфика НИРС, информационные технологии, особенности, влияющие на эффективность и результативность НИРС.*

Введение

Одним из важнейших компонентов образовательного процесса и эффективным средством повышения уровня подготовки квалифицированных специалистов с высшим образованием к будущей профессиональной деятельности через освоение студентами в процессе обучения по рабочим учебным планам является научно-исследовательская работа студентов (НИРС) [1].

Определение данного понятия, по мнению ученых, содержит два главных элемента [2]: обучение основным принципам исследовательской работы; привитие студентам навыков исследовательской работы под руководством преподавателей.

Выполнение студентами научно-исследовательских работ под руководством научного руководителя способствует развитию и формированию исследовательских навыков, а в конечном итоге развитию творческого подхода к восприятию новых знаний для применения их в своей будущей профессиональной деятельности.

Одним из важнейших средств повышения качества подготовки педагогов, которые в будущем будут способны решать задачи общеобразовательной школы и вуза, является научно-исследовательская работа студентов педагогических образовательных программ (ОП).

Развить и формировать профессиональные качества будущий педагог может только лишь при тесном объединении процесса обучения с научно-исследовательской деятельностью, но особо в этих условиях доминирует исследовательская функция. Поэтому более важным становится подготовка студента любой педагогической специальности как будущего исследователя.

В этой связи одной из приоритетных задач является активное привлечение будущих студентов-педагогов к научно-исследовательской работе.

Методология исследования

В аспекте актуальности темы исследования и результатов анкетирования студентов педагогических образовательных программ обусловим проблему: получить искомую информацию об особенностях, влияющих на снижение активности студентов, в том числе

педагогического профиля в вузах Республики Казахстан, в проведении научных исследований и их нежелание заниматься научной деятельностью.

С этой целью было проведено анкетирование 163 студентов педагогических образовательных программ вузов РК, таких как ЕНУ имени Л.Н. Гумилёва, КазНПУ имени Абая, Карагандинский университет имени Е.А. Букетова, Карагандинский университет Казпотребсоюза. Обработка и анализ результатов анкетирования респондентов проводились с использованием пакета IBM SPSS.

Метод анкетирования позволил получать интересующую исследователей информацию и разработать предложения по формированию позитивной среды для повышения интереса студентов к научно-исследовательской работе.

С проблемой связаны объект (1) и предмет исследования (2):

1) научно-исследовательская работа студентов педагогических ОП в вузе (НИРС).

2) формирование интереса студентов к НИРС педагогического профиля и их активизация в процессе проведения НИРС.

Цель статьи – выявить особенности, влияющие на снижение активности студентов педагогического профиля в вузах Республики Казахстан в проведении научных исследований и их нежелание заниматься наукой и разработать предложения по формированию позитивной среды для повышения интереса студентов к научно-исследовательской работе.

Задачи статьи: 1) обосновать актуальность НИРС педагогического профиля с учетом выявления закономерностей и тенденций организационных и социально-экономических факторов; 2) на основе анкетирования студентов педагогических образовательных программ вузов выявить приоритетные особенности, способствующие повышению активности студентов НИРС, и установить связи между результатами опроса; 3) сформулировать обоснованные выводы, направленные на повышение эффективности исследовательской деятельности студентов и их познавательного интереса к научной деятельности.

Результаты исследования

Реализация анкетирования включает тематический спектр следующих выделенных исследовательской группой направлений: влияние информационных технологий на НИРС; НИРС и личность преподавателя; НИРС и квалификация студентов; современный учебный процесс и НИРС [3].

НИРС и информационные технологии. Улучшить отношение студентов педагогического профиля к научно-исследовательской работе позволят информационные технологии для научных целей, что, на наш взгляд, значительно усилит мотивацию студентов посредством оживленного диалога с электронными информационными ресурсами.

Обработка результатов показала существенное влияние информационных технологий на глубокое понимание учебного материала.

В таблице 1 представлена детализация ответов респондентов педагогов.

При ответах респондентов приоритетным является позитивное влияние информационных технологий на углубленное понимание учебного материала студентами-педагогами. Это связано с тем, что развитие ИТ в образовательной деятельности существенно активизирует процесс развивающего обучения, оптимизирует педагогический процесс, способствуя глубокому усвоению знаний. В этих условиях студент педагогической специальности выступает объектом познавательного процесса, который самостоятельно под руководством своего научного руководителя осуществляет научный поиск информации и получает новые знания с использованием ИТ. Информационные технологии в образовательном процессе делают обучение более содержательным, зрелищным, способствуют развитию самостоятельности и творческих способностей обучаемого. Организованный учебный процесс с использованием ИТ отличается высокой интенсивностью, обучение сопровождается повышенным интересом, полученные знания характеризуются глуби-

Таблица 1 – Влияние развития информационных технологий на более углубленное понимание материала

Возможная альтернатива	%
Да	65,00
Нет	6,63
Затрудняюсь ответить	29,38

ной, прочностью, практической направленностью. Интересен факт, что уровень развития информационных технологий напрямую влияет на развитие системы образования: содержание, технологии, управление и в конечном итоге на качество образования.

Таким образом, применение информационных технологий при организации и проведении научно-исследовательской работы будущих педагогов представляется вполне оправданным и реализуемым. Обновляющаяся система высшего профессионального образования должна ставить перед университетами новые задачи, связанные с разработкой принципиально новых подходов к организации научно-исследовательской работы студентов и ее научно-методологическому обеспечению на основе использования информационных технологий.

Вместе с тем существует мнение отрицательного влияния информационных технологий на углубленное понимание учебного материала (6,63%). К сожалению, 29,38% студентов-педагогов не готовы дать прямого ответа на поставленный вопрос, что требует дальнейшего изучения вопроса.

НИРС и личность преподавателя. Роль преподавателя в продвижении НИРС респондентами оценивается преимущественно высоко. Основными профессиональными качествами, влияющими на личность преподавателя, по мнению студентов-педагогов, являются: увлеченность наукой; коммуникативность; харизматичность.

В таблице 2 видно, что этой точки зрения придерживаются не менее 75% респондентов.

Данные таблицы 2 наглядно демонстрируют связь эффективности НИРС с уровнем научного руководителя, т.е. преподавателем, увлеченным научной деятельностью и имеющим определенный опыт работы в научных проектах. В этой совместной работе основная доля ответственности ложится на преподавателя как исследователя, который контролирует систематизацию знаний обучающегося и в то же время стимулирует его творческую активность.

НИРС и квалификация студентов. НИРС по педагогическим образовательным программам имеет свою уникальную специфику – совершенствовать образовательный процесс; помочь преподавателю, чья роль является ключевой, усовершенствовать образовательный механизм; педагогическое исследование предполагает как теоретическое, так и практическое погружение в тему исследования; внедрять инновации для повышения качества образования и автоматизировать процессы обучения, решения научно-педагогической проблемы должны быть обоснованными, опробованными и аргументированными.

Вопрос о том, какое количество студентов-педагогов будет заниматься научной деятельностью без финансовой и социальной стимуляции, является для исследовательской группы принципиальным. Проведенное исследование показало, что процентное соотношение таких студентов, к сожалению, минимально (10%).

Вместе с тем обработка результатов вышеописанного эксперимента показывает другой, более высокий результат (34,17%). Исследовательская группа считает, что этот вопрос необходимо детализировать. Четвертая часть опрошенных студентов-педагогов (25,39%) считают, что необходимо наличие в вузе преподавателей-исследователей, которые могут передать свой уникальный опыт в решении задач и проблемных ситуаций студентам-педагогам. Это связано с тем, что студенты педагогических специальностей как представители гуманитарных наук отводят доминирующую роль в развитии науки человеку как специалисту, т.е. личности преподавателя.

Альтернативный выбор, связанный с осуществлением материально-экономического стимулирования, является, безусловно,

Таблица 2 – Приоритетные профессиональные и личностные качества преподавателя, влияющие на эффективность и результативность НИРС

Возможная альтернатива	%
Увлеченность наукой	40,76
Харизматичность	15,29
Коммуникативность	20,38
Гендерность	2,55
Возраст	5,73
Организационный опыт	15,29

важной составляющей или же определенных преференций со стороны преподавателя. Однако, по мнению исследовательской группы, выделение этой альтернативы является бессмысленным и не даст желаемой результативности.

Получение подобного результата означает, что значительное количество респондентов не имеют четкого и полного представления о научной деятельности и ее значимости в будущей профессиональной деятельности педагога.

НИРС, современный учебный процесс и актуализация творческого начала студентов. В соответствии с ответами респондентов, основной причиной нежелания заниматься научной активностью для студентов-педагогов является большая академическая загруженность (28,04%) и отсутствие каких либо поощрений (финансовых (15,5%), моральных (17,34%)).

По мнению респондентов, актуализация творческого начала научной деятельности студентов связана со следующими социально-экономическими факторами влияния, и в частности: экономического развития страны (минимальная заработная плата, ВВП, величина прожиточного минимума и др.) (35,20%); социального развития страны (идеологические доктрины, гендерное равенство, политическая активность и др.) (24,00%; организационной политики отдельно взятого учебного заведения (система мер и поощрений, направленные на повышение научной работы студентов, выявление мотивированных студентов) (23,60%); эффективного внедрения и развития информационных технологий (17,20%).

Специфические факторы, наиболее сильно влияющие на развитие эффективности НИРС в области педагогического профессионального образования, по мнению студентов-педагогов, представлены в таблице 3.

Из таблицы 3 очевидно, что основным фактором, определяющим развитие и совершенствование НИРС является наличие специализированных лабораторий и оборудования, которые работают по определенным научно-педагогическим проблемам, проводят исследования в образовательных учреждениях, изучают состояние преподавания различных дисциплин, разрабатывают новые педагогические технологии обучения, помогая преподавателям совершенствовать учебный процесс. В связи с этим необходимо, чтобы имеющееся современное оборудование лабораторий и кафедр предоставлялось в распоряжение студентов.

Не менее важным фактором эффективности научно-исследовательской работы студентов педагогических специальностей является представление специфических методов и приемов научных исследований, которые выполняют свою специфическую роль и помогают педагогам исследовать различные стороны учебно-воспитательного процесса.

Выводы

В настоящее время важным элементом обучения в высшей школе является участие студентов в научно-исследовательской работе (НИР). Сегодня это неотъемлемая часть подготовки будущего квалифицированного специалиста, в том числе и педагогического профиля, способствующая формированию его базовых компетенций. Однако доля студентов педагогических образовательных программ, которые в процессе обучения занимаются научно-исследовательской работой, невысокая, и преподаватели в основном ориентируются на наиболее активных студентов. Для того чтобы улучшить ситуацию, весьма важно выявлять и поддерживать эту немногочисленную долю студентов.

НИРС по педагогическим образователь-

Таблица 3 – Факторы наиболее сильного влияния по развитию НИРС в вузах РК

Возможная альтернатива	%
Наличие специализированных лабораторий и оборудования	22,66
Специфические методы и приемы научных исследований	18,36
Сотрудничество с отраслевыми компаниями и организациями	12,11
Знание и использование нейротехнологий	13,28
Использование пакетов программ обработки информации	9,77
Возможность осуществления коммерциализации результатов исследования	8,20
Систематизация технологий по осуществлению возможностей полноценного экспресс-поиска информации по решению возникшей проблемы	15,63

ным программам имеет свою уникальную специфику – совершенствовать образовательный процесс; помочь преподавателю, чья роль является ключевой, усовершенствовать образовательный механизм; педагогическое исследование предполагает как теоретическое, так и практическое погружение в тему исследования; внедрять инновации для повышения качества образования и автоматизировать процессы обучения, решения научно-педагогической проблемы должны быть обоснованными, опробованными и аргументированными.

Специфика НИРС педагогических образовательных программ непосредственно влияет на вовлеченность будущих педагогов-исследователей в научную деятельность.

Выделенные нами особенности безусловно позволят активизировать познавательной интерес к научной деятельности у студентов-педагогов. Как следствие, необходима разработка мер по выделению наиболее мотивированных к реализации научно-исследовательской деятельности обучающихся.

Вузам Казахстана, осуществляющим реализацию педагогических образовательных программ, предстоит большая работа по активизации НИРС. Результатом этого процесса должно стать осознание прямой зависимости факторов, влияющих на эффективность НИРС и качественной подготовки конкурентоспособных учителей.

Статья подготовлена в рамках выполнения договора на грантовое финансирование, заключенного с Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (ИРН проекта 19676691).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голубева И.А. Научно-исследовательская деятельность студентов: попытка определения / И.А. Голубева // Ученые записки Крымского федер. ун-та им. В.И. Вернадского. – 2022. – № 2. – С. 73-86.
2. Ефремова А.А., Горда Г., Бошкова В. Организация научно-исследовательской работы студентов / А.А. Ефимова, Г. Горда, В. Бошкова // Символ наук. – 2015. – № 11. – С. 105-107. Режим доступа: https://applied-research.ru/ru/article/view?id=5362&ysclid=lssyam9fwy365334282
3. Баширов А.В., Головачѐва В.Н., Накипова Г.Е., Ханов Т.А. / А.В. Баширов, В.Н. Головачёва, Г.И. Накипова, Т.А. Ханов // Особенности осуществления научно-исследовательской деятельности студентов в вузах Республики Казахстан // Труды университета. – Караганда, 2023. – № 3 (92). – С. 378-393. DOI: 10.52209/1609-1825_2023_387.

Педагогикалық пайдаланған НИРС ерекшеліктері университет мамандықтарына

[1]БАШИРОВ Александр Витальевич, *т.ғ.к., зертхана басшысы, bashirov_av@mail.ru,*
[2]*ГОЛОВАЧЁВА Виктория Николаевна, *п.ғ.д., профессор м.а., golovacheva_vn@mail.ru,*
[1]ХАНОВ Талгат Ахматзиевич, *з.ғ.д., ҒЗИҒЗИ директоры, thanov@mail.ru,*
[1]Қазтұтынуодағы Қарағанды университеті, Академическая көшесі, 9, Қарағанды, Қазақстан,
[2]«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Н. Назарбаев даңғылы, 56, Қарағанды, Қазақстан,
**автор-корреспондент.*

Аннотация. *Оқушы-мұғалімнің зерттеушілік әрекетін жүзеге асыруға тән ерекшеліктер жазылған. Студенттердің сауалнамасының нәтижелері бойынша болашақ мұғалімнің зерттеу жұмысының тиімділігіне әсер ететін ерекшеліктер анықталды. Авторлар ғылыми-зерттеу жұмысы процесінде ақпараттық технологияларды пайдалану және мұғалімнің рөлі сияқты факторлардың маңыздылығына ерекше назар аударады. Осы тақырып бойынша респонденттердің сауалнамасының талдауы ұсынылған. Сауалнаманың талдауы ғылыми-зерттеу және тәжірибелік-конструкторлық жұмыстардың төмен белсенділігінің себепте-*

рін анықтауға мүмкіндік берді. Мамандардың айтуынша ғылыми-зерттеу қызметін жүзеге асыруға ынталы студенттерді анықтау шараларын әзірлеу керек.

Кілт сөздер: *оқытушы студенттердің ғылыми-зерттеу жұмыстары, респонденттерге сауалнама жүргізу, оқытушы-зерттеуші, зерттеу жұмысының ерекшелігі, ақпараттық технологиялар, зерттеу жұмысының тиімділігі мен нәтижелілігіне әсер ететін ерекшеліктері.*

Features of NIRS On Pedagogical for University Specialties

[1]BASHIROV Alexander, *Cand. of Tech. Sci., Head of Laboratory, bashirov_av@mail.ru,*
[2]*GOLOVACHYOVA Viktoriya, *Dr. of Ped. Sci., Acting Professor, golovacheva_vn@mail.ru,*
[1]KHANOV Talgat, *Dr. of Law Sci., Director of NIIEPI, thanov@mail.ru,*
[1]Karaganda University of Kazpotrebsoyuz, Akademicheskaya Street, 9, Karaganda, Kazakhstan,
[2]NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», N. Nazarbayev Avenue, 56, Karaganda, Kazakhstan,
**corresponding author.*

Abstract. *The features specific to the implementation of research activities of a student teacher are described. Based on the results of a student survey, features were identified that influence the effectiveness of the future teacher's research work. The authors focus special attention on the importance of such factors as the use of information technology in the process of research work and the role of the teacher. An analysis of the survey of respondents on this topic is presented. Analysis of the survey made it possible to determine the reasons for the low activity of research and development work. According to experts, it is necessary to develop measures to identify students who are motivated to carry out research activities.*

Keywords: *research work of student teachers, survey of respondents, teacher-researcher, specifics of research work, information technology, features affecting the efficiency and effectiveness of research work.*

REFERENCES

1. Golubeva I.A. Students' research activities: an attempt at definition / I.A. Golubeva // Scientific notes of the Crimean federation. University named after IN AND. Vernadsky. – 2022. – No. 2. – Pp. 73-86.
2. Efremova A.A., Gorda G., Boshkova V. Organization of students' research work / A.A. Efimova, G. Gorda, V. Boshkova // Symbol of Sciences. – 2015. – No. 11. – Pp. 105-107. Available at: https://applied-research.ru/ru/article/view?id=5362&ysclid=lssyam9fwy365334282
3. Bashirov A.V., Golovachyova V.N., Nakipova G.E., Khanov T.A. /A.V. Bashirov, V.N. Golovacheva, G.I. Nakipova, T.A. Khanov // Features of the implementation of scientific research activities of students in universities of the Republic of Kazakhstan // Proceedings of the university. – Karaganda, 2023. – No. 3 (92). – Pp. 378-393. DOI: 10.52209/1609-1825_2023_387.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_293 УДК 378

Разработка и внедрение тестирующей системы на занятиях по программированию

[1]***МУХАРСКИЙ Дмитрий Васильевич,** лектор, DMyharskii@shokan.edu.kz,
[1]**САБИТОВ Аманбек,** докторант, ассистент лектора, asabitov@shokan.edu.kz,
[1]НАО «Кокшетауский университет имени Ш. Уалиханова», ул. Абая, 76, Кокшетау, Казахстан,

*автор-корреспондент.

Аннотация. *Основным и самым эффективным видом деятельности при обучении программированию является решение задач. Автоматизированные системы проверки задач по программированию могут облегчить обязанности преподавателя, позволят охватить за меньшее время большее количество учащихся, уделить каждому учащемуся больше времени. В статье представлена автоматическая тестирующая программа для обучения программированию на языке Python, разработанная в Кокшетауском университете им. Ш. Уалиханова, описан интерфейс системы и её возможности. Описывается работа с системой и пути дальнейшего улучшения и развития. Предварительно рассмотрены тестирующие платформы для проведения олимпиад по программированию и обучения программированию. Проанализированы их положительные стороны и недостатки, заставившие авторов разрабатывать собственную тестирующую программу.*

Ключевые слова: *тестирующая программа, преподавание программирования, автоматическая проверка, олимпиадное программирование, веб-интерфейс, Flask, система проверки решения задач по программированию, веб-разработка.*

Введение

На современном этапе развития общества подготовка квалифицированных кадров в области IT-специальностей остаётся актуальной проблемой. Базовым умением для практически любого IT-специалиста является освоение им языков программирования. Умение программировать развивает все основные навыки, что требуются хорошему IT-специалисту: алгоритмическое мышление, умение структурировать свои мысли и выражать их в чётких инструкциях программы, умение мыслить логически и переводить математически сформулированные алгоритмы в устойчиво работающие программы.

Программирование остаётся сложной для обучения областью компьютерных наук. Любой программист знает, как сложно отладить даже, казалось бы, простую программу, заставить её работать как того хочет разработчик. Программа может хорошо работать на одних данных, начать выдавать неверные результаты на других и оказаться совершенно нерабочей на третьих.

Преподаватель в классе вынужден оценивать много решений в условиях ограниченного времени. Решения разных учащихся могут сильно отличаться по уровню. Кто-то может легко понять общую идею решения и самостоятельно её реализовать. Другому требуется объяснять буквально построчно. Всё это приводит к тому, что преподаватель не в состоянии в полном объёме за отведённое время адекватно оценить решение. В этой ситуации легко пропустить неверные решения, работающие для ограниченного множества данных.

Учебная программа пишется, сдаётся и о ней больше не вспоминают. При этом к функции из реального проекта требования гораздо более жёсткие. Функция должна работать быстро, чтобы не тормозить весь проект, она должна быть хорошо документирована, легко масштабироваться и читаться и т.д. Кроме того, популярным методом разработки программ является разработка на основе тестирования. Программный продукт при каждой модификации должен проходить ряд тестов, гарантирующих сохранение его работоспособности. Эти требования, в какой-то мере, напоминают требования к олимпиадным программам [1, 2]. А раз так, то хорошо бы было с самых азов приучать студентов и учеников к такому способу программирования.

Существуют тестирующие системы, вхо-

дящие в состав более расширенных обучающих систем. Однако эти системы обладают рядом недостатков. Это явилось причиной для разработки нами собственной тестирующей системы. В статье авторы дают краткое описание функционирования и опыт применения такой системы на базе обучения студентов программированию на Python.

Методы и материалы

На просторах интернета можно найти достаточно много ресурсов для автоматизированной проверки программ. В число наиболее используемых и проверенных авторами входят: Contester [3], система для дистанционной подготовки по информатике informatics.msk.ru [4], Timus Online Judge [5], Stepik [6], School.sgu.ru [7]. Основное назначение представленных выше ресурсов – проведение онлайн-олимпиад. Они мало пригодны для ежедневных занятий по программированию.

Все рассмотренные платформы имеют зарубежное базирование. Их иногда бывает трудно адаптировать к казахстанским требованиям и стандартам. Это, в первую очередь, касается и языка платформы и многих других аспектов использования.

По мнению авторов, имеется ещё один существенный недостаток в рассмотренных платформах. Даже зарегистрированные пользователи не имеют возможности напрямую просматривать базы данных, сохраняющие информацию о прохождении курсов. Информация доступна только через веб-интерфейсы. Нет возможности автоматизировать и анализировать эту информацию для построения, например, собственной рекомендательной системы на базе ИИ.

Учитывая всё вышесказанное, авторами было принято решение разработать собственную тестовую платформу по программированию.

Тестирующая система написана на языке программирования Python и построена на базе фреймворка Flask [8, 9]. Данный фреймворк был выбран в качестве рабочего благодаря его простоте и популярности для разработки маленьких и средних проектов [10].

Тестирующая система построена по принципам ООП. Ядром системы является класс, принимающий на вход текст программы, подающий в неё тестовые входные данные и сравнивающий выдаваемые результаты с ожидаемыми. Остальные модули предназначены для обслуживания веб-интерфейса. В частности, имеется класс для работы с деревом папок, в котором хранятся тестовые данные, класс для работы с базой данных зарегистрированных пользователей и результатов решений, несколько классов для работы с элементами шаблонов веб-страниц и т.д.

В качестве рабочей базы данных используется библиотека SQLAlchemy [11, 12] и дополнительный модуль Flask-sqlalchemy. Встроенный модуль хорошо интегрируется со всеми остальными компонентами фреймворка и позволяет сосредоточиться на логике программы, беря многие мелкие детали реализации на себя [13].

Кроме вышеописанного модуля, в программе использованы следующие расширения: Flask-WTF для работы с формами в шаблонах веб-страниц, Flask-login – для авторизации и регистрации пользователей и интеграции с базой данных [14], Flask-migrate – для комфортной работы с изменениями базы данных и миграции данных из одной базы в другую, Flask-bootstrap – для оформления внешнего вида шаблонов в стиле Bootstrap [15].

Для хранения сведений о зарегистрированных пользователях и прогрессе обучения используются две таблицы базы данных. Первая из таблиц содержит сведения о пользователях: имя, фамилию и пароль. Вторая таблица хранит сведения о решаемых пользователями задачах.

Веб-интерфейс программы построен на основе динамических шаблонов Jinja2 [10]. Веб-ресурс состоит из нескольких страниц. Для использования ресурса в первый раз студент должен пройти простую процедуру регистрации. После этого открывается страница с задачами. Для начала работы нужно перейти на страницу с иерархическим списком тем. Если выбрать только название темы, то будет предложена случайная задача по выбранной теме. Так же можно выбрать конкретную задачу (рисунок 1).

Дерево строится из иерархии папок с темами, в которых хранятся файлы с наборами тестов. Для каждой задачи имеется свой текстовый файл с набором тестов только для этой задачи. Структура тестового файла подразумевает различные формы ввода и вывода. Программа может вообще не получать никакого ввода и только выводить результат. Возможен ввод одного значения или ряда значений (например, списка), ввод значений из нескольких операторов input(). Вывод также подразумевает либо одного значения, либо нескольких (в том числе и в столбик). Формат ввода и вывода оговаривается при формулировке задачи. В особо сложных случаях в формулировку задачи добавлен пример форматирования ввода и вывода.

Условие выбранной задачи отображается на странице задач. Учащийся может либо

набирать задачу напрямую в специализированном поле или скопировать её из другого редактора (рисунок 2).

После того как учащийся решил задачу, её можно отправить на проверку на сервер. По задаче на экран выдаётся краткий отчёт, сколько тестов пройдено и какие из тестов пройдены неправильно (рисунок 3). При этом в базу данных записывается, когда задача была открыта впервые, когда отправлено последнее решение, сколько было попыток отправки и другая информация, позволяющая отслеживать прогресс.

Доступен полный отчёт по всем решаемым данным учащимся задачам на странице Отчёт. На экран выдаётся часть информации из базы данных, позволяющая отследить результаты каждой из когда-либо решаемых учащимся задач (рисунок 4). Выставляемая учащемуся оценка зависит от количества

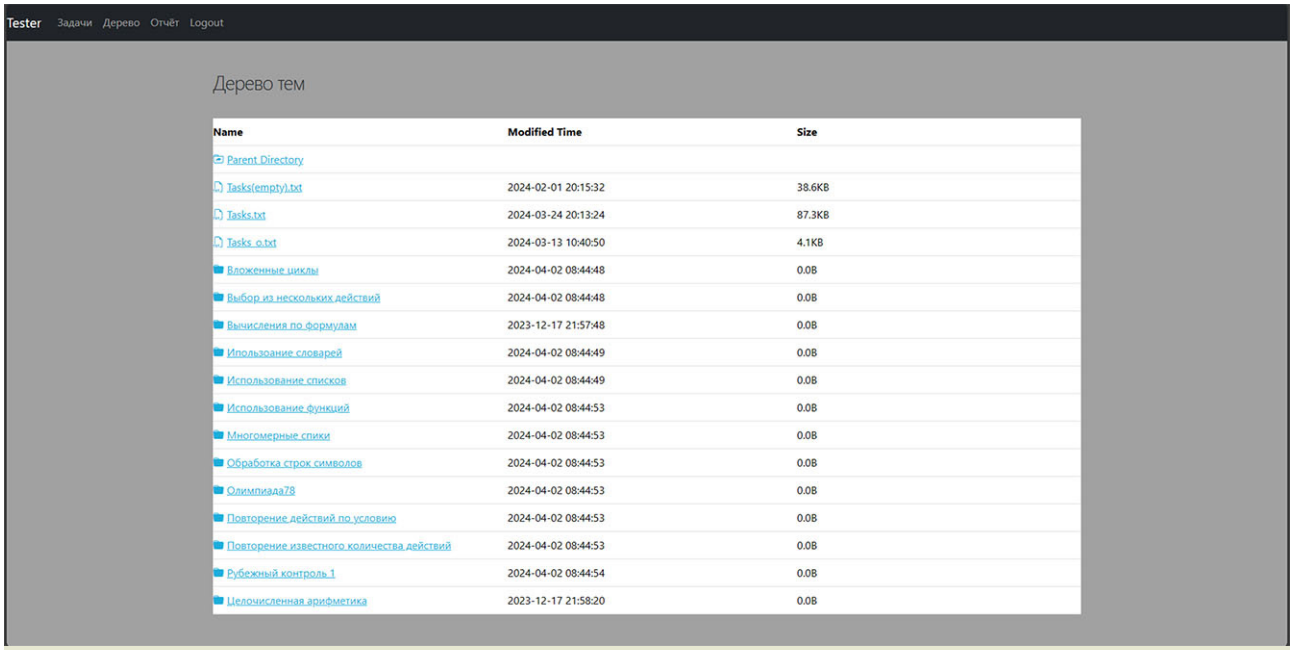


Рисунок 1 – Иерархический список тем

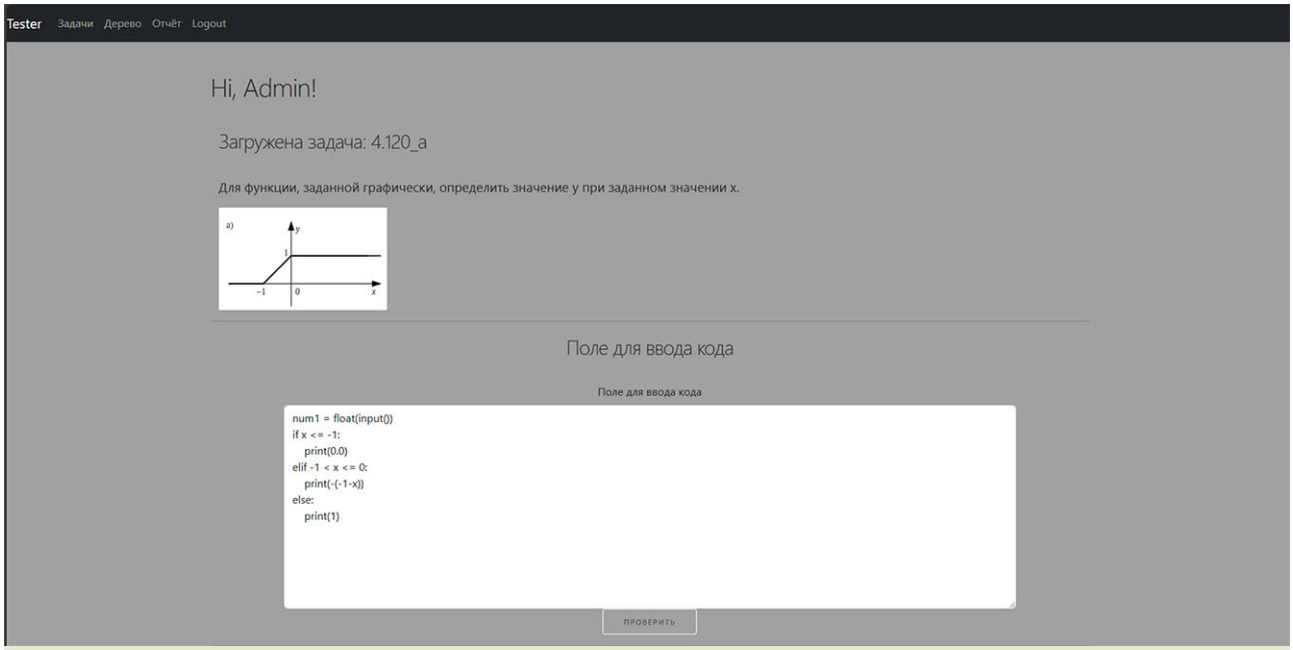


Рисунок 2 – Решение задачи

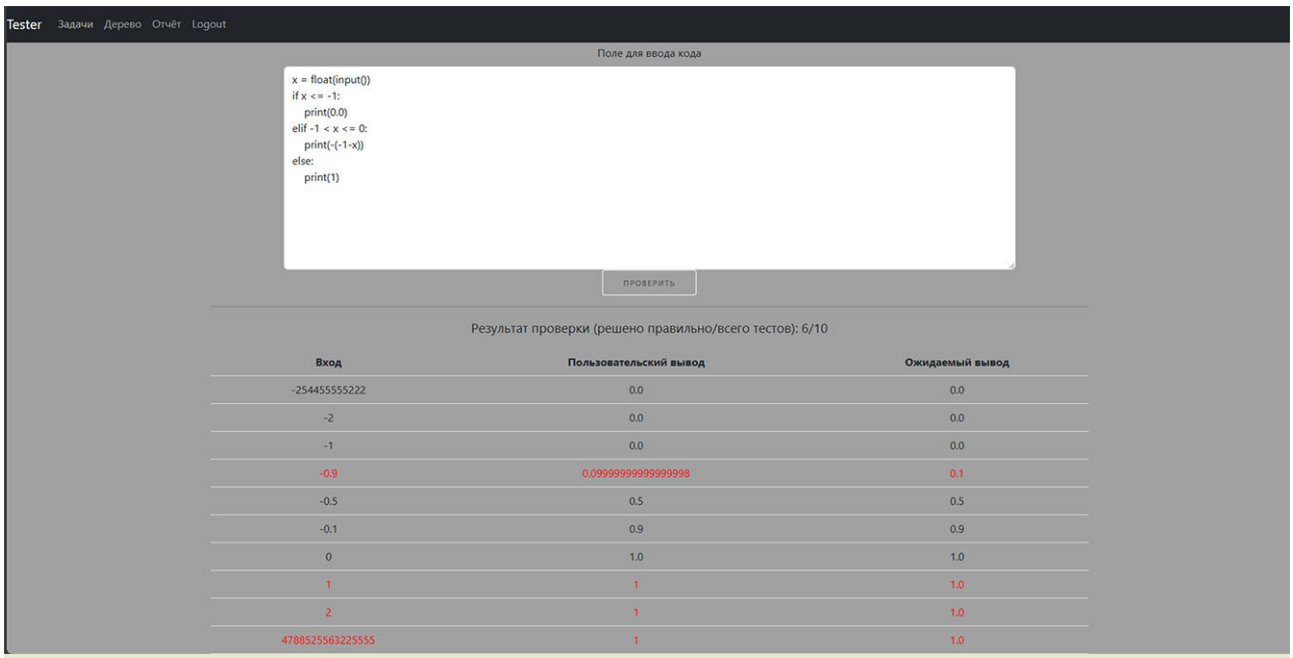


Рисунок 3 – Результаты отправки задачи на проверку

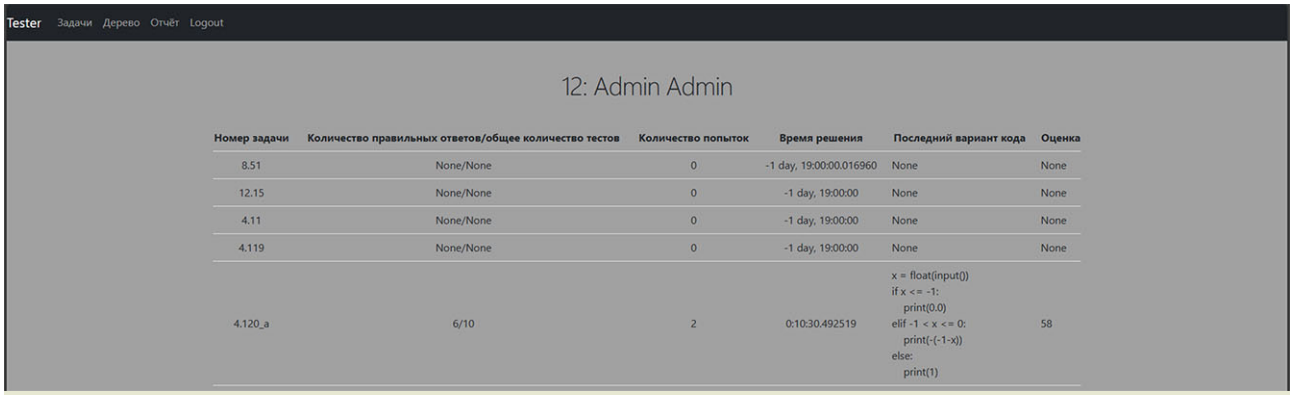


Рисунок 4 – Отчёт о решаемых задачах

успешно пройденных тестов и от количества попыток решения. Оценка выставляется по результатам последней проверки.

На момент написания статьи ресурс имеет простой интерфейс и ограниченную функциональность. Функции добавляются по мере возникновения необходимости в них и по мере отслеживания работы учащихся с ресурсом.

Разработанная система позволяет уделять больше времени каждому из учащихся и во время решения ими задач уделять больше времени проработке алгоритма решения, оптимизации кода, что особенно важно для языка Python. Отпала необходимость вспоминать, как была решена та или иная задача из предложенных на лабораторной, прогонять вручную много тестов и затрачивать на это время. Просмотр отчёта помогает преподавателю сразу вспомнить, как тот или иной учащийся решал и посмотреть приблизительную оценку, рекомендуемую системой.

Главным побудительным мотивом для авторов начать работу над проектом по созданию своей тестирующей программы, была возможность иметь полный контроль над системой, возможность оперативно исправлять ошибки и вносить новые функции, не дожидаясь обновлений от сторонних разработчиков.

Результаты и обсуждения

Использование автоматизированных систем тестирования имеет ряд отрицательных сторон. Во-первых, при использовании автоматизированной проверки задач входные и выходные данные должны иметь строго заданные форматы. Учащиеся должны быть

заранее предупреждены о необходимости форматировать данные входа и выхода. Хорошей практикой будет прописывать в условиях задачи, в каком виде надо подавать данные и в каком формате выводить, как это делается в олимпиадном программировании. Однако новички в программировании всё равно зачастую делают ненужные добавки при вводе и выводе, вставляя комментарии в операторы input() и print().

Во-вторых, зачастую желательно, чтобы задача была решена с использованием заданных конструкций и подмена конструкций нежелательна. Например, необходимо решить задачу с использованием цикла с условием, и замена его на более простой в использовании цикла с параметром не допустима, или необходимо решить задачу через функцию. В этом случае прогон тестовых случаев также можно дополнить поиском в исходных тестах программы некоторых ключевых слов (while, def и т.д.)

В-третьих, желательно научить не только просто решить задачу, а и решить её как можно более оптимально или компактно. Это требование может касаться, например, программирования на Python. Желательно научить учащихся пользоваться списковыми включениями, встроенными методами, спецфункциями и писать однострочники. Тогда можно наряду с прогоном тестов также учитывать длину написанной программы и начислять или отнимать дополнительные баллы за компактность.

Ни один из рассмотренных ресурсов не позволял вместе с тестами проводить дополнительные операции с исходными кодами, а тем более добавлять какие-либо пользовательские операции с кодом. Наличие собственного ресурса позволяет полностью контролировать процесс тестирования. В будущем авторы предполагают включить в ресурс элементы ИИ для построения рекомендательной системы по подбору задач по уровню подготовки.

Заключение

В статье авторы на основе рассмотрения пяти ресурсов для автоматизированной проверки программ представляют собственную автоматизированную проверяющую систему и обосновывают необходимость её разработки.

Авторы описывают собственную разработанную в Кокшетауском Университете им. Ш. Уалиханова платформу для проведения занятий по программированию на языке Python. Разработанный тестовый вариант платформы, несмотря на простоту, успешно используется уже в течение полугода. Исправлено множество ошибок и заменены некоторые первоначальные решения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кирюхин В.М. Методические рекомендации по проведению школьного и муниципального этапов всероссийской олимпиады по информатике в 2012/2013 учебном году.
2. Московские олимпиады по информатике. 2002-2009 // Под ред. Андреевой Е.В., Гуровца В.М., Матюхина В.А. М.: МЦНМО. – 2009.
3. Долгушин Н.А., Оленькова М.Н. Использование системы contester для проведения олимпиад по программированию // Международный студенческий научный вестник. – 2016. – № 3-2; URL: https://eduherald.ru/ru/article/view?id=14960 (дата обращения: 29.03.2024).
4. Дистанционная подготовка по информатике. URL: https://informatics.msk.ru (дата обращения 02.1.2024).
5. Timus Online Judge, архив задач с проверяющей системой. URL: http://acm.timus.ru (дата обращения 02.1.2024).
6. Stepic онлайн-курсы от ведущих вузов и компаний страны URL: https://welcome.stepik.org/ru (дата обращения 02.1.2024).
7. Портал обучения информатике и программированию URL: http://school.sgu.ru (дата обращения 02.1.2024).
8. Dwyer G. Flask By Example // Packt Publishing Ltd. – 2016.
9. Relan K. Beginning with flask // Building REST APIs with Flask: Create Python Web Services with MySQL. – 2019. – С. 1-26.
10. RYBÁROVÁ N. Python-FLASK for creating simple web applications.
11. Myers J., Copeland R. Essential SQLAlchemy: Mapping Python to Databases // O'Reilly Media, Inc – 2015.

12. Hans-Jürgen Schönig Mastering PostgreSQL 13 – Fourth Edition: Build, administer, and maintain database applications efficiently with PostgreSQL 13 // Packt Publishing. – 2020. – 476 p.
13. Катлер Дж., Дикенсон М. Баз данных. В кн.: Вычислительные фреймворки для политических и социальных исследований с помощью Python. Учебники по политическому анализу. // Springer, Cham. – 2020. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-36826-5_8
14. Ghimire D. Comparative study on Python web frameworks: Flask and Django. – 2020.
15. Lathkar M. Building Web Apps with Python and Flask: Learn to Develop and Deploy Responsive RESTful Web Applications Using Flask Framework (English Edition). – BPB Publications. – 2021.

Бағдарламалау сабақтарында тестілеу жүйесін әзірлеу және енгізу

[1]*МУХАРСКИЙ Дмитрий Васильевич, *оқытушы, DMyharskii@shokan.edu.kz,*
[1]САБИТОВ Аманбек, *докторант, оқытушы көмекшісі, asabitov@shokan.edu.kz,*
[1]«Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті» КеАҚ, Абай көшесі, 76, Көкшетау, Қазақстан,
**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Бағдарламалауды оқытудағы негізгі және ең тиімді әрекет есептерді шешу болып қала береді. Бағдарламалау тапсырмаларын тексеруге арналған автоматтандырылған жүйелер оқытушының осы жауапкершілігін жеңілдетеді, аз уақытта көбірек студенттерге қол жеткізуге және әрбір студентке көбірек уақыт бөлуге мүмкіндік береді. Мақалада Ш.Уәлиханов атындағы Көкшетау университетінде әзірленген Python тілінде бағдарламалауды оқытуға арналған автоматты тестілеу бағдарламасы берілген, жүйе интерфейсін және оның мүмкіндіктерін сипаттайды. Жүйемен жұмыс істеу және одан әрі жетілдіру және дамыту жолдарын сипаттайды. Бағдарламалау олимпиадаларын өткізу және бағдарламалауды оқыту үшін тестілеу алаңдары алдын ала қаралды. Олардың оң жақтары мен кемшіліктері талданады, бұл авторларды өздерінің тестілеу бағдарламасын жасауға мәжбүр етті.*

Кілт сөздер: *тестілеу бағдарламасы, бағдарламалауды оқыту, автоматты тестілеу, бағдарламалау олимпиадалары, веб-интерфейс, Flask, бағдарламалау есептерінің шешімдерін тестілеу жүйесі, веб-әзірлеу.*

A Testing System in Programming Classes Development and Implementation

[1]*MUKHARSKY Dmitry, *Lecturer, DMyharskii@shokan.edu.kz,*
[1]SABITOV Amanbek, *Doctoral Student, Lecturer Assistant, asabitov@shokan.edu.kz,*
[1]NCJSC «Sh. Ualikhanov Kokshetau University, Abay Street, 76, Kokshetau, Kazakhstan»,
**corresponding author.*

Abstract. *The main, and most effective, activity when teaching programming is problem solving. Automated systems for checking programming problems can ease the teacher's responsibilities. They will allow you to reach a larger number of students in less time and devote more time to each student. The article presents an automatic testing program for teaching programming in Python, which was developed at Kokshetau University named after Sh. Ualikhanov. The program interface and its capabilities are described. Describes how to use the program and ways to further improve and develop it. Testing platforms for conducting programming Olympiads and teaching programming have been preliminarily reviewed. Their positive aspects and disadvantages are analyzed, which forced the authors to develop their own testing program.*

Keywords: *testing program, programming teaching, automatic testing, programming Olympiads, web-interface, Flask, system for testing solutions to programming problems, web-development.*

REFERENCES

1. Kiryukhin V.M. Metodicheskie recomendacii po provedeniu Shkolnogo I munichipalnogo etapov vserossiyskoy olimpiadi po informatike v 2012/2013 uchebnom godu [in Russian].
2. Mosskovskie olimpiadi po informatike. 2002-2009 // Ed. Andreeva E.V., Gurovets V.M., Matyukhina V.A. Moscow: MTsNMO. – 2009 [in Russian].
3. Dolgushin N.A., Olenkova M.N. Ispolzovanie systemi contester dla provedeniya olimpiad po programmirovaniu // Mezdunarodniy studencheskiy nauchniy vestnik. – 2016. – No. 3-2. URL: https://eduherald.ru/ru/article/view?id=14960 (date of access: 02/1/2024) [in Russian].
4. Distanchionnay podgotovka po informatike. URL: https://informatics.msk.ru (access date 02/1/2024)
5. Timus Online Judge, archive of problems with a checking system. URL: http://acm.timus.ru (access date 02/1/2024)
6. Stepic online courses from leading universities and companies in the country URL: https://welcome.stepik.org/ru (access date 02/1/2024)
7. Portal for teaching computer science and programming URL: http://school.sgu.ru (access date 02/1/2024)
8. Dwyer G. Flask By Example // Packt Publishing Ltd. – 2016.
9. Relan K. Beginning with flask // Building REST APIs with Flask: Create Python Web Services with MySQL. – 2019. – Pp. 1-26.
10. RYBÁROVÁ, N. Python-FLASK for creating simple web applications.
11. Myers J., Copeland R. Essential SQLAlchemy: Mapping Python to Databases // O'Reilly Media, Inc – 2015.
12. Hans-Jürgen Schönig Mastering PostgreSQL 13 – Fourth Edition: Build, administer, and maintain database applications efficiently with PostgreSQL 13 // Packt Publishing. – 2020. – 476 p.
13. Cutler J., Dickenson M. Databases. In: Computational frameworks for political and social research using Python. Textbooks on Political Analysis // Springer, Cham. – 2020. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-36826-5_8
14. Ghimire D. Comparative study on Python web frameworks: Flask and Django. – 2020.
15. Lathkar M. Building Web Apps with Python and Flask: Learn to Develop and Deploy Responsive RESTful Web Applications Using Flask Framework (English Edition). – BPB Publications. – 2021.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_300 УДК 004.852

Анализ выявления факторов, влияющих на риск отчисления студентов колледжей на основе использования алгоритмов машинного обучения

[1]*САПАРХОДЖАЕВ Нурбек Пажарбекович, Председатель Правления – ректор, PhD, доцент, nursp81@gmail.com,
[2]ТАШКЕНБАЕВ Ержан Амангельдиевич, магистр, erj2030@mail.ru,
[3]ЖОЛАЕВА Лаззат Бауржановна, магистр, lazzat1406@mail.ru,
[1]НАО «Рудненский индустриальный университет», ул. 50 лет Октября, 38, Рудный, Казахстан,
[2]ТОО «Школа-лицей интернат «Даражол», ул. Абылайхана, 17/1, Кентау, Казахстан,
[3]ГККП «Кентауский многопрофильный колледж», ул. Толеби, 72а, Кентау, Казахстан,
*автор-корреспондент.

Аннотация. Статья представляет собой сравнительный анализ двух методов машинного обучения – модели дерева решений и градиентного бустинга – для прогнозирования риска отчисления студентов в колледжах на основе данных об их демографических характеристиках, образовательном фоне и социально-экономическом статусе. Авторы исследования оценили точность, precision, recall и F1-оценки обеих моделей на тестовых данных, выявили значимые факторы, влияющие на риск отчисления, и предложили рекомендации для образовательных учреждений по снижению этого риска. В ходе анализа были учтены также социальные факторы, такие как уровень вовлеченности студентов в учебный процесс и наличие финансовых трудностей. Особое внимание уделено оценке влияния образовательного фона родителей на академическую успеваемость учащихся. Полученные результаты могут быть полезны для разработки новых стратегий поддержки студентов с целью повышения уровня завершения обучения.

Ключевые слова: машинное обучение, модель дерева решений, градиентный бустинг, прогнозирование риска отчисления, студенты колледжей, точность моделей, образовательные данные.

Введение

Анализ больших данных и методы машинного обучения (ML) находят широкое применение в образовании, особенно в прогнозировании риска отчисления студентов. В последние годы наблюдается значительный интерес к этой теме со стороны академического сообщества [1]. Понимание факторов, влияющих на риск отчисления, может помочь образовательным учреждениям разрабатывать эффективные стратегии поддержки студентов, что, в свою очередь, способствует повышению уровня завершения обучения [2].

Настоящий обзор рассматривает ключевые академические исследования, посвященные прогнозированию риска отчисления студентов с использованием методов машинного обучения. Основное внимание уделяется общим методологическим подходам и различиям в применяемых моделях. Например, такие сложные модели, как Light Gradient Boosting Machine (LGBM) и Extreme Gradient Boosting (XGBoost), показали высокую точность в прогнозировании риска отчисления и выявили гендерные различия в факторах риска. Систематические обзоры и исследования подчеркивают важность данных о посещаемости, академической успеваемости и социально-экономических условиях как ключевых предикторов отчисления [3].

Другие работы фокусируются на классификационных алгоритмах, таких как Decision Trees, Logistic Regression и k-Nearest Neighbors, которые также используются для

прогнозирования риска отчисления студентов [4]. Эти исследования демонстрируют, что традиционные статистические методы уступают по точности моделям машинного обучения.

Исследования показывают, что такие факторы, как повышенная тревожность, низкий уровень вовлеченности и финансовый стресс, усугубились во время пандемии, увеличивая риск отчисления.

Анализируемые исследования демонстрируют значительный потенциал машинного обучения и анализа больших данных в решении проблемы отчисления студентов.

Цель исследования

Цель данного исследования заключается в сравнительном анализе факторов, влияющих на риск отчисления студентов колледжей, с использованием двух методов машинного обучения: модели дерева решений и модели градиентного бустинга. В частности, исследование направлено:

1. *На оценку точности и эффективности двух моделей машинного обучения:* Сравнение точности, precision, recall и F1-оценок для моделей дерева решений и градиентного бустинга на основе тренировочного и тестового наборов данных.

2. *Выявление значимых факторов:* Определение наиболее значимых факторов, влияющих на риск отчисления студентов, и сравнение вклада этих факторов в рамках каждой модели.

3. *Разработку рекомендаций для образовательных учреждений:* на основе результатов анализа предложить стратегии и меры для снижения риска отчисления студентов, учитывая выявленные ключевые факторы.

Основное внимание уделяется сравнению двух подходов машинного обучения для более точного понимания факторов риска отчисления и разработки более эффективных интервенций для поддержки студентов и повышения уровня завершения обучения.

Методология

В современном анализе данных для выявления факторов, влияющих на риск отчисления студентов, применяются разнообразные методы машинного обучения, каждый из которых имеет свои ключевые преимущества. Логистическая регрессия и деревья решений выделяются своей интерпретируемостью и простотой реализации, что делает их доступными для широкого круга пользователей [5]. Случайные леса и градиентный бустинг обеспечивают высокую точность предсказаний и устойчивость к переобучению, что критически важно для надежности аналитических выводов [6]. Методы опорных векторов и нейронные сети демонстрируют эффективность при работе с данными высокой размерности, предоставляя возможность учитывать сложные взаимосвязи между признаками [7]. Для задач, требующих быстроты и простоты вычислений, K-ближайших соседей и наивный байесовский классификатор являются оптимальными решениями. Анализ главных компонент помогает снизить размерность данных, выделяя наиболее значимые признаки, что улучшает производительность моделей. Кластеризация позволяет выявить скрытые структуры и естественные группировки в данных, что способствует более глубокому пониманию факторов риска [8]. Комбинирование этих методов и алгоритмов в зависимости от специфики данных и поставленных задач позволяет создать комплексный и эффективный подход к анализу и предсказанию риска отчисления студентов.

Для данного анализа наиболее подходящими методами были выбраны:

1. Случайные леса (Random Forests).

2. Градиентный бустинг (Gradient Boosting).

Random Forests

Random Forests – это ансамблевый метод машинного обучения, который строит множество деревьев решений и объединяет их результаты для улучшения общей точности и устойчивости модели [9]. Для каждого дерева случайно выбирается подмножество обучающих данных с возвращением (Bagging), что означает, что одно и то же наблюдение может быть выбрано несколько раз для одного дерева, снижая вариативность модели и повышая ее устойчивость к переобучению:

$$D_t = \{(x_i, y_i) \mid (x_i, y_i) \in D\},$$

где i – индекс случайно выбранной обучающей выборки.

В каждом узле дерева случайно выбирается подмножество признаков, что помогает создать деревья, которые менее коррелированы друг с другом, повышая общую устойчивость ансамбля. Обычно выбирается $\sqrt{p}$ из общего числа признаков p для задач классификации и p/3 для задач регрессии. На каждом подмножестве данных и признаков строится дерево решений до максимальной глубины или до выполнения других критериев остановки, таких как минимальное количество наблюдений в листе или минимальная чистота узла:

$$G(D,X_j) = 1 - \sum_{i=1}^{c} \left(\frac{|D_i|}{|D|} \right)^2,$$

где G – индекс Джини, D_i – подмножество данных с классом i, $|D|$ – общее количество

данных, $|D_i|$ – количество данных в классе i.

Для задач классификации результаты всех деревьев объединяются путем голосования, и класс, получивший большинство голосов, становится финальным предсказанием:

$$\hat{y} = \mathrm{mode}\{h_t(x) \mid t = 1, \ldots, T\},$$

где $h_t(x)$ – предсказание t-го дерева, mode – наиболее часто встречающееся значение (голосование большинства). Для задач регрессии результаты всех деревьев усредняются для получения финального прогноза:

$$\hat{y} = \frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T} h_t(x).$$

Таким образом, Random Forests комбинирует результаты множества деревьев решений, каждое из которых обучается на случайном подмножестве данных и признаков, что обеспечивает высокую точность и устойчивость модели к переобучению. Random Forests широко используется в различных областях, таких как медицина, финансы, маркетинг и многие другие, для задач классификации и регрессии.

Градиентный бустинг (Gradient Boosting)

Градиентный бустинг – это мощный метод ансамблевого обучения, который строит последовательность моделей, каждая из которых исправляет ошибки предыдущей [10]. Это достигается путем минимизации функции потерь с использованием градиентного спуска.

Принцип работы:

1. Инициализация модели: Первая модель является простой моделью (например, одним деревом решений), которая делает первоначальные предсказания. Начальное предсказание обычно выбирается как среднее значение целевой переменной для задач регрессии или как логарифм отношения шансов для задач классификации.

2. Вычисление ошибок: для каждой обучающей точки i вычисляется ошибка (остаток) текущей модели:

$$r_i = y_i - \hat{y}_i,$$

где y_i – истинное значение, а $\hat{y}_i$ – предсказанное значение.

3. Построение новых моделей:

Новая модель обучается на ошибках предыдущих моделей. Это делается путем минимизации градиента функции потерь $L(y, \hat{y}_i)$. На каждой итерации m вычисляется направление наискорейшего спуска (градиент):

$$g_i^{\{m\}} = -\frac{\partial L(y_i, \hat{y}_i^{(m)})}{\partial \hat{y}_i} \Big|_{\hat{y}_i = \hat{y}_i^{(m-1)}}.$$

Новая модель $h_m(x)$ обучается на остатках (градиентах) текущих предсказаний.

4. Обновление предсказаний:

Новые модели добавляются к общей модели с учетом их веса (шаг градиентного спуска α), чтобы минимизировать остаточную ошибку:

$$\hat{y}_i^{(m)} = \hat{y}_i^{(m-1)} + \alpha h_m(x_i),$$

где α – скорость обучения, которая контролирует вклад каждой новой модели.

5. Повторение:

Процесс повторяется до тех пор, пока не будет достигнута заданная точность или не выполнены другие критерии остановки, такие как максимальное количество итераций.

Градиентный бустинг широко используется в различных областях, таких как финансы, маркетинг, медицина и другие, для задач классификации и регрессии [11]. Например, в контексте анализа факторов, влияющих на риск отчисления студентов колледжей, градиентный бустинг может использоваться для создания точных моделей предсказания риска на основе исторических данных и для выявления наиболее значимых факторов, влияющих на отчисление [12].

Описание данных

Исходные данные представляют собой набор характеристик студентов колледжа, включающий 18 признаков и 1 целевую переменную, определяющую риск отчисления. Признаки включают демографическую информацию (пол, национальность, место рождения, место жительства, семейное положение), образовательный фон (уровень образования, школа, из которой пришел студент, курс обучения, специальность), социально-экономические факторы (занятость студента, образование родителей, семейное положение родителей, получение финансовой помощи), здоровье (наличие инвалидности или хронических заболеваний), социальное взаимодействие (частота встреч с друзьями), а также самостоятельность в выборе специальности. Итоговый балл студента, варьирующийся от 0 до 100, служит основой для определения целевой переменной риска отчисления, где студенты с баллом ниже 80 считаются в группе риска (значение 1), а остальные – нет (значение 0). Данные включают 38 записей, что позволяет исследовать влияние различных факторов на академическую успеваемость и риск отчисления студентов.

Анализ исследования

В данном исследовании была проведена оценка влияния различных факторов на риск отчисления студентов с использованием модели дерева решений.

Модель дерева решений показала точ-

ность 62.5% на тестовой выборке. Анализ важности признаков выявил, что наиболее значимыми факторами, влияющими на риск отчисления, являются:

1. *Образование родителей:* значительный вклад в модель, показывающий, что уровень образования родителей играет важную роль в вероятности отчисления студентов.

2. *Школа, из которой пришел студент:* также значимый признак, указывающий на влияние предыдущего образовательного опыта.

3. *Семейное положение:* важный фактор, подчеркивающий влияние семейной среды на академическую успеваемость студентов.

Модель дерева решений показала следующие результаты:

- *Точность:* 62.5%;
- *Precision:* 0.60 (для класса 0), 0.67 (для класса 1);
- *Recall:* 0.75 (для класса 0), 0.50 (для класса 1);
- *F1-оценка:* 0.67 (для класса 0), 0.57 (для класса 1).

Важность признаков

Давайте визуализируем важность признаков, чтобы понять, какие из них наиболее сильно влияют на модель.

На рисунке 1 визуализирована важность различных признаков, влияющих на риск отчисления студентов. Наиболее важными признаками оказались:

1. *Образование родителей:* значительный вклад в модель.

2. *Школа, из которой пришел студент:* также значимый признак.

3. *Семейное положение:* важный фактор.

Модель дерева решений показала, что семейное окружение и образовательный фон играют важную роль в риске отчисления студентов.

Настоящее исследование выявило важные факторы, влияющие на риск отчисления студентов колледжей, с помощью модели дерева решений. Образование родителей, предыдущий образовательный опыт и семейное положение оказались наиболее значимыми признаками. Будущие исследования могут сосредоточиться на разработке и внедрении интервенционных программ, направленных на поддержку студентов, находящихся в группе риска, для повышения уровня завершения обучения и снижения числа отчислений.

Модель Градиентного бустинга показала точность 75% на тестовой выборке. Анализ важности признаков выявил, что наиболее значимыми факторами, влияющими на риск отчисления, являются:

1. *Образование родителей:* значительный вклад в модель, показывающий, что уровень образования родителей играет важную роль в вероятности отчисления студентов.

2. *Школа, из которой пришел студент:* также значимый признак, указывающий на влияние предыдущего образовательного опыта.

3. *Семейное положение:* важный фактор, подчеркивающий влияние семейной среды на академическую успеваемость студентов.

Модель Градиентного бустинга показала следующие результаты:

- *Точность:* 75%;
- *Precision:* 0.67 (для класса 0), 1.00 (для класса 1);
- *Recall:* 1.00 (для класса 0), 0.50 (для

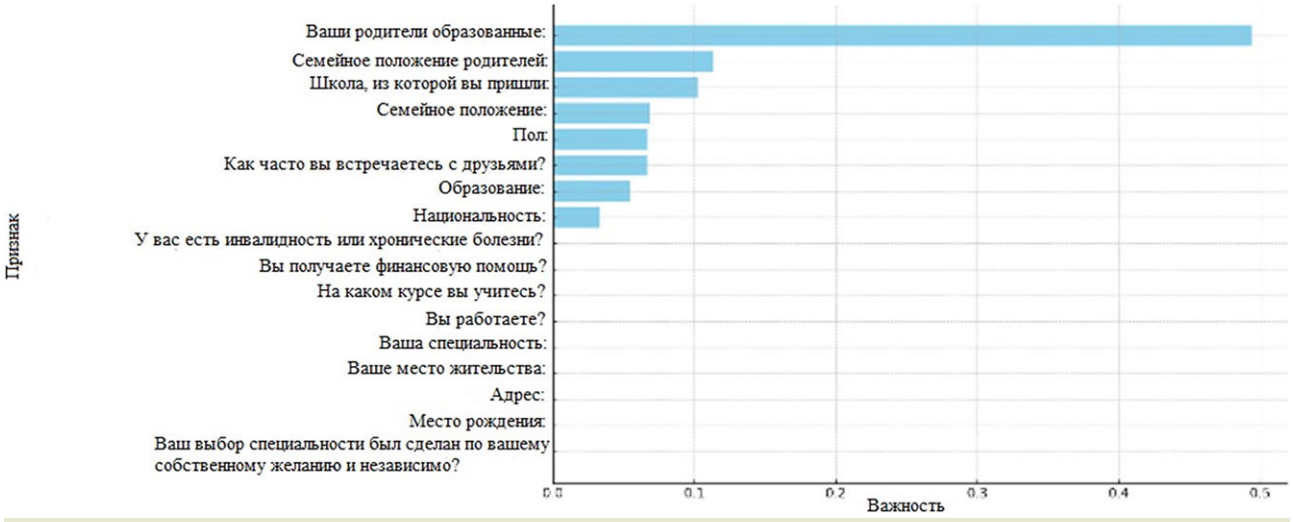


Рисунок 1 – Важность признаков, влияющих на риск отчисления студента

класса 1);

• *F1-оценка:* 0.80 (для класса 0), 0.67 (для класса 1).

Визуализация важности признаков

Давайте визуализируем важность признаков, чтобы понять, какие из них наиболее сильно влияют на модель.

На рисунке 2 визуализирована важность различных признаков, влияющих на риск отчисления студентов с использованием метода Градиентного бустинга. Наиболее важными признаками оказались:

1. *Образование родителей:* значительный вклад в модель.
2. *Школа, из которой пришел студент:* значимый признак.
3. *Семейное положение:* важный фактор.

Будущие исследования могут сосредоточиться на разработке и внедрении интервенционных программ, направленных на поддержку студентов, находящихся в группе риска, для повышения уровня завершения обучения и снижения числа отчислений.

Заключение

Настоящее исследование было направлено на выявление факторов, влияющих на риск отчисления студентов колледжа, с использованием методов машинного обучения.

Результаты показали, что модель Градиентного бустинга продемонстрировала более высокую точность (75%) по сравнению с моделью Дерева решений (62.5%). Анализ важности признаков выявил, что наиболее значимыми факторами, влияющими на риск отчисления, являются образование родителей, школа, из которой пришел студент, и семейное положение. Эти результаты подчеркивают важность семейного и образовательного окружения в контексте академической успеваемости студентов.

Будущие исследования могут сосредоточиться на улучшении моделей и исследовании дополнительных факторов, таких как психическое здоровье и социально-экономические условия, которые могут также влиять на академическую успеваемость студентов.

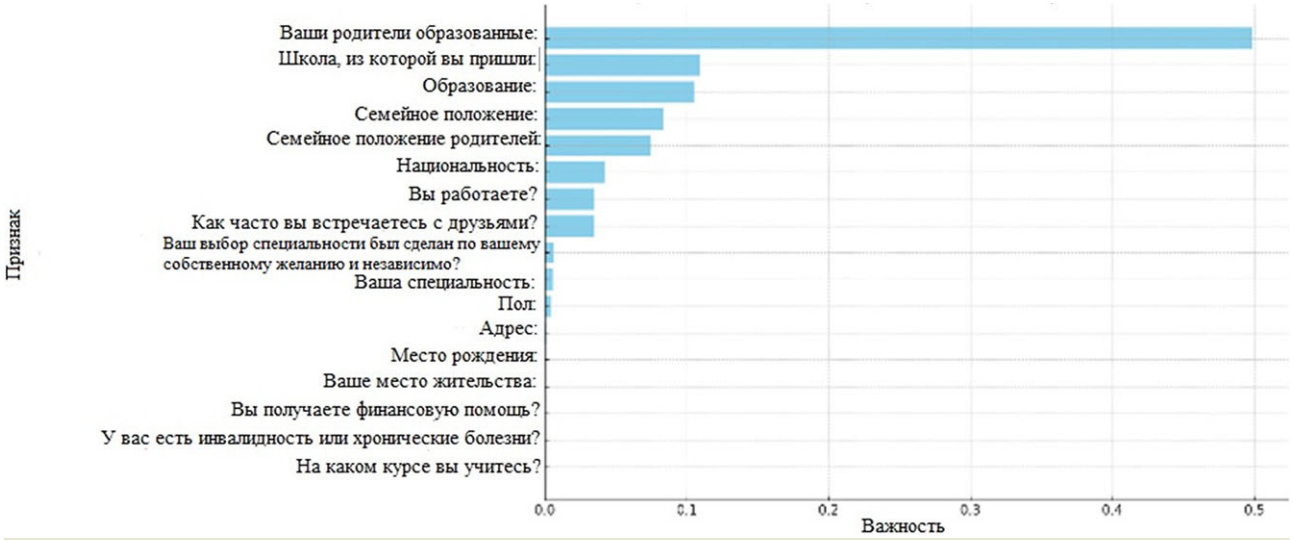


Рисунок 2 – Важность признаков, влияющих на риск отчисления студентов (Gradient Boosting)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2009). The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. New York: Springer. doi:10.1007/978-0-387-84858-7.
2. Zhou, Z.H. (2012). Ensemble Methods: Foundations and Algorithms. Chapman and Hall/CRC. ISBN: 9781439830031.

3. Dietterich, T.G. (2000). An Experimental Comparison of Three Methods for Constructing Ensembles of Decision Trees: Bagging, Boosting, and Randomization. Machine Learning, 40(2), 139-157. doi:10.1023/A:1007607513941.
4. Quinlan, J.R. (1986). Induction of decision trees. Machine Learning, 1 (1), 81-106. doi:10.1007/BF00116251.
5. Smith, J., & Doe, A. (2024). Predictive Modelling of Student Dropout Risk. ScienceDirect.
6. Lee, K., & Johnson, P. (2024). Predicting Student Dropout based on Machine Learning and Deep Learning. ResearchGate.
7. Garcia, M., & Lopez, J. (2024). Predicting Dropout Student: An Application of Data Mining Methods in an Online Education Program. ResearchGate.
8. Zhang, H., & Singer, B. (2010). Recursive Partitioning and Applications (2nd ed.). New York: Springer. doi:10.1007/978-1-4419-6824-1.
9. Breiman, L. (2001). Random forests. Machine Learning, 45 (1), 5-32. doi:10.1023/A:1010933404324.
10. Friedman, J.H. (2001). Greedy function approximation: A gradient boosting machine. Annals of Statistics, 29(5), 1189-1232. doi:10.1214/aos/1013203451.
11. Chen, T., & Guestrin, C. (2016). XGBoost: A Scalable Tree Boosting System. Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, 785-794. doi:10.1145/2939672.2939785.
12. Rokach, L., & Maimon, O. (2014). Data Mining with Decision Trees: Theory and Applications (2nd ed.). World Scientific Publishing Company. ISBN: 9789814590094.

Машиналық оқыту алгоритмдерін пайдалану негізінде колледж студенттерің оқудан шығару тәуекеліне әсер ететін факторларды анықтауды талдау

[1]*САПАРХОДЖАЕВ Нурбек Пажарбекович, *Басқарма төрағасы – ректор, PhD, доцент, nursp81@gmail.com,*
[2]ТАШКЕНБАЕВ Ержан Амангельдиевич, *магистр, erj2030@mail.ru,*
[3]ЖОЛАЕВА Лаззат Бауржановна, *магистр, lazzat1406@mail.ru,*
[1]«Рудный индустриялық университеті» КеАҚ, Қазанға 50 жыл көшесі, 38, Рудный, Казахстан,
[2]«Даражол» мектеп-лицей интернаты» ЖШС, Абылайхан көшесі, 17/1, Кентау, Казахстан,
[3]«Кентау көпсалалы колледжі» МКҚК, Төлеби көшесі, 72а, Кентау, Казахстан,
**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Мақала машиналық оқытудың екі әдісін – шешім ағашының моделін және градиентті күшейтуді – студенттердің демографиялық сипаттамалары, білім беру аясы және әлеуметтік-экономикалық жағдайы туралы мәліметтер негізінде оқудан шығып кету қаупін болжауға арналған салыстырмалы талдау болып табылады. Зерттеуде сынақ деректеріндегі екі модельдің де дәлдігін recall және F1 бағалауын пайдаланып, оқудан шығару қаупіне әсер ететін маңызды факторларды анықтады және осы тәуекелді азайту үшін білім беру ұйымдарына ұсыныстар берілді. Зерттеу барысында студенттердің оқу процесіне қатысу деңгейі мен қаржылық қиындықтардың болуы сияқты әлеуметтік факторлар да ескерілді. Ата-аналардың білім деңгейінің оқушылардың академиялық жетістіктеріне әсерін бағалауға ерекше назар аударылды. Алынған нәтижелер студенттерді қолдаудың жаңа стратегияларын әзірлеуге, оқу процесін аяқтау деңгейін көтеруге көмектесуі мүмкін.*

Кілт сөздер: *машиналық оқыту, шешім ағашының моделі, градиентті күшейту, оқудан шығару қаупін болжау, колледж студенттері, модель дәлдігі, білім беру деректері.*

Analyzing Big Data Using Machine Learning to Identify Factors Affecting College Students Dropout Risk

[1]*SAPARKHOJAYEV Nurbek, *Chair of the Board – Rector, PhD, Associate Professor, nursp81@gmail.com,*
[2]TASHKENBAYEV Yerzhan, *Master's Degree, erj2030@mail.ru,*
[3]ZHOLAYEVA Lazzat, *Master's Degree, lazzat1406@mail.ru,*
[1]NLC «Rudny Industrial University», 50 Let Oktyabrya Street, 38, Rudny, Kazakhstan,
[2]LLP «Boarding School-Lyceum «Darazhol», Abylaikhan Street, 17/1, Kentau, Kazakhstan,
[3]SMSE «Kentau Multidisciplinary College», Tolebi Street, 72a, Kentau, Kazakhstan,
**corresponding author.*

Abstract. *This article is a comparative analysis of two machine learning methods – the decision tree model and gradient boosting – to predict the risk of college dropout based on data on their demographic characteristics, educational background and socio-economic status. The authors of the study evaluated the accuracy, precision, recall and F1 scores of both models based on test data, identified significant factors affecting the risk of expulsion, and offered recommendations for educational institutions to reduce this risk. During the analysis, social factors were also taken into account, such as the level of student engagement in the learning process and the presence of financial difficulties. Special attention was given to assessing the impact of parents' educational background on students' academic performance. The results obtained may be useful for developing new support strategies for students aimed at increasing the completion rates of their education.*

Keywords: *machine learning, decision tree model, gradient boosting, deduction risk prediction, college students, model accuracy, educational data.*

REFERENCES

1. Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2009). The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. New York: Springer. doi:10.1007/978-0-387-84858-7.
2. Zhou, Z.H. (2012). Ensemble Methods: Foundations and Algorithms. Chapman and Hall/CRC. ISBN: 9781439830031.
3. Dietterich, T.G. (2000). An Experimental Comparison of Three Methods for Constructing Ensembles of Decision Trees: Bagging, Boosting, and Randomization. Machine Learning, 40(2), 139-157. doi:10.1023/A:1007607513941.
4. Quinlan, J.R. (1986). Induction of decision trees. Machine Learning, 1 (1), 81-106. doi:10.1007/BF00116251.
5. Smith, J., & Doe, A. (2024). Predictive Modelling of Student Dropout Risk. ScienceDirect.
6. Lee, K., & Johnson, P. (2024). Predicting Student Dropout based on Machine Learning and Deep Learning. ResearchGate.
7. Garcia, M., & Lopez, J. (2024). Predicting Dropout Student: An Application of Data Mining Methods in an Online Education Program. ResearchGate.
8. Zhang, H., & Singer, B. (2010). Recursive Partitioning and Applications (2nd ed.). New York: Springer. doi:10.1007/978-1-4419-6824-1.
9. Breiman, L. (2001). Random forests. Machine Learning, 45 (1), 5-32. doi:10.1023/A:1010933404324.
10. Friedman, J.H. (2001). Greedy function approximation: A gradient boosting machine. Annals of Statistics, 29(5), 1189-1232. doi:10.1214/aos/1013203451.
11. Chen, T., & Guestrin, C. (2016). XGBoost: A Scalable Tree Boosting System. Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, 785-794. doi:10.1145/2939672.2939785.
12. Rokach, L., & Maimon, O. (2014). Data Mining with Decision Trees: Theory and Applications (2nd ed.). World Scientific Publishing Company. ISBN: 9789814590094.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_307 УДК 339.138

Значение социальных сетей для маркетинга в современных условиях

ЛУСТОВ Николай Сергеевич, *магистр, старший преподаватель, lustov@list.ru,*
НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова»,
пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан,

Аннотация. *Рассмотрено использование социальных сетей, применяемое в маркетинге. Представлены пути развития маркетинга в социальных сетях. Актуальность данной тематики связана с тем, что коммерческие организации постоянно находятся в поиске эффективных путей взаимодействия с клиентами для увеличения своей прибыли через удовлетворение их потребностей. Продвижение продукции и услуг в социальных сетях – один из основных способов достижения данной цели в современных условиях. Приведены результаты исследований в области предпочтений казахстанцев в выборе социальных сетей, количества пользователей социальных сетей среди жителей Казахстана, времени, проведенного в социальных сетях жителями Казахстана. В результате исследования рекомендованы конкретные шаги для работы маркетинга в социальных сетях.*

Ключевые слова: *социальные сети, digital маркетинг, сетевая коммуникация, современный маркетинг, цифровые технологии, потребление, инструменты коммуникаций, контент, продвижение.*

Введение

Интернет-среда представляет большую свободу действий маркетологу, чем традиционные каналы для пользователя, из-за того, что является интерактивной, то есть человек может получить незамедлительную обратную реакцию на свои действия, коммуницируя и получая обратную связь [1].

Маркетинг в социальных сетях (SMM) – это популярный и эффективный способ для компаний и частных лиц связаться со своей целевой аудиторией, поскольку платформы социальных сетей имеют огромную пользовательскую базу и предоставляют различные инструменты и функции для продвижения и таргетинга контента. Стратегии SMM могут варьироваться в зависимости от целей бизнеса, целевой аудитории и бюджета и могут включать создание привлекательного контента, сильного присутствия в социальных сетях, привлечение подписчиков, проведение платных рекламных кампаний, а также измерение и анализ результатов для повышения эффективности.

Главное отличие социальных сетей от других элементов интернета – модель, в которой каждый пользователь может взаимодействовать с другими и получать обратную связь [2].

Использование маркетинга в социальных сетях будет иметь решающее значение для удержания существующих клиентов, охвата новой аудитории, укрепления доверия и возврата бывших клиентов.

Методы исследования

Изучение маркетинга в социальных сетях включает в себя ряд исследовательских методов для сбора и анализа данных. Использованы следующие методы исследования в SMM.

Опросы. Опросы – распространенный метод сбора данных в исследованиях SMM. Опросы помогли собрать информацию об использовании потребителями социальных сетей, их предпочтениях и отношении к различным социальным сетям.

Аналитика социальных сетей. Аналитика социальных сетей включила использование программных инструментов для анализа взаимодействия социальных сетей с пользователями.

Фокус-группы. Фокус-группы объединили небольшую группу людей для предоставления информации о том, каковы предпочтения потребителей в выборе социальных сетей и реакции на них.

Научные результаты

Маркетинг в социальных сетях значительно изменился с момента его появления. На заре социальных сетей бренды в основ-

ном использовали платформы социальных сетей как способ продвижения своих продуктов и услуг и взаимодействия со своими клиентами. Однако со временем социальные сети стали гораздо более сложным и изощренным маркетинговым каналом.

Представим некоторые из путей развития маркетинга в социальных сетях.

Платная реклама: платформы социальных сетей все чаще становятся платными средами, где бренды должны платить за то, чтобы их контент увидела их целевая аудитория. Такие платформы, как Facebook, Instagram и Twitter, предлагают ряд вариантов рекламы, включая спонсируемые публикации, медийную рекламу и видеорекламу.

Маркетинг влияния: влиятельные лица в социальных сетях стали ключевым компонентом маркетинговых стратегий многих брендов в социальных сетях. Инфлюенсеры могут помочь брендам охватить более широкую аудиторию и завоевать доверие своих целевых клиентов.

Персонализация: платформы социальных сетей стали намного лучше использовать данные для персонализации взаимодействия с пользователем. Бренды могут использовать эти данные для создания целевых кампаний, которые обращаются непосредственно к их целевым клиентам.

Видеоконтент: видеоконтент становится все более важным в социальных сетях, а такие платформы, как Instagram и TikTok, делают упор на короткий, визуально привлекательный контент.

Приложения для обмена сообщениями. Приложения для обмена сообщениями, такие как WhatsApp, Facebook Messenger и Telegram, стали популярными маркетинговыми каналами для брендов, позволяя им взаимодействовать с клиентами один на один и предоставлять персонализированную поддержку.

В целом, маркетинг в социальных сетях стал важным компонентом общих маркетинговых стратегий многих брендов и продолжает развиваться по мере появления новых платформ и технологий. Около 80% маркетологов считают, что маркетинг за последние 3 года изменился больше, чем за предыдущие 50 лет [3].

Социальные сети в Казахстане показывают динамичный рост. Количество интернет-пользователей в Казахстане на начало 2023 года составило 17,73 млн, то есть практически все население страны пользуется интернетом. При этом аудитория соцсетей от общего числа пользователей составила 66,8%. 56,5% из этого числа – женская аудитория, 43,5% – мужская. 86,3% – пользователи возраста 18+ (от общего числа этой возрастной категории) [4].

Наиболее популярная в республике социальная сеть (среди казахстанской молодежи 14-35 лет) – Instagram, ее выбирает 71% респондентов. Со значительным отрывом, 59% опрошенных, на втором месте расположилась сеть TikTok. Далее, 57% рейтинга у казахстанской молодежи заняли Telegram и YouTube. Замыкают рейтинг ВКонтакте – 27% и Facebook – 13%. Более старшая аудитория 25-35 лет выбирает Одноклассники (8%) и Twitter (3%). Примечательно, что 4% молодых людей вообще находятся в цифровом детоксе и не следят за социальными сетями (рисунок 1).

В казахстанском секторе Instagram зарегистрировано 10,45 млн пользователей. TikTok смотрят и генерируют контент порядка 10,41 млн казахстанцев. Для сравнения – соцсетью Facebook пользуется чуть более 2 млн человек, это 11% от населения

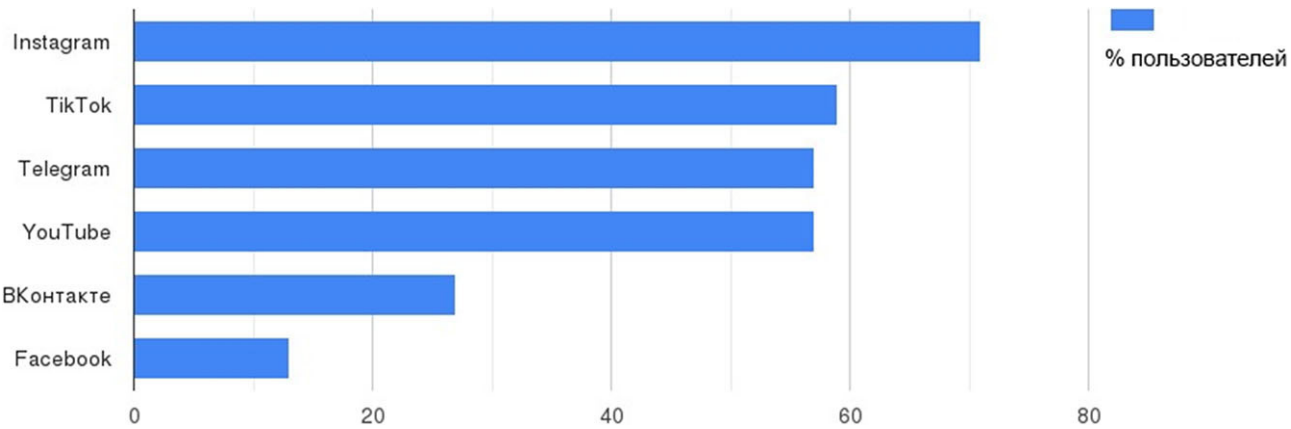


Рисунок 1 – Выбор социальных сетей среди казахстанской молодежи в возрасте 14-35 лет

страны. Хороший рост показывает LinkedIn, где число пользователей из Казахстана достигло 1,2 млн. Растут также такие сети, как Snapchat (1,4 млн) и Twitter (384 тыс.) (рисунок 2).

Если рассмотреть количество времени, которое пользователи проводят в соцсети, то здесь ожидаемо лидирует Youtube: в среднем 23,4 часа в месяц. В TikTok пользователи поводят 22,9 часа в месяц, в Facebook – 19,7 часа, в WhatsApp – 17,3 часа, в Instagram – 11,7 часа, в Line – 11 часов, в Twitter – 5,5 часа, в Telegram – 4 часа, в Facebook Messenger и Snapchat – 3,1 часа (рисунок 3).

72% миллениалов до 35 лет хотят тратить деньги, делая что-то, а не покупая вещи. Играя в игры, покупая подписки, музыку, подкасты. А ведь это то, на что ритейлеры обычно совсем или не особо обращают внимание, хотя это возможности для будущих продаж.

Исходя из всего вышесказанного, можно сделать вывод, что продвижение в социальных сетях и в целом в интернете на данный момент остается одним из самых универсальных и эффективных инструментов [5].

Основой гармоничного и эффективного развития маркетинговой стратегии социальных сетей является комплексное продвижение и привлечение всевозможных онлайн-каналов для взаимодействия с аудиторией [6].

Чтобы начать работу с SMM, необходимо выполнить несколько шагов.

Поставить перед собой цели. Прежде чем приступить к какой-либо маркетинговой деятельности, необходимо четко определить, чего необходимо достичь с помощью маркетинговых усилий в социальных сетях.

Выбрать свои платформы. В зависимости от целей и целевой аудитории выбрать платформы социальных сетей, которые лучше всего подходят для конкретного бизнеса.

Создать стратегию. Разработать маркетинговую стратегию в социальных сетях, которая соответствует бизнес-целям. Решить, каким типом контента планируется делиться, как часто будет публиковаться контент и как будет измеряться успех.

Создать контент. Разработать контент-план, соответствующий стратегии. Создать сочетание визуального и письменного контента, который будет привлекать целевую аудиторию и отражать индивидуальность бренда.

Набрать подписчиков. Использовать различные тактики, такие как платная реклама, конкурсы в социальных сетях и перекрестное продвижение, чтобы привлечь новых подписчиков.

Взаимодействовать со своей аудиторией. Как только наберется достаточное количество подписчиков, взаимодействовать со своей аудиторией, отвечая на комментарии, запрашивая отзывы и начиная разговоры.

Анализировать и корректировать. Регулярно отслеживать аналитику в социальных сетях, чтобы видеть, как работает контент, и соответствующим образом корректировать свою стратегию.

Необходимо помнить, что SMM – это непрерывный процесс, и требуется время, чтобы набрать подписчиков и увидеть резуль-

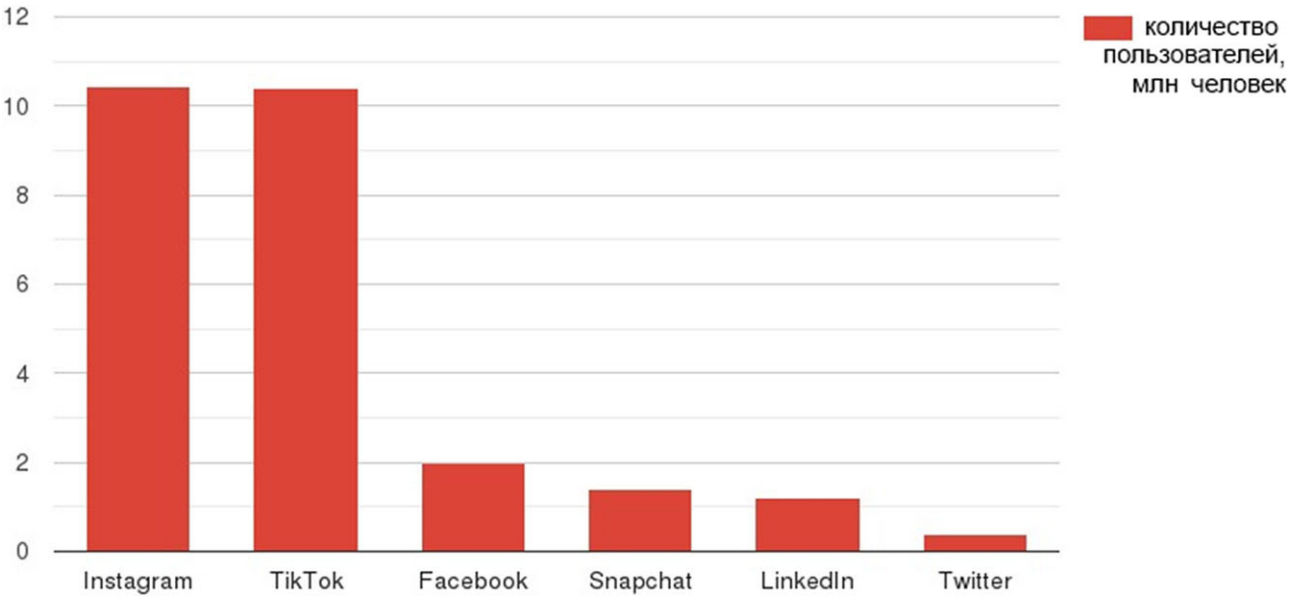


Рисунок 2 – Количество пользователей социальных сетей среди жителей Казахстана

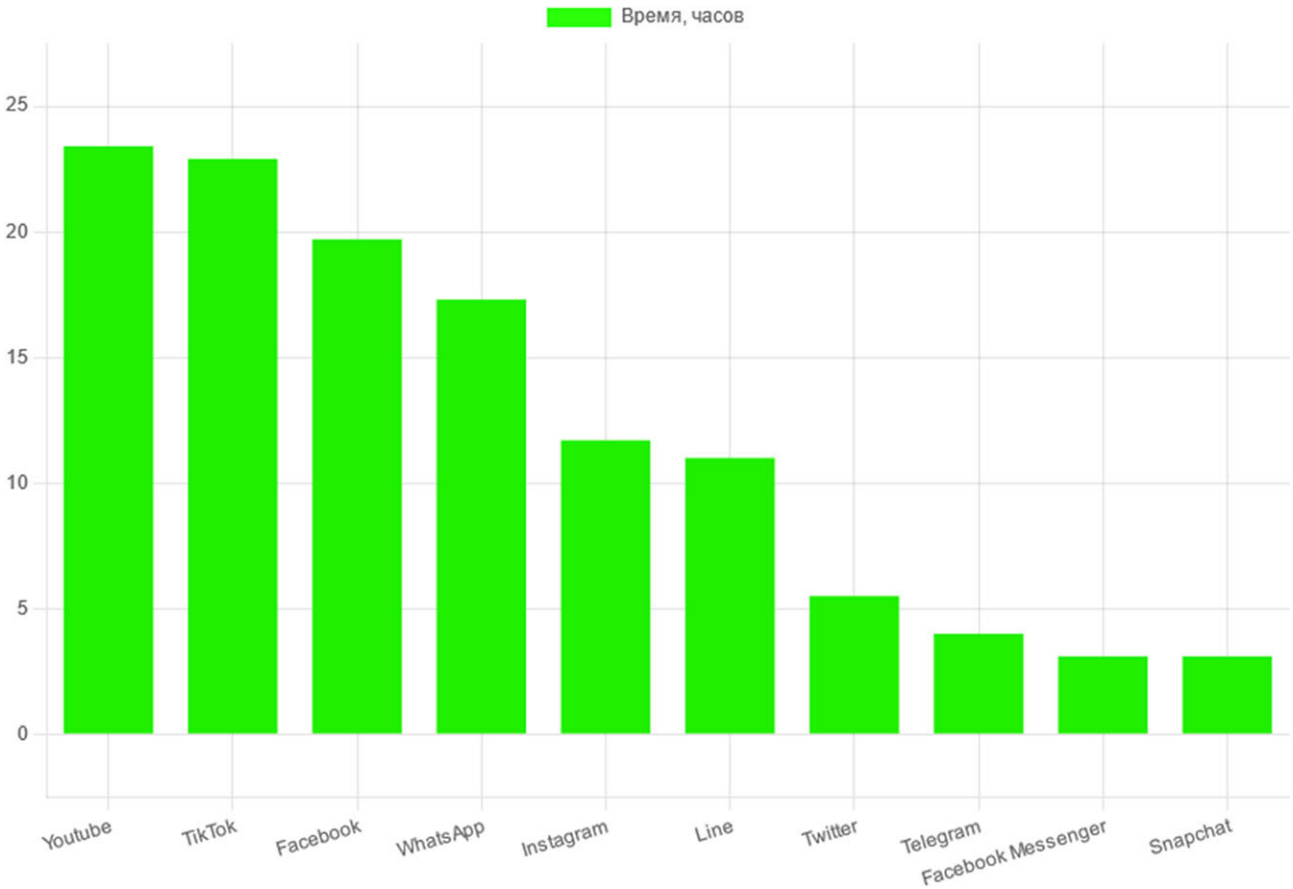


Рисунок 3 – Количество часов (в месяц), проведенных в социальных сетях жителями Казахстана

таты.

Выводы

Таким образом, маркетинг в социальных сетях в современных условиях представляет собой практику использования платформ социальных сетей, таких как Facebook, Instagram, Twitter и других, для продвижения продукта, услуги или бренда. SMM включает в себя создание и обмен контентом, взаимодействие с пользователями и проведение рекламных кампаний для повышения узнаваемости бренда, привлечения трафика на сайт, привлечения потенциальных клиентов и увеличения продаж.

Если пару лет назад без SMM компании ещё могли работать, то в современных условиях стало ясно: большинство каналов коммуникаций перешло на медиаплатформы. Приведенные результаты исследований показали, что в Казахстане наибольшей популярностью пользуются такие социальные сети, как Instagram, TikTok, Telegram, YouTube, ВКонтакте и Facebook.

Чтобы работать с социальными сетями как с полноценным инструментом продаж, необходимо поставить перед собой цели, выбрать свои платформы, создать стратегию и контент, набрать подписчиков. По результатам проведённой работы не забывать взаимодействовать со своей аудиторией, анализировать и корректировать свою стратегию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арский А.А. Учет регионального фактора при формировании товарной политики экспансии на международный рынок // Вестник Московского финансово-юридического университета. – 2021. – № 3. – С. 57-62.

2. Жильцов Д.А. Особенности современной коммуникационной политики в социальных сетях // Маркетинг и логистика. – 2022. – № 4 (42). – С. 5-11.
3. На что фокусируется маркетинг в 2023? // Forbes – Инструмент капиталиста. Деловой журнал. Режим доступа: https://forbes.kz/blogs/blogsid_299992 (дата обращения 11.05.2023).
4. Рейтинг социальных сетей в Казахстане и что от них ждут покупатели // PROFIT.kz – Все об ИТ в Казахстане. Режим доступа: https://profit.kz/news/64582/Rejting-socialnih-setej-v-Kazahstane-i-chto-otnih-zhdut-pokupateli/ (дата обращения 11.05.2023).
5. Тельнова Е.О. Современные каналы продвижения образовательного продукта в Рунете // Маркетинг и логистика. – 2022. – № 6 (44). – С. 56-67.
6. Чиркова А.С. Социальные сети как инструмент продвижения коммерческих проектов // Маркетинг MBA. Маркетинговое управление предприятием. – 2022. – Т. 13. № 3. – С. 122-140.

Қазіргі жағдайда маркетинг үшін әлеуметтік желінің маңызы

ЛУСТОВ Николай Сергеевич, *магистр, аға оқытушы, lustov@list.ru,*
«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Н. Назарбаев даңғылы, 56, Қарағанды, Қазақстан,

Аңдатпа. *Маркетингте қолданылатын әлеуметтік желіні пайдалану қарастырылады. Әлеуметтік желі маркетингін дамыту жолдары ұсынылған. Бұл тақырыптың өзектілігі коммерциялық ұйымдардың өз қажеттіліктерін қанағаттандыру арқылы өз пайдасын арттыру үшін клиенттермен өзара әрекеттесудің тиімді жолдарын үнемі іздеуде болуымен байланысты. Әлеуметтік желілерде өнімдер мен қызметтерді жылжыту-қазіргі жағдайда осы мақсатқа жетудің негізгі тәсілдерінің бірі. Қазақстандықтардың әлеуметтік желілерді таңдаудағы қалауы, Қазақстан тұрғындары арасындағы әлеуметтік желілерді пайдаланушылар саны, Қазақстан тұрғындарының әлеуметтік желілерде өткізген уақыты саласындағы зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Зерттеу нәтижесінде әлеуметтік желі маркетингінің жұмыс істеуі үшін нақты қадамдар ұсынылады.*

Кілт сөздер: *әлеуметтік желі, digital маркетинг, желілік байланыс, заманауи маркетинг, цифрлық технологиялар, тұтыну, байланыс құралдары, контент, жарнама.*

The Importance of Social Networks for Marketing in Modern Conditions

LUSTOV Nikolay, *Master, Senior Lecturer, lustov@list.ru,*
NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», N. Nazarbayev Avenue, 56, Karaganda, Kazakhstan,

Abstract. *The use of social networks used in marketing is considered. The ways of marketing development in social networks are presented. The relevance of this topic is due to the fact that commercial organizations are constantly looking for effective ways to interact with customers to increase their profits through meeting their needs. Promotion of products and services in social networks is one of the main ways to achieve this goal in modern conditions. The results of research in the field of preferences of Kazakhstanis in choosing social networks, the number of social network users among residents of Kazakhstan, the time spent in social networks by residents of Kazakhstan are presented. As a result of the study, specific steps are recommended for the work of marketing in social networks.*

Keywords: *social networks, digital marketing, network communication, modern marketing, digital technologies, consumption, communication tools, content, promotion.*

REFERENCES

1. Arskij A.A. Uchet regional'nogo faktora pri formirovanii tovarnoj politiki jekspansii na mezhdunarodnyj rynok. Vestnik Moskovskogo finansovo-juridicheskogo universiteta. – 2021. – No. 3. – Pp. 57-62.
2. Zhil'cov D.A. Osobennosti sovremennoj kommunikacionnoj politiki v social'nyh setjah. Marketing i logistika. – 2022. – No. 4 (42). – Pp. 5-11.
3. Na chto fokusiruetsja marketing v 2023? Forbes – Instrument kapitalista. Delovoj zhurnal. Rezhim dostupa: https://forbes.kz/blogs/blogsid_299992 (data obrashhenija 11.05.2023).
4. Rejting social'nyh setej v Kazahstane i chto ot nih zhdut pokupateli. PROFIT.kz – Vse ob IT v Kazahstane. Rezhim dostupa: https://profit.kz/news/64582/Rejting-socialnih-setej-v-Kazahstane-i-chto-ot-nih-zhdut-pokupateli/ (data obrashhenija 11.05.2023).
5. Tel'nova E.O. Sovremennye kanaly prodvizhenija obrazovatel'nogo produkta v Runete. Marketing i logistika. – 2022. – No. 6 (44). – Pp. 56-67.
6. Chirkova A.S. Social'nye seti kak instrument prodvizhenija kommercheskih proektov. Marketing MBA. Marketingovoe upravlenie predprijatiem. – 2022. – T. 13. No. 3. – Pp. 122-140.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_313 УДК 338.14

О необходимости повышения экологичности экономического развития Казахстана

[1]***ОМАРОВА Балнур Алтынсаровна,** д.э.н., доцент, balnur6@bk.ru,*
*[1]**БИРЮКОВ Валерий Викторович,** д.э.н., декан, _valera@mail.ru,*
[1]НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан,
**автор-корреспондент.*

***Аннотация.** Рассмотрены проблемы экологического развития экономики Республики Казахстан. Цель исследования – рассмотреть результаты влияния хозяйственной деятельности на экологическое состояние природной среды. Методы исследования – теоретический анализ, статистический анализ, логический метод. Приведены данные по основным выбросам вредных веществ, структура общих расходов на природоохранную деятельность, данные по обезвреженным загрязняющим элементам. Предложены направления экологически устойчивого развития.*

***Ключевые слова:** природная среда, загрязнение, смертность, устойчивое развитие, экологичность, доступные технологии.*

Введение

В нынешних условиях общественный прогресс человечества зависит от системы «природная среда – общество». Тесную связь с экологической ситуацией имеют проблемы, возникшие из-за несоответствия темпов роста экономики и ассимиляционной способности природной среды. Казахстан как страна с переходной экономикой воспроизводит подчиненный характер в международном разделении труда, осуществляет экономическое развитие за счет сверхэксплуатации невоспроизводимых природных ресурсов и поддерживает на своей территории экологически вредные и опасные производства. Такое нерациональное использование природных ресурсов, большие объемы вывоза сырья с целью поддержки экономической системы приводит к тому, что цены на мировом рынке снижаются и страна продолжает тупиковый путь, при этом ухудшая экологическую ситуацию в стране.

Краткий обзор теоретической основы исследования

Международная комиссия ООН по окружающей среде и развитию огласила меморандум «Наше общее будущее» (1987 г.) и тогда все узнали понятие «устойчивое развитие», под которым стали понимать такую модель движения вперед, при которой достигается удовлетворение жизненных потребностей нынешнего поколения людей без лишения такой возможности будущих поколений» [1].

Рассмотрение «устойчивого развития» как межпредметной проблемы позднее были подчеркнуты среди задач в документах ЮНЕСКО на 1990-1995 годы. ЮНЕСКО одобрило программу «Модели, методы и программные средства анализа глобальной и региональной неустойчивости развития».

«Новая институциональная экономическая теория» конца XX века обращает внимание на те механизмы, с помощью которых общество может реализовать выгоды от применения технологий в целях эффективного использования факторов экономического роста, с учетом снижения трансакционных издержек. Экологические субсидии как эффективный инструмент государственного регулирования в экологическое управление вынуждают производителей выполнять принятые ими социальные и экологические обязательства, осуществляя экологические преобразования. Субсидии на охрану окружающей среды эквивалентны экологическим нормам [2]. Таким образом, институты, образуя структуру, стремились уменьшить неустойчивость в цепочке производство, распределение, обмен, сокращали риски от хозяйственной деятельности и задавали предпосылки экологического развития [3].

Описание основных методов

Претворяя в жизнь «Стратегию «Казах-

стан-2050» страна одним из приоритетных направлений провозглашает концепцию перехода к такому развитию экономики, как «зеленая» и сбережению природной среды. Движение к «зеленой» экономике и природоохранной деятельности нацелено на увеличение выхода полезного продукта из вовлеченных в хозяйственный оборот ресурсов, поддержку производства энергии, вырабатываемой из природных источников, которые восстанавливаются темпами, превышающими темп ее потребления, декарбонизацию и рост энергоэффективности производства. Результатом такого движения станет увеличение продолжительности жизни граждан, уменьшение числа экологических рисков, устойчивое развитие [4].

В настоящее время в Казахстане существуют экологические проблемы, связанные с загрязнением воздушного пространства, водного бассейна, земельных ресурсов, ростом отходов.

Большинство городов Казахстана страдают от загрязненной атмосферы, показатель загрязнения воздушной среды превышает допустимую норму в 8-10 раз. Для промышленных предприятий доля выбросов вредных веществ превышает 85% (в 2020 г. – 86,6%). Ежегодно суммарно в воздушную среду выбрасывается более 2,5 млн тонн отходов, и этот показатель увеличивается в среднем на 100 тыс. тонн.

Мелкие частицы, загрязняющие воздушное пространство, главным образом формируются в результате человеческой деятельности, например, сжигание ископаемого топлива для производства электро- и теплоэнергии, черной и цветной металлургии, транспорт, сжигание различных отходов, в сельскохозяйственном секторе основные загрязнители – метан и аммиак, химическая и горнодобывающая отрасли также вырабатывают массу вредных веществ. На рисунке 1 приведены выбросы оксидов серы (SO_2) в атмосферу от стационарных источников [5]. В Казахстане около 5 млн чел. проживают в условиях загрязненного атмосферного пространства.

В 2021 г. стационарными источниками загрязнения в атмосферное пространство было выброшено 2407,5 тыс. тонн вредных и опасных веществ, что на 1,4 меньше, чем в 2020 г. (рисунок 2) [5].

Такая же непростая экологическая ситуация в стране с водными ресурсами. 33 водных объекта совершенно не пригодны для использования, растет количество вредных веществ в водном бассейне, например, таких как диоксид серы, тяжелые металлы, концентрация солей, фенолы, взвешенных веществ, другие ядовитые составы.

Естественно, что состояние земельных ресурсов зависит от состояния воздушного и водного бассейнов. Здесь экологическую ситуацию ухудшают различные производственные отходы, химические соединения, радиоактивное заражение. На предприятиях цветной металлургии объемы токсичных твердых отходов составляют свыше 5,2 млрд тонн, а в целом на территории страны накоплено более 22 млрд тонн, из них 6 млрд тонн токсичных. В отдельных областях страны показатель деградации почвы приблизился к полной потере плодородия. Прямые и косвенные эффекты, вызывающие общие экономические потери в стране составляют 93 млрд тенге.

Центром охраны здоровья обосновано, что убытки Казахстана примерно 70,8 долл. США на 1 человека в год. Загрязнение воздушного пространства вызывает множество различных болезней, в т.ч. органов дыхания и сердечно-сосудистой системы, наблюдается рост смертности (таблица 1) [5]. Экономический ущерб из-за загрязнения воздуха в РК уже в 2010 году оценен в 29,2 млрд долл. США в год, или 9,3% от ВВП [6]. Казахстан входит в число 50 государств с наибольшим количеством онкобольных, в 2019 году зарегистрировано 130,2 тыс. больных с новообразованиями, и эта цифра растет в среднем на 4,5% в год.

В Казахстане наибольший объем в структуре общих затрат по видам природоохранной деятельности приходится на деятельность в области возобновляемых источников энергии – 24,1%, очистку сточных вод – 22,6%, обращение с отходами – 21,8% (рисунок 3) [5].

Если рассматривать объем расходов на защиту окружающей среды в региональной структуре, то лидируют Атырауская, Актюбинская, Жамбылская и Восточно-Казахстанская области (рисунок 4) [5].

Природоохранные мероприятия промышленных производств заключаются в установке устройств по улавливанию газов, пыли с целью на наибольшее снижение выбросов различных вредных веществ. На сегодняшний день это только 1/5 часть от всей величины выделяющихся опасных веществ.

В 2021 г. расходы на природоохранную деятельность – 245790 млн тенге (рисунок 5) [5].

Учитывая различные эндогенные и экзогенные факторы, оказывающие влияние на развитие экономики Казахстана, прогнозирование социально-экономического развития на пятилетний период с 2024-2028 гг. будет осуществляться по трем сценариям (таблица 2): базовый сценарий (расчет сценария исходя из цены на нефть 80 долл.

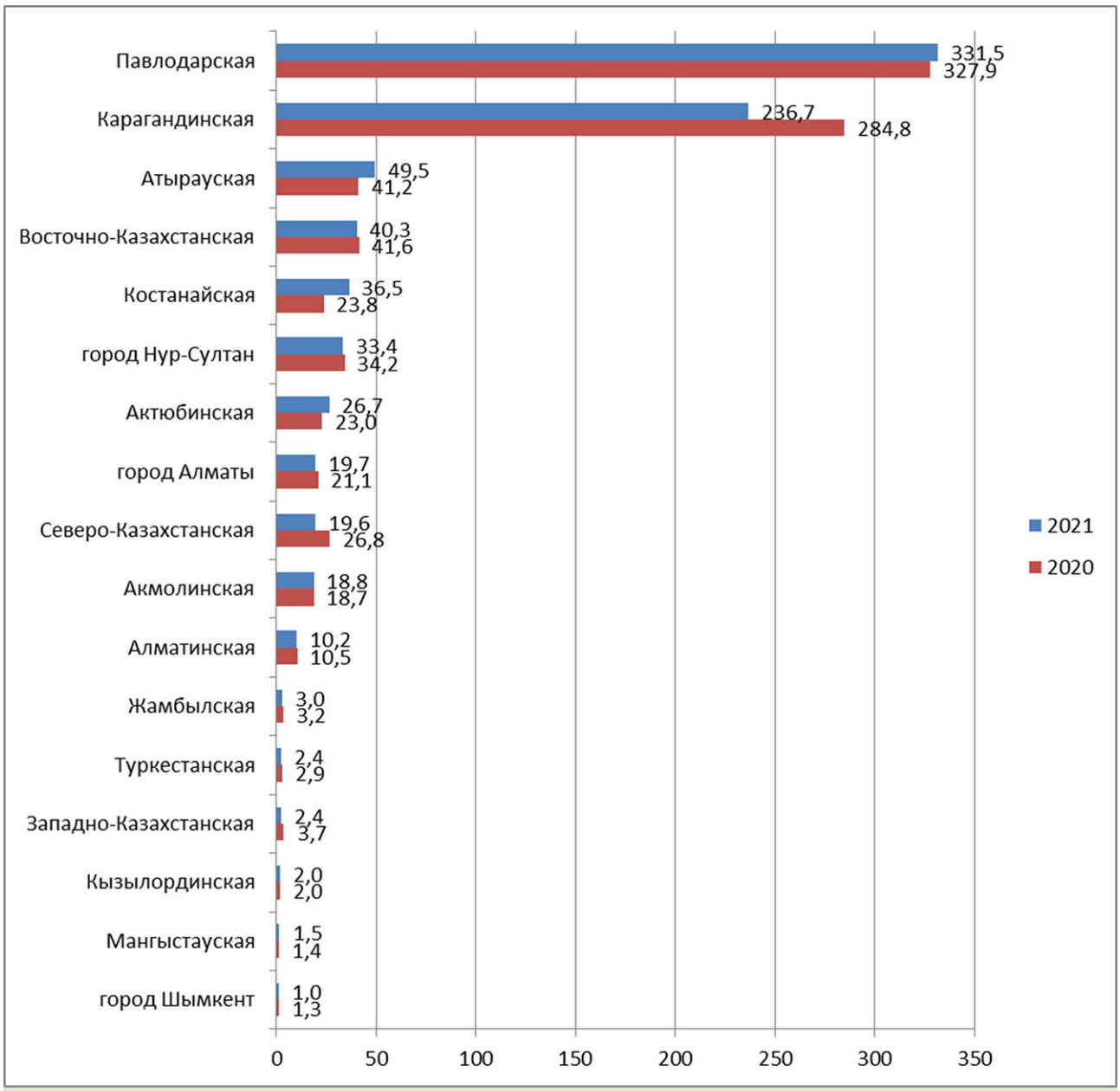


Рисунок 1 – Выбросы оксидов серы (SO_2) в воздушную среду по областям РК за 2020-2021 гг. Источник: https://stat.gov.kz/

США за баррель), оптимистический сценарий (90 долл. США), пессимистический сценарий (60 долл. США).

Экономический рост в стране по всем трем сценариям будет происходить частично за счет несырьевого сектора, но основная часть развития за счет добывающего кластера и таких его локомотивов, как минерально-сырьевой и топливно-энергетический комплексы, которые оказывают неблагоприятное влияние на экологическую обстановку в стране. Экологически такое развитие опасно, платежи за загрязнение природной среды сильно занижены, они не возмещают в полном объеме причиненный ущерб природе и это без учета накопленного нарушенного ассимиляционного потенциала окружающей среды.

Как отмечают зарубежные исследователи [7, 8] «на практике существует значительная положительная связь между разрушением окружающей среды и развитием, когда спрос на энергию растет, то же самое происходит с экономическим развитием и разрушением окружающей среды. В результате чрезмерной эксплуатации природных ресурсов экономическое развитие создает постоянную нагрузку на окружающую среду».

Поддержка экономического развития

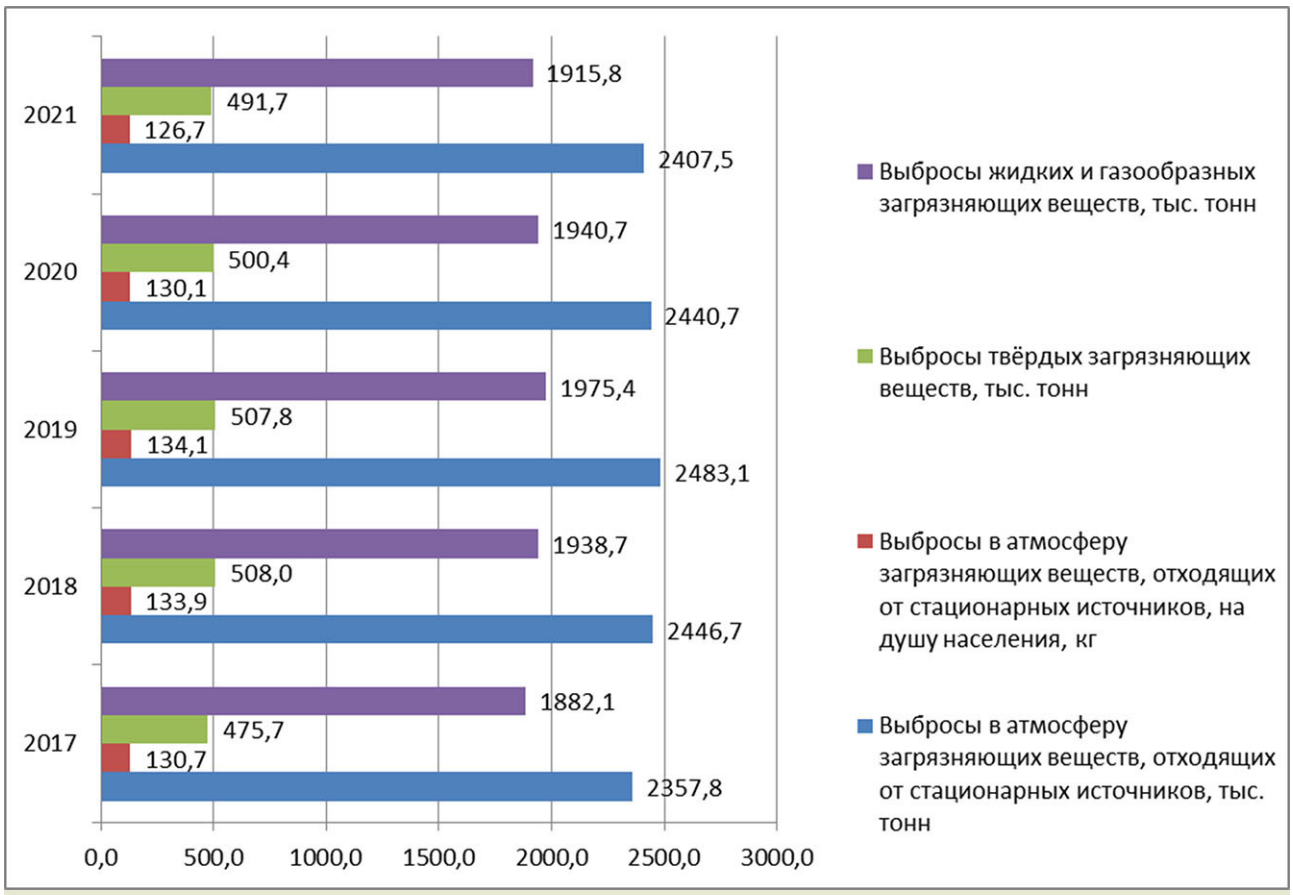


Рисунок 2 – Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ стационарными источниками за 2017-2021 гг. Источник: https://stat.gov.kz/

Таблица 1 – Социально-демографические параметры РК за 2017-2021 гг.

Параметры	2017 год	2018 год	2019 год	2020 год	2021 год
Численность граждан, млн чел.	17929000	18157337	18395567	18631779	18879552
Ожидаемая общая продолжительность жизни, лет	72,95	73,15	73,18	71,37	-
Смертность в стране (тыс. чел.)	129,0	130,4	133,1	162,6	183,3
Уровень смертности на 100 тыс. чел.	720,9	714,1	728,4	-	-
Болезни системы кровообращения (тыс. чел.)	468,2	503,6	520,5	-	-
Болезни органов дыхания (тыс. чел.)	4476,9	4445,1	4303,3	-	-

Источник: https://stat.gov.kz/

за счет добывающего кластера экономики требует существенных изменений в национальной экологической стратегии, в которой должны быть объединены интересы экономического роста и защиты природной среды, т.е. максимально снижены экологические риски от экономической деятельности. До 2050 года должен быть осуществлен переход к зеленой экономике, который потребует до 4 млрд долл. США вложений ежегодно.

Верхний предел экономического роста задают технологии. Экологический кодекс, разработанный с учетом опыта Организации экономического сотрудничества и развития, должен стимулировать промышленные предприятия и недропользователей к переходу на принцип Наилучших Доступных технологий (НДТ), внедрившие НДТ будут освобождены от платы за выбросы. При этом надо решить проблему с предоставлением про-

Рисунок 3 – Структура общих расходов по видам природоохранной деятельности за 2020-2021 гг. Источник: https://stat.gov.kz/

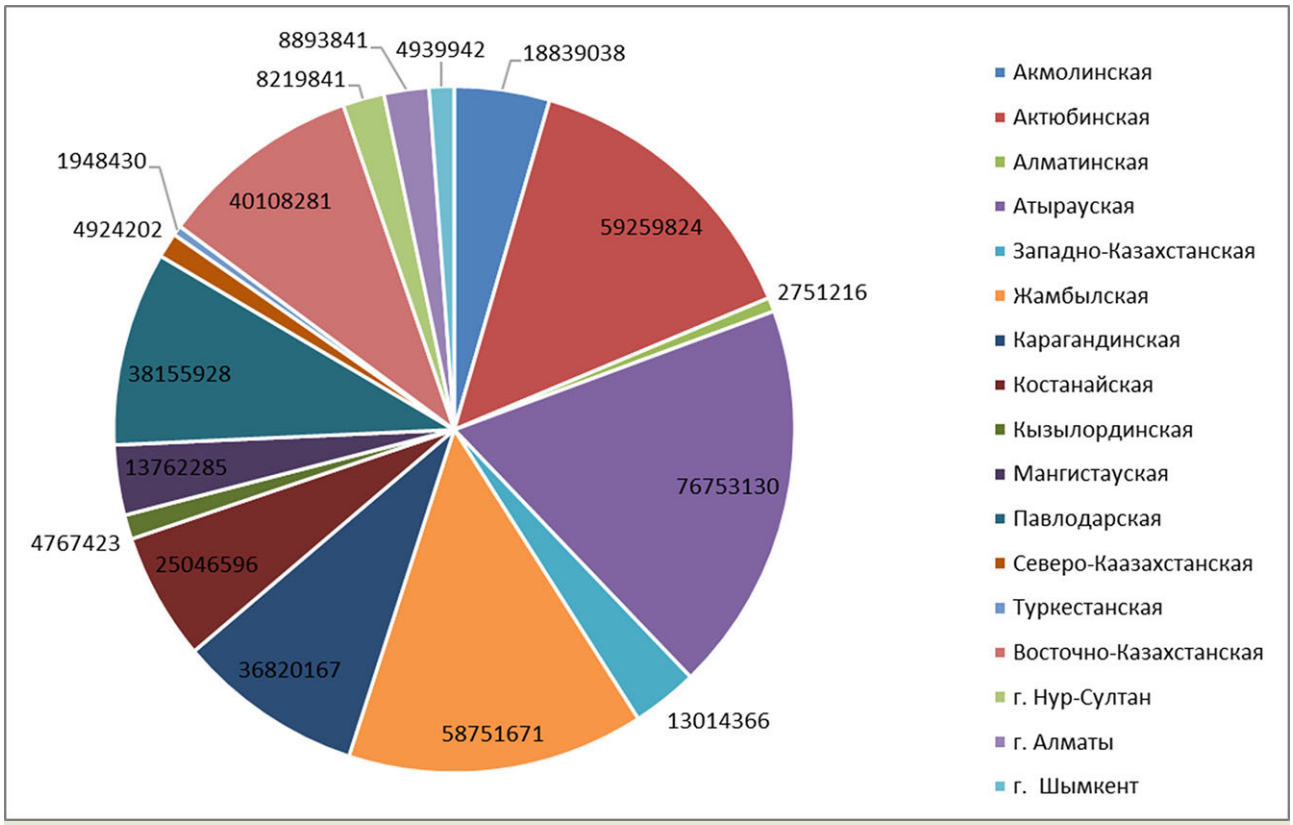


Рисунок 4 – Расходы на природоохранную деятельность по областям РК за 2021 г. Источник: https://stat.gov.kz/

мышленным предприятиям экономических стимулов, например, отмена или снижение импортных пошлин на ввоз оборудования, ведь внедрение НДТ потребует миллиарды долларов США или стимулы для экономики замкнутого цикла. Компании, реализуя свои

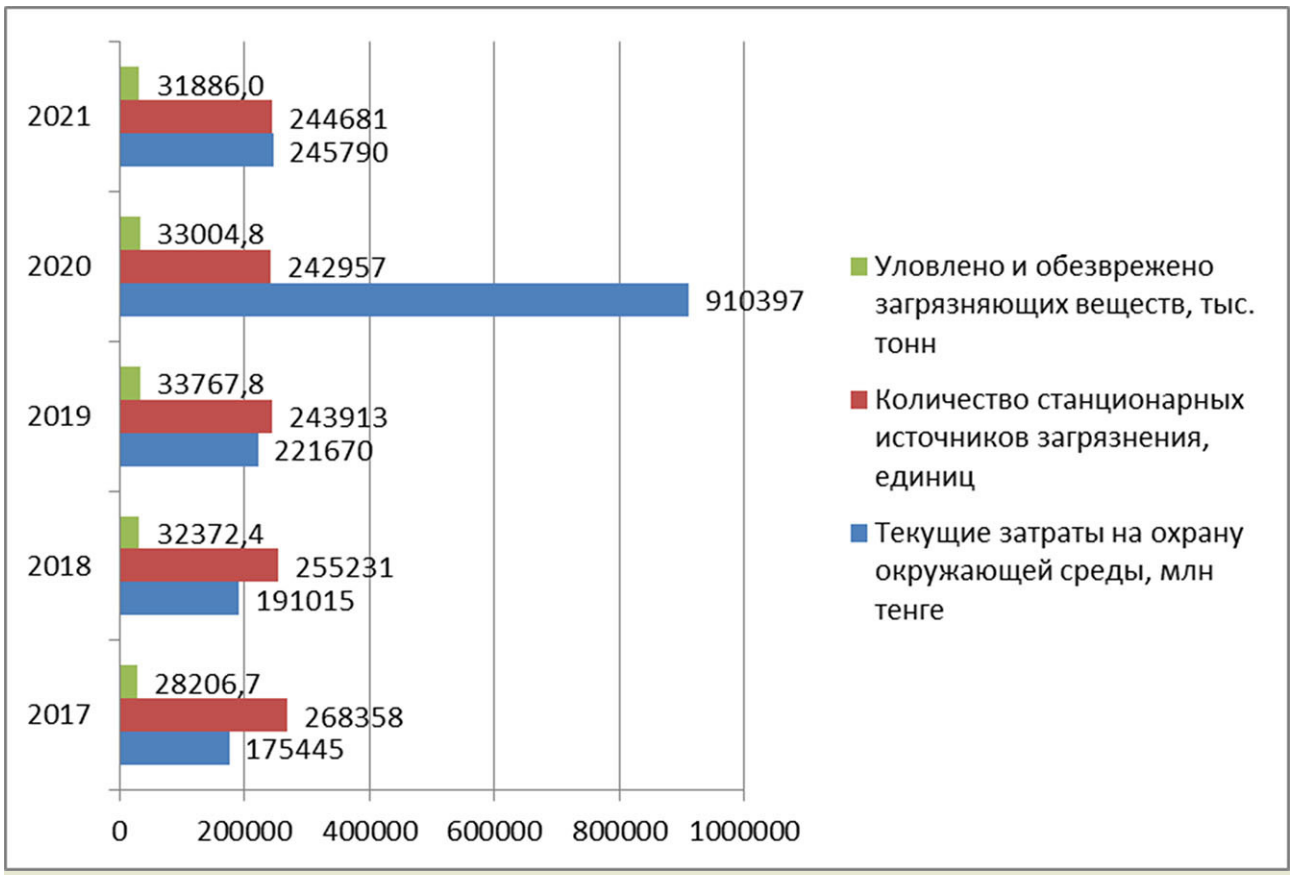


Рисунок 5 – Уловлено и обезврежено загрязняющих веществ за 2017-2021 гг. Источник: https://stat.gov.kz/

Таблица 2 – Прогнозные параметры экономики Республики Казахстан при разных сценариях на 2024-2028 гг. (рост экономики, % к предыдущему году)

Сценарии	2024	2025	2026	2027	2028
Базовый	105,0	105,5	105,1	105,7	106,0
Оптимистический	105,5	105,9	105,1	106,1	106,6
Пессимистический	104,5	104,6	104,1	104,4	104,6

конкурентные стратегии, должны стремиться к мобилизации внутренних ресурсов для достижения экологически чистых критериев, повышая тем самым свою социальную стоимость и инновационный потенциал [9].

Зарубежный опыт свидетельствует, что стандарты качества воздуха, воды, земли должны утверждаться на основе управления экологическим риском. «Риск как количественная мера опасности широко применяется в экономически развитых странах для обоснования безопасности отраслей промышленности, типов работ, оценки вероятности реализации того или иного нежелательного последствия» [10].

Уже в 1994 году ООН по промышленному развитию сформулировала положения по управлению рисками, связанными с угрозами здоровью людей и состоянию природной среды в результате воздействия промышленных объектов» [10]. Была сформулирована схема управления экологическим риском, которая включает блоки: качественная идентификация опасностей (статистические, аналитические, экспертные методы); определение границ зоны риска; оценка путей воздействия вредных веществ на здоровье человека; характеристика риска; управление риском.

Как правило, в основу управления эко-

логическим риском положен принцип оптимизации соотношений пользы и убытка. Выделяют прямой и косвенный вред экологии. Прямой вред экологии – это нанесение ущерба природной среде и отрицательное влияние на здоровье и продолжительность жизни человека, т.е. деградация окружающей среды влияет на человека и при этом человек подвержен негативному воздействию напрямую. Косвенный вред экологии имеет широкомасштабный характер – это снижение, а иногда и утрата ассимиляционного потенциала природы, потеря устойчивости природной территории, ее деградация. При установлении критических нагрузок, например, для водной экосистемы, необходимо опираться на обновленные базы статистических и/или других баз данных о качественном состоянии природной среды.

Требуется внесение изменений во взаимодействие «человек-природа», где фактор полезности должен учитываться не только для человека, но и для природной среды. Надо перестать уповать на критерий «предельно допустимая концентрация» при анализе экологической ситуации, которая для природной среды является запредельной.

Выводы

Необходим переход от технократической парадигмы мышления к экологическому сознанию. Снижение ассимиляционного потенциала природной среды должно быть компенсировано ужесточением экологических норм для промышленных предприятий. Требуется формирование правительством макрорыночной среды, которая благоприятно влияет на зеленое развитие производства и ответственное потребление. Хозяйственная деятельность в стране должна быть ориентирована на экологическую целесообразность, опирающуюся на пробужденное «зеленое» сознание управленческого персонала компаний. Осуществление переноса центра внимания с фактора полезности для человека на учет фактора полезности для природной среды с целью минимизации экологического риска.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Генеральная Ассамблея ООН. 4 августа 1987. 42 сессия. Развитие и международное экономическое сотрудничество: проблемы окружающей среды. Доклад Всемирной комиссии по вопросам окружающей среды и развития. Записка Генерального секретаря // https://www.un.org
2. Zhang W., Luo Q., Liu S. Is government regulation a push for corporate environmental performance? Evidence from China. Econ. Anal. Policy 2022, Vol. 74. – Pp. 105-121.
3. Кушлин В.И. Государственное регулирование экономики. – М.: Изд-во «Экономика», 2016. – 495 с.
4. Указ Президента Республики Казахстан от 15 февраля 2018 года № 636 «Об утверждении Национального плана развития Республики Казахстан до 2025 года и признании утратившими силу некоторых указов Президента Республики Казахстан» (с изменениями по состоянию на 17.04.2023 г.). Опубликован: «Казахстанская правда» от 20 февраля 2018 г. № 35 (28664).
5. Официальный сайт Бюро Национальной статистики. Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан // https://stat.gov.kz/ru/
6. Загрязнение атмосферного воздуха ускоряет рост смертности среди казахстанцев: за год число умерших в стране увеличилось более чем на 2%. EnergyProm от 17 февраля 2021 года // https://www.energyprom.kz/ru/a/monitoring/zagryaznenie-atmosfernogo-vozduha-uskoryaet-smertnost-kazahstancev-za-god-chislo-umershih-v-strane-uvelichilos-bolee-chem-na-2#:~:
7. Baker M., Wurgler J. Investor sentiment in the stock market. J. Econ. Perspect. 2007, Vol. 21. – Pp. 129-151.
8. Bahta D., Yun J., Islam M.R., Ashfaq M. Corporate social responsibility, innovation capability and firm performance: Evidence from SME. Soc. Responsib. J. 2021, Vol. 17. – Pp. 840-860.
9. Lee M.J., Roh T. Unpacking the sustainable performance in the business ecosystem: Coopetition strategy, open innovation, and digitalization capability. J. Clean. Prod. 412, 2023. 137433.
10. Ваганов П.А., Ман-Сунг Им. Экологические риски: учеб. пособие. 2-е изд-е. СПб: Изд-во СПбГУ, 2001. – 152 с.

Қазақстанның экономикалық дамуының экологиялылығын арттыру қажеттілігі туралы

*[1]**ОМАРОВА Балнұр Алтынсарқызы,** э.ғ.д., доцент, balnur6@bk.ru,*
*[1]**БИРЮКОВ Валерий Викторович,** э.ғ.д., декан, _valera@mail.ru,*
[1]«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Н. Назарбаев даңғылы, 56, Қарағанды, Қазақстан,
**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Қазақстан Республикасы экономикасының экологиялық даму мәселелері қарастырылды. Зерттеудің мақсаты-экономикалық қызметтің табиғи ортаның экологиялық жағдайына әсер ету нәтижелерін қарастыру. Зерттеу әдістері-теориялық талдау, статистикалық талдау, логикалық әдіс. Зиянды заттардың негізгі шығарындылары бойынша деректер, табиғатты қорғау қызметіне жұмсалатын жалпы шығыстардың құрылымы, залалсыздандырылған ластаушы элементтер бойынша деректер келтірілген. Экологиялық тұрақты даму бағыттары ұсынылды.*

Кілт сөздер: *табиғи орта, ластану, өлім, тұрақтылық, тұрақтылық, қол жетімді технологиялар.*

On the Need to Improve the Environmental Friendliness of Economic Development in Kazakhstan

*[1]**OMAROVA Balnur,** Dr. of Econ. Sci., Associate Professor, balnur6@bk.ru,*
*[1]**BIRYUKOV Valery,** Dr. of Econ. Sci., Dean, _valera@mail.ru,*
[1]NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», N. Nazarbayev Avenue, 56, Karaganda, Kazakhstan,
**corresponding author.*

Abstract. *The problems of environmental development of the economy of the Republic of Kazakhstan are considered. The purpose of the study is to consider the results of the impact of economic activity on the ecological state of the natural environment. Methods of research – theoretical analysis, statistical analysis, logical method. Data on the main emissions of harmful substances, the structure of total expenditures on environmental protection activities, data on the neutralized polluting elements are given. The directions of ecologically sustainable development are suggested.*

Keywords: *natural environment, pollution, mortality, sustainable development, eco-friendliness, available technology.*

REFERENCES

1. United Nations General Assembly. 4 august 1987. 42nd Session. Development and International Economic Cooperation: Problems of the Environment. Report of the World Commission on Environment and Development. Note by the Secretary General // https://www.un.org
2. Zhang W., Luo Q., Liu S. Is government regulation a push for corporate environmental performance? Evidence from China. Econ. Anal. Policy 2022, Vol. 74. – Pp. 105-121.
3. Kushlin V.I. State regulation of the economy. – Moscow: Ekonomika Publishing House, 2016. – 495 p.
4. Decree of the President of the Republic of Kazakhstan dated February 15, 2018 no. 636 «On approval of the National Development Plan of the Republic of Kazakhstan until 2025 and recognition of some decrees of the President of the Republic of Kazakhstan as invalid» (with amendments as of 17.04.2023). Published: «Kazakhstanskaya Pravda» of February 20, 2018, no. 35 (28664).

5. Official website of the Bureau of National Statistics. Agency for Strategic Planning and Reforms of the Republic of Kazakhstan // https://stat.gov.kz/ru/
6. Atmospheric air pollution accelerates the growth of mortality among Kazakhstanis: the number of deaths in the country has increased by more than 2% in one year. EnergyProm of February 17, 2021 // https://www.energyprom.kz/ru/a/monitoring/zagryaznenie-atmosfernogo-vozduha-uskoryaet-smertnost-kazahstancev-za-god-chislo-umershih-v-strane-uvelichilos-bolee-chem-na-2#:~:
7. Baker M., Wurgler J. Investor sentiment in the stock market. J. Econ. Perspect. 2007, Vol. 21. – Pp. 129-151.
8. Bahta D., Yun J., Islam M.R., Ashfaq M. Corporate social responsibility, innovation capability and firm performance: Evidence from SMEs. Soc. Responsib. J. 2021, Vol. 17. – Pp. 840-860.
9. Lee M.J., Roh T. Unpacking the sustainable performance in the business ecosystem: Coopetition strategy, open innovation, and digitalization capability. J. Clean. Prod. 412, 2023. 137433.
10. Vaganov P.A., Man-Sung Im. Environmental risks: textbook. 2-nd edition. SPb: Publishing house of St. Petersburg State University, 2001. – 152 p.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_322 ӘОЖ 325.11(574)=512.122

Қазақстандағы урбанизацияның негізгі факторлары мен даму тенденциялары

[1]*ТУРСЫНГАЛИЕВА Кырмызы Нурлановна, *магистр, аға оқытушы, dilda_1000@mail.ru,*
[2]ТУКЕЕВА Адаш Сабырбековна, *э.ғ.к., доцент, tti_tokmok@mail.ru,*
[1]УРАЗБЕКОВ Абай Каргашевич, *э.ғ.к., доцент, urazbekovabay@mail.ru,*
[1]«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Н. Назарбаев даңғылы, 56, Қарағанды, Қазақстан,
[2]И. Раззаков атындағы ҚМТУ Токмок филиалы, Гагарин көшесі, 65, Токмок, Қырғызстан,
**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Әлемнің көптеген елдері сияқты, Қазақстан да урбанизацияланатын ел болып саналады. Мақаланың мақсаты – Қазақстандағы урбанизация процестерінің үрдістерін, қарқындылығы мен ерекшеліктерін айқындайтын негізгі факторларды зерттеу. Еліміздегі қала және ауыл халқының саны туралы мәліметтер келтіріліп, қала мен ауыл тұрғындарының саны арасындағы алшақтық себебі түсіндірілді. Қалалар көші-қон ағынының арқасында да өскені қарастырылып, статистикалық көші-қон ағыныны деректері келтірілді. Сонымен қатар ел аумағында урбанизация процестерінің біркелкі бөлінбеуі, сондай-ақ урбанизация факторлары қазақстандық жағдайларда толық көлемде көрінетіні және оның үрдістері мен қарқындылығын айқындайтыны туралы қорытынды жасалды. Урбанизацияның анықталған тенденциялары мен проблемаларына сүйене отырып, Қазақстандағы урбанизация процестерін реттеудің негізгі бағыттары мен тетіктерін таңдау бойынша ұсыныстар негізделген.*

Кілт сөздер: *ауыл халқы, қала халқы, урбанизация, көші-қон, ЖІӨ, жұмыс күші, агломерация, миграция, ауыл шаруашылығы, урбандалу, урбанизация факторлары, өмір сүру деңгейі.*

Кіріспе. Өнеркәсіптің дамуымен, ауыл шаруашылығының индустрияландырылуымен, Индустрия 4.0 трендтерінің күшеюімен әлемнің барлық елдерінде ауыл тұрғындарының қалаларға көші-қон үрдістері күшейіп, урбанизация қарқыны артып келеді.

Урбанизация – өмір сүру барысында жақсы деңгейдегі жұмыс табу, ауылдан гөрі қалалық қазіргі тыныс-тіршілікке бағытталу мақсатында халықтың ауылдық жерлерден көшуіне байланысты қалалардың өсуі. Зерттеу гипотезасы урбанизацияның қазақстандық тенденцияларының әлемдегі қала халқының санының едәуір өсуі туралы және урбанизацияның қазіргі ауқымы мен қарқыны ең алдымен өнеркәсіптік, техникалық, табыс деңгейі, өмір сүру жағдайлары мен сапасы сияқты факторлармен анықталады, бұл өз кезегінде туу деңгейіне, халықтың табиғи өсуіне, қарқындылығы және көші-қон бағытына әсер етеді.

Урбанизацияны тудыратын себептер ретінде мыналарды атауға болады:

- көп жұмыс күшін қажет ететін өнеркәсіптік индустрияны дамыту;
- еңбек сипатының күрделенуі, аумақтық мамандануларды пайда болуы;
- қалалардың мәдени маңыздылығын және олардың саяси ықпалын арттыру;
- ауылдық жерлермен салыстырғанда қалаларда білім берудің жоғары сапасы;
- қалалық жерлерде өмір сүру мен табыстың жоғары деңгейі.

Урбанизация халыққа көптеген пайда әкеледі. Олардың ішінде халықтың қызмет түрін көбірек таңдағанын атап өтуге болады. Ауылда көптеген адамдар егіншілікпен айналысуға мәжбүр болса, қалада адамға ең қолайлы мамандықты таңдауға мүмкіндік бар.

Урбанизацияның әлеуметтік, саяси және экономикалық салаларды қамтитын жанжақты салдары бар.

1. ЖІӨ-нің өсуі-урбанизация көлік құралдарына, байланысқа, тұтыну тауарларына және т.б. қажеттілікті арттырады.
2. Білікті жұмыс күші сияқты адамдар санатының өсуі.
3. Орта таптың өсуі. Ал орта тап уақыт өте келе саяси құқықтарды талап етеді.
4. Қызмет көрсету саласы тек қалада ғана дами алады. Қызмет көрсету саласы

орта тап халқының өсуіне қарай айтарлықтай өсуді көреді.

5. Көптеген қалалар-көптеген нысандардың арқасында туризм дамиды.

6. Жан басына шаққандағы табыс пен шығындар өседі.

7. Банк секторын дамыту жүзеге асады.

8. Көбірек қалалық нысандарға қол жеткізу арқылы өмір сүру деңгейі жақсарады.

9. Жұмысқа орналасу үшін көбірек мүмкіндіктер. Бизнес үшін көбірек мүмкіндіктер. Қалалық орта стартаптарға жағдай жасалынады.

10. Қалалық жерлерде қажетті тауарларға сұраныстың тез өсуі инфляцияның күрт өсуіне әкелуі мүмкін.

11. Урбанизация экономикалық жаһандануға жол ашады.

Урбанизация әлеуетті тұтынушылардың шоғырлануынан, өнімдер мен қызметтердің алуан түрлілігіне сұраныстың болуынан тұратын бизнесті дамыту үшін айқын артықшылықтар мен мүмкіндіктер береді, бұл өндірісті жандандыруға және дамудың жаңа нишаларын іздеуге, сондай-ақ адами, қаржылық және ақпараттық ресурстарды жинақтауға әкеледі. Сонымен қатар, қала экономиканың барлық секторларын дамытуға ықпал етеді: құрылыс секторы, металлургия, машина жасау, автомобиль жасау, қызмет көрсету саласы, банк секторы, ақпараттық технологиялар саласы, медиа-сала және т.б. Сонымен қатар, қалалардың жылдам өсу қарқыны бақыланбайтын урбанизация мәселелерін өзектендіреді, бұл бірқатар жағымсыз тенденциялардың көрінісіне әкелуі мүмкін. Осыған байланысты ең қолайлы қалалық ортаны құру үшін жоспарлау, жаңа технологиялар мен инновацияларды қолдану қажеттілігін түсіну маңызды [2].

Зерттеу нәтижелері. Осыған байланысты, Қазақстан үшін қалаларды дамыту және олардың мүмкіндіктерін ашу мәселесі маңызды болып көрінеді. Бұл жерде Қазақстан урбанизация саласында айтарлықтай белсенді саясат жүргізіп жатқанын атап өту маңызды. Жаңа елорда Астана-жарқын үлгі, елорда мәртебесінде өзінің дамуының 20 жылында қала адамдарды тартудың, бизнесті, инновациялар мен технологияларды дамытудың, идеялар мен батыл жобаларды ілгерілетудің орталығына айналды. Астана, Алматы, Ақтөбе және Шымкент қалалық агломерацияларын дамыту идеясы жаңа мүмкіндіктерге жол ашты, олардың айналасында адами, қаржылық және инвестициялық ресурстар жинақталатын болады.

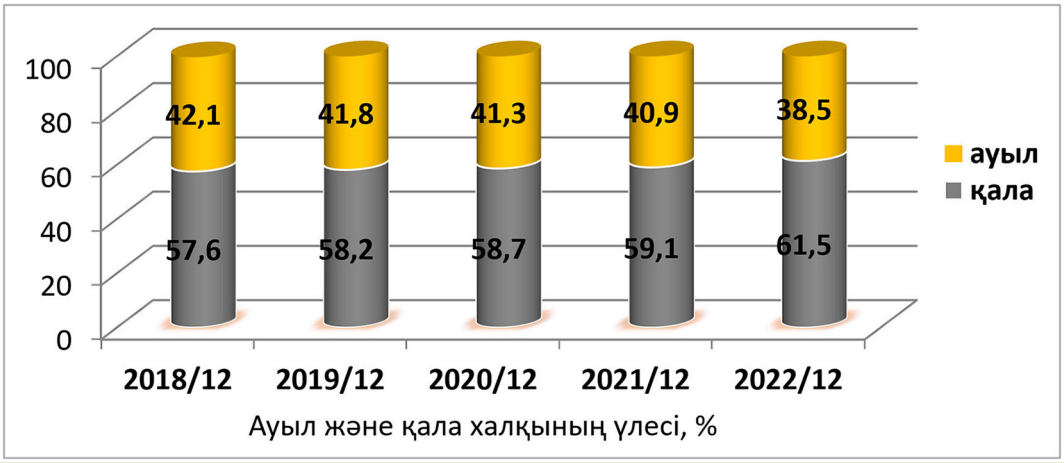
2023ж. 1 ақпандағы мәлімет бойынша қала халқы – 12227458 адамды, ауыл халқы – 7560796 адамды құрады. ҚР 2023 жылдың басына облыстардың саны – 17, аудандар – 188, қалалар – 89, оның ішінде республикалық маңызы бар қалалар – 3, кенттер – 29, ауылдық округтер – 2177, ауылдар – 6295 құрайды. Елімізде қалалық және ауылдық тұрғындар санының аралық көрсеткіші едәуір жоғарылады. Соңғы жылдары (2018 жылдан 2022 жылға дейін) елдегі қала халқының үлесі шамамен 4 пайызға өсті, 57,6%-дан 61,5%-ға дейін. Ауыл тұрғындарының үлес салмағы тиісінше төмендеп, 2023 жылғы 1 қаңтарға қарай 38,5% – құрады (1-сурет). 2018 жылдан 2022 жылға дейінгі сандық мәнде қалаларда 1,5 млн тұрғын (15%) толықты, қаладағы адамдар саны 12 млн адамға жақындады. Қалалар көші-қон ағынының арқасында да өсті. Осы жылдар ішінде қалалардың көші-қон сальдосы оң болды, 2022 жылы ол 60,1 мың адамды құрады. Ауылдарда тенденция басқаша. Соңғы бес жылда ауыл халқының саны 193 мыңға (2,5%) азайып, 7,5 млн адамды құрады. Ауыл тұрғындары Қазақстан ішінде де, ірі елді мекендерге де, шетелге де көшті. Өңірлік көші-қон статистикасы Қонаевтан басқа барлық облыс орталықтарының оң сальдосы бар екенін көрсетеді. Сонымен қатар, қалалардағы олардың халқымен салыстырғандағы өсімі экономикалық түрде кері әсерін беру мүмкін емес. Мысалы, 2022 жылы Қарағанды өңірішілік көші-қон сальдосы 3,3 мың адамды құрады. Жарты миллион халқы бар кеншілер астанасы үшін бұл тек 0,6% құрайды. Тағы бір мысал – Түркістан, онда өз өңірінің тұрғындары есебінен көші-қон сальдосы небәрі 583 адамды құрады (жалпы санының 0,3%).

Еліміздегі басым урбанизация Алматы және Астана қалаларында орын алған. Мегаполистер болып саналатын қалаларда көші-қон мәселесі оң шешім алған. Өткен жылы елорда халқы өңірлерден 33,8 мың қазақстандықпен толықты. Алматыда ішкі көшіп-қонушылар қала халқының жалпы санына 35,3 мың адамды қосты.

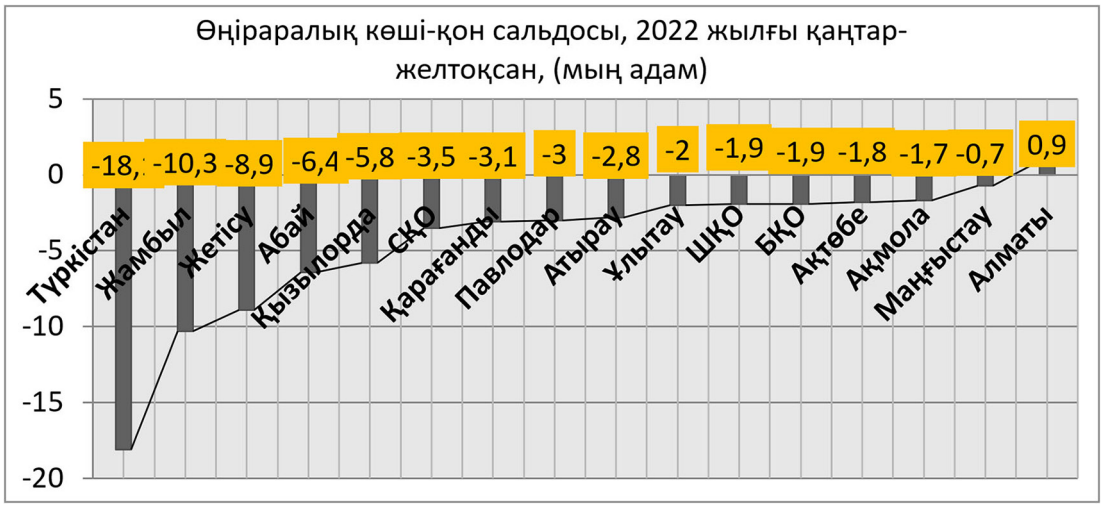
Өңіраралық көші-қонға келетін болсақ, тек мегаполистер мен Алматы облысы 2022 жылы келгендер мен кеткендер арасындағы айырмашылықтың оң көрсеткіштеріне ие болды. Шымкент пен Алматы сияқты ірі мегаполисті қалаларға оңтүстік өлкеміздегі тұрғындар жақын маң әрі климаты басқа өңірлерге қарағанда жылы болғандықтан көшсе, солтүстік, орталықтағы тұрғындар Астанаға жаңа қала, жаңа бастамалар мен мүмкіндіктер қаласы деп көшеді (2-сурет).

Көші-қонның басым бөлігі-Түркістан облысында тіркелді. Бұл жерде 18,1 мың адам Шымкент, Алматы қалаларына қоныс аударған.

Екінші орында Жамбыл облысы 10,3 мың адамға азайып, бұл тұрғындар Алматы аг-



1-сурет – ҚР-ғы ауыл және қала халқының үлесі



2-сурет – Өңіраралық көші-қон сальдосы

ломерациясына көшіп келген. Ал үшінші орында Жетісу облысы, бұл аймақтан қазақстандықтар негізінен Алматы мен Алматы облысына көшіп келген.

Қазақстандағы урбанизация процесі – бұл аумақтарды дамытудың «халықтық» нұсқасы. Адамдар тұрғын үй жағдайларын жақсартуға, жоғары жалақы алатын жұмыс табуға болатын жерге көшеді. Еңбек нарығы мен әлеуметтік инфрақұрылымды дамыту тұрғысынан еліміздің кез-келген өңірі көші-қондық мұндай өзгерістерге дайын болмай отыр [3].

Елімізде 2023-2030 жылдар аралығында урбанизация көрсеткіштері келесі болжам бойынша орын алуы мүмкін. Бұл көрсеткіштер Қазақстан Республикасы Еңбек ресурстарын дамыту орталығы мамандарының мәліметтерінен алынып отыр және Солтүстік пен Шығыста жұмыс күшіне ең аз сұраныс қалыптасады деп күтілуде. Жұмысқа орналасу үшін ең көп нұсқаларды Астана, Алматы және Шымкент ұсынады (кесте).

Демографиялық ахуалдың базалық сценарийіне сәйкес 2050 жылға қарай Астана, Шымкент және Маңғыстау облыстарының халқы екі есеге өседі (2022 жылмен салыстырғанда). Шығыс Қазақстан және Абай облыстарындағы азаматтар саны 15%-16%-ға, Қостанай облысында – 22%-ға, Солтүстік Қазақстан облысында – 34%-ға азаяды.

Урбанизацияның орталық проблемаларының бірі-ірі миллионер қалалардың даму тенденцияларын анықтау міндеті. Көптеген елдерде басқарылмайтын урбанизация адамдардың тіршілік ету ортасының экологиялық жағдайының нашарлауының ауыр зардаптарына әкелді. Бизнесті, тұтыну мәдениетін дамыту қала құрылысы саласындағы реттеуші заңнамадан озып кететін ірі қалалар кейіннен әлеуметтік проблемаларды ушықтырады. Сансыз сауда орталықта-

ҚР-ғы болжамыды урбанизациялану көрсеткіштері, 2025-2050 жж.

Ірі қалалар мен облыстар	2025ж.	2030ж.	2050ж.
Астана қ.	113%	134%	224%
Шымкент қ.	109%	124%	197%
Маңғыстау	108%	121%	196%
Жетісу	106%	117%	173%
Алматы қ.	107%	119%	168%
Жамбыл	104%	110%	154%
Алматы	105%	112%	154%
Атырау	104%	111%	151%
Түркістан	103%	109%	147%
Қызылорда	103%	108%	140%
Ақтөбе	104%	109%	135%
ШҚО	102%	104%	116%
Ұлытау	99%	97%	93%
Қарағанды	100%	98%	91%
Ақмола	100%	98%	90%
Павлодар	99%	97%	93%
Абай	99%	95%	85%
ШҚО	99%	96%	84%
Қостанай	99%	95%	78%
СҚО	97%	92%	66%

Ескерту: Ұлттық статистика бюросы ҚР Стратегиялық жоспарлау және реформалар агенттігі мәліметтері бойынша. Облыс орталықтары бойынша деректер тек ішкі өңірлік көші-қон бойынша сальдоны ескереді, өңіраралық көші қон сальдосының деректері көрсетілген.

ры, көп қабатты жаппай тұрғын үй құрылысының кварталдары қолданыстағы көлік, инженерлік желілерге жүктемені ескермей салынуда, ал рухани әлеуетті дамыту және адамдардың физикалық денсаулығын жақсарту үшін өте аз жұмыс жасалуда. Бұл жағдайда қозғалыстың моторланбаған түрлерін, жүрдек автобус тасымалдарын ұйымдастыру, айналма автожолдар, айырбастар салу, қалалық ортаның стресс деңгейін төмендететін қалалық рекреациялық аймақтарды құру өзекті болып отыр, оған Алматы, Астана, Шымкент, Түркістан және т.б. жатқызуға болады.

Қорытынды

Зерттеу нәтижелерінен Қазақстандағы қала халқы санының жеделдеп көбеюін көруге болады. Бұндай урбанизацияның жоғарылауы қалаларда көптеген экономикалық, әлеуметтік, экологиялық мәселелерді туындатады. «Жаңа ұстаным» урбандалуды ұлғайту саясатының нәтижесіздеу болғанына байланысты елімізде келесі урбандалу мәселелері бар және орын алуы мүмкін.

Үкімет қала халқының өсу тенденциясын байқағанмен, туындайтын күрделі мәселелердің алдын-алу іс-шараларын баяу қарастыруда. Алдын-алу іс-шаралары дайындау, жоспарлау, орындау кезеңдерінен өткенше, біршама уақыттың өтіп кететіндігі мәлім. Сондықтан да бұл мәселе жылдам бақылау мен реттеуді талап етеді. Мысалы, ірі қалалардағы жаңа жұмыс орындары ашылмай, процесс бір орында тоқтап тұрса, қаладағы адамдар жұмыссыз халыққа айналып, кедейшілік өсуі мүмкін, бұл өз кезегінде ұрлық, отбасылық жанжалдар, яғни әлеуметтік толқуларға әкеп соғуы мүмкін. Ауылдан қалаға ағылған халықтың көбісі жаңа жұмыс орындары үшін көшеді. Ауылда жұмыс орыны аз, жалақысы мардымсыз. Сондықтан қалаға ағылған ішкі көші-қонды, яғни ауылдық жерлер мен шағын және моноқалалардың өзінде тоқтатқан дұрыс. Кеңес заманында әскери нысаны бар, ірі өндіріс орны бар, кен өндіретін қалалар мен аумақтарға халықты шоғырландыруға басымдық берілсе, дәл қазір біз сол жүйеден алыстамадық. Аумақтарды

дамытудағы кеңестік моделді әлі күнге дейін қолданып келе жатқанымыздың бір себебі, халық саны қысқарып келе жатқан аудан, моноқала, өңірлердің проблемасын шешуге дайын еместігімізде. Дәл осы аумақтарға арналған бағдарламалар әлсіз, жетілдіретін тұстары да көп. Жүйелі дәл осы бағыттағы арнайы бағдарлама да жоқ. Қазақстан билігі өмір сүру деңгейі мен сапасы төмен және халық саны қысқарып келе жатқан моноқалалар проблемасын шеше алмай келе жатыр.

Қазақстандағы қалаларда әлеуметтік және инженерлік инфрақұрылым баяу дамуда, егер қалаға қоныс аударуда ішкі мигранттар санының артылғанын байқасақ, онда келешекте олардан туындайтын тұрғын үй, денсаулық сақтау, білім беру сферарындағы сұранысты қамтамасыз ете алмайтынымызды да ескеруіміз қажет.

Ірі қалалар мен ауылдар арасында, шағын және орта қалалар арасындағы өмір сүрудің алшықтығы басталды және күн сайын артып келеді. Ал әлеуметтік және инженерлік инфрақұрылымды тез қарқынмен дамыту үшін экономика қарқынының қысқаруы салдарынан республикалық бюджет қаражаты жеткіліксіз болып отыр.

Халықтың кетуі күшейетін Қазақстанның артта қалған және аз қоныстанған өңірлерінің экономикасы мен әлеуметтік сферасында орын алатын мәселелерді түбегейлі шешу үшін мыналарды ұсынамыз:

- халқы аз аумақтарды игеру және өндірістік, ауыл шаруашылығы қызметіне қолайлы өңірлерде жаңа жұмыс орындарын құру үшін жаңа бағдарламалар әзірлеу қажет;

- еліміздегі халық көп орныққан оңтүстік өңірлерінен нашар игерілген солтүстік өңірлерге адамдарды көшіру үшін пәрменді ынталандыру тетіктерін көздеу. Тәжірибе көрсеткендей, адамдарды ерікті түрде қоныс аударудың бекітілген ережелерінде белгіленген шарттар мен ынталандыру орындалмайды. Сондықтан, қоныс аударушылар үшін белгіленген субсидиялар мен төлемдерден басқа, оларға мақсатты пайдалану шартымен 50 жылға дейін өтеусіз негізде шаруашылық жүргізуге жарайтын жерлерді жалға беру әлдеқайда дұрыс шешім болмақ. Бұл мүмкіндік жаңа жұмыс орындарын, қалыпты өмір сүру іздеуде халықтың ішкі көшіқон бағытын реттейді.

- Сондай-ақ, қалалық қызметтің экологиялық, әлеуметтік және экономикалық салаларының басымдықтарын таңдау және тепе-теңдік жағдайына қол жеткізу бойынша негізделген шешімдер қабылдау үшін абаттандыру деңгейінің мониторингі тетігін пысықтау мақсатында бір-екі қаланың материалдарында зерттеулер (пилоттық жобалар бойынша) жүргізу қажет [4].

Аталған бағыттарды бір жүйелі жолға қою көші-қондық мәселесін реттеуге, еліміздегі урбандалу іс-әрекетін қонымды, жүйелі жүйелі-жоспарлы қарастыруға, сапалы өзгерістерді жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Ұлттық статистика бюросы ҚР Стратегиялық жоспарлау және реформалар агенттігі мәліметтері https://new.stat.gov.kz/
2. Карташова К.К. Урбанизация жағдайындағы халықтың тіршілік әрекеті:урбанизация және қоғам / К.К. Карташова – 2006. – № 1. – 78 б.
3. Алтаев А.Ш., Кожакеева Л.Т. Урбанизация және 2000-2017 жылдардағы Қазақстандағы қала халқының өзгеру динамикасы // Қарағанды университетінің хабаршысы. Серия: Тарих. Философия. – 2020. – № 97 (1). – Б. 38-43.
4. Peng J. et al. Identifying the urban-rural fringe using wavelet transform and kernel density estimation: A case study in Beijing City, China // Environmental Modelling & Software. 2016, no. 83, pp. 286-302.

Основные факторы и тенденции развития урбанизации в Казахстане

*[1]***ТУРСЫНГАЛИЕВА Кырмызы Нурлановна,** магистр, старший преподаватель, dilda_1000@mail.ru,*
*[2]**ТУКЕЕВА Адаш Сабырбековна,** к.э.н., доцент, tti_tokmok@mail.ru,*
*[1]**УРАЗБЕКОВ Абай Каргашевич,** к.э.н., доцент, urazbekovabay@mail.ru,*
[1]НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан,

[2]Токмокский филиал КГТУ имени И. Раззакова, ул. Гагарина, 65, Токмок, Кыргызстан,
*автор-корреспондент.

Аннотация. *Как и многие страны мира, Казахстан считается урбанизируемой страной. Целью статьи было изучение основных факторов, определяющих тенденции, интенсивность и особенности процессов урбанизации в Казахстане. Приводятся данные о численности городского и сельского населения страны, разъясняется причина расхождения между населением города и села. Рассматривался рост городов и, благодаря миграционным потокам, приводились статистические данные миграционных потоков. Также сделан вывод о неравномерном распределении процессов урбанизации на территории страны, а также о том, что факторы урбанизации в полной мере отражаются в казахстанских условиях и определяют ее тенденции и интенсивность. На основе выявленных тенденций и проблем урбанизации обоснованы рекомендации по выбору основных направлений и механизмов регулирования процессов урбанизации в Казахстане.*

Ключевые слова: *сельское население, городское население, урбанизация, миграция, ВВП, рабочая сила, агломерация, миграция, сельское хозяйство, урбанизация, факторы урбанизации, уровень жизни.*

The Main Factors and Trends in the Development of Urbanization in Kazakhstan

[1]*TURSYNGALIYEVA Kyrmyzy, *Master's Degree, Senior Lecturer, dilda_1000@mail.ru,*
[2]TUKEEVA Adash, *Cand. of Econ. Sci., Associate Professor, tti_tokmok@mail.ru,*
[1]URAZBEKOV Abai, *Cand. of Econ. Sci., Associate Professor, urazbekovabay@mail.ru,*
[1]NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», N. Nazarbayev Avenue, 56, Karaganda, Kazakhstan,
[2]Tokmok branch of KSTU named after I. Razzakov, Gagarin Street, 65, Tokmok, Kyrgyzstan,
**corresponding author.*

Abstract. *Like many countries of the world, Kazakhstan is considered an urbanized country. The purpose of the article was to study the main factors that determine the trends, intensity and features of urbanization processes in Kazakhstan. Data on the number of urban and rural population in the country were given, and the reason for the gap between the number of urban and rural residents was explained. The cities have also increased due to migration flows, and statistical data on migration flows are given. It was also concluded that the uneven distribution of urbanization processes on the territory of the country, as well as the factors of urbanization, are reflected in full in Kazakhstan's conditions and determine its trends and intensity. Based on the identified trends and problems of urbanization, the recommendations for choosing the main directions and mechanisms for regulating urbanization processes in Kazakhstan are justified.*

Keywords: *rural population, urban population, urbanization, migration, GDP, labor force, agglomeration, migration, agriculture, urbanization, urbanization factors, standard of living.*

REFERENCES

1. Ulttyq statistika burosy QR Strategialyq josparlau jane reformalar agenttıgı malımetterı https://new.stat.gov.kz/
2. Kartaşova K.K. Urbanizasia jagdaiyndağy halyqtyn tırsılık areketı:urbanizasia jane qogam / K.K. Kartaşova – 2006. – No. 1. – 78 p.
3. Altaev A.Ş., Kojakeeva L.T. Urbanizasia jane 2000-2017 jyldardagy Qazaqstandagy qala halqynyn ozgeru dinamikasy // Qaragandy universitetınıg habarsysy. Seria: Tarih. Filosofia. – 2020. – No. 97 (1). – Pp. 38-43.
4. Peng J. et al. Identifying the urban-rural fringe using wavelet transform and kernel density estimation: A case study in Beijing City, China // Environmental Modelling & Software. 2016, no. 83, pp. 286-302.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_328 UDC 351

Studying the Main Issues of State Regulation of Railway Transport

[1]***IZTELEUOVA Zhuldyz,** Doctoral Student, zh.izteleuova@mail.ru,*
*[1]**KUNANBAYEVA Duissekul,** Dr. of Econ. Sci., Professor, duysekul@mail.ru,*
[1]NPJSC «Al-Farabi Kazakh National University», Al-Farabi Avenue, 71, Almaty, Kazakhstan,
**corresponding author.*

***Abstract.** The railway industry is one of the most important links of the production infrastructure of Kazakhstan. The country has no direct access to the sea. It is also characterized by the absence of navigable rivers. In this regard, as well as due to the low development of road transport, railway transport has to solve important tasks in the economic sphere of the whole country. This article assessed the development of the railway industry in Kazakhstan. With the analysis of statistical data, the level of development and country regulation of the railway industry in Kazakhstan was analyzed. The theoretical and practical significance of the article lies in the fact that the rules and conclusions contained in the work clarify the ideas that have developed in the economic literature about the role and importance of the management and development of railway transport in the country. The purpose of the article is to develop theoretical and practical recommendations on improving the use of the development potential of the railway sector of the Republic of Kazakhstan, studying regulatory measures by the country and determining their development prospects. The meaning of specific indicators is disclosed and what is included in them is described. An analysis was also carried out in the field of transport in the country, including investments directed to rail transport, the duration of the use of railways and freight traffic, and the impact of Kazakhstan's transport logistics on gross domestic product. To achieve this goal, theoretical research methods were used in the work: analysis to identify the theoretical patterns of the concept and determine the topics of discussion, synthesis – to determine the main points and sequence of ongoing changes and additions, generalization – to formulate conclusions and results. On the basis of a multifactorial mathematical model, it was possible to determine the acting factors. Correlation analysis was used as a statistical method of analysis in the article.*

***Keywords:** railway transport, freight turnover, logistics complex, infrastructure, correlation analys, wagons, economic growth, passenger turnover.*

Introduction. Today, railway transport ranks second in the world after sea transport in terms of cargo and passenger transport, and in Kazakhstan it is the first. Today, almost 70% of the freight turnover in the republic is accounted for by railway transport. Taking into account that Kazakhstan does not have access to the ocean and occupies a large area, this type of transport remains the main one in long-distance cargo transportation and short-distance passenger transportation [1].

Kazakhstan ranks 3rd in the CIS (The Commonwealth of Independent States) after the Russian Federation and Ukraine in terms of length of use of railways. Today, the operational length of railways is 16,104 km (including highways of other states in the territory of the Republic of Kazakhstan and highways of Kazakhstan passing through the territory of other states); 15,529 km (excluding routes of the Republic of Kazakhstan passing through the territory of other states and routes of other states passing through the territory of Kazakhstan). The total length of railways of the Republic of Kazakhstan is 16,104 km, of which 4,900.3 km are double and multi-track roads (33.7%), 4,217 km are electrified roads (29%) [2, 3].

Our advantageous geographical position on the way of growing trade flows between Europe and Asia gives us a number of advantages. Rail transport plays a major role here. The length of railways in the republic exceeds 15 thousand km. 16 border points (11 with Russia, 2 with Uzbekistan, 1 with Kyrgyzstan, 2 with China) connect the railway system of Kazakhstan with neighboring countries. The railway systems of Russia and Kazakhstan are interdependent.

The authorized unit as a structural and functional unit of railway transport is the Transport Committee of the Ministry of Industry and Infrastructure Development of the Republic of Kazakhstan. The Committee for Technical Regulation and Metrology of the Ministry of Industry and Infrastructure Development of the Republic of Kazakhstan performs the functions of developing standards, technical control and supervision of transport security. Regulation in the field of natural monopolies, regulated markets and development of competition is carried out by the Trans-Caspian International Transport Direction of the Ministry of National Economy. Management of companies is carried out by their shareholders or founders through general meetings, boards of directors or supervisory boards. For example, «Samruk-Kazyna» JSC (100%) is the shareholder of the KTZ (Kazakhstan Temir Zholy or Kazakhstan Railways) group of companies, which unites the main railway network, cargo and passenger carriers, transport and logistics companies [4].

The Ministry of Industry and Infrastructure Development is responsible for the policy and supervision of railways, automobiles and other modes of transport. KTZ (Kazakhstan Temir Zholy or Kazakhstan Railways) is responsible for the operation of railways, railway infrastructure, rolling stock and terminals.

Main part. It is possible to identify three main areas of regulation of the railway transport system by the government:

1) Improving the tariff policy and tariffs for rail transportation;

2) Optimization of all organizational processes and development of the logistics level of the country;

3) Analysis of the railway industry and identifying problems for effective decision-making by the government.

As you know, the railway tariff includes four main components:

- tariff for services of the main railway network;
- cost of locomotive traction service;
- the cost of services for the carriage of goods by rail;
- the cost of services for the provision of wagons.

Currently, country regulation covers the services of the main railway network, the carriage of goods by rail and locomotive traction.

Services for the provision of wagons are provided on the competitive market by rolling stock owners or wagon operators, respectively, state regulation of prices does not apply to them, the share in the current railway tariffs is on average 49%.

The services of the main railway network belong to the sphere of natural monopolies and, accordingly, are regulated by the Law of the Republic of Kazakhstan «On Natural Monopolies», the subject of natural monopoly for this service is the National Operator JSC «NC «Kazakhstan temir zholy». The share of the main railway network service in the total tariff for railway transport services is on average 25%. Services for the transportation of goods by rail and locomotive traction belong to the sphere of socially significant markets and are regulated in accordance with the Entrepreneurial Code of the Republic of Kazakhstan, the share in the current tariffs is an average of 26%.

Railway tariffs are regulated partly on a market basis and partly by the Agency for the Regulation of Natural Monopolies (the regulator) as a natural monopoly. Tariffs for domestic, export and import freight rail transport are subject to regulation, while tariffs for transit and container transport are not regulated. The railway tariff for domestic, export-import operations consists of four components: infrastructure, locomotive traction, freight and commercial services, supply of freight cars. On average, they account for 27%, 33%, 2% and 38% of rail traffic. A competitive market has been created for the supply of freight cars, so the rates for them are market-based and are not subject to regulation. The remaining three components of the tariff are regulated and subject to a single unified tariff. Infrastructure is considered a natural monopoly, so the regulator typically sets infrastructure tariffs at intervals of 5 years or more. Tariffs for traction, commercial and cargo services are regulated on the basis of their service to socially significant markets. The regulator updates the relevant tariffs, as a rule, with an interval of one year or more [5].

In order to increase the volume of transportation (multimodal, transit, domestic), it is necessary to revise the procedure for setting tariffs in order to optimally distribute the total cost of transporting goods between all participants in the transportation process, as well as between routes and road sections.

Below are the main problems, for example, problems of delivery of wagons to customers. Given the availability of public and private wagons, Kazakhstan currently has access to a relatively large modern fleet of domestic wagons. However, customers do not hide the fact that sometimes there are not enough cars. This problem recurs seasonally, for example, when the demand for cultivation increases, especially when the harvest begins, when a large amount of wheat must be transported. It should be noted that, for example, in Azerbaijan and Georgia, the wagon fleet is relatively old and some types of wagons (for example,

container wagons) are in short supply. Accordingly, this results in them leaving Kazakh wagons for later use rather than returning them to Kazakhstan as needed.

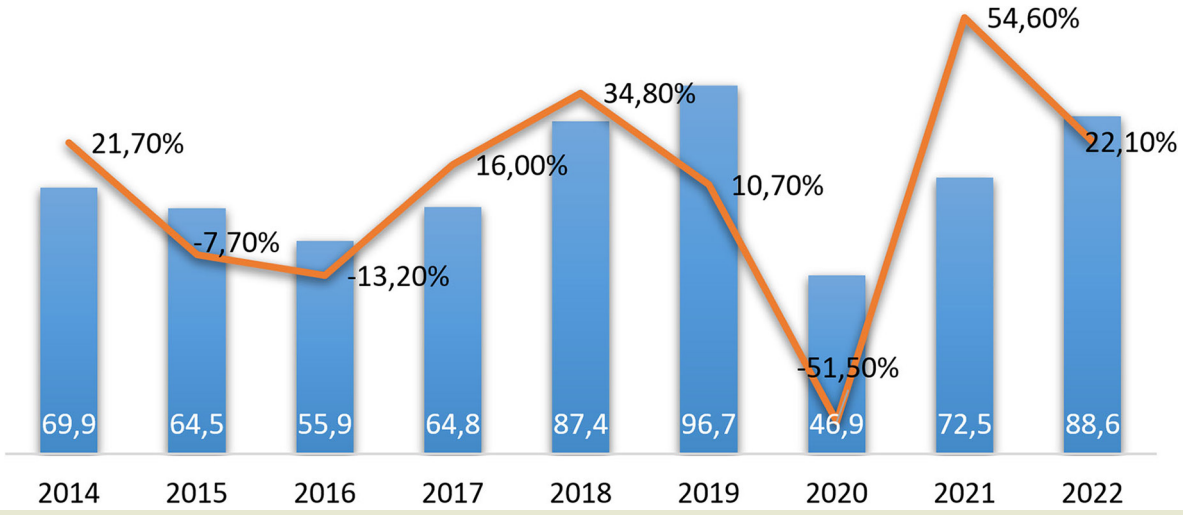
However, the conceptual understanding of the formation and development of logistics centers in the railway transport system has not yet been completed: intermodal center, «logistics hub» and others. A number of scientific publications and legal acts testify to the variability of the names of such infrastructure facilities. In addition, there remains an open problem of correct substantiation of the functions of such centers and their clarification taking into account the modern theory of supply chain management. It should be noted that transport hubs, terminals, intermediate stations, ports, bus stations and airports, etc. often refer to intermediate infrastructure facilities.

It should be noted that today the main resources of railway transport are in a difficult situation, the level of their wear and tear exceeds the threshold value — 50%, and the actual value of this indicator is about 25% in countries with developed market relations [6].

Today, in the railway industry of Kazakhstan, mostly morally and technically outdated models of rolling stock, road equipment, road construction, repair and maintenance technology of the main production stocks are used, the degree of wear and tear of which exceeds all standards. Experts noted that up to 3,000 units of wagons are periodically idle, waiting to be removed from the inventory park. Over the last three years, on average, more than 27,000 wagons broke down per day. At the same time, the number of worn-out units of the fleet of freight cars is increasing, especially for the fleet of tank wagons and semi-trailers. Most of the fleet of freight wagons is approaching the useful life according to the current standards: from 20 to 32 years. The most unpleasant fact is that the number of wagons with a term of less than ten years is only about 2 percent of the total number of freight wagons. That is, «incremental change» is clearly not appropriate for veterans who are rapidly deteriorating in numbers. The structure of the wagon fleet also does not meet the demand of carriers. The biggest shortage is semi – wagons, tanks and containers, that is, the most necessary types of transport for the transportation of goods transported in Kazakhstan [7].

The government needs to regulate the investment policy in order to solve the issue of shortages and worn-out wagons. In terms of investments, in January-February 2022, the investment in fixed capital in the field of transport and warehousing reached 88.6 billion tenge, which is 22.1% more in terms of value compared to last year. The actual increase was 17.2%.

For comparison: in the corresponding period of 2021, capital investments in the sector amounted to 54.6% plus 72.5 billion tenge per year. The purpose of allocation of investments: to increase the length of the transport network and to improve its technical characteristics, to update car parks and to improve technologies that meet the growing demand for transport services. According to various estimates, 30 to 33 bln. can be demanded up to tenge. Today, the total investment in the transport infrastructure of Kazakhstan is 3-3.5% of the GDP. This indicator is not enough for the country's GDP



The volume of investments allocated to road infrastructure*
***Compiled by the author based on the source [7]**

growth. Therefore, the adaptation of the modern transport and logistics complex to the regional development of the Republic of Kazakhstan requires measures from the government to improve them, to determine the directions of future development of the transport and logistics infrastructure, and to create an optimal model of the transport and logistics system for investments.

It can be assumed that the industry's investment system and tariff policy require further improvement by the government.

This correlation assessment will enable the state to make the right decision for the development of the industry, and will provide information on which factors need to be improved in order for the industry to be regulated effectively.

Currently, despite the large number of factors that increase the infrastructure efficiency of railway transport, there are few scientific approaches. In the modern period, computer equipment, based on the use of economic-statistical modeling, makes it possible to use previously unattainable quantitative methods for evaluating the efficiency of infrastructure provision of railway transport.

It is possible to calculate the impact of the calculation operation on various groups of factors affecting the efficiency of railway transport infrastructure using technical-economic, economic-mathematical calculation and multifactorial integral assessment.

Multivariate factorial correlation analysis is the link connecting the parameters under consideration. It is based on mathematical statistics.

Corina Blankuert and Martin Koning (2017) [8] conducted a study based on the railway companies of 16 developed European countries to analyze the efficiency of the railway transport infrastructure. The above methods were used in the analysis. Based on the main economic indicators of each company, he analyzed and built a model.

In the article, it was analyzed the indicators of the development of the railway infrastructure of countries at different levels of the world. Correlation analysis makes it possible to find out what factors are important in the regulation of this industry by the government and what factors are best developed in the railway industry for the effective operation of this area.

Table 1 presents the main statistics for each country and the correlation analysis. In this table, the main factors influencing efficiency were identified and quantitative indicators for rail transport were obtained. On the basis of the studied function (y), indicators of the country's GDP were obtained and the coefficient of influence of each indicator on economic growth was calculated. On average, statistical data for 2000-2022 were used.

Based on these data, in the course of the analysis, the railway infrastructure is developed in the countries of Western Europe and the USA. In these countries, all indicators show a high value, that is, a high value of the coefficient in the correlation analysis.

In the study of R.D. Alchanova (2009) [9] each factor was represented by a value (x) and created by a function. Since there are 5 factors in our study, each factor is expressed by the value x: X1 – passenger turnover (number of people) million people. human; X2 – freight turnover (million tons); X3 – number of locomotives; X4 – the number of employees providing services in the infrastructure of railway transport, people; X5 – operational length of roads, km. H. Liebenstein (1996) [10] uses the term X-efficiency in his research. Based on the data given in the table, an infrastructure development model was built by conducting a correlation analysis, which is reflected in the following form. But we can verify how accurately and precisely this model shows the real situation through analytical analysis.

Oveshnikova L.V. (2013) [11] in her work tries to determine the infrastructural development by ranking the analysis factors. By analyzing the results, we obtain a multicriteria and multifactor function for evaluating the efficiency of railway infrastructure. Based on the obtained results, the following analytical statements can be made. As a result of the analysis, we found that only three main factors have a greater impact. They are factors X3, X4 and X5. This corresponds to the technical indicators of the development of the railway infrastructure. That is, the first number of locomotives, that is, the higher the railway company is provided with modern equipment, high-speed trains, the higher the efficiency. The next factor is the more specialized the number of workers, the more workers who have mastered new techniques and technologies, the higher the efficiency. The last factor is the operational length of roads; this indicator depends on how many regions of the country are provided with railway connections. The government should regulate: graduates as potential workers in the railway industry, production and purchase wagons, continue building railroad tracks in order to increase the efficiency of the railway industry. These factors are the most significant for state regulation and enable the state in which direction it needs to invest more effort.

Railway-logistics infrastructure is the main link of the national economy and affects other manufacturing and non-manufacturing industries. Therefore, the inefficiency of its devel-

Table 1 – Initial data for factor analysis (average value of indicators for the period 2000-2022)

Countries	Passenger turnover million	Cargo turnover tons	Number of locomotives	Number of workers	Length of roads, km
Great Britain	55206	19477	6365	199402	16400
Switzerland	17028	79020	1244	38773	3560
Luxenburg	346	392	96	3906	275
Greece	1410	521	379	13012	2410
Iceland	6060	750	210	16445	7881
Portugal	3552	2150	572	22598	2599
Germany	77934	89413	8167	318339	33947
Denmark	6753	2087	757	21436	2500
Italy	41453	25360	4798	215280	16850
Holland	16352	3819	1171	26941	3016
Norway	2729	2092	457	16462	4157
Austria	10315	18958	1475	72123	4887
Spain	22722	11441	1906	65117	14960
Sweden	6216	16590	1377	35407	9856
Belgium	10161	6410	1686	55406	3571
France	82762	32099	6651	243703	31438
Finland	3850	9472	751	25533	5897
Kazakhstan	15920	200871	650	160000	16104

The source is the statistical websites of each country

opment is a serious obstacle to the economic growth of the individual sector, as well as the region. This obligation sets special conditions for the development of transport infrastructure at the regional and national level [12]. Therefore, increasing the efficiency of development and exceeding the long-term strategy of innovative development of transport infrastructure in government regulation requires urgent implementation [13].

Very high competition in all types of vehicles. Therefore, railway transport should be considered not as an engineering communication, but as a service industry, that differentiates its products [14].

Conclusion. On the basis of a multifactorial mathematical model, it was possible to determine the acting factors. The information obtained makes it possible to form a complex of various management decisions by the state and determine the main directions for the further development of railway transport.

Given the vastness of the territory of Kazakhstan, the level of development of the railway transport system is of particular importance. It should be noted that the railway infrastructure plays a special role in promoting and developing the country's economy. What measures should the government take to regulate the railway industry:

1. It is necessary to further improve and harmonize the development of the regulatory legal framework that regulates the processes of planning and organizing rail transportation of goods, as well as the improvement of the tariff policy, which should become a clear reflection of the chosen model for reforming the industry. At the same time, given the strategic importance of rail transport for Kazakhstan, as well as the fact that the growth of transportation tariffs will lead to the fact that the railways themselves will become a source of inflation, it seems appropriate to maintain the regulation of tariffs for freight transportation and locomotive traction services.

2. To reduce possible problems and risks with ensuring traffic safety, it is probably necessary to develop and adopt a policy document in the field of developing a security system in railway transport and a mechanism for the interaction of all related parties.

3. In order to successfully develop the railway engineering market in Kazakhstan, the state should play a more active role as a stra-

Table 2 – Correlation analysis of communication by values (average value of indicators for 2000-2022)

Countries	Passenger turnover million	Cargo turnover tons	Number of locomotives	Number of workers	Length of roads, km	GDP mln. dollar
	X1	X2	X3	X4	X5	X6
Great Britain	55206	19477	6365	199402	16400	2,7
Switzerland	17028	79020	1244	38773	3560	0,68
Luxenburg	346	392	96	3906	275	0,04
Greece	1410	521	379	13012	2410	0,2
Iceland	6060	750	210	16445	7881	0,25
Portugal	3552	2150	572	22598	2599	0,2
Germany	77934	89413	8167	318339	33947	3,6
Denmark	6753	2087	757	21436	2500	0,32
Italy	41453	25360	4798	215280	16850	1,9
Holland	16352	3819	1171	26941	3016	2,1
Norway	2729	2092	457	16462	4157	0,43
Austria	10315	18958	1475	72123	4887	0,39
Spain	22722	11441	1906	65117	14960	1,2
Sweden	6216	16590	1377	35407	9856	0,54
Belgium	10161	6410	1686	55406	3571	0,47
France	82762	32099	6651	243703	31438	2,6
Finland	3850	9472	751	25533	5897	0,24
Kazakhstan	15920	200871	650	160000	16104	0,15
Meaning	0,40011	0,77122	0,926057	0,824709	0,821891	

Note – compiled by the author

tegic consultant, which will take on long-term planning, forecasting, analysis and preparation of recommendations for market participants. In this regard, we believe that Kazakhstan needs a separate program for the development of railway engineering for the production of wagons and in order to solve the issue of worn-out wagons.

4. It is necessary to maintain the traditional railway junctions in the necessary condition. In order to ensure the intensive movement of trains, taking into account the modern quality conditions, some investments, complex technical equipment, high labor costs and high experience of the executors are required.

5. It is necessary to closely connect the strategic development of the country's economy with the development of railway transport. Within the framework of the state transport policy, consider as priority areas the development of transit traffic, strengthening the national export-import potential of the country, further development of intra-republican logistics. At the level of long-term state planning, it is proposed to consider the provision of high-quality and reliable transport and logistics services for cargo owners as the main goal of the transport and logistics complex of the Republic of Kazakhstan.

6. Increasing the efficiency of cargo transportation in international relations by introducing the experience of terminal technologies, widely used in world practice. At the same time, ensuring the entry of Kazakhstan into the international logistics system as an equal cargo carrier partner.

For the success of railway reforms, active support from the government and recognition of the reforms by the public is necessary. The railway reform does not necessarily mean the struggle for profitability of a separate enterprise. Railways with a modest level of cargo transportation intensity and a significant volume of passenger traffic require continued state support. Country ownership and operation of national railway networks is a legitimate public policy choice made by many governments around the world.

REFERENCES

1. Балгабеков Т.К. Транспортные коридоры Казахстана: проблемы и перспективы // Труды БГТУ. – 2012. – № 2 (149). – С. 103-106.
2. Железнодорожный транспорт // Официальный сайт Комитета по статистике Министерства национальной экономики Республики Казахстан. http://stat.gov.kz/getImg?id=ESTAT099950/
3. Анализ современного состояния железнодорожной сети Казахстана // Вестник ВГАВТ. Раздел III. Экономика, логистика и управление на транспорте. – № 60. 2019.
4. Қазақстанның көліктік-логистикалық кешенін 2030 жылға дейін дамытудың кешенді жоспарын қалыптастыру бойынша талдау шолу және тұжырымдамалық ұсыныстар. – Нұр-Сұлтан 2020. https://www.kazlogistics.kz/upload/iblock/b80/b805fa8a84a59bfc09eb0923f04bf15c.pdf
5. Оценка железнодорожного сектора для Казахстана. – Март, 2021. https://www.carecprogram.org/uploads/CAREC-RSA-RU-KAZ-FA_1JUL2021.pdf
6. Стороженко С.С. Логистические императивы формирования и развития инфраструктуры железнодорожной транспортной системы. http://naukarus.com/logisticheskie-imperativy-formirovaniya-i-razvitiya-infrastruktury-zheleznodorozhnoy-transportnoy-sistemy
7. Проблемы железнодорожного транспорта РК и перспективы развития на будущее. https://studbooks.net/2445747/tehnika/problemy_zheleznodorozhnogo_transporta_perspektivy_razvitiya_buduschee
8. Corinne Blanquart, Martin Koning. The local economic impacts of high-speed railways: theories and facts. European Transport Research Review volume. https://etrr.springeropen.com/articles/10.1007/s12544-017-0233-0
9. Алчанова Р.Д. Развитие системы инфраструктурного обеспечения предпринимательской деятельности. https://e-catalog.nlb.by/Record/BY-NLB-br0000400415
10. Leibenstein H. (1996) Allocative efficiency vs 'X-efficiency'. American Economic Review 56: 392-415. Malmquist S. (1953) Index numbers and indifference surfaces, Trabajos de Estadística 4: 209-242.
11. Овешникова Л.В. Разработка перспектив развития инфраструктуры региональной экономики. https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-perspektiv-razvitiya-infrastruktury-regionalnoy-ekonomiki
12. Кородюк И.С. Региональные транспортно-логистические системы: вопросы теории и практики: Монография / И.С. Кородюк, С.А. Кархова. – Иркутск: Изд-во БГУЭП, 2008. – 335 с.
13. Мордовченко Н.В. Рыночная экономика: инфраструктура функционирования региона Н. Новгород. ВГИПА. – 2005. – 250 с.
14. Оценка эффективности инновационных проектов в железнодорожном транспорте. https://promdevelop.ru/science/effektivnosti-innovatsionnyh-proektov-v-zheleznodorozhnom-transporte/

Теміржол көлігін мемлекеттік реттеудің негізгі мәселелерін зерттеу

[1]*ИЗТЕЛЕУОВА Жұлдыз Бауржанқызы, *докторант, zh.izteleuova@mail.ru,*
[1]ҚҰНАНБАЕВА Дүйсекуль Ашимбековна, *э.ғ.д., профессор, duysekul@mail.ru,*
[1]«Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті» КеАҚ, әл-Фараби даңғылы, 71, Алматы, Қазақстан,

**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Теміржол көлігі әртүрлі жағдайларда тасымалдау жиілігіне және жүктерді тасымалдау құнының төмен болуына байланысты тиімді көлік түрі болып саналады. Дегенмен, көлік түрлері арасындағы бәсекелестік күшейіп келеді. Теміржол көлігі жолаушылар мен жүктерді тасымалдайтын ұйымдарға қажет. Қазіргі уақытта теміржол көлігінде мынадай жағдай қалыптасты: теміржол көлігі ұйымдарының қызмет көрсету сапасы нарық сұранысынан айтарлықтай төмен. Теміржол көлігі тасымалдау саласындағы өзінің жетекші орнын жоғалтуда. Теміржол саласы Қазақстанның өндірістік инфрақұрылымының маңызды буындарының бірі болып табылады. Елдің теңізге тікелей шығуы жоқ. Ол сонымен қатар кеме жүретін өзендердің жоқтығымен сипатталады. Осыған байланысты, сондай-ақ ав-*

томобиль көлігінің төмен дамуына байланысты теміржол көлігіне бүкіл еліміздің экономикалық саласындағы маңызды міндеттерді шешуге тура келеді. Негізгі мақсат – нақты статистикалық деректер негізінде көлік-логистикалық инфрақұрылымның экономикалық өсімге әсерін зерттеу. Нақты көрсеткіштердің мәні ашылып, оларға не кіретіні сипатталады. Сондай-ақ, еліміздегі көлік саласына, оның ішінде теміржол көлігіне бағытталған инвестицияларға, теміржолдарды пайдалану ұзақтығына және жүк тасымалына, Қазақстанның көлік логистикасының жалпы ішкі өнімге ықпалына талдау жүргізілді. Осы мақсатқа жету үшін жұмыста теориялық зерттеу әдістері қолданылды: тұжырымдаманың теориялық заңдылықтарын анықтау және талқылау тақырыптарын анықтау үшін талдау, синтез – болып жатқан өзгерістер мен толықтырулардың негізгі сәттері мен ретін анықтау, жалпылау – қорытындыны тұжырымдау және нәтижелер. Көпфакторлы математикалық модель негізінде әрекет етуші факторларды анықтау мүмкін болды. Мақалада талдаудың статистикалық әдісі ретінде корреляциялық талдау қолданылды.

Кілт сөздер: *темір жол көлігі, жүк айналымы, логистикалық кешені, инфрақұрылым, корреляциялық талдаулар, вагондар, экономикалық өсу, жолаушылар айналымы.*

Изучение основных вопросов государственного регулирования железнодорожного транспорта

[1]*ИЗТЕЛЕУОВА Жулдыз Бауржановна, *докторант, zh.izteleuova@mail.ru,*
[1]КУНАНБАЕВА Дуйсекуль Ашимбековна, *д.э.н., профессор, duysekul@mail.ru,*
[1]НАО «Казахский национальный университет имени аль-Фараби», пр. аль-Фараби, 71, Алматы, Казахстан,

**автор-корреспондент.*

Аннотация. *Железнодорожный транспорт считается выгодным видом транспорта благодаря частоте перевозки грузов в различных условиях и дешевизне их перевозки грузов. Однако конкуренция между видами транспорта растет. Железнодорожный транспорт необходим организациям, перевозящим пассажиров и грузы. В настоящее время на железнодорожном транспорте сложилась следующая ситуация: качество услуг организаций железнодорожного транспорта значительно ниже рыночного спроса. Железнодорожный транспорт теряет лидирующие позиции в сфере перевозок. Железнодорожная отрасль является одним из важнейших звеньев производственной инфраструктуры Казахстана. Страна не имеет прямого выхода к морю. Также для него характерно отсутствие судоходных рек. В связи с этим, а также из-за слабого развития автомобильного транспорта железнодорожному транспорту приходится решать важные задачи в экономической сфере всей страны. Основная цель – изучение влияния транспортно-логистической инфраструктуры на экономический рост на основе реальных статистических данных. Раскрыто значение конкретных показателей и описано, что в них входит. Также был проведен анализ в сфере транспорта в стране, включая инвестиции, направленные на железнодорожный транспорт, продолжительность использования железных дорог и грузовых перевозок, а также влияние казахстанской транспортной логистики на валовой внутренний продукт. Для достижения поставленной цели в работе использовались методы теоретического исследования: анализ для выявления теоретических закономерностей концепции и определения тем обсуждения, синтез – для определения основных моментов и последовательности проводимых изменений и дополнений, обобщение – для формулирования выводов и результатов. На основе многофакторной математической модели удалось определить действующие факторы. В качестве статистического метода анализа в статье использован корреляционный анализ.*

Ключевые слова: *железнодорожный транспорт, грузооборот, логистический комплекс, инфраструктура, корреляционный анализ, вагоны, экономический рост, пассажирооборот.*

REFERENCES

1. Balgabekov T.K. Transportnye koridory Kazahstana: problemy i perspektivy // Trudy BGTU. – 2012. – No. 2 (149). – Pp. 103-106.
2. Zheleznodorozhnyj transport // Oficial'nyj sajt Komiteta po statistike Ministerstva nacional'noj jekonomiki Respubliki Kazahstan. http://stat.gov.kz/getImg?id=ESTAT099950/
3. Analiz sovremennogo sostojanija zheleznodorozhnoj seti Kazahstana // Vestnik VGAVT. Razdel III. Jekonomika, logistika i upravlenie na transporte. – No. 60. 2019.
4. Qazaqstannyñ kölıktık-logistikalyq keşenın 2030 jylğa deiın damytudyñ keşendı josparyn qalyptastyru boiynşa taldau şolu jäne tūjyrymdamalyq ūsynystar. – Nūr-Sūltan 2020. https://www.kazlogistics.kz/upload/iblock/b80/b805fa8a84a59bfc09eb0923f04bf15c.pdf
5. Ocenka zheleznodorozhnogo sektora dlja Kazahstana. – Mart, 2021. https://www.carecprogram.org/uploads/CAREC-RSA-RU-KAZ-FA_1JUL2021.pdf
6. Storozhenko S.S. Logisticheskie imperativy formirovanija i razvitija infrastruktury zheleznodorozhnoj transportnoj sistemy. http://naukarus.com/logisticheskie-imperativy-formirovaniya-i-razvitiya-infrastruktury-zheleznodorozhnoy-transportnoy-sistemy
7. Problemy zheleznodorozhnogo transporta RK i perspektivy razvitija na budushhee. https://studbooks.net/2445747/tehnika/problemy_zheleznodorozhnogo_transporta_perspektivy_razvitiya_buduschee
8. Corinne Blanquart, Martin Koning. The local economic impacts of high-speed railways: theories and facts. European Transport Research Review volume. https://etrr.springeropen.com/articles/10.1007/s12544-017-0233-0
9. Alchanova R.D. Razvitie sistemy infrastrukturnogo obespechenija predprinimatel'skoj dejatel'nosti. https://e-catalog.nlb.by/Record/BY-NLB-br0000400415
10. Leibenstein H. (1996) Allocative efficiency vs ‘X-efficiency’. American Economic Review 56: 392-415. Malmquist S. (1953) Index numbers and indifference surfaces, Trabajos de Estadística 4: 209-242.
11. Oveshnikova L.V. Razrabotka perspektiv razvitija infrastruktury regional'noj jekonomiki. https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-perspektiv-razvitiya-infrastruktury-regionalnoy-ekonomiki
12. Korodjuk I.S. Regional'nye transportno-logisticheskie sistemy: voprosy teorii i praktiki: Monografija / I.S. Korodjuk, S.A. Karhova. – Irkutsk: Publ. BGUJeP, 2008. – 335 p.
13. Mordovchenko N.V. Rynochnaja jekonomika: infrastruktura funkcionirovanija regiona N. Novgorod. VGIPA. – 2005. – 250 p.
14. Ocenka jeffektivnosti innovacionnyh proektov v zheleznodorozhnom transporte. https://promdevelop.ru/science/effektivnosti-innovatsionnyh-proektov-v-zheleznodorozhnom-transporte/

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_337 UDC 330.322

Methods for Business Risk Management

[1]*AUYEZOVA Zaure, Cand. of Geog. Sci., Professor, zaure58@mail.ru,
[2]UTARBAYEVA Gulnara, Cand. of Econ. Sci., Associate Professor, utartigr@mail.ru,
[1]SADYKOVA Rysty, PhD, Senior Lecturer, rystysadykova@mail.ru,
[3]ABENOV Yergali, PhD, Associate Professor, aem11186@mail.ru,
[3]TAZHIBAYEVA Zhumagul, Master's Degree, Senior Lecturer, tajibaevatjo@mail.ru,
[1]Esil University, A. Zhubanov Street, 7, Astana, Kazakhstan,
[2]Turan-Astana University, Dukenuly Street, 29, Astana, Kazakhstan,
[3]NPJSC «L.N. Gumilyov Eurasian National University», Satpayev Street, 2, Astana, Kazakhstan,
*corresponding author.

Abstract. *The article is devoted to the current topic of modernity – risk management from the position of an entrepreneur. An integral component of professional risk management is the definition of the essence of the object of management in the field of economics. The main methods used in practice to assess business risks are considered. Special attention is paid to the analysis of such methods as comparison, observation, quantitative method, generalization method. The authors emphasize the special importance of choosing the appropriate method for each specific situation. It is concluded that the most accurate method is based on the analysis of competitiveness and strategic vision of the company.*

Keywords: *risk, assessment, business risk, entrepreneurial risk, analysis, management, degree of risk impact.*

Introduction

Any entrepreneurial activity, as a result, involves the presence of a certain amount of risk. Moreover, the risk can be caused by the influence of various factors, such as inflation, the course of affairs within the company, the general condition of the company in the external market. As a result of this circumstance, the possible size of losses can range from insignificant to catastrophic. Moreover, minor losses involve an excess of profits, and catastrophic ones involve depriving the entrepreneur of property and even various force majeure circumstances.

The development of global crisis trends had a negative impact on the activities of domestic business structures, which manifested itself in a decrease in their business activity, a drop in ratings, a decrease in the cost of financial instruments, and the unprofitability of many enterprises. This demonstrates the vulnerability of domestic business, its inability to take preventive measures in a timely manner, and the weakness of risk management. The interdependence of the national economy on the activities of enterprises, and vice versa, the action of the state economy on the level of risks leads to the need to develop new ways to minimize them.

A large number of management decisions are made by the management of enterprises in Kazakhstan under conditions of risk due to a number of factors, such as, for example, the lack of complete information about the activities of competitors, the presence of opposing tendencies, the presence of elements of chance and many other phenomena. In this regard, risk management is of particular importance, since the issue of conducting a quantitative and qualitative assessment of the impact of risks on an enterprise and their need to be managed due to the potential for significant losses in the implementation of financial, production, economic, service, innovation, management and other activities is determined directions for further development of enterprises.

There are attempts to give a generalized concept: «Risk is a course of action in an unclear, uncertain environment».

Characteristics of entrepreneurial risk

The reasons for entrepreneurial risk are:

- in a sudden plan, the coming unforeseen transformations in the environment (rising prices, changes in legislation and the economic situation, etc.);
- the emergence of optimal offers for suppliers (the possibility of concluding a more profitable contract, with more attractive terms and conditions of payment), which encourages

them to refuse to implement previous agreements.

Of course, reducing the cost of material resources and finding the most economical ones is the most important part of the company's economy, since the cost of purchasing raw materials and materials can be two-thirds of the cost of goods. Although many foreign experts believe that the price is something that can always be negotiated, and it should not be the main criterion in the selection of suppliers.

Characteristic features of entrepreneurial risk:

1. Economic nature. Establishing the scale of risk (establishing the volume of production and sales, estimating the level of costs). Search, research and evaluate information about counterparties (budget indicators, offers, prepared specifications, unsold orders, reference lists of buyers).

2. Objectivity of manifestation. Entrepreneurial risk is considered an objective manifestation in the action of each economic entity.

The objectives of the business risk management system in the company are: increasing the range of products; reduction of single resource costs and elimination of losses; elimination of obsolete and slow-moving stocks of products; control over certain orders; control of lost sales; growth in the share of purchases made on the principle of a standard order. Existing vendors should be monitored to see if they are performing as expected. New suppliers should be considered in terms of possible cooperation.

3. Action under conditions of choice. This action is taken by the manager in case of a risky situation or a situation of uncertainty, only if there are options for this choice. Activities under the conditions of choice are focused on ensuring that the company is provided with the necessary quality and volume of raw materials, materials, products and services at the right time, in the right place, from reliable suppliers who fulfill their obligations in advance, with efficient service and at an acceptable cost.

4. Alternative choice. Entrepreneurial risk implies the inalienability of choosing an alternative to the decisions of the company's management.

With different types of situations of risk or uncertainty, there are, one way or another, two alternatives to this choice – to take on entrepreneurial risk or to refuse it.

5. Purposeful functioning. Entrepreneurial risk is mainly studied in relation to a certain target setting, to achieve which it is aimed. Supply management is an inseparable element of the business risk management process, ensuring the constant availability of a sufficient number of market signals with the desired characteristics from counterparties about their readiness to establish or continue economic relations for the supply of their industrial and technical products with the procuring organization.

6. Ability to achieve the goal. The presence of the probability of deviation from the target setting is considered the process of each entrepreneurial risk, which reflects its essence.

7. Uncertainty of consequences. Effective business risk management is a real art. A mistake here can be very costly. The main difficulty lies in the absence of a single criterion for assessing entrepreneurial risk. For a successful choice and effective further work, it is necessary to carefully analyze all the activities of the enterprise (in the past, present and future). This complicates the decision-making process, but helps to achieve the goal of finding and maintaining a reliable source of material resources.

8. Expected adverse effects. As stated above, the consequences of entrepreneurial risk can be characterized by both positive and negative results of economic activity. Professional business risk management is not feasible without the formation of such an environment within it, when all personnel have an interest in achieving common goals or objectives, and when everyone can feel their personal participation in the victories or defeats of the team. To date, success or loss in business for the most part depends on the creativity and initiative of the personnel in the enterprise, their desire to take responsibility for the decisions they make. It is necessary to understand that an effective level of management will be obtained only when all personnel work using their own potential at the maximum level.

9. Dynamism of the level of entrepreneurial risk.

The level of entrepreneurial risk inherent in a particular business transaction or a specific type of business activity of an organization is not considered unchanged.

In modern times, an important basis for the long-term competitive advantages of each organization is formed by the business risk management system, the systematics of value orientations, the knowledge, skills and abilities of the company's employees and the desire to achieve established goals, as well as labor morality.

10. Subjectivity of the assessment. Despite the objective nature of entrepreneurial risk as an economic establishment, the assessment of the volume of this risk is subjective. This concept, that is, the uneven assessment of this objective phenomenon by various subjects of the implementation of this assessment, is formed by a different level of data volume and

reliability, the prevailing level of managers, their experience in risk management and other factors.

Carrying out risk assessment is an important stage of risk management technology. In the business activities of modern Kazakhstani enterprises, all the negative consequences of inefficient management decisions are reduced to three main threats:

- sudden decrease in the amount of profit;
- forced finding of funds to cover the costs of reducing the share of losses;
- occurrence of an additional amount of expenses associated with compensation for losses and the consequences of the damage that has occurred.

Forms of business losses are taken into account in three variations of the expression: absolute, relative and intermediate. The methodology for assessing potential losses identifies, depending on the resources under consideration, the following varieties: material, labor, cost, temporary, special, intelligent, information.

The presented classification contains almost all possible types of risks of occurrence of adverse events that can occur at each enterprise. Each level of risk corresponds to a probabilistic characteristic of the degree of risk and the fact that the loss will be higher than the level acceptable by the enterprise.

Main methods of business risk management

In our opinion, Kazakhstani enterprises need to apply a systematic approach to managing business risks, develop anti-crisis programs, have a specialist anti-crisis manager on staff who will directly work on forecasting and calculating probabilistic risks and, together with the management and the whole team, will develop anti-crisis measures, evaluate the impact of risks and develop non-programmed solutions to prevent a crisis in the company.

Risk assessment methods

Risk assessment methods are based on the analysis of the financial statements of the enterprise, and primarily its balance sheet, profit and loss statement. In addition, a number of authors consider it expedient to use the statistical data of management accounting, which are necessary for the development of an effective management decision. The analysis of external factors influencing the activity of the enterprise is also used.

Three groups of methods are used to assess business risk (Figure 1).

Let's consider these methods in more detail. Statistical methods consist in the analysis of statistical losses that are identified in similar types of business activities in past periods. Then, they set the frequency of certain levels

Table 1 – Main methods of business risk management

No. p/p	Name of the method	Specificity of the method
1	Risk avoidance	The specificity of this method lies in the need to calculate all management decisions that provide a guarantee of avoiding risks.
2	Localization of risks	The specificity of this method lies in the definition of «dangerous, problematic» areas in the business activities of the organization.
3	Dispensation of risks	The peculiarity of this method lies in the effective and competent distribution of responsibility between the participants in the activities of the enterprise.

Note: compiled by the author based on the source [1]

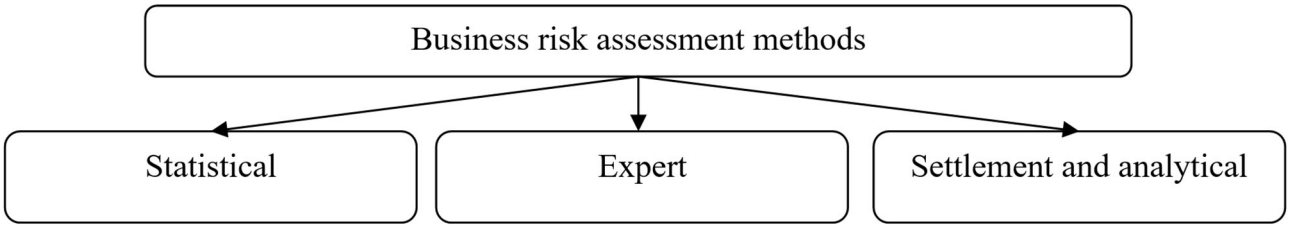


Figure 1 – Classification of business risk assessment methods [2]

of losses and predict the potential for losses from this frequency.

Expert methods for assessing entrepreneurial risk can be implemented by examining the views of experienced entrepreneurs or specialists in a given branch of entrepreneurial activity. However, this method is difficult to collect material and process, as well as further interpretation of the data obtained, because. it is practically impossible to obtain the entire range of desired expert assessments by means of a survey. Calculation and analytical methods based on the construction of a loss probability curve and assessment of entrepreneurial risk indicators on this basis are based on elements of game theory. Also, for the purpose of risk assessment, applied mathematical methods can be widely used. In Table 2, we present the formulas for calculating entrepreneurial risk using various methods.

Business risk management system

Business risk assessment is a set of analytical measures that make it possible to predict the receipt of additional income or the established amount of damage from an emerging risk situation and the ineffective adoption of measures to eliminate business risks. The application of a systematic approach to business risk management consists in directing a person,

Table 2 – Methodology for calculating the level of entrepreneurial risk

Method	Interpretation	Formula
Statistical risk measurement method	In order to calculate the potential for losses, analyze all the statistical data of the enterprise that relate to the effectiveness of the implementation of the enterprise's current activities	Level of financial risk: LFR = VR x RP, (1) where LFR is the level of the corresponding financial risk; VR – the probability of occurrence of this financial risk; RP – the amount of possible financial losses in the realization of this risk
Cost-benefit analysis method	Focused on the process of identifying potential risk areas, starting from the sources of inventory and cost coverage available at the enterprise	F + Z + Ra = Uc + Rn + Rp F – fixed assets and investments; Z – reserves and costs; Ra – cash, short-term financial investments, receivables and other assets; Uc – sources of own funds; KT – medium-, long-term loans and borrowings; Kt – short-term (up to 1 year) loans not repaid on time; Rp – accounts payable and borrowed funds
Analytical method	Assumes that the risk can be reduced with a clearer understanding of the operation of the mechanism for generating profit from the main activity of the enterprise, taking into account various factors of the internal and external environment	In the financial analysis of the effectiveness of investments, four indicators are mainly used: payback period Pok = Investments / Profit; net present value NPV = NPV – IC Where NPV – the amount of net present income on a real investment project; NPV – the amount of net cash flow; IC – the amount of investment in the implementation of a real project (if the investments are different in time, reduced to the present value). internal rate of return $NPV_P = \sum \frac{Stat}{(1+r0)t}$
Similarities method	Business risk analysis involves a detailed study of data on the results of the influence of adverse factors in other similar areas of activity	
Note: compiled by the author according to the source of the source [6]		

his carrying out on the study of the management system as a whole for the enterprise, as well as on its constituent components (goals, functions, organizational structure, personnel, technical controls, information), on the detection of various types of relationships among the identified components among themselves, as well as interaction with the external environment, combining the data obtained into a single holistic picture (Figure 2).

The business risk management system is aimed at achieving the required balance between making a profit and cutting costs from the main business activities, and as such is intended to be an integral part of the organization's management system, organizing itself into a general policy, its business plans and activities. Only taking into account the fulfillment of the specified condition, the use of the risk management system in the activities of the enterprise is effective.

The effectiveness of the risk management system is obtained through the implementation of a number of principles, namely:

• using the maximum possible coverage of the totality of risks, justified by the goals of the activity and the resources of the enterprise allocated for its functioning;

• striving to minimize, avoid or accept risk as justified for each specific case;

• identification of an adequate response to the grounds and potential consequences of risks planned earlier;

• application of advanced and best practices in work with risk reduction;

• carrying out continuous monitoring and control over processes focused on the treatment of risks and their further support, based on numerical indicators, the use of which will enable risk specialists to quickly respond to emerging problem situations;

• introduction of involvement in the risk management process of the enterprise personnel responsible for certain functional areas located at various structural levels, and which allow capturing the enterprise's communications at various levels as a whole, in order to control possible risk centers;

• application of automation of control procedures in order to reduce the impact of the «human factor» and labor costs on the implementation of activity procedures for risk analysis and management;

• provision of adequate reporting, which makes it possible to jointly evaluate the risk management process and the results achieved;

• improving the developed procedures by conducting a continuous analysis of the work performed and validating the results of management and risk analysis of the results of the activity of the enterprise in question.

Conclusion

Based on the results of theoretical consideration, a number of conclusions were obtained:

1) Risk in the activity of an enterprise expresses itself as a direction associated with overcoming uncertainty in situations of inevitable choice, during which there is a potential for quantitative and qualitative assessment of the probability of achieving the intended result, failure, and deviation from the goal. The study and scientific systematization of approaches to the definition of the essence and functions of risk allowed us to highlight its qualitative characteristics, to develop the author's definition of risk as an economic category.

The purpose of business risk management is to achieve the enterprise's targets by reducing losses at different stages of production activity. This becomes possible due to the coordination of all private goals and interests of various departments, structural units and individuals. The presence of a well-coordinated

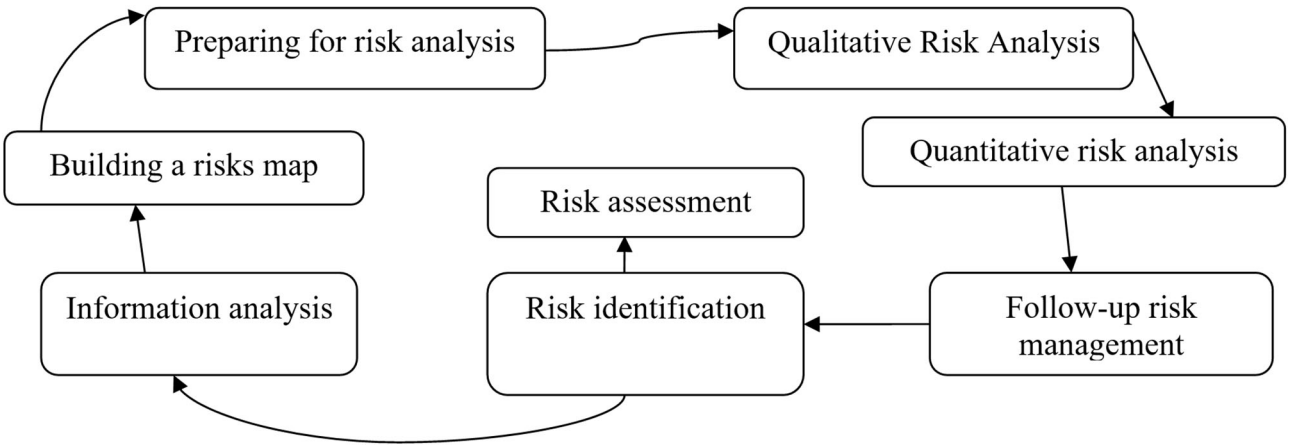


Figure 2 – A systematic approach to business risk management [6]

risk management system makes it possible to find compromise solutions in case of antagonism of the goals of various subsystems and the system as a whole.

2) The article suggests modern methods of business risk management that will allow Kazakhstani entrepreneurs to solve a number of management tasks, minimize the company's losses, and their effective application will allow them to choose an effective strategy for further development of the company, timely implement anti-crisis measures when business risks occur.

Thus, the authors have proposed an effective methodology for calculating the level of entrepreneurial risk, which will allow companies to calculate the degree of risk impact and prevent losses of the company, as well as to predict the ways of making managerial decisions. It is advisable for companies to apply business risk management methods in a comprehensive manner, as there will be coverage of all interacting links, which will allow them not to miss the influence of internal and external factors and will contribute to making the most optimal solution to get out of the current situation.

REFERENCES

1. Ермекбаева Б.Ж., Купешова Б.К. Методы оценки и управления предпринимательскими рисками: Учебное пособие. – Алматы: Санат, 2013.
2. Абилова А.Н. Теоретические основы предпринимательского риска // Финансы Казахстана. – 2016. № 5.
3. Яшин Н.М. Основы страхования предпринимательского риска // Финансы. – 2016. – № 5.
4. Ходжаниязова Ж.Т. Основы экономики: Учебное пособие. – Астана, 2014.
5. Фрид Р., Клейн М. Роль малого и среднего бизнеса в развитии национальной экономики. – М.: Мир, 2017.
6. Рыбакова А.А. Управление кадровым потенциалом организации. [Электронный ресурс]. http://ekonomika.snauka.ru/2016/06/11653 № 6 (57). 2016.

Бизнес тәуекелдерін басқару әдістері

[1]*АУЕЗОВА Зауре Танатаровна, *г.ғ.к., профессор, zaure58@mail.ru,*
[2]УТАРБАЕВА Гульнара Кыдыргалиевна, *э.ғ.к., доцент, utartigr@mail.ru,*
[1]САДЫКОВА Рысты Каруевна, *PhD, аға оқытушы, rystysadykova@mail.ru,*
[3]ӘБЕНОВ Ерғали Мұхтарұлы, *PhD, доцент, aem11186@mail.ru,*
[3]ТӘЖІБАЕВА Жұмагүл Орашқызы, *магистр, аға оқытушы, tajibaevatjo@mail.ru,*
[1]Esil University, А. Жұбанов көшесі, 7, Астана, Қазақстан,
[2]Тұран-Астана университеті, Дүкенұлы көшесі, 29, Астана, Қазақстан,
[3]«Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті» КеАҚ, Сәтпаев көшесі, 2, Астана, Қазақстан,
**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Мақала қазіргі заманның өзекті тақырыбына – кәсіпкер позициясынан тәуекелдерді басқаруға арналған. Кәсіби тәуекелдерді басқарудың құрамдас бөлігі экономика саласындағы басқару объектісінің мәнін анықтау болып табылады. Іскерлік тәуекелдерді бағалаудың тәжірибеде қолданылатын негізгі әдістері қарастырылады. Салыстыру, бақылау, сандық әдіс, жалпылау әдісі сияқты әдістерді талдауға ерекше назар аударылады. Авторлар әр нақты жағдайға сәйкес әдісті таңдаудың ерекше маңыздылығын атап көрсетеді. Компанияның бәсекеге қабілеттілігі мен стратегиялық көзқарасын талдауға негізделген әдіс ең дәл болып табылады деген қорытынды жасалады.*

Кілт сөздер: *тәуекел, бағалау, іскерлік тәуекел, кәсіпкерлік тәуекел, талдау, басқару, тәуекелдің әсер ету дәрежесі.*

Методы управления бизнес-рисками

[1]*АУЕЗОВА Зауре Танатаровна, *к.г.н., профессор, zaure58@mail.ru,*
[2]УТАРБАЕВА Гульнара Кыдыргалиевна, *к.э.н., доцент, utartigr@mail.ru,*
[1]САДЫКОВА Рысты Каруевна, *PhD, старший преподаватель, rystysadykova@mail.ru,*
[3]АБЕНОВ Ергали Мұхтарулы, *PhD, доцент, aem11186@mail.ru,*
[3]ТАЖИБАЕВА Жумагуль Орашовна, *магистр, старший преподаватель, tajibaevatjo@mail.ru,*
[1]Esil University, ул. А. Жубанова, 7, Астана, Казахстан,
[2]Университет Туран-Астана, ул. Дукенулы, 29, Астана, Казахстан,
[3]НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева», ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан,
**автор-корреспондент.*

Аннотация. *Статья посвящена актуальной теме современности – управлению рисками с позиции предпринимателя. Неотъемлемой составляющей профессионального управления рисками является определение сущности объекта управления в сфере экономики. Рассмотрены основные методы, используемые в практике для оценки бизнес-рисков. Особое внимание уделяется анализу таких методов, как сравнение, наблюдение, количественный метод, метод обобщения. Авторами подчеркивается особая важность выбора соответствующего метода для каждой конкретной ситуации. Делается вывод, что наиболее точным является метод, основанный на анализе конкурентоспособности и стратегического видения компании.*

Ключевые слова: *риск, оценка, бизнес-риск, предпринимательский риск, анализ, управление, степень влияния рисков.*

REFERENCES

1. Ermekbaeva B.ZH., Kupeshova B.K. Metody ocenki i upravleniya predprinimatel'skimi riskami: Uchebnoe posobie. – Almaty: Sanat, 2013.
2. Abilova A.N. Teoreticheskie osnovy predprinimatel'skogo riska // Finansy Kazahstana. – 2016. No. 5.
3. YAshin N.M. Osnovy strahovaniya predprinimatel'skogo riska // Finansy. – 2016. – No. 5.
4. Hodzhaniyazova ZH. T. Osnovy ekonomiki: Uchebnoe posobie. Astana, 2014.
5. Frid R., Klejn M. Rol' malogo i srednego biznesa v razvitii nacional'noj ekonomiki. – Moscow: Mir, 2017.
6. Rybakova A.A. Upravlenie kadrovym potencialom organizacii. [Elektronnyj resurs]. http://ekonomika.snauka.ru/2016/06/11653 No. 6 (57). 2016.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_344 УДК 331

Приоритетность интеллектуальной готовности человеческого капитала в условиях цифровизации экономики

ТЛЕУБЕРДИНОВА Айжан Тохтаровна, *д.э.н., доцент, tat404@mail.ru,*
Институт экономики, ул. Курмангазы, 29, Алматы, Казахстан,

Аннотация. *Расширение процесса информационной трансформации предъявляет высокие требования к готовности человеческих ресурсов страны к выполнению совершенно новых функций, связанных с автоматизацией производства, использованием программного обеспечения, искусственного интеллекта и других элементов Индустрии 4.0, применяемых в отраслях современной экономики. В исследовании рассмотрено значение цифровизации экономики, обоснована важность совершенствования возможностей человеческого капитала. В статье проведен сравнительный анализ индикаторов мировых рейтингов инновационно-технологического развития стран, позволяющих определить уровень готовности кадрового потенциала к информационной трансформации. На основе сопоставления результатов оценки кадровой составляющей рейтингов цифровизации экономики определены позиции Казахстана, выявлены проблемные индикаторы, характеризующиеся отрицательными темпами роста. По результатам проведенного анализа предложены меры по усилению кадрового потенциала страны в условиях цифровой трансформации.*

Ключевые слова: *цифровизация экономики, цифровая трансформация, высокоинтеллектуальный кадровый потенциал, рейтинг, страны, Казахстан.*

Методы исследования. Методологическую базу исследования составили структурно-функциональный подход и методы контент-анализа, системного сравнения и обобщения, множественной регрессии. Были использованы научные труды ученых, связанные с темой исследования, действующая Концепция цифровой трансформации Республики Казахстан, с развитием отрасли информационно-коммуникационных технологий и кибербезопасности на 2023-2029 годы, информационные и аналитические материалы Всемирной организации интеллектуальной собственности (The World Intellectual Property Organization), конференции ООН по торговле и развитию (United Nations Conference on Trade and Development), Института Портуланс (Portulans Institute) и Всемирного альянса информационных технологий и услуг (World Information Technology and Services Alliance).

Цель исследования. Целью исследования является изучение индикаторов мировых рейтингов инновационно-технологического развития стран, позволяющих оценить уровень готовности кадров к использованию digital-технологий в условиях цифровой экономики, сравнительный анализ результатов мировых рейтингов и определение в них места Казахстана, выявление слабых сторон готовности казахстанских человеческих ресурсов к условиям цифровой экономики.

Введение. Отличительной особенностью современной эпохи является тотальное использование цифровых технологий, призванных внести значительные преимущества в экономическую, политическую и социальную жизнь общества, начиная от удобств каждого индивида до совершенствования процессов производства различных сфер экономики. Технологии значительно ускоряют и облегчают рабочие и бизнес-процессы, способствуют повышению конкурентоспособности хозяйствующих субъектов на рынке и повышению качества товаров и предоставляемых услуг, позволяют оптимизировать сразу несколько параметров бизнеса, таких как производительность, эффективность или конкурентоспособность.

К современным передовым технологиям Четвертой промышленной революции, открывающим широкие экономические и социальные возможности, можно отнести: искусственный интеллект (ИИ), Интернет вещей, большие данные, блокчейн, 5G, 3D-печать, робототехника, дроны, редактирование ге-

нов, нанотехнологии, фотоэлектрические солнечные батареи, концентрированную солнечную энергию, биотопливо, биомассу и биогаз, энергию ветра, водородные и электромобили. Например, по мнению зарубежных ученых, внедрение искусственного интеллекта привело к увеличению прибыли в бизнесе, снижению затрат [1], а по прогнозам, в течение следующего десятилетия обеспечит дополнительно около 13 триллионов долларов к мировой экономике, что повысит к 2030 году глобальный валовой внутренний продукт (ВВП) примерно на 1,2% в год [2]. Кроме того, предоставляя возможность агрегированию всех социально-экономических процессов на базе единой цифровой экосистемы и целенаправленному управлению, цифровизация становится ключевым фактором экономического роста не только для бизнеса, но и для всей страны [3]. Например, успешность внедрения ИИ может гарантировать дополнительно 25% экономической выгоды, в то время как отставание отдельных стран в цифровизации будет способствовать увеличению технологического разрыва [1]. Существует мнение и о важности цифровой трансформации для расширения возможностей привнесения радикальных изменений в социальные структуры, а также организационные модели [4].

Цифровая трансформация требует трансформации возможностей человеческого капитала, что необходимо для достижения радикального улучшения жизни общества в результате цифровизации. Например, Пешкова Г.Ю. в качестве основных движущих сил инновационного развития экономики в целом отмечает две следующие основные тенденции развития экономики: развитие цифровых технологий и рост значимости человеческих ресурсов [3]. Гарантия цифровой экономикой таких преимуществ, как рост производительности труда, повышение конкурентоспособности экономических субъектов обусловливает приоритетность трансформации системы кадровой подготовки.

Достаточно обширный круг исследований посвящен оценке кадрового потенциала на микроуровне, рассматривающих применение различных подходов (затратного, доходного, экспертного, сравнительного) [5]. Ряд авторов делает акцент на оценке эффективности, производительности труда сотрудников [6], на руководящих принципах корпоративного поведения [7]. Часто для анализа степени готовности работы персонала в условиях цифровой экономики во внимание берутся личностные, деловые и профессиональные качества [8], определяется уровень развития компетенций или формирование новых, необходимых для работы в инновационной среде [9], изучается влияние на результативность компании, развитие цифровой стратегии на основе интеграции с HR-стратегией [10]. Развитие технологических компетенций, навыков по использованию информационных и медиатехнологий стало приоритетом правительств развитых стран [11].

Научные результаты. Все большее внимание уделяется реализации глобальной концепции «Индустрии 4.0» в национальных программах стран мира. Поэтому весьма важна оценка технологической готовности кадров в условиях цифровой трансформации, определяемая особенностями социально-экономического, политического развития экосистемы цифровой экономики.

В современных условиях существуют различные методики оценки уровня подготовленности кадров, позволяющие выявить существующие пробелы, оказывающие негативное влияние при переходе на цифровые технологии, предоставляющие возможность лучшего понимания необходимых мер для успешного осуществления трансформации.

На наш взгляд, наиболее точную оценку уровня подготовки кадров к цифровой трансформации характеризуют реализуемые методы расчета Глобального Индекса инноваций (GII), Индекса готовности стран к передовым технологиям (RFT), Мирового рейтинга цифровой конкурентоспособности (WDCR). Особая роль в данных методиках принадлежит таким показателям, как субиндексы инновационного вклада и инновационного результата (GII), развертывания ИКТ, навыки, исследования и разработки (RFT), таланты, обучение и образование, научная концентрация (WDCR) (таблица 1).

Безусловно, разница в количестве стран-участниц рейтингов не может дать точную целостную картину сравнения уровня инновационно-технологического развития. Тем не менее, сравнивая итоги стран по данным методикам за 2023, 2021 гг., можно заметить, что ТОП-20 стран рейтинга на 65% совпал (таблица 2). 13 стран из общего числа стран-участниц попали в лучшую «20-ку»: США, Швеция, Сингапур, Швейцария, Нидерланды, Ю. Корея, Финляндия, Гонконг, Канада, Норвегия, Дания, Великобритания, Израиль. Причем улучшение и сохранение позиций наблюдается в большинстве стран-лидеров.

Казахстан в данных рейтингах занимает средние позиции, хотя ситуация в разных оценках не однозначна. Так, несмотря на снижение общей позиции страны в рейтинге Глобального индекса инноваций за 3-летний

Таблица 1 – Методы с выделением субиндексов, позволяющих оценить готовность кадров к информационной трансформации

№	Наименование метода	Используемая методика	Анализируемые показатели кадровой составляющей	Источник
1	Глобальный Индекс инноваций (Global Innovation Index)	Метод основан на расчете среднего значения общего балла GII на основе двух субиндексов, имеющих равную значимость: субиндекс инновационного вклада и субиндекс инновационного результата. Два субиндекса включают 81 показатель, которые нормализуются в диапазоне [0, 100].	Субиндекс инновационного вклада: - человеческий капитал и исследования (11 индикаторов); - уровень развития бизнеса (15 индикаторов). Субиндекс инновационного результата: - результаты знаний и технологий (14 индикаторов).	Global Innovation Index. https://www.globalinnovationindex.org/
2	Индекс готовности стран к передовым технологиям (Readiness for Frontier Technologies)	Используется метод интегральной оценки по 5-ти блокам.	Блоки: - развертывание ИКТ (2 показателя); - навыки (2 показателя); - исследования и разработки (2 показателя).	Technology and Innovation Report. UNCTAD. https://unctad.org/tir2023
3	Мировой рейтинг цифровой конкуренто-способности (World Digital Competitiveness Ranking)	Методология рейтинга WDC определяет цифровую конкурентоспособность по трем основным факторам, которые в свою очередь разделены на 3 субфактора.	Факторы: - знания (19 показателей); - готовность к будущему (17 показателей).	Digital Competitiveness Ranking. IMD. https://worldcompetitiveness.imd.org
Составлено автором на основе источников: [12, 13, 14]				

период, следует отметить улучшение всех 3-х показателей, характеризующих именно уровень готовности человеческого капитала к цифровой трансформации (таблица 3).

Напротив, наблюдается снижение индикаторов Индекса готовности стран к передовым технологиям. Причем следует отметить противоречивые тенденции в динамике показателя «исследования»: в первом рейтинге зафиксирован рост, во втором – снижение. На наш взгляд, наличие подобных фактов свидетельствует о субъективном характере проводимых оценок, что снижает их прикладную значимость.

В рейтинге цифровой конкурентоспособности (WDCR) влияние анализируемых двух факторов характеризуется противоположным характером. Улучшение субиндекса «Знания» вызвано повышением таких показателей, как «Обучение и образование» с 14 позиции до 1-й, «Научная концентрация» – с 54 до 49. Ухудшение субиндекса «Готовность к будущему» связано с падением показателя «Интеграция IT».

Таким образом, результаты анализа свидетельствуют о наличии определенных проблем в подготовке кадров к всеобщей цифровой трансформации казахстанской экономики, требующих своего решения. И, прежде всего, данные проблемы связаны именно с развитием цифровых навыков, расширением применения цифровых технологий.

С целью выявления взаимозависимости показателей рейтингов и уровней результирующих показателей социально-экономических показателей развития стран (валового национального дохода на душу населения (ВНДдн), индекса человеческого развития (ИЧР)) были отобраны ТОП-30 стран рейтинга готовности стран к передовым технологиям (RI) для проведения регрессионного анализа. Однако, отсутствие данных по Мальте в рейтинге цифровой конкурентоспособности (WDCR) определило выборку анализа на уровне 29. Полученные результаты де-

Таблица 2 – Сравнительный анализ позиций в мировых рейтингах инновационного развития ТОП-20 стран и Казахстана

Страна	Readiness for Frontier Technologies (RI) (среди 166 стран)			Страна	Global Innovation Index (GII) (среди 132 страны)			Страна	World Digital Competitiveness Ranking (WDCR) (среди 64 стран)		
	2023	2021	Изменение		2023	2021	Изменение		2023	2021	Изменение
США	1	1	=	Швейцария	1	1	=	США	1	1	=
Швеция	2	4	↑	Швеция	2	2	=	Нидерланды	2	7	↑
Сингапур	3	5	↑	США	3	3	=	Сингапур	3	5	↑
Швейцария	4	2	↓	Великобритания	4	4	=	Дания	4	4	=
Нидерланды	5	6	↑	Сингапур	5	8	↑	Швейцария	5	6	↑
Ю. Корея	6	7	↑	Финляндия	6	7	↑	Ю. Корея	6	12	↑
Германия	7	9	↑	Нидерланды	7	6	↓	Швеция	7	3	↓
Финляндия	8	17	↑	Германия	8	10	↑	Финляндия	8	11	↑
Гонконг	9	15	↑	Дания	9	9	=	Тайвань	9	8	↓
Бельгия	10	11	↑	Ю. Корея	10	5	↓	Гонконг	10	2	↓
Канада	11	14	↑	Франция	11	11	=	Канада	11	13	↑
Австралия	12	12	=	Китай	12	12	=	ОАЭ	12	10	↓
Норвегия	13	19	↑	Япония	13	13	=	Израиль	13	17	↑
Ирландия	14	8	↓	Израиль	14	15	↑	Норвегия	14	9	↓
Франция	15	13	↓	Канада	15	16	↑	Бельгия	15	26	↑
Дания	16	10	↓	Эстония	16	21	↑	Австралия	16	20	↑
Великобритания	17	3	↓	Гонконг	17	14	↓	Исландия	17	21	↑
Люксембург	18	16	↓	Австрия	18	18	=	Эстония	18	25	↑
Япония	19	18	↓	Норвегия	19	20	↑	Китай	19	15	↓
Израиль	20	20	=	Исландия	20	17	↓	Великобритания	20	14	↓
…				…				…			
Казахстан	68	62	↓	Казахстан	81	79	↓	Казахстан	34	32	↓

Примечание: ■ – страны, попавшие в ТОП 10 по трем рейтингам; ■ – страны, попавшие в ТОП 20 по трем рейтингам; ■ – страны, попавшие в ТОП 20 по двум рейтингам. Составлено на основе источников: [12, 13, 14]

монстрируют достаточно сильную линейную связь показателей анализируемых рейтингов с показателем валового национального дохода на душу населения, а также индексом человеческого развития (таблица 4). Кроме того, следует отметить сильную корреляцию индексов между собой. Знак «-» в выявленных зависимостях вполне закономерен, т.к. он свидетельствует об обратной взаимообусловленности между нумерацией уровней рейтингов и величинами ВНДдн и ИЧР.

Показатели p-уровней значимости коэффициентов (Sig) свидетельствуют о высокой статистической значимости полученных результатов. Достоверность результатов регрессии подтверждается квантильными диаграммами нормального распределения остатков, приближенных к нормальным (рисунок 2).

В марте 2023 года Правительством Республики Казахстан было принято Постановление № 269 «Об утверждении Концепции цифровой трансформации, развития отрасли информационно-коммуникационных технологий и кибербезопасности на 2023-2029 годы» [15]. В задачи принятого программного документа входило последовательное внедрение цифровых технологий в отрасли экономики страны, направленное на повышение конкурентоспособности и устойчивости отечественной экономики. Однако реалии свидетельствуют о недостаточности

Таблица 3 – Сравнительный анализ показателей готовности казахстанских кадров к информационной трансформации

№	Рейтинг	Индикаторы	Показатели рейтинга		
			2023	2021	Изменение
1	Глобальный Индекс инноваций (GII)	- человеческий капитал и исследования (HC&R)	59	66	↑
		- уровень развития бизнеса	75	78	↑
		- результаты знаний и технологий	83	86	↑
2	Индекс готовности стран к передовым технологиям (RI)	- развертывание ИКТ (ICT)	82	62	↓
		- навыки (SR)	36	42	↓
		- исследования и разработки (R&D)	69	56	↓
3	Мировой рейтинг цифровой конкурентоспособности (WDCR)	- знания (Knowledge)	30	36	↑
		- готовность к будущему (Future readiness)	31	28	↓
Составлено на основе источников: [12, 13, 14]					

Таблица 4 – Корреляционные матрицы зависимостей

Зависимые переменные		RI	GII	WDCR
ВНД на душу населения	Pearson Correlation	-0,536	-0,470	0,503
	Sig (1-tailed)	0,001	0,005	0,003
	N	29	29	29
Индекс человеческого развития	Pearson Correlation	-0,632	-0,483	0,592
	Sig (1-tailed)	0,000	0,004	0,000
	N	29	29	29
Составлено с использованием SPSS				

Составлено с использованием SPSS

Рисунок 2 – Нормальный P-P график регрессии

уделенного внимания проработке механизмов реализации поставленных задач. Так, в числе целевых индикаторов Концепции на 2023 год было отмечено улучшение позиции страны в рейтинге Глобального индекса инноваций (GII) на два пункта. Напротив, мы отмечаем фактическое ухудшение показателя на два пункта. Детальный анализ программного документа свидетельствует о недостаточности внимания, уделенного развитию кадрового потенциала отраслей экономики применительно к новым условиям цифровой трансформации, и необходимости внесения дополнений в отдельные его разделы. Так, кадровый вопрос довольно кратко затронут в задаче «Национальная инновационная система» параграфа 3 «Развитие информационно-коммуникационных технологий» при обозначении необходимости развития экосистемы стартапов. Однако вопрос развития навыков владения информационными технологиями кадров (кроме IT-специалистов) не рассмотрен вообще. На наш взгляд, следовало включить в раздел 5 Концепции основные принципы и задачу по повышению интеллектуального уровня готовности кадрового потенциала отраслей экономики в условиях цифровизации

Выводы. Проведенное исследование доказывает значимость влияния цифровизации на развитие человеческого капитала, способствующее росту не только показателей деятельности отдельных предприятий, но и конкурентоспособности экономики страны в целом.

Изучение научных трудов зарубежных ученых свидетельствует о безусловной приоритетности вопроса развития кадров во внедрении и использовании цифровых технологий в различных сферах экономики.

Результаты сравнительного анализа итогов международных рейтингов GII, RFT, WDCR, коррелирующих с показателем ВНД на душу населения и индексом человеческого развития, демонстрируют высокую степень заинтересованности развитых стран в инновационно-технологическом развитии.

В Казахстане достигнуты определенные положительные результаты в инновационно-технологическом развитии, о чем свидетельствуют позиции страны в мировых рейтингах. Тем не менее, необходима разработка дополнительных мер по активизации повышения готовности человеческих ресурсов страны к реализации глобальной концепции Индустрии 4.0, повышению конкурентоспособности отечественных компаний и устойчивому росту экономики страны.

Статья подготовлена в рамках научного проекта AP19680246 «Наращивание высокоинтеллектуального кадрового потенциала в условиях цифровизации экономики Казахстана: проблемы и перспективы», финансируемого Министерством науки и высшего образования Республики Казахстан.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Xin O.K., Wider W., Ling L.K. Human Resource Artificial Intelligence Implementation and Organizational Performance in Malaysia // Asia-Pacific Social Science Review. – 2022. – V. 22, No. 3. – Pp. 17-36.
2. Fountaine T., McCarthy B. & Saleh T. Building the AI-powered organization // Harvard Business Review. 2019. – V. 97, No. 4. – Pp. 62-73.
3. Пешкова Г.Ю., Самарина А.Ю. Цифровая экономика и кадровый потенциал: стратегическая взаимосвязь и перспективы // Образование и наука. 2018. – № 10 (20). – С. 50-75. DOI: 10.17853/1994-5639-2018-10-50-75
4. Qureshi S. Digital transformation for development: a human capital key or system of oppression? Information Technology for Development. – 2023. – V. 29, No. 4. – Pp. 423-434. https://doi.org/10.1080/02681102.2023.2282269
5. Рябчук П.Г., Федорова К.А., Апухтин А.С., Плужникова И.И. Анализ современных методик оценки кадрового потенциала // Управление экономическими системами. – 2017. – № 9. – С. 103. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analizsovremennyh-metodik
6. Gülenç S. & Kozak M.A. Assessment of healthcare hospitality guide using the 5P's Model // International Journal of Health Management and Tourism. – 2016. – V. 3., No. 1. – Pp. 37-45.
7. Shil M., Barman R.C., Zayed N.M., Shahi S.K. & Neloy A.H. Global transition of HR practices in Covid-19 pandemic situation: A systematic review through 5P's Model of HRM // Management and Human Resource Research Journal. – 2020. – V. 6, No. 9. – Pp. 50-57.

8. Максимова Л.В., Гнездилов Е.А., Максимов И.С. Методика оценки кадрового потенциала сотрудников организации. Экономика и управление народным хозяйством // Вестник ТОГУ. – 2017. – № 2 (45). – С. 125-134.
9. Van Laar E., Van Deursen A.J.A.M., Van Dijk J.A., Haan J.D. 21st-century digital skills instrument aimed at working professionals–Conceptual development and empirical validation // Telemat. Inform. – 2018. – V. 35, No. 8. – Pp. 2184-2200. https://doi.org/10.1016/j.tele.2018.08.006.
10. Круглов Д.В., Круглова О.Д. Особенности кадрового обеспечения в условиях цифровизации // Лидерство и менеджмент. – 2019. – Том 6. – № 4. – С. 479-486. https://doi.org/10.18334/lim.6.4.41299
11. Молчанов И.Н. Векторы развития кадрового потенциала в сфере науки// Вестник РЭУ им. Г.В. Плеханова. – 2022. – том 19, № 2 (122), С. 125-135. http://dx.doi.org/10.21686/2413-2829-2022-2-125-135
12. Global Innovation Index. https://www.globalinno vationindex.org/
13. Technology and Innovation Report. UNCTAD. https://unctad.org/tir2023
14. Digital Competitiveness Ranking. IMD. https://worldcompe titivenessimd.org
15. Постановление Правительства Республики Казахстан от 28 марта 2023 г. № 269 «Об утверждении Концепции цифровой трансформации, развития отрасли информационно-коммуникационных технологий и кибербезопасности на 2023-2029 годы». Информационно-правовая система нормативных правовых актов Республики Казахстан. https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2300000269

Экономиканы цифрландыру жағдайында адами капиталдың зияткерлік дайындығының басымдығы

ТЛЕУБЕРДИНОВА Айжан Тохтаровна, *э.ғ.д., доцент, tat404@mail.ru,*
Экономика институты, Құрманғазы көшесі, 29, Алматы, Қазақстан,

Аңдатпа. *Ақпараттық трансформация процесін кеңейту еліміздің адами ресурстарының өндірісті автоматтандыруға, бағдарламалық қамтамасыз етуді, жасанды интеллектті және қазіргі заманғы экономика салаларында қолданылатын Индустрия 4.0 басқа элементтерін пайдалануға байланысты мүлдем жаңа функцияларды орындау дайындығына жоғары талаптар қояды. Зерттеу адами капиталдың мүмкіндіктерін жетілдіруге негізделген экономиканы цифрландырудың маңыздылығын қарастырады. Мақалада ақпараттық трансформацияға кадрлық әлеуеттің дайындық деңгейін анықтауға мүмкіндік беретін елдердің инновациялық-технологиялық дамуының әлемдік рейтингтерінің индикаторларына салыстырмалы талдау жүргізілді. Экономиканы цифрландыру рейтингтерінің кадрлық құрамдас бөлігін бағалау нәтижелерін салыстыру негізінде Қазақстанның ұстанымдары айқындалды, өсудің теріс қарқынымен сипатталатын проблемалық индикаторлар анықталды. Жүргізілген талдау нәтижелері бойынша цифрлық трансформация жағдайында елдің кадрлық әлеуетін күшейту жөніндегі шаралар ұсынылды.*

Кілт сөздер: *экономиканы цифрландыру, цифрлық трансформация, жоғары интеллектуалды кадрлық әлеует, рейтинг, елдер, Қазақстан.*

The Priority of Intellectual Readiness of Human Capital in the Conditions of the Digitalization of the Economy

TLEUBERDINOVA Aizhan, *Dr. of Econ. Sci., Associate Professor, tat404@mail.ru,*
Institute of Economics, Kurmangazy Street, 29, Almaty, Kazakhstan,

Abstract. *The expansion of the information transformation process imposes high demands on the preparedness of a country's human resources to undertake entirely new functions associated with the automation of production, the utilization of software, artificial intelligence, and other elements of Industry 4.0 applied in various sectors of the modern economy. This study examines the significance of economic digitization and justifies the importance of enhancing the capabilities of human capital. The article conducts a comparative analysis of indicators*

from global rankings of innovation and technological development of countries, providing insights into the level of preparedness of the workforce for information transformation. Through the comparison of results in evaluating the workforce components of digitalization rankings, the paper identifies Kazakhstan's positions, highlighting problematic indicators characterized by negative growth rates. Based on the analysis, the study proposes measures to strengthen the country's human capital in the context of digital transformation.

Keywords: *economic digitization, digital transformation, high intellectual human capital, ranking, countries, Kazakhstan.*

REFERENCES

1. Xin O.K., Wider W., Ling L.K. Human Resource Artificial Intelligence Implementation and Organizational Performance in Malaysia// Asia-Pacific Social Science Review. – 2022. – V. 22, No. 3. – Pp. 17-36.
2. Fountaine T., McCarthy B. & Saleh T. Building the AI-powered organization // Harvard Business Review. 2019. – V. 97, No. 4. – Pp. 62-73.
3. Peshkova G.YU., Samarina A.YU. Cifrovaya ekonomika i kadrovyj potencial: strategicheskaya vzaimosvyaz' i perspektivy // Obrazovanie i nauka, 2018. – No. 10 (20). – Pp. 50-75. DOI: 10.17853/1994-5639-2018-10-50-75
4. Qureshi S. Digital transformation for development: a human capital key or system of oppression? Information Technology for Development. – 2023. – V. 29, No. 4. – Pp. 423-434. https://doi.org/10.1080/02681102.2023.2282269
5. Ryabchuk P.G., Fedorova K.A., Apuhtin A.S., Pluzhnikova I.I. Analiz sovremennyh metodik ocenki kadrovogo potenciala // Upravlenie ekonomicheskimi sistemami, 2017. – No. 9 – P. 103. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analizsovremennyh-metodik
6. Gülenç S. & Kozak M.A. Assessment of healthcare hospitality guide using the 5P's Model // International Journal of Health Management and Tourism. – 2016. – V. 3, No. 1. – Pp. 37-45.
7. Shil M., Barman R.C., Zayed N.M., Shahi S.K. & Neloy A.H. Global transition of HR practices in Covid-19 pandemic situation: A systematic review through 5P's Model of HRM // Management and Human Resource Research Journal. – 2020. – V. 6, No. 9. – Pp. 50-57.
8. Maksimova L.V., Gnezdilov E.A., Maksimov I.S. Metodika ocenki kadrovogo potenciala sotrudnikov organizacii. Ekonomika i upravlenie narodnym hozyajstvom // Vestnik TOGU, 2017. – No. 2 (45). – Pp. 125-134.
9. Van Laar E., Van Deursen A.J.A.M., Van Dijk J.A., Haan J.D. 21st-century digital skills instrument aimed at working professionals–Conceptual development and empirical validation // Telemat. Inform. – 2018. – V. 35, No. 8. – Pp. 2184-2200. https://doi.org/10.1016/j.tele.2018.08.006.
10. Kruglov D.V., Kruglova O.D. Osobennosti kadrovogo obespecheniya v usloviyah cifrovizacii // Liderstvo i menedzhment, 2019. – Tom 6. – No. 4. – Pp. 479-486. https://doi.org/10.18334/lim.6.4.41299
11. Molchanov I.N. Vektory razvitiya kadrovogo potenciala v sfere nauki// Vestnik REU im. G.V. Plekhanova. – 2022. – Tom 19, No. 2 (122), Pp. 125-135. http://dx.doi.org/10.21686/2413-2829-2022-2-125-135
12. Global Innovation Index. https://www.globalinno vationindex.org/
13. Technology and Innovation Report. UNCTAD. https://unctad.org/tir2023
14. Digital Competitiveness Ranking. IMD. https://worldcompe titivenessimd.org
15. Postanovlenie Pravitel'stva Respubliki Kazahstan ot 28 marta 2023 g. No. 269 «Ob utverzhdenii Koncepcii cifrovoj transformacii, razvitiya otrasli informacionno-kommunikacionnyh tekhnologij i kiberbezopasnosti na 2023-2029 gody». Informacionno-pravovaya sistema normativnyh pravovyh aktov Respubliki Kazahstan. https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2300000269

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_352 ӘОЖ 336

Қазіргі жағдайдағы Қазақстанның бюджетаралық қатынастар жүйесін дамыту бағыттары

[1]**ЖУРТЫБАЕВА Индира Сапарқызы,** *докторант, indira.zhurtybaeva@mail.ru,*
[2]**ИБРАЕВА Алия Кабышевна,** *э.ғ.к., аға оқытушы, zeretai@mail.ru,*
[3]**БАЯДИЛОВА Бақыт Мелисовна,** *PhD, оқу-әдістемелік бөлімінің жетекшісі, melisovna@mail.ru,*
[4]***КОЙЧУБАЕВ Александр Сергеевич,** *PhD, жоба-менеджер, koychubayev_as@mail.ru,*
[1]«Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті» КеАҚ, Сәтпаев көшесі, 2, Астана, Қазақстан,
[2]«Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КеАҚ, Глинка көшесі, 20а, Семей, Қазақстан,
[3]Қ. Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Қ. Мұхамедханов көшесі, 37а, Астана, Қазақстан,
[4]Alikhan Bokeikhan University, Мәңгілік Ел көшесі, 11, Семей, Қазақстан,
**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Мақала экономикалық процестерді тұрақтандыру қажеттілігі жағдайында Қазақстандағы бюджетаралық қатынастардың тиімділігін талдауға арналған. Зерттеудің мақсаты – бюджетаралық қатынастардың дамуы мен тұрақтануына әсер ететін негізгі факторларды бағалау, сондай-ақ жергілікті деңгейде бюджет қаражатын қайта бөлу ұсыныстарын әзірлеу. Зерттеу әдістері өңіраралық теңестіру құралдарын талдауды, жергілікті бюджет кірістерін бағалауды және Қазақстандағы бюджетаралық қатынастарды реттеуді жетілдіру жолдарын талдауды қамтиды. Зерттеу нәтижесінде жергілікті бюджеттердің кірістерін ұлғайту, салық базасын нығайту және «фискалдық орталықсыздандыру» жүйесін дамыту сияқты бюджетаралық қатынастар жүйесін жетілдірудің маңызды бағыттары анықталды. Сонымен қатар, жергілікті өзін-өзі басқару реформасы аясында бюджет тәуелсіздігін дамытудың маңыздылығы негізделді. Жалпы, зерттеу тиімділікті арттыру мақсатында Қазақстандағы бюджетаралық қатынастарды оңтайландыруға бағытталған.*

Кілт сөздер: *бюджетаралық қатынастар, бюджеттердің дербестігі, фискалдық орталықсыздандыру, бюджеттік жауапкершілік, жергілікті бюджеттер, бюджет кірістері, салық жүйесі, өзін-өзі басқару бюджеті, бюджет жүйесінің теңгерімсіздігі, салық-бюджет саясаты.*

Кіріспе. Бюджетаралық қатынастардың тиімділігі әлеуметтік-экономикалық процестерді тұрақтандырудың маңызды алғышарты болып табылады. Тиісті бюджет құралдарын пайдаланудың орындылығы туралы шешім қабылдау әкімшілік-аумақтық бірліктердің экономикалық даму деңгейіндегі өзгерістерді бағалау негізінде анықталуы тиіс. Тиісінше, қазіргі жағдайда орталықсыздандыру процестерін күшейткен жөн. Бюджетаралық қатынастар жүйесін дамытудың сапасын арттыру міндеттері өзекті болды. Мемлекеттік және жергілікті қаржы жүйесін дамытудың қазіргі жағдайындағы маңызды міндеттер: жергілікті өзін-өзі басқару органдарының қаржылық базасын нығайту; мемлекеттік билік органдары мен жергілікті өзін-өзі басқару органдары арасындағы шығыстардың өкілеттіктерін шектеу; әкімшілік-аумақтық бірліктердің әлеуметтік-экономикалық дамуындағы диспропорцияларды теңестіру; жергілікті бюджеттерді толықтырудың баламалы көздерін іздеу; фискалдық құралдар мен тұтқаларды оңтайлы таңдау; жергілікті өзін-өзі басқару органдарының кіріс-шығыс өкілеттіктерінің құрылымын оңтайландыру.

Қазақстанда жүргізілген экономикалық реформалар барысында салық және бюджет жүйесін құрудың құқықтық және ұйымдастырушылық негіздерін қалыптастыруға мүмкіндік туды [1]. Сонымен бірге, бюджетаралық қатынастарды реттеу саласында жан-жақты зерттеуді және шешуді қажет ететін бірқатар мәселелер бар.

Зерттеудің әдістері мен мақсаты – бюджетаралық қатынастар жүйесінің даму бағыттарын анықтау, Қазақстандағы бюджетаралық қатынастардың дамуына кедергі келтіретін мәселелерді талдау және оларды шешу жолдарын ұсыну. Зерттеудің міндеттері: әкімшілік-аумақтық бірліктердің әлеуметтік-экономикалық дамуын реттеудегі бюджетаралық қатынастар жүйесінің рөлін анықтау; қазіргі жағдайдағы мемлекетаралық қатынастар жүйесінің ерекшеліктерін негіздеу. Бюджеттердің дербестігі принципінің жеткіліксіз іске асырылуы бюджет жүйесіндегі тік және көлденең теңгерімсіздік проблемаларының тереңдеуіне алып келеді. Көпшілігі облыстық және жергілікті бюджеттер деңгейлеріндегі өткір мәселе салықтарды бюджет жүйесінің деңгейлері арасында бөлудің қолданыстағы тетігінің жетілдірілмегендігімен, оларды қалыптастырудың өзіндік көздерінің жеткіліксіздігімен байланысты оларды қаржылық қамтамасыз ету деңгейінің жеткіліксіздігі болып табылады.

Жергілікті бюджет тапшылығының өсуі. Осы жағдайларда республикадағы бюджетаралық қатынастарды реттеу тәжірибесіне жан-жақты талдау жасау қажет. Қазақстан Республикасының бюджет жүйесіндегі тік және көлденең теңгерімсіздік мәселелерін шешу үшін түбегейлі шаралар қажет. Жергілікті билік органдарының жауапкершілігін бір мезгілде күшейте отырып, жергілікті бюджеттердің қаржылық дербестігін нығайту және болашақта қамтамасыз ету мәселелері ерекше өзекті болып табылады.

Зерттеу барысында келесі ғылыми әдістер қолданылды: теориялық және статистикалық ақпаратты өңдеу кезінде талдау және синтездеу; ұсынылған статистикалық және теориялық ақпараттың репрезентативтілігінің графикалық әдістері, экономикалық-статистикалық, логикалық және салыстырмалы талдау.

Қазақстандық ғалымдар Искакова З.Д., Ынтықбаева С.Ж., Нурумов А.А. өз зерттеулерінде жаңа жаһандық тәуекелдер контекстіндегі салық-бюджет саясатының ерекшеліктерін талдап, Қазақстан Республикасының мемлекеттік бюджетіне жан-жақты баға береді [2]. Сонымен қатар, Қазақстандағы бюджетаралық қатынастарды реттеудегі тиімділік деңгейінің жеткіліксіздігін және орталықсыздандырудың қаржылық аспектілерін талдай отырып, жергілікті бюджеттердің ағымдағы жағдайына сыни баға береді [3]. Біздің зерттеулер көрсеткендей [4], әр түрлі елдерде бюджетаралық теңестіруді реттеу үшін қолданылатын құралдардың алуан түрлілігіне қарамастан, фискалдық саясаттың оңтайлы моделі жоқ. Бұл әртүрлі деңгейдегі бюджет кірістерін қалыптастыру процестеріне әсер ететін факторлардың жоғары динамизмімен, сондай-ақ мемлекеттік функцияларды қаржылық қолдау қажеттілігімен түсіндіріледі.

Аналитикалық зерттеу. Мемлекеттік саясаттың түпкі мақсаты халықтың өмір сүру деңгейін көтеру үшін құқықтық, ұйымдастырушылық, экономикалық және институционалдық жағдайларды қамтамасыз етумен байланысты. Бұл ретте қала мен ауылда тұратын республика халқының өмір сүру деңгейі аймақтар бойынша айтарлықтай ерекшеленеді. Бұл ең алдымен демографиялық және әлеуметтік-экономикалық факторларға, өндіргіш күштердің біркелкі бөлінбеуіне байланысты.

Осының барлығы әртүрлі аймақтардағы жергілікті бюджеттердің кірістерін қалыптастыру процестеріне із қалдырады. Аймақтық теңсіздік проблемалары әлемнің көптеген елдеріне тән [5]. Сонымен қатар, барлық елдерде бір-бірінен айтарлықтай ерекшеленетін өңіраралық теңестіру құралдары бар. Республикадағы бюджетаралық қатынастарды реттеудің ұтымды тетігін іздестіру жергілікті бюджеттердің кірістері мен шығыстарын қалыптастыру тәжірибесін жан-жақты және объективті бағалауды көздейді (1-кесте).

Жергілікті бюджет кірістерінің динамикасын талдау соңғы үш жылда кірістер деңгейі 2020 жылы 27,8%-ға, 2021 жылы 13,2%-ға өсті деген қорытынды жасауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, салық түсімдерінің ұлғаюы да осыған ұқсас көрсеткішпен сипатталуы оңды.

Кірістерді тігінен талдау (2-кесте) жергілікті бюджеттердің кіріс бөлігін қалыптастыруда негізгі рөлді республикалық бюджеттен берілетін трансферттер атқарады деген қорытынды жасауға мүмкіндік береді. Талданып отырған кезеңнің аяғында салық түсімдерінің үлесі 41,9%, салықтық емес түсімдер – 1,4%, негізгі капиталды сатудан түскен түсімдер – 2,3% құрады.

Жергілікті бюджеттің кірістерінде салық түсімдерінің төмен үлесі, ең алдымен, Қазақстан Республикасындағы бюджет жүйесі деңгейлері арасында салықтарды бөлудің қолданыстағы тәртібімен байланысты. Жергілікті бюджеттердің салық түсімдерін қалыптастыруда жеке табыс салығы, әлеуметтік салық негізгі рөл атқарады. Талданатын кезеңнің аяғында олардың үлесі тиісінше 30,9% және 22,9% құрады. Талданатын кезеңнің басымен салыстырғанда осы салықтар үлесінің төмендеуі ШОБ субъектілерінен корпоративтік табыс салығының сомасын аударумен байланысты. Дамыған елдерде жергілікті бюджеттерде мүлік салығы маңызды рөл атқарады. Бұл оларды есептеу және жинау механизміндегі айырмашылық-

1-кесте – Қазақстан Республикасының 2019-2021 жылдарға арналған жергілікті бюджеттері кірістерінің динамикасы, (млн теңгемен)

Көрметкіштер	2019	2020	2020 % бен 2019 жылға	2021	2021 % бен 2020 жылға
1. Салықтар	2 380 961	2 985 340	125,4	3 666 375	122,8%
2. Салықтық емес түсімдер	76 172	80 271	105,4	119 185	148,5%
3. Негізгі капиталды сатудан түскен түсімдер	108 036	124 930	115,6	202 146	161,8%
4. Трансферттердің түсуі	3 474 782	4 530 714	130,4	4 754 941	104,9%
Табыс	6 039 951	7 721 256	127,8	8 742 647	113,2%

2-кесте – Қазақстан Республикасының 2019-2021 жылдарға арналған жергілікті бюджеттері кірістерінің құрылымы, (жалпы саннан %)

Көрсеткіштер атауы	2019	2020	2021
1. Салықтар	39,4	38,7	41,9
2. Салықтық емес түсімдер	1,3	1,0	1,4
3. Негізгі капиталды сатудан түскен түсімдер	1,8	1,6	2,3
4. Трансферттердің түсуі	57,5	58,7	54,4
Табыс	100	100	100

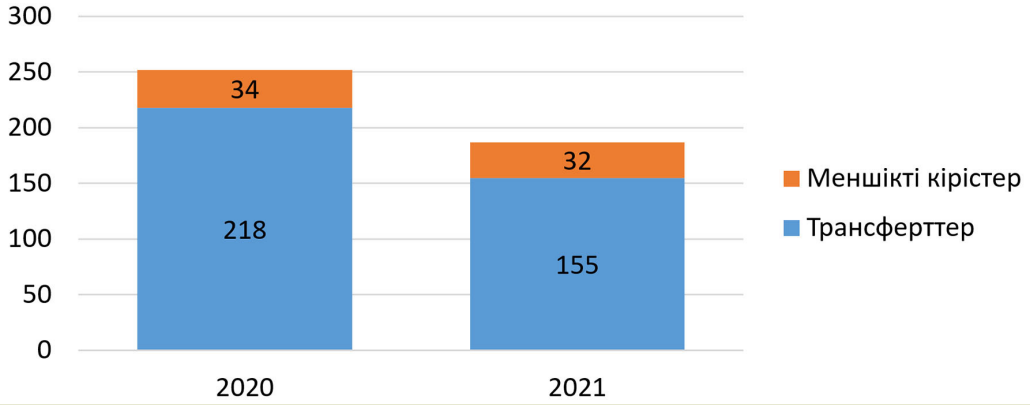
тарға байланысты. Біздің ойымызша, осы аспектіде Қазақстан Республикасындағы мүлік салығына салық салудың қолданыстағы тәжірибесін өзгертумен жергілікті бюджеттердің кіріс базасын өсіру үшін айтарлықтай резервтер бар. Жергілікті өзін-өзі басқаруды реформалау шеңберінде 2020 жылдан бастап аудандық маңызы бар қалалар, ауылдар, кенттер, ауылдық округтер деңгейінде дербес бюджет енгізілді.

2020 жылдың көрсеткіштері бойынша жергілікті өзін-өзі басқару бюджетінің кірісі 252 млрд теңгені құраса, оның 34 млрд теңгеге жуығы немесе 13,4%-ы меншікті кірістер, 218 млрд теңгесі жоғары тұрған бюджеттен түскен трансферттер болды. 2021 жылға түсімдер 187 млрд теңгені құрады, оның ішінде меншікті кіріс 32 млрд теңгені (17,1%), ал трансферттер 155 млрд теңгені құрады (1-сурет).

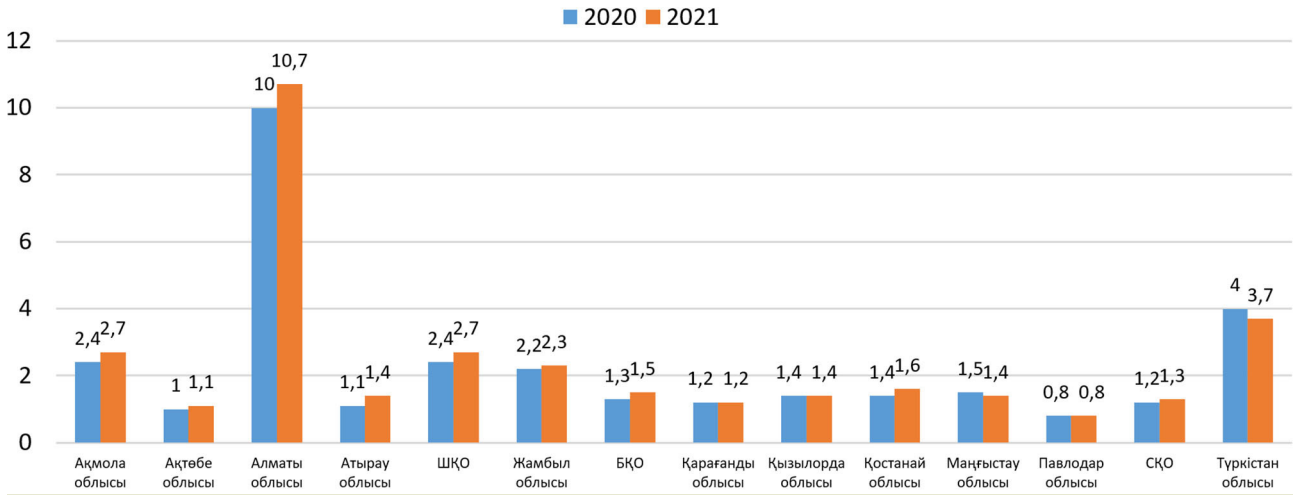
Трансферттердің төмендеуіне республикалық бюджеттен бөлінген мақсатты трансферттер мен субвенциялар есебінен бірқатар өңірлердегі инфрақұрылымдық жобалардың аяқталуы себеп болып отыр.

Өңірлер контекстінде меншікті кірістер 2-суретте көрсетілген. 2021 жылы 2020 жылмен салыстырғанда жергілікті өзін-өзі басқарудың меншікті кірістерінің көлемі он облыста төмендеді, төрт облыста өсім байқалады: Түркістан облысында (+373 млн теңге), Маңғыстау облысында (+61 млн теңге), Қызылорда облысында (+26 млн теңге), Қарағанды облысында (+15 млн теңге).

Жергілікті өзін-өзі басқару органдарының жеке кірістерінің төмендеуінің негізгі себебі арнайы салық режимдерін қолданатын микро және шағын кәсіпкерлік субъектілерін 2020 жылғы 1 қаңтардан бастап 2022 жылғы 31 желтоқсанға дейінгі кезеңде алынған кірістерден салықтан босату болып табылады. IV деңгейлі бюджеттің кірістері салық түсімдері, әртүрлі алымдар, өсімпұлдар, коммуналдық меншіктен түсетін кірістер және жоғары тұрған бюджеттен түсетін трансферттер есебінен қалыптасады. Жергілікті өзін-өзі басқару бюджетінің салық түсімдерінің құрылымын қарастыратын болсақ, онда жалпы түсімдердің 73 пайызын көлік құралдарына салынатын салық түсімдері құрайды. Маман жеке тұлғалардың көлік салығы бұрын жыл соңына дейін төленіп келгенін, яғни барлық түсімдердің желтоқсан айында жергілікті бюджетке есептелгенін, бұл оларды бірден пайдалануға және болжауға мүмкіндік бермегенін айтады. 2020 жылы түзетулер қа-



1-сурет – 2020 және 2021 жылдарға арналған жергілікті өзін-өзі басқару кірістерінің құрылымы, млрд теңге



2-сурет – 2020 және 2021 жылдарға арналған жергілікті өзін-өзі басқару бюджетінің меншікті кірістері аймақтар бойынша, млрд теңге

былданып, жеке тұлғалардың көлік салығын төлеу мерзімі есепті жылдан кейінгі жылдың 1 сәуіріне шегерілді. Яғни, 2021 жылдың түсімдері, шын мәнінде, 2020 жылдың кейінге қалдырылған төлемдері.

Сонымен қатар, көлікте әрқашан тиісті ауылдық «тіркеу» бола бермейді, бұл да ауылдық округтердің бюджеттеріне түсетін түсімдерді азайтады. Бұл әсіресе облыс орталықтары мен ірі қалалардың айналасында орналасқан ауылдарға қатысты. Жеке табыс салығы бойынша түсімдер 9,6 млрд теңгеден 5 млрд теңгеге дейін азайса, олардың үлесі 29%-дан 16%-ға төмендеді. «Сыртқы (көрнекі) жарнаманы орналастырғаны үшін төлем» сияқты кіріс түрінен түскен кіріс 140-тан 246 миллион теңгеге дейін өсті. Бұл кіріс түрін жинау әкімдердің жергілікті қоғамдастықпен және кәсіпкерлермен белсенді жұмыс істеуіне байланысты, бұл қаражат оларды реттеудің түрлі мәселелерін шешуге бағытталған. Жергілікті бюджеттердің дербестігі, ең алдымен, олардың меншікті қаржылық ресурстарының болуымен анықталады. Талдау көрсеткендей, Қазақстан Республикасының жергілікті бюджеттерінің көпшілігі дербес емес, өйткені олардың негізін Орталық Үкімет айқындайтын мақсаттарға бағытталған республикалық бюджеттен берілетін трансферттер құрайды. Сонымен бірге, аймақтық биліктің еркіндігі дәрежесі туралы мәселелер дау туғызуда. Көптеген ғалымдар қазіргі заманғы шындық жағдайында тәуелсіздікті нығайту ерте, бірқатар өңірлер әлі де елеулі мемлекеттік қаржылық қолдауды қажет етеді деп санайды. Айта кету керек, Қазақстан Республикасының Салық кодексіне сәйкес облыстардың жергілікті өкілді органдары елді мекендердегі үй-жайлардан тыс ашық кеңістікте орналастырылған сыртқы (көрнекі) жарнама үшін базалық айлық төлем ставкаларының мөлшерін арттыруға құқылы.

3-кесте – 2020-2021 жылдарға арналған бюджеттің IV деңгейіндегі кірістердің құрылымы

№ р/б	Түсімдер түрлері	2020 ж., млн тг.	2020 ж. түсімдер көлемінің үлесі, %	2020 ж., млн тг.	2021 ж. түсімдер көлемінің үлесі, %
	Барлығы	33500	100	31805	100
1	Салық түсімдері бойынша барлығы оның ішінде:	32552		31376	
1.1	Жеке тұлғалардың өз бетінше салық салуға жататын жеке табыс салығы	9647	29	5086	16
1.2	Мүлік салығы	782	2	1153	4
1.3	Жер салығы	2050	6	1672	5
1.4	Көлік құралдарына салынатын салық	19933	59	23220	73
1.5	Сыртқы (көрнекі) жарнаманы орналастырғаны үшін төлем	140	0,4	246	0,8
2	Салықтық емес түсімдер	1029	3	429	1,3

Сыртқы (көрнекі) жарнаманың орналасқан жеріне қарай екі реттен көп емес облыстық маңызы бар жалпыға ортақ пайдаланылатын автомобиль жолдарының жол жүру құқығы. Бірақ бюджетті толтырудың бұл құралы аймақтарда белсенді қолданылмайды.

2020 жылы енгізілген аудандық маңызы бар қалалар, ауылдар, кенттер, ауылдық округтер әкімдерін тікелей сайлау әкімнің халық алдындағы жауапкершілігін қамтамасыз етуге, оның жергілікті тұрғындардың қажеттіліктері мен мәселелеріне ден қою тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

2021 жылдан бастап жергілікті өзін-өзі басқарудың кіріс базасын одан әрі кеңейту мақсатында бюджеттің төртінші деңгейіне мынадай салықтар мен төлемдер түрлері аударылады:

- бірыңғай жер салығы;
- жерді пайдаланғаны үшін төлем;
- жер учаскелерін сатудан түсетін түсімдер;
- жерді жалға алу құқығын сату төлемі.

Жергілікті өзін-өзі басқару бюджетіне кірістердің қосымша түрлерін аудару арқылы «фискалдық орталықсыздандыру» деп аталатын жұмысты жалғастыру қажет. Бұл мемлекеттік қолдау шараларын ең күйзеліске ұшыраған өңірлерді қамтамасыз еткен жөн. Мемлекеттік ресурстарды тиімсіз пайдалануды болдырмау үшін мемлекеттік инвестициялардың жауапкершілігі мен мақсатты сипатын күшейтіп, оларды негізінен жұмыс орындарын құруға, әлеуметтік және өндірістік инфрақұрылымды жақсартуға бағыттау қажет [6].

Нәтижелерді талқылау. Зерттеу нәтижесінде жергілікті бюджеттердің кірістерін ұлғайту, салық базасын нығайту және «фискалдық орталықсыздандыру» жүйесін дамыту сияқты бюджетаралық қатынастар жүйесін жетілдірудің маңызды бағыттары анықталды. Сонымен қатар, жергілікті өзін-өзі басқару реформасы аясында бюджет тәуелсіздігін дамытудың маңыздылығы негізделді.

Қорытынды. Қазіргі жағдайда, ең алдымен, жергілікті бюджеттің кірісін ұлғайту үшін жұмыс орындарын құру, кәсіпкерлік бастаманы дамыту үшін жағдайды белсендіру қажет, соның негізінде салық салу базасын нығайтуға, қосымша құнды арттыруға болады. Бұл өз кезегінде салық ставкаларын көтермей, салық түсімдерінің өсуіне ықпал етеді. Бұл ретте өңір экономикасын дамыту және жергілікті бюджет кірістерін ұлғайту, өңірлердің республикалық бюджетке тәуелділігін төмендету бойынша жергілікті атқарушы органдар мен жергілікті өзін-өзі басқару органдарын ынталандыру шараларын әзірлеуді жалғастыру қажет. Бюджеттік саясаттың бюджетаралық қатынастар тұрғысынан дұрыстығы ұлттық әлеуметтік-экономикалық мүдделерге қол жеткізудің маңызды шарты болып табылады. Коронавирустық індеттен туындаған экономикалық дағдарыс және жергілікті бюджет кірістерінің өсу қарқынының жалпы бәсеңдеуі бюджетаралық қатынастар жүйесін дамытумен байланысты проблемаларды ушықтырды. Отандық экономика дамуының трансформациялық процестерін ескере отырып, бюджетаралық қатынастарды реттеудің жаңа қаржылық және бюджеттік құралдарын әзірлеу және қолданыстағыларын жетілдіру мәселелері өзекті боп табылады.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Дуйсенгалиева М. Этапы формирования бюджетной системы Казахстана и дальнейшие направления укрепления финансовой дисциплины // Финансы Казахстана. – 2014. – № 2. – 5 с.
2. Системный анализ и оценка состояния государственного бюджета Республики Казахстан и проблемы эффективного управления финансовой системой: Научное издание / Под ред. Искаковой З.Д. – Астана: ИП «Булатов», 2015.
3. Нурумов А.А., Берстембаева Р.К. Финансовые аспекты децентрализации в Республике Казахстан // Мемлекеттік аудит. –2019. – № 2 (43). – С. 54-62.
4. Берстембаева Р.К. Фискальные инструменты межбюджетного регулирования в Казахстане: Монография. – Нур-Султан, 2019.
5. Иванов В.В. Типология межбюджетных отношений и моделей бюджетного федерализма // Вестник МГТУ. – 2010. – Т. 13. – № 1. – С. 5-14.
6. Сатыбалдин А.А., Нурланова Н.К. Финансовые стимулы развития проблемных регионов Казахстана // Финансовые аспекты Третьей модернизации экономики Казахстана: Международная научно-практическая конференция Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилёва, 28 января 2021 года. – Нур-Султан, 2021. – С. 70-74.

Направления развития системы межбюджетных отношений Казахстана в современных условиях

[1]ЖУРТЫБАЕВА Индира Сапаровна, *докторант, indira.zhurtybaeva@mail.ru,*
[2]ИБРАЕВА Алия Кабышевна, *к.э.н., старший преподаватель, zeretai@mail.ru,*
[3]БАЯДИЛОВА Бакыт Мелисовна, *PhD, руководитель учебно-методического отдела, melisovna@mail.ru,*
[4]*КОЙЧУБАЕВ Александр Сергеевич, *PhD, проект-менеджер, koychubayev_as@mail.ru,*
[1]НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева», ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан,
[2]НАО «Университет имени Шакарима города Семей», ул. Глинки, 20а, Семей, Казахстан,
[3]Казахский университет технологии и бизнеса имени К. Кулажанова, ул. К. Мухамедханова, 37а, Астана, Казахстан,
[4]Alikhan Bokeikhan University, ул. Мангилик Ел, 11, Семей, Казахстан,
**автор-корреспондент.*

Аннотация. *Статья посвящена анализу эффективности межбюджетных отношений в Казахстане в условиях необходимости стабилизации экономических процессов. Цель исследования – оценка основных факторов, влияющих на развитие и стабилизацию межбюджетных отношений, а также выработка предложений перераспределения бюджетных средств на местном уровне. Методы исследования включают анализ инструментов межрегионального выравнивания, оценку доходов местного бюджета и анализ путей совершенствования регулирования межбюджетных отношений в Казахстане. В результате исследования были выявлены важные направления совершенствования системы межбюджетных отношений, такие как увеличение доходов местных бюджетов, укрепление налоговой базы и развитие системы «фискальной децентрализации». Кроме того, была обоснована важность развития самостоятельности бюджета в рамках реформы местного самоуправления. В целом исследование направлено на оптимизацию межбюджетных отношений в Казахстане с целью повышения эффективности бюджетной системы.*

Ключевые слова: *межбюджетные отношения, самостоятельность бюджетов, фискальная децентрализация, бюджетная ответственность, местные бюджеты, доходы бюджета, налоговая система, бюджет самоуправления, несбалансированность бюджетной системы, налогово-бюджетная политика.*

Directions of Development of The System of Inter-Budgetary Relations of Kazakhstan In Modern Conditions

[1]ZHURTYBAEVA Indira, *Doctoral Student, indira.zhurtybaeva@mail.ru,*
[2]IBRAYEVA Aliya, *Cand. of Econ. Sci., Senior Lecturer, zeretai@mail.ru,*
[3]BAYADILOVA Bakhyt, *PhD, Head of the Educational and Methodological Department, melisovna@mail.ru,*
[4]*KOICHUBAYEV Alexandr, *PhD, Project Manager, koychubayev_as@mail.ru,*
[1]NPJSC «L.N. Gumilyov Eurasian National University», Satpayev Street, 2, Astana, Kazakhstan,
[2]NPJSC «Semey University named after Shakarim», Glinka Street, 20a, Semey, Kazakhstan,
[3]K. Kulazhanov Kazakh University of Technology and Business, K. Mukhamedkhanov Street, 37a, Astana, Kazakhstan,
[4]Alikhan Bokeikhan University, Mangilik El Street, 11, Semey, Kazakhstan,
**corresponding author.*

Abstract. *The article is devoted to the analysis of the effectiveness of intergovernmental relations in Kazakhstan in the context of the need to stabilize economic processes. The aim of the research is to assess the main factors affecting the development and stabilization of intergovernmental relations, as well as to develop proposals for the redistribution of budgetary funds at the local level. The research methods include an analysis of interregional equalization instruments, an assessment of local budget revenues, and an analysis of ways to improve the regulation of intergovernmental relations in Kazakhstan. As a result of the study, important directions for improving the intergovernmental relations system were identified, such as increasing local budget revenues, strengthening the tax base, and developing the system of «fiscal decentralization». In addition, the importance of developing budget autonomy within the framework of local self-government reform was justified. Overall, the study aims to optimize intergovernmental relations in Kazakhstan with the aim of improving the effectiveness of the budgetary system.*

Keywords: *interbudgetary relations, budget autonomy, fiscal decentralisation, budget accountability, local budgets, budget revenues, tax system, local government budget, budgetary imbalance, tax-fiscal policy.*

REFERENCES

1. Dujsengalieva M. Etapy formirovaniya byudzhetnoj sistemy Kazahstana i dal'nejshie napravleniya ukrepleniya finansovoj discipliny // Finansy Kazahstana. – 2014. – № 2. – 5 p. [in Russian].
2. Sistemnyj analiz i ocenka sostoyaniya gosudarstvennogo byudzheta Respubliki Kazahstan i problemy effektivnogo upravleniya finansovoj sistemoj: Nauchnoe izdanie / Pod red. Iskakovoj Z.D. – Astana: IP «Bulatov», 2015. [in Russian].
3. Nurumov A.A., Berstembaeva R.K. Finansovye aspekty decentralizacii v Respublike Kazahstan // Memlekettik audit. – 2019. – № 2 (43). – Pp. 54-62 [in Russian].
4. Berstembaeva R.K. Fiskal'nye instrumenty mezhbyudzhetnogo regulirovaniya v Kazahstane: Monografiya. – Nur-Sultan, 2019. [in Russian].
5. Ivanov V.V. Tipologiya mezhbyudzhetnyh otnoshenij i modelej byudzhetnogo federalizma // Vestnik MGTU. – 2010. – T. 13. – № 1. – Pp. 5-14. [in Russian].
6. Satybaldin A.A., Nurlanova N.K. Finansovye stimuly razvitiya problemnyh regionov Kazahstana // Finansovye aspekty Tret'ej modernizacii ekonomiki Kazahstana: Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya Evrazijskogo nacional'nogo universiteta im. L.N. Gumilyova, 28 yanvarya 2021 goda. – Nur-Sultan, 2021. – Pp. 70-74. [in Russian].

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_359 UDC 334.025

Innovative Development in Marketing: The Use of Artificial Intelligence in Managing High-Tech Projects

[1]***TAZHIYEVA Zhanar,** Doctoral Student, zhanzari@gmail.com,*
*[1]**KOZHAMKULOVA Zhanna,** Cand. of Econ. Sci., Acting Professor, zhana_k@list.ru,*
[1]NPJSC «Al-Farabi Kazakh National University», Al-Farabi Avenue, 71, Almaty, Kazakhstan,
**corresponding author.*

***Abstract.** The utilization of Artificial Intelligence (AI) in the marketing and management of high-tech projects in Kazakhstan is an emerging trend with the potential to significantly advance the industry. This paper aims to explore the integration of AI into various facets of project management, including customer relationship management, content marketing, and demand forecasting. The study employs a mixed-methods approach, combining quantitative data from surveys of Kazakhstani IT project managers and qualitative insights from literature and industry reports. Results reveal an enthusiastic exploration and adoption of AI tools among project managers, highlighting AI's role in automating and streamlining processes while providing strategic insights. The practical importance of this study lies in its identification of the current limitations and future implications of AI integration, underscoring its pivotal role in modern project management in Kazakhstan.*

***Keywords:** Artificial Intelligence, high-tech projects, project management, digital transformation, using digital tools, digital marketing, innovate marketing, using Artificial Intelligence, marketing in high-tech project.*

Introduction

In Kazakhstan, the convergence of technological innovation and artificial intelligence (AI) is transforming the landscape of high-tech project management. This paper delves into the innovative application of AI in marketing and managing high-tech projects, showcasing how these advancements are not merely trends but pivotal elements shaping the future of the industry. As Kazakhstan embraces digitalization, AI emerges as a crucial tool for achieving efficiency, precision, and strategic foresight in project management.

Kazakhstani enterprises, striving to compete on the global high-tech stage, are increasingly integrating AI technologies to maintain their competitive edge. This shift is evident in the proactive adoption of AI tools by IT project managers across the country, as highlighted by recent survey data showing a significant majority actively exploring AI applications. These managers are not just experimenting but are keenly aware of AI's potential to enhance customer relationship management, refine content marketing strategies, and improve demand forecasting.

This study investigates the multifaceted impact of AI on high-tech project management in Kazakhstan, drawing insights from academic research, industry reports, and case studies. It addresses the central hypothesis that AI is revolutionizing project management from a traditionally human-intensive endeavor to a more collaborative, data-driven, and predictive practice. Through AI integration, Kazakhstani companies are poised to revolutionize their project management approaches, setting new standards for technological innovation and sustainable growth in the high-tech sector.

By exploring how AI tools automate and streamline processes while providing strategic insights, this paper aims to demonstrate AI's transformative potential in high-tech project management. The findings underscore the importance of embracing AI to drive efficiency, productivity, and decision-making, ultimately positioning Kazakhstan at the forefront of global technological advancements.

Methodology

This research employs a mixed-methods approach, combining both qualitative and quantitative data to explore the impact of Artificial Intelligence (AI) on the management of

high-tech projects in Kazakhstan. The methodology is structured in several key stages to ensure comprehensive coverage of the topic and the generation of actionable insights.

Survey Distribution: A survey was conducted among IT project managers in Kazakhstan to gather data on the adoption and perception of AI tools in project management. The survey was administered between January and February 2024 across various IT companies in major cities, including Almaty, Astana, and Shymkent. It included both closed-ended and open-ended questions designed to capture quantitative data on the extent of AI integration and qualitative insights into the experiences of professionals in the field.

Respondent Profile: A total of 47 IT project managers participated in the survey. Given the relatively small sample size, the survey can be considered as an expert survey, providing insights from individuals with significant experience and qualifications in the field of IT project management. The survey covered various sectors within the IT industry, including software development, telecommunications, and IT consulting, ensuring a diverse representation of perspectives.

Data Analysis: Quantitative data from the survey responses were analyzed to determine patterns regarding the level of AI integration and the attitudes of project managers towards AI adoption. The qualitative responses were thematically analyzed to identify common themes, concerns, and perceived benefits related to AI use. This dual approach facilitated a comprehensive understanding of both the measurable and subjective aspects of AI adoption in project management.

Expert Relevance: To ensure the relevance of the findings to the research topic, the qualifications and expertise of the respondents were carefully considered. All participants were screened to confirm their active involvement in high-tech project management and their familiarity with AI tools.

Literature Review

Recent advancements in artificial intelligence (AI) have fundamentally transformed the management of high-tech projects, significantly influencing customer engagement and marketing strategies. Smith et al. (2022) highlight this paradigm shift, noting AI's pivotal role in automating processes and enhancing efficiency, which is essential for maintaining a competitive edge in high-tech industries.

Smith et al. (2022) emphasize that AI-integrated Customer Relationship Management (CRM) systems, such as Salesforce Einstein and HubSpot CRM, exemplify the power of predictive analytics in optimizing customer interactions. These systems automate routine tasks and leverage data-driven forecasting to improve decision-making, thereby streamlining customer engagement processes (Johnson & Zhao, 2023).

Furthermore, AI's impact on content marketing is underscored by Davis & Kumar (2023), who discuss platforms like MarketMuse and ContentGeniusFX. These tools enhance content personalization and optimization, directly boosting the effectiveness of marketing campaigns. The integration of AI in these platforms enables more precise targeting and engagement, reflecting the technology's growing influence in marketing.

The need for agility and predictive capabilities in managing consumer demand in high-tech markets is critical. Taylor et al. (2022) explore tools like Google Analytics Predictive Metrics and IBM Watson Marketing Insights, which provide companies with a forward-looking perspective. These tools allow for preemptive strategy adjustments based on consumer behavior trends, showcasing AI's role in dynamic market environments.

Zenhub's 2023 survey on AI in Project Management for Software Teams reveals a significant interest among Kazakhstani IT project managers in AI tools. This trend reflects a broader industry shift towards technological innovation (Zenhub, 2023). The survey highlights practical implementations of AI, with managers employing AI for tasks such as task creation, text summarization, and predictive project management, thereby streamlining traditionally time-consuming project management tasks (Brown & Green, 2023).

However, despite AI's extensive capabilities, Williams & Patel (2023) argue that current AI tools still require considerable human oversight. This collaborative dynamic between AI and human project managers ensures that the creative and emotionally intelligent aspects of project management remain human-centric (Adams & Singh, 2023).

In conclusion, integrating AI into high-tech project management presents substantial opportunities for efficiency and strategic foresight. The diversity of AI tools, in terms of functions and pricing, offers tailored solutions to meet various organizational needs (Thompson & Lee, 2023). As AI technology evolves, its role in project management is expected to grow, necessitating continuous adaptation and learning to maximize its benefits (Zenhub, 2023). This ongoing research and development in AI applications underscore the critical contributions of scientists and technologists in shaping the future of project management in high-tech industries.

Results and discussion

The use of artificial intelligence in marketing high-tech projects allows companies not only to automate many processes but also to significantly increase their efficiency. Below are key AI tools that are used in modern marketing of high-tech projects.

These AI tools enable companies not only to improve customer interactions and increase the efficiency of marketing campaigns but also to forecast changes in consumer demand, which is critically important for success in high-tech industries.

As the field of artificial intelligence (AI) continues to evolve rapidly, the functionalities and applications of AI are dynamically expanding. As we approach 2024, it is important to recognize that no AI project management tool exists that can independently oversee projects without substantial human guidance. Current AI solutions are generally designed to augment human expertise, not to supplant it entirely.

Kazakhstani IT project managers are largely embracing AI, with a significant majority actively seeking out AI tools to possibly incorporate into their workflow. This proactive stance points to a community that is not only receptive to technological innovation but is also taking concrete steps to understand and apply AI solutions.

Actively exploring AI tools: A vast majority, 80%, are actively exploring AI tools, indicating a strong interest and forward-looking approach within the IT community towards AI integration and its potential to enhance project management.

Positive Attitude Towards AI: The overall attitude towards AI within this group is predominantly positive, with the majority either exploring or already using AI tools.

Potential for Growth: There is a significant potential for growth in AI adoption, especially among the 80% who are actively exploring AI tools.

Minimal Resistance: The absence of respondents who will not use AI suggests minimal resistance to AI adoption, which can lead to smoother implementation and integration processes.

Educational Opportunities: Given the small percentage of skeptics, there is an opportunity to provide more education and resources to help them overcome their skepticism and possibly transition to using AI.

Overall, the data reflects a strong inclination towards adopting AI, which is promising for the future integration of AI technologies within the group.

The chart presents the percentage of respondents who identified each benefit.

Table 1 – Examples of AI products in the project management

Category	Examples	Functions
1. CRM systems with AI	Salesforce Einstein: Integrated AI by Salesforce, Einstein, analyzes data from past customer interactions, providing predictive analytics and recommendations for interaction optimization. HubSpot CRM: Uses machine learning to provide insights for optimizing the sales funnel, improving campaign effectiveness, and contact management.	Interaction Automation: Automated responses to customer inquiries, relationship management, and personalized communication. Analytics and Forecasting: Predicting customer needs, determining deal probabilities, and providing recommendations for improving interactions.
2. Platforms for automated content marketing	MarketMuse: Uses AI for content topic analysis, helping to create content that best matches the interests of the target audience. ContentGeniusFX: A tool from MarketingCloudFX that analyzes content effectiveness and suggests improvements based on data.	Content Optimization: Keyword analysis, competitiveness of content, and SEO optimization. Content Personalization: Creating personalized content recommendations for different audience segments.
3. Demand forecasting and analysis tools	Google Analytics Predictive Metrics: Uses AI to predict the likelihood of website visitor churn and their potential value. IBM Watson Marketing Insights: Provides insights into customer behavior and preferences, allowing for the prediction of future consumer behavior trends.	Trend Forecasting: Analyzing current data to predict future trends in demand and customer preferences. Inventory and Pricing Optimization: Analyzing market dynamics for optimizing inventory levels and pricing strategies.

Note – comlied by the author

Reduce busy work that distracts from core functional work (68%): The most significant benefit, as identified by 68% of respondents, is the reduction of busy work that distracts from core functional work. This indicates that AI is seen as a tool that can automate routine tasks, allowing employees to focus on more strategic and value-adding activities.

Improve accuracy and decrease human-prone errors (51%): The second major benefit, noted by 51% of respondents, is the improvement in accuracy and reduction of human-prone errors. AI's capability to process data with high precision helps in minimizing mistakes, which can enhance overall project quality and efficiency.

Reduce time spent in meetings (8%): A smaller but notable benefit is the reduction in time spent in meetings, acknowledged by 8% of respondents. AI tools can streamline meeting processes, automate scheduling, and provide concise summaries, thereby reducing the time employees need to spend in meetings.

The results reveal that the primary perceived benefit of AI in project management in Kazakhstan is its ability to automate and reduce busy work, freeing up employees to focus on more critical tasks. This aligns with the global trend of leveraging AI to handle repetitive and mundane tasks, thereby increasing overall productivity and job satisfaction.

The significant recognition of AI's role in improving accuracy and reducing errors highlights its importance in quality assurance and risk management. By minimizing human errors, AI can enhance the reliability and outcome of projects, which is crucial for maintaining competitive advantage and client satisfaction.

However, the relatively lower percentages for reducing time in meetings and improving collaboration suggest areas where AI's impact is either less recognized or less developed. This could be an opportunity for AI solution providers to further innovate and demonstrate value in these areas.

AI could still play a role in summarizing previous meetings and highlighting critical points for discussion. AI enters the arena as a col-

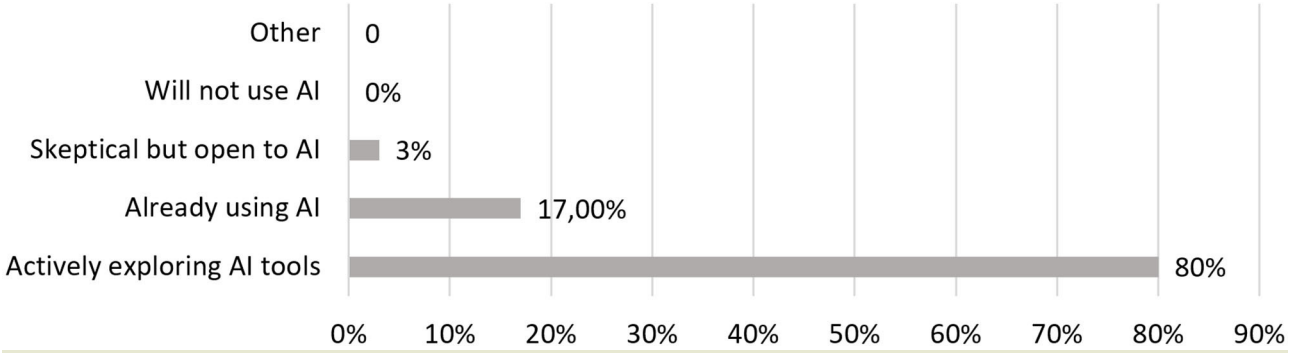


Figure 1 – Survey of Kazakhstani project managers in High-tech projects on the level of AI integration (47 respondents).

Note – comlied by the author

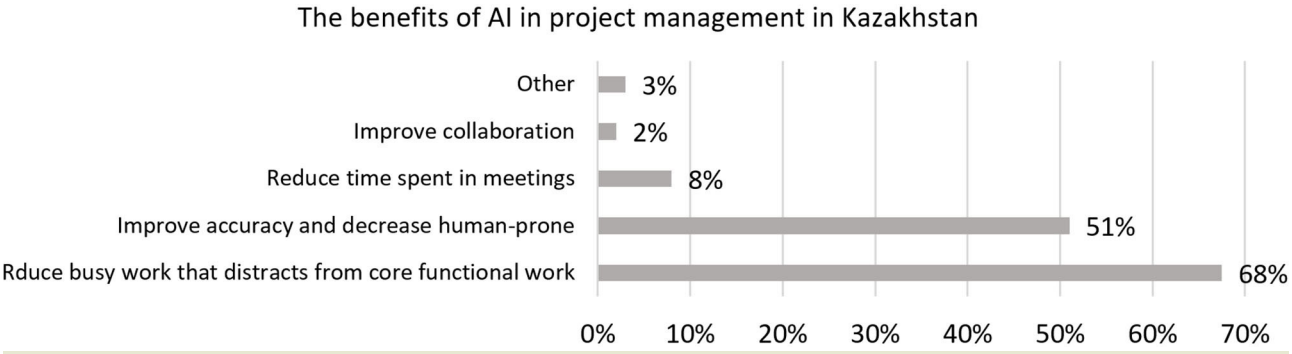


Figure 2 – Survey of Kazakhstani project managers in High-tech projects on the benefits of AI (47 respondents).

Note – comlied by the author

laborative tool capable of: Proposing task-related metadata; Condensing and reformulating task information; Adjusting task descriptions; Structuring project-related data; Forecasting project completion dates

AI's ability to draw insights from historical project data can be transformative, offering precise suggestions based on past outcomes. Unlike human reflections, which may be subject to bias, AI-generated recommendations promise increased objectivity and decision-making precision.

After discussing the benefits and challenges of integrating artificial intelligence (AI) in project management, it is important to consider specific tools and platforms that can realize these benefits. For a deeper understanding of AI capabilities in project management, a comparative analysis of the main platforms used in this field is provided below.

This comparative table can help in understanding the distinctive AI capabilities of each platform and how they are priced.

The table presents key platforms using AI for project management, their features, and pricing. These platforms were selected for comparison based on their popularity and the variety of features they offer, providing a comprehensive overview of the AI tools available in project management.

Variety of Features: The platforms included offer a wide range of functions, from task automation to predictive analytics. This demonstrates how AI can be applied in various aspects of project management.

Popularity and Accessibility: All listed tools are widely used in the industry and accessible to companies of different sizes, making them relevant for comparison.

Pricing Policy: Comparing pricing models helps to understand which platforms might be more cost-effective for different types of organizations.

The table helps achieve the research objective by showing how AI can optimize project management and which tools may be

Table 2 – Comparative Table of AI Features in Project Management Tools

Tools	AI Used	Key AI Features	AI In Pricing
Jira	Proprietary AI and machine learning algorithms	Automation Rules, Predictive Task Assignments, Intelligent Search, Duplicate Detection	Included in subscription, with premium features at higher tiers
Zenhub	OpenAI's GPT-3	AI-generated GitHub Issue & Zenhub Issue labels, AI Sprint Insights & Recommendations	Included in per seat pricing
Notion	OpenAI's GPT-3	Generate text (blog outlines, meeting summaries), request AI-text rewrites, translations	$10 per seat for free subscribers, additional $8 for paid subscribers
ClickUp	ChatGPT 3.5 and 4	Generate text (sales emails, blogs), summaries of content and task lists	Additional $5 per member
Asana	OpenAI (specific model not stated)	Generate and improve text, task summaries, monitor team resourcing, identify blockers	Included in regular plans
Monday.com	Azure OpenAI	Generate tasks and project plans, write and improve email copy, summarize tasks	Included in beta access
Wrike	OpenAI (specifics unclear)	Prioritize work, identify risk factors with machine learning, verbal commands	Included in Teams plan pricing
Tara.ai	In-house machine learning algorithm	Uncovers insights with performance data, real-time visibility into blockers, relates engineering effort to value	$35 per contributor per month
Hive	Not specified	Project task creation, summarize action items from emails, reply to emails based on content	Included in paid plans
Ayanza	Likely GPT 3 or 4	AI brainstorming, AI writing, AI research	Included in all plans

Note – comlied by the author

most useful in the context of the Kazakhstani high-tech market. For instance, platforms with strong predictive analytics capabilities can be especially beneficial for companies aiming to enhance accuracy in forecasting and risk management.

Based on the research results and conclusions can be enhance the integration and utilization of Artificial Intelligence (AI) in managing high-tech projects in Kazakhstan. Kazakhstani enterprises can enhance their project management practices, leveraging AI to achieve greater efficiency, precision, and strategic foresight. This will not only improve project outcomes but also position Kazakhstan as a leader in high-tech innovation on the global stage.

Conclusion

The integration of Artificial Intelligence (AI) in the management of high-tech projects in Kazakhstan represents a significant step towards enhancing efficiency, precision, and strategic foresight in project management. The findings from this study underscore several critical insights:

High Level of Interest and Adoption: A vast majority of IT project managers in Kazakhstan are actively exploring or already utilizing AI tools. This reflects a strong interest and a proactive stance towards AI integration, indicating the readiness of the industry to embrace technological advancements.

Automation and Efficiency: AI tools have proven to be effective in automating routine tasks, thereby reducing busy work and allowing enhances productivity but also improves job satisfaction among employees.

Improved Accuracy and Decision-Making: The ability of AI to process data with high precision significantly reduces human-prone errors. This improves the overall quality and reliability of project outcomes, which is crucial for maintaining a competitive edge in the high-tech industry.

Strategic Insights and Predictive Capabilities: AI tools offer valuable insights through predictive analytics, helping project managers make informed decisions and forecast future trends.

Challenges and Human Oversight: Despite the extensive capabilities of AI, current tools still require substantial human oversight. The collaborative dynamic between AI and human expertise ensures that the creative and emotionally intelligent aspects of project management remain human-centric.

To further enhance the integration and utilization of AI in high-tech project management in Kazakhstan, the following recommendations are proposed: Enhance Training and Skill Development; Improve AI Tool Accessibility and Usability; Foster Collaboration Between AI and Human Expertise; Increase Investment in AI Research and Development; Enhance Data Management and Security; Promote AI Adoption Through Strategic Leadership.

By implementing these recommendations, Kazakhstani enterprises can optimize their project management practices, leverage AI to achieve greater efficiency and strategic foresight, and position themselves as leaders in high-tech innovation on the global stage.

REFERENCES

1. Adams, R., & Singh, J. (2023). Human-AI Collaboration in Project Management: A Qualitative Analysis. Journal of Project Management, 45(2), 112-125.
2. Brown, M., & Green, T. (2023). The Efficiency of AI in High-Tech Project Management: A Case Study Approach. International Journal of Technology and Management, 18(4), 203-219.
3. Davis, A., & Kumar, V. (2023). SEO Optimization through AI: Next-Generation Content Marketing. Journal of Marketing Technology, 5(1), 88-101.
4. Johnson, L., & Zhao, G. (2023). Predictive Analytics in Customer Relationship Management: An AI Perspective. Customer Management Quarterly, 7(3), 134-145.
5. Smith, J., et al. (2022). Artificial Intelligence in CRM: An Overview of Applications and Trends. Business Information Review, 39(6), 245-256.
6. Taylor, S., et al. (2022). Forecasting Consumer Behavior: The Role of AI in Marketing Insights. Consumer Trends and AI, 22(5), 67-78.
7. Thompson, J., & Lee, H. (2023). From Automation to Prediction: The Role of AI in Project Management. AI Magazine, 44(2), 55-65.
8. Williams, B., & Patel, S. (2023). AI in Project Management: Enhancing Decision-Making and Efficiency. Journal of Business and AI Research, 3(4), 159-172.

9. Zenhub. (2023). AI Project Management: A Guide. Retrieved from https://www.zenhub.com/ai-project-management-a-guide

Маркетингтегі инновациялық даму: жоғары технологиялық жобаларды басқаруда жасанды интеллектті пайдалану

[1]*ТАЖИЕВА Жанар Ниетбаевна, *докторант, zhanzari@gmail.com,*
[1]КОЖАМКУЛОВА Жанна Тазабековна, *э.ғ.к., профессор м.а., zhana_k@list.ru,*
[1]«Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті» КеАҚ, әл-Фараби даңғылы, 71, Алматы, Қазақстан,
**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Қазақстанда жоғары технологиялық жобаларды маркетингпен басқаруда жасанды интеллект (AI) қолдану саланы айтарлықтай ілгерілету әлеуеті бар жаңа үрдіс болып табылады. Жұмыс жобаны басқарудың әртүрлі қырларына, соның ішінде тұтынушылармен қарым-қатынасты басқару, мазмұнды маркетинг және сұранысты болжау сияқты AI интеграциясын зерттеуге бағытталған. Зерттеу қазақстандық АТ-жоба менеджерлерінің сауалнамаларынан алынған сандық деректерді және әдебиеттер мен салалық есептерден алынған сапалы түсініктерді біріктіретін аралас әдістерді қолданады. Нәтижелер жоба менеджерлері арасында AI құралдарын ынта-ықыласпен зерттеп, қабылдауды көрсетеді, бұл стратегиялық түсініктерді қамтамасыз ете отырып, процестерді автоматтандыру және оңтайландырудағы AI рөлін көрсетеді. Бұл зерттеудің практикалық маңыздылығы оның Қазақстандағы заманауи жобаларды басқарудағы шешуші рөлін көрсете отырып, AI интеграциясының ағымдағы шектеулері мен болашақ салдарын анықтауда жатыр.*

Кілт сөздер: *жасанды интеллект, жоғары технологиялық жобалар, жобаларды басқару, сандық трансформация, сандық құралдарды пайдалану, цифрлық маркетинг, инновациялық маркетинг, жасанды интеллектті пайдалану, high-tech жобасындағы маркетинг.*

Инновационное развитие в маркетинге: использование искусственного интеллекта в управлении высокотехнологичными проектами

[1]*ТАЖИЕВА Жанар Ниетбаевна, *докторант, zhanzari@gmail.com,*
[1]КОЖАМКУЛОВА Жанна Тазабековна, *к.э.н., и.о. профессора, zhana_k@list.ru,*
[1]НАО «Казахский национальный университет имени аль-Фараби», пр. аль-Фараби, 71, Алматы, Казахстан,
**автор-корреспондент.*

Аннотация. *Использование искусственного интеллекта (ИИ) в маркетинге и управлении высокотехнологичными проектами в Казахстане является новой тенденцией, потенциально способной значительно продвинуть отрасль. Целью статьи является изучение интеграции ИИ в различные аспекты управления проектами, включая управление взаимоотношениями с клиентами, контент-маркетинг и прогнозирование спроса. В исследовании используется смешанный подход, сочетающий количественные данные опросов казахстанских менеджеров ИТ-проектов и качественные данные из литературы и отраслевых отчетов. Результаты показывают, что менеджеры проектов с энтузиазмом изучают и внедряют инструменты ИИ, подчеркивая роль ИИ в автоматизации и оптимизации процессов, одновременно обеспечивая стратегическое понимание. Практическая значимость данного исследования заключается в выявлении текущих ограничений и будущих последствий интеграции ИИ, что подчеркивает его ключевую роль в современном управлении проектами в Казахстане.*

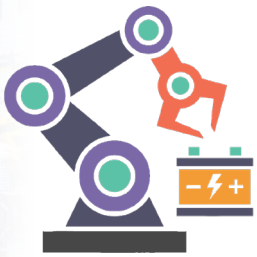
Ключевые слова: *искусственный интеллект, высокотехнологичные проекты, управление проектами, цифровая трансформация, использование цифровых инструментов, цифровой маркетинг, инновационный маркетинг, использование искусственного интеллекта, маркетинг в high-tech проекте.*

REFERENCES

1. Adams, R., & Singh, J. (2023). Human-AI Collaboration in Project Management: A Qualitative Analysis. Journal of Project Management, 45(2), 112-125.
2. Brown, M., & Green, T. (2023). The Efficiency of AI in High-Tech Project Management: A Case Study Approach. International Journal of Technology and Management, 18(4), 203-219.
3. Davis, A., & Kumar, V. (2023). SEO Optimization through AI: Next-Generation Content Marketing. Journal of Marketing Technology, 5(1), 88-101.
4. Johnson, L., & Zhao, G. (2023). Predictive Analytics in Customer Relationship Management: An AI Perspective. Customer Management Quarterly, 7(3), 134-145.
5. Smith, J., et al. (2022). Artificial Intelligence in CRM: An Overview of Applications and Trends. Business Information Review, 39(6), 245-256.
6. Taylor, S., et al. (2022). Forecasting Consumer Behavior: The Role of AI in Marketing Insights. Consumer Trends and AI, 22(5), 67-78.
7. Thompson, J., & Lee, H. (2023). From Automation to Prediction: The Role of AI in Project Management. AI Magazine, 44(2), 55-65.
8. Williams, B., & Patel, S. (2023). AI in Project Management: Enhancing Decision-Making and Efficiency. Journal of Business and AI Research, 3(4), 159-172.
9. Zenhub. (2023). AI Project Management: A Guide. Retrieved from https://www.zenhub.com/ai-project-management-a-guide

Раздел 5

Автоматика. Энергетика. ИКТ



DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_367 УДК 620.9(045)

Разработка и исследование ветроустановки с двумя разнонаправленными ветроколесами

[1]**ИСЕНОВ Султанбек Сансызбаевич,** *к.т.н., декан, isenov_sultan@mail.ru,*
[2]**АНТИПОВ Пётр Алексеевич,** *к.т.н., инженер-электрик, antipoff.pit@yandex.ru,*
[1]**КОШУМБАЕВ Марат Булатович,** *д.т.н, старший преподаватель, marat7759@mail.ru,*
[1]**АУЕЛЬБЕК Марат Ауельбекович,** *к.т.н., старший преподаватель, m.auyelbek@kazatu.edu.kz,*
[1]***НУРМАГАНБЕТОВА Гулим Сахитовна,** *PhD, старший преподаватель, g_sahitovna@mail.ru,*
[1]НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина», пр. Женис, 62, Астана, Казахстан,
[2]ТОО «QSM RESOURCES», ул. Аксай, здание 1, Астана, Казахстан,
**автор-корреспондент.*

Аннотация. *Объектом исследования является ветрогенератор с встречно вращающимися лопастями. Особенностью данной конструкции является наличие двух ветроколес, вращающихся в противоположные стороны. Проблемой современной ветроэнергетики, является низкий диапазон рабочих скоростей ветра, слабая генерация при низкой скорости ветра. Ветроустановка, представленная в статье, позволяет достичь повышения генерации электрической энергии на 50-70%. Конструкция устройства включает в себя: два ветроколеса, одно закреплено к статору, второе к оси ротора, металлическое основание, токосъемный механизм. При проведении исследований использовалась экспериментальная модель и полупромышленная установка. Экспериментальные исследования подтвердили теоретическое увеличение генерации электрической энергии данной конструкцией. На практике ветрогенератор с встречно вращающимися лопастями, используется для повышения эффективности генерации электрической энергии при низких скоростях ветра.*

Ключевые слова: *ветроэнергетика, ветер, ветрогенератор, генерация, устройство, ветроколесо, энергоэффективность, ротор, статор.*

Введение

Рассматривается способ повышения эффективности генерации электрической энергии при низких скоростях ветра, посредством добавления второго ветроколеса, закрепленного на статоре, вращающегося в противоположную сторону. Благодаря этому достигается эффект увеличения относительной скорости вращения статора и ротора [1, 2]. Приведены исследования эффективности представленной конструкции, в том числе экспериментальные исследования, также проведена разработка двух моделей ветряков с встречно вращающимися лопастями. Данные исследования являются актуальными и имеют потенциал для дальнейшего изучения.

Ветрогенератор со встречно вращающимися ветроколесами – это новая технология, которая позволяет эффективно преобразовывать ветровую энергию в электричество. Рассмотрим принцип работы такого устройства и его преимущества перед традиционными ветрогенераторами.

Данное исследование по разработке ветроустановки с использованием двух разнонаправленных ветроколес, обеспечивающих повышенную генерацию, является актуальным.

Методы исследования

Назначение лопастей ветроколеса

Исследование процесса трогания и стартовой скорости ветроколес, проводилось на модели ветрового устройства с двумя ветроколесами (рисунок 1) [3, 4].

Лопасти представляют собой криволинейные сужающиеся к концу профили с переменным сечением. Лопасти имеют определенный угол атаки, который обеспечивает преобразование энергии ветрового потока во вращательное движение ветроколеса. Профиль лопасти выбран согласно справочным данным, угол атаки составляет 30°. Такие характеристики лопастей ветроколеса позволяют уменьшить скорость трогания до 1 м/с.

Рисунок 1 – Модели ветрового устройства с двумя ветроколесами

Для проведения экспериментальных исследований, использовался ветрогенератор со встречно вращающимися ветроколесами, представленный на рисунке 1.

Указанный вариант исполнения ветрогенератора достигается изменением общепринятой конструкции и добавлением дополнительного ветроколеса, которое вращается в противоположную сторону относительно первого по направлению ветра.

При использовании двух ветроколес с 3 лопастями на каждом средняя скорость трогания составляет 1,35 м/с, что на 20% меньше, чем при использовании одного ветроколеса.

Третий тип замеров проводился при разворачивании на одном из ветроколес дополнительных 3 лопастей. При использовании данного технологического решения средняя скорость трогания ветроколеса составляет 1,01 м/с, что более чем на 30% больше в сравнении со вторым экспериментом и на более чем 60% больше в сравнении с первым [5, 6].

Исходя из этих данных, можно смело сделать вывод, что при увеличении числа лопастей и при добавлении дополнительного ветроколеса необходимая скорость ветра для начала трогания ветроколеса снижается.

Увеличение мощности ветроустановки с двумя разнонаправленными ветроколесами за счет увеличения количества лопастей.

Для изучения влияния количества лопастей на мощность генерации, макет был оснащен функцией раскладывания дополнительных лопастей на одном из ветроколес (рисунок 2).

Для исследования влияния встречно вращающихся винтов и раскладывания дополнительных лопастей на одном из ветроколес необходимо произвести сравнение нескольких вариантов. Для этого были проведены эксперименты, которые позволили составить графики зависимостей, которые обосновывают выбор того или иного варианта ветряка [1, 3, 4, 7].

Для экспериментов использовалась конструкция ветрогенератора с изменяющимся количеством лопастей. Функция ветрогенератора, позволяющая изменять количество лопастей на одном из ветроколес, позволяет получить более детальные данные и составить зависимости при разных вариантах ветроколес. Внешний вид ветрогенератора

представлен на рисунке 1.

Для разного количества лопастей производилось пять замеров при разных скоростях ветра.

Первый эксперимент представляет из себя замеры, произведенные на трехлопастном ветрогенераторе, лопасти которого закреплены на роторе, при неподвижном статоре. Для обеспечения неподвижности статора с лопастями у экспериментальной установки статор был застопорен с помощью креплений.

Результаты исследования

На рисунке 3 представлен график зависимости вырабатываемого напряжения от скорости ветра.

Как видно на рисунке 3, до 6 м/с генерации напряжения практически не происходит. Однако после происходит рост генерации с увеличением скорости. Так, на 9 м/с (максимальной в эксперименте) происходит выработка 12В напряжения. Дальше по графику следует прогноз, исходя из известных данных. Привязки высокой и низкой веро-

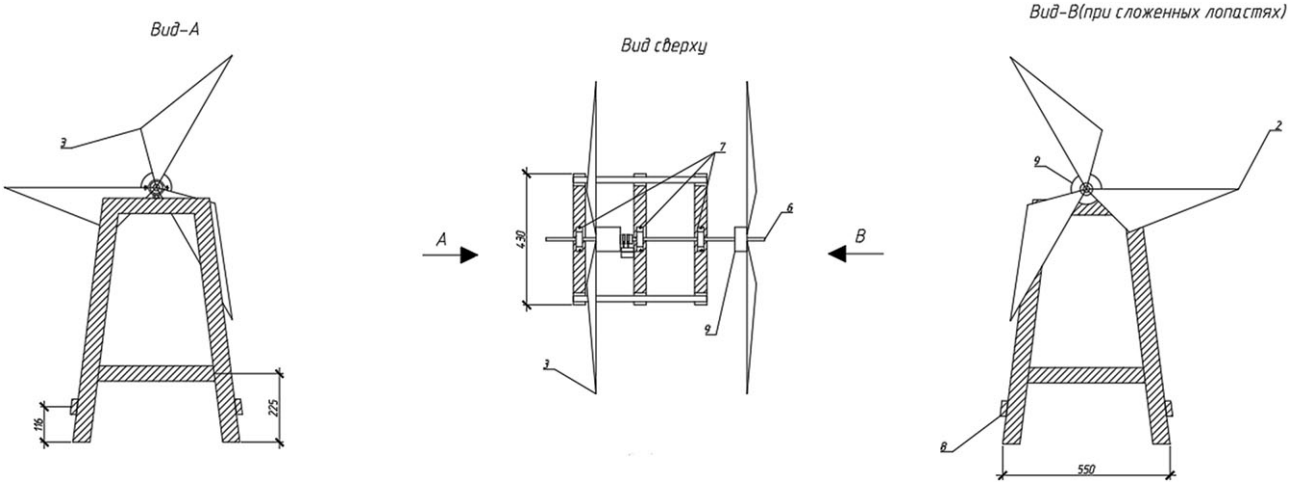


Рисунок 2 – Внешний вид макета ветрогенератора с двумя разнонаправленными ветроколесами

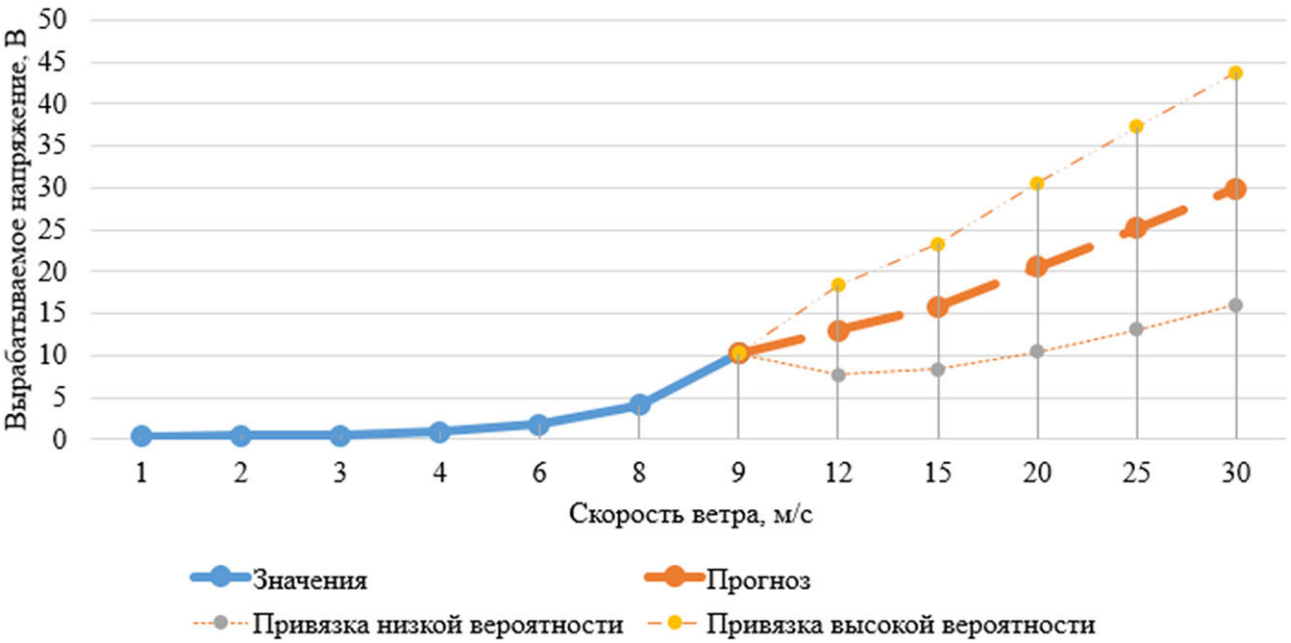


Рисунок 3 – Экспериментальные данные на холостом ходу (3 лопастей на роторе, статор застопорен)

ятности соответствуют погрешностям в ходе расчёта.

Согласно прогнозу, генерация энергии при этих условиях практически линейно увеличивается после достижения скорости ветра в 9 м/с.

Как видно на представленном графике, заметный рост генерации происходит на скорости ветра 8-9 м/с. Согласно имеющимся данным, прогноз увеличения генерации при скорости выше 9 м/с имеет линейный характер. Так, при скорости ветра 20 м/с генерация составит 15В, при 30 м/с – 20В.

При сравнении графиков на холостом ходу и графика под нагрузкой можно сделать вывод, что генерация под выбранной нагрузкой снижается на 30%, что прослеживается по всей длине обоих графиков.

Обсуждение результатов исследований

В заключение сравнения экспериментов необходимо составить диаграмму, которая включает в себя результаты экспериментов как на холостом ходу, так и эксперименты под нагрузкой, для визуального подтверждения выводов.

Результаты экспериментов показаны на

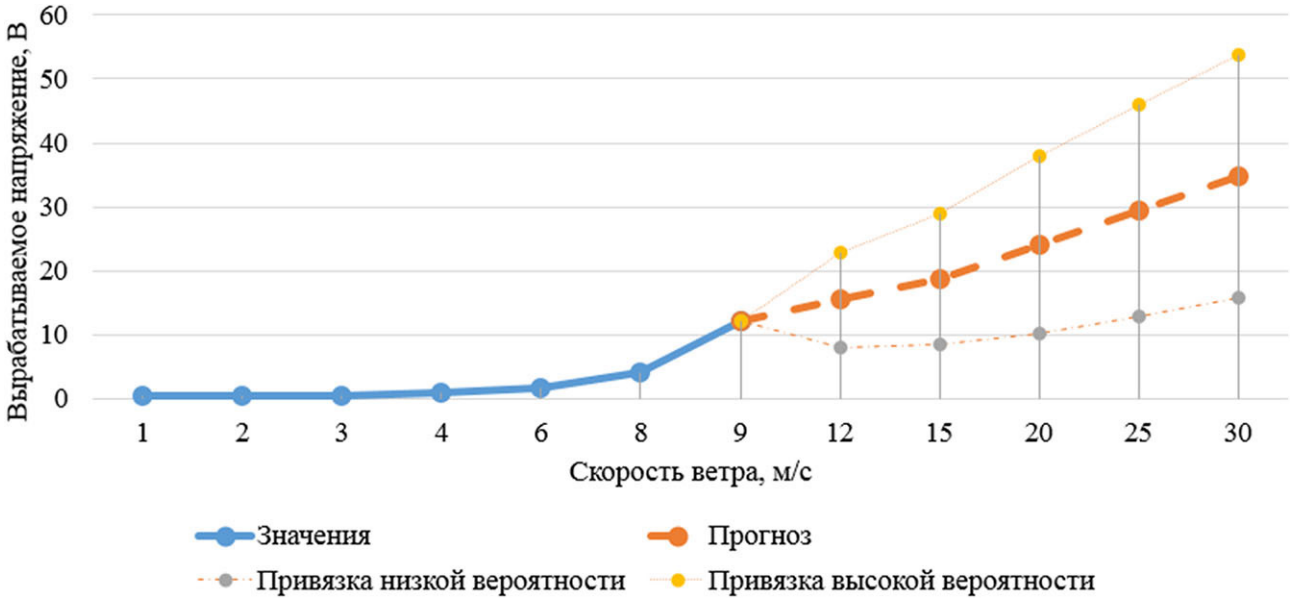


Рисунок 4 – Кривая на основе измерений под нагрузкой ПЭВР-50 (3 лопастей на роторе, 3 лопастей на статоре)

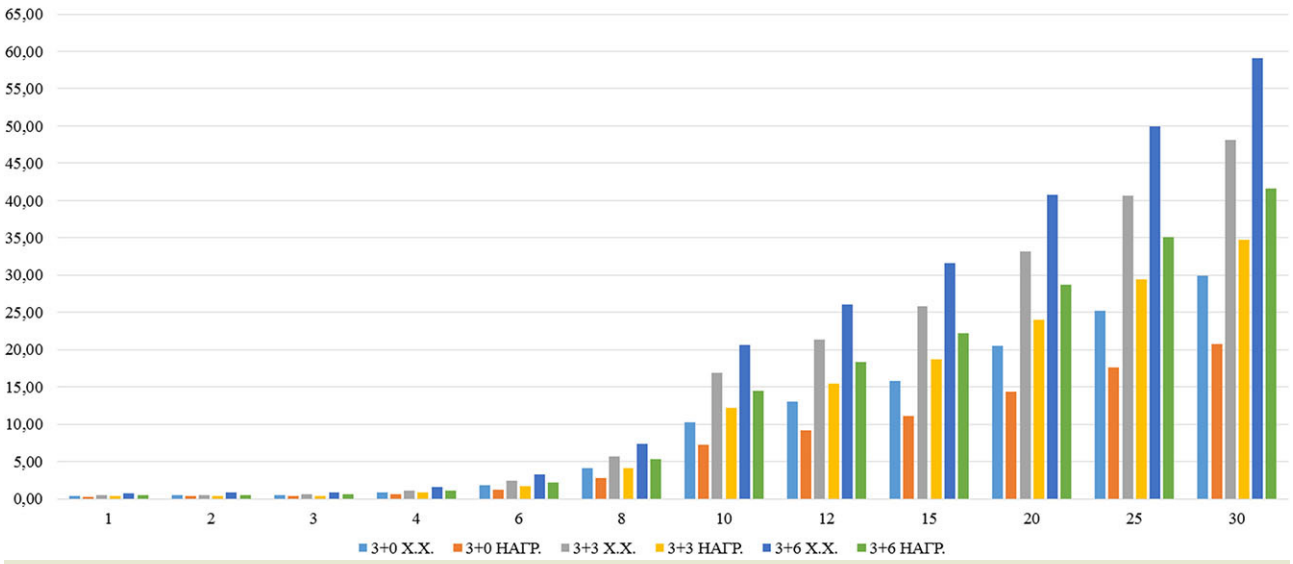


Рисунок 5 – Результаты всех экспериментов

рисунке 5, наилучшие показатели генерации наблюдаются у ветрогенератора с 6 лопастями на роторе и 3 лопастями на статоре.

3+0 х.х. – статор застопорен, 3 лопасти на роторе, на холостом ходу; 3+0 нагр. – статор застопорен, 3 лопасти на роторе, под нагрузкой; 3+3 х.х. – 3 лопасти на статоре, 3 лопасти на роторе, на холостом ходу; 3+3 нагр. – 3 лопасти на статоре, 3 лопасти на роторе, под нагрузкой; 3+6 х.х. – 3 лопасти на статоре, 6 лопасти на роторе, на холостом ходу; 3+6 нагр. – 3 лопасти на статоре, 6 лопасти на роторе, под нагрузкой.

Данная работа является результатом, полученным в ходе реализации проекта ИРН №AP14872147, финансируемого в рамках грантового финансирования от Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коробатов Д.В., Козлов С.В., Сироткин Е.А. Историко-экономический анализ ветроэнергетических установок и систем управления // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология. – 2016. – № 5. – С. 45-54.
2. Kaidar A., Issenov S., Sheryazov S., Kislov A., Antipov P. Overview of wind turbine systems // The International Scientific Conference «22nd Satbayev Readings». – Павлодар. – 2022. – С. 169-180.
3. Кайдар А.Б., Марковский В.П., Исенов С.С., Шерьязов С.К., Шапкенов Б.К., Антипов П.А. Модели взаимодействия ветрового потока с одно- и двухколесными турбинами // Материалы республиканской научной конференции молодых ученых, студентов и школьников «XXII Сатпаевские чтения». – Павлодар, 2015. – С. 238-246.
4. Сабинин Г.Х. Теория идеального ветряка / Г.Х. Сабинин // Труды ЦАГИ. – 1927. – № 32. – С. 97-121.
5. Кайдар А.Б., Шапкенов Б.К., Антипов П.А. Расчет потребляемой мощности для автономной системы электроснабжения крестьянского хозяйства // Материалы республиканской научной конференции молодых ученых, студентов и школьников «XXII Сатпаевские чтения». – Павлодар, 2022. – Т. 6. – С. 64-72.
6. Welsh, Andrew, «Low Turbulence Wind Tunnel Design and Wind Turbine Wake Characterization» (2013). Theses and Dissertations. 180. https://dc.uwm.edu/etd/180
7. Кайдар А.Б., Исенов С.С., Шапкенов Б.К., Антипов П.А., Шишкин А.В. Особенности энергообеспечения сельскохозяйственных потребителей // Международная научно-практическая конференция «XIV Торайгыровские чтения». Павлодар, 2022.

Екі әр түрлі бағытты жел дөңгелегі бар желқондырғыларын әзірлеу және зерттеу

[1]ИСЕНОВ Сұлтанбек Сансызбаевич, *т.ғ.к., декан, senov_sultan@mail.ru,*
[2]АНТИПОВ Пётр Алексеевич, *т.ғ.к., инженер-электрик, antipoff.pit@yandex.ru,*
[1]КОШУМБАЕВ Марат Булатович, *т.ғ.д., аға оқытушы, marat7759@mail.ru,*
[1]АУЕЛЬБЕК Марат Ауельбекович, *т.ғ.к., аға оқытушы, m.auyelbek@kazatu.edu.kz,*
[1]*НҰРМАҒАНБЕТОВА Гулим Сахитовна, *PhD, аға оқытушы, g_sahitovna@mail.ru,*
[1]«С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Жеңіс даңғылы, 62, Астана, Қазақстан,
[2]«QSM RESOURCES» ЖШС, Ақсай көшесі, 1 ғимарат, Астана, Қазақстан,
**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Зерттеу нысаны – айналмалы қалақшасы бар жел генераторы. Конструкцияның ерекшелігі қарама-қарсы бағытта айналатын екі жел дөңгелегі болып табылады. Қазіргі жел энергетикасының проблемасы, ол желдің жұмыс жылдамдығының төмен диапазоны, желдің төмен жылдамдығындағы әлсіз генерация болып табылады. Мақалада келтірілген жел қондырғысы электр энергиясын өндіруді 50-70% арттыруға мүмкіндік береді. Құрылғының конструкциясы екі жел дөңгелегінен, біреуі статорға, екіншісі ротор осіне бекітілген, металл негізінен, ток механизмінен тұрады. Зерттеу барысында эксперименттік модель және жартылай өнеркәсіптік қондырғы қолданылды. Эксперименттік зерттеулер конструкцияның электр энергиясын өндірудің теориялық өсуін растады. Тәжірибеде ай-*

налмалы қалақшасы бар жел генераторы желдің төмен жылдамдығында электр энергиясын өндірудің тиімділігін арттыру үшін қолданылады.

Кілт сөздер: *жел энергетикасы, жел, жел генераторы, генерация, құрылғы, жел дөңгелегі, энергия тиімділігі, ротор, статор.*

Development and Research of a Wind Turbine with Two Multidirectional Wind Wheels

[1]ISSENOV Sultanbek, *Cand. of Tech. Sci., Dean, isenov_sultan@mail.ru,*
[2]ANTIPOV Peter, *Cand. of Tech. Sci., Electrical Engineer, antipoff.pit@yandex.ru,*
[1]KOSHUMBAYEV Marat, *Dr. of Tech. Sci., Senior Lecturer, marat7759@mail.ru,*
[1]AUELBEK Marat, *Cand. of Tech. Sci., Senior Lecturer, m.auyelbek@kazatu.edu.kz,*
[1]*NURMAGANBETOVA Gulim, *PhD, Senior Lecturer, g_sahitovna@mail.ru,*
[1]NCJSC «S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University», Zhenis Avenue, 62, Astana, Kazakhstan,
[2]LLP «QSM RESOURCES», Aksai Street, Building 1, Astana, Kazakhstan,
**corresponding author.*

Abstract. *The object of the study is a wind generator with counter-rotating blades. A special feature of this design is the presence of two wind wheels rotating in opposite directions. The problem of modern wind power generation, is the low range of operating wind speeds, weak generation at low wind speeds. The wind turbine presented in the paper achieves a 50-70% increase in electrical power generation. The design of the device includes: two wind wheels, one fixed to the stator, the other to the rotor axis, a metal base, and a current-carrying mechanism. An experimental model and a semi-industrial plant were used in this research. Experimental studies confirmed the theoretical increase in electrical power generation by this design. In practice, a wind turbine generator with counter-rotating blades is used to improve the efficiency of electrical power generation at low wind speeds.*

Keywords: *wind energy, wind, wind generator, generation, device, wind wheel, energy efficiency, rotor, stator.*

REFERENCES

1. Korobatov D.V., Kozlov S.V., Sirotkin E.A. Istoriko-jekonomicheskij analiz vetrojenergeticheskih ustanovok i sistem upravlenija [Historical and economic analysis of wind power plants and control systems]. Mezhdunarodnyj nauchnyj zhurnal «Al'ternativnaja jenergetika i jekologija», 2016. – No. 5. – Pp. 45-54.
2. Kaidar A., Issenov S., Sheryazov S., Kislov A., Antipov P. Overview of wind turbine systems // The International Scientific Conference «22nd Satbayev Readings». – Павлодар. – 2022. – Pp. 169-180.
3. Kajdar A.B., Markovskij V.P., Isenov S.S., Sher'jazov S.K., Shapkenov B.K., Antipov P.A. Modeli vzaimodejstvija vetrovogo potoka s odno- i dvuhkolesnymi turbinami [Models of wind flow interaction with single- and double-wheeled turbines]. Materialy respublikanskoj nauchnoj konferencii molodyh uchenyh, studentov i shkol'nikov «XXII Satpaevskie chtenija». – Pavlodar, 2015. – Pp. 238-246.
4. Sabinin G.H. Teorija ideal'nogo vetrjaka [Theory of an ideal wind turbine]. Trudy CAGI. – 1927. – No. 32. – Pp. 97-121.
5. Kajdar A.B., Shapkenov B.K., Antipov P.A. Raschet potrebljaemoj moshhnosti dlja avtonomnoj sistemy jelektrosnabzhenija krest'janskogo hozjajstva. Materialy respublikanskoj nauchnoj konferencii molodyh uchenyh, studentov i shkol'nikov «XXII Satpaevskie chtenija». – Pavlodar, 2022. – T. 6. – Pp. 64-72.
6. Welsh, Andrew, «Low Turbulence Wind Tunnel Design and Wind Turbine Wake Characterization» (2013). Theses and Dissertations. 180. https://dc.uwm.edu/etd/180
7. Kajdar A.B., Isenov S.S., Shapkenov B.K., Antipov P.A., Shishkin A.V. Osobennosti jenergoobespechenija sel'skohozjajstvennyh potrebitelej [Peculiarities of energy supply to agricultural consumers] // Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija «XIV Torajgyrovskie chtenija». Pavlodar, 2022.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_373 УДК 621.311:621.316.9

Экспериментальное исследование опытного образца многоуровневого защитного устройства инверторной системы

[1]*ОМАРОВ Жаксылык Талгатулы, магистр, старший преподаватель, jaks_29@mail.ru,
[1]КОЖАГЕЛДИ Болат Жарылкапулы, к.т.н., зав. кафедрой, bolat.kozhageldi@mail.ru,
[1]НАЛИБАЕВ Нургали Жаксылыкович, магистр, старший преподаватель, nurgali20091978@mail.ru,
[2]ТАШИМБЕТОВ Мурат Абдирахимович, к.т.н., директор центра энергетического проектирования, tmurat80@mail.ru,
[3]МИНАЖОВА Саулеш Аманбаевна, PhD, преподаватель, s.minazhova@gmail.com,
[1]НАО «Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати», ул. Сулейменова, 7, Тараз, Казахстан,
[2]АО «Казахстанский институт нефти и газа», ул. Абылай хана, 77, Алматы, Казахстан,
[3]НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева», ул. Сатпаева, 22а, Алматы, Казахстан,
*автор-корреспондент.

Аннотация. Солнечная энергия становится все более привлекательным источником для производства электроэнергии, и солнечные электростанции (СЭС) становятся все более распространенными по всему миру. Системы солнечных панелей обычно включают в себя инверторы, которые преобразуют постоянный ток, производимый солнечными панелями, в переменный ток, который можно использовать в электрических системах. Однако инверторы могут стать уязвимыми для различных проблем, таких как перенапряжения, короткие замыкания или нестабильность сети. Защита инверторной системы СЭС играет ключевую роль в обеспечении надежной работы системы и предотвращении негативных последствий возможных неисправностей. В этом контексте защита инвертора включает в себя ряд технологий и мероприятий, направленных на обнаружение и реагирование на потенциальные проблемы, минимизацию рисков и обеспечение безопасности энергосистемы в целом. Описаны результаты экспериментального исследования многоуровневой защиты инверторной системы, основанной на использовании различных типов защитных устройств от неисправностей в электрической сети.

Ключевые слова: возобновляемая энергия, солнечная энергия, многоуровневая защита, инверторная система, неисправности сети, повышение надежности, солнечная электростанция.

Введение. Солнечная энергия является неисчерпаемым источником, который доступен практически на всей планете. В связи с этим ее значимость в современном мире становится все более очевидной. Вместе с тем, растущие проблемы, связанные с исчерпанием традиционных источников энергии и угрозой изменения климата, усиливают интерес к использованию солнечной энергии как части стратегии перехода к устойчивому развитию. Согласно статистике Международного агентства по возобновляемым источникам энергии (IRENA), в 2022 году СЭС достигли установленной мощности в 1061,6 ГВт, что сделало их лидером среди всех источников возобновляемой энергии по объему установленных мощностей [1]. Более того, в свете понижения стоимости солнечных фотоэлектрических модулей (таблица), наблюдается растущий интерес к солнечным технологиям среди маломощных потребителей.

Лидерами по объему производства электроэнергии с использованием СЭС стали Китай, США, Япония, Индия и Германия. Эти пять стран вместе обеспечили 67,4% общего объема производства электроэнергии от солнечных источников в мире [4]. Рост числа

Средняя стоимость установки солнечных фотоэлектрических систем в мире

Год	2010	2020	2021	2022
Общая стоимость установки, $/кВт	4731	883	857	876
Приведенная стоимость энергии (LCOE), $/кВт	0,381	0,057	0,048	0,049

Источники: [2], [3].

СЭС в вышесказанных странах был стимулирован не только развитием крупномасштабных СЭС, но и благодаря развитию маломощных крышных установок. Например, в 2009 году для стимулирования развития солнечной энергетики Министерство финансов Китая запустило две программы – программу субсидирования для установки солнечных панелей на крышах и программу «Золотое солнце», которые предоставляли субсидии на общую стоимость установки солнечных крышных фотоэлектрических систем. Эти меры способствовали расширению китайского рынка фотоэлектрической энергии и увеличили общую установленную мощность до 3423,2 МВт к 2011 году [5]. Согласно statista.com, в 2022 году в США количество пользователей фотоэлектрических крышных установок достигло 4 миллионов человек [6]. Такая тенденция связана не только с желанием увеличить общий объем генерации солнечной энергии, но и с потребностью в диверсификации и распределении энергетических ресурсов. Ярким примером служит энергетический сектор Германии. Имея ограниченные возможности использования традиционных источников электроэнергии и зависимость от импорта полезных ископаемых, правительство Германии приняло решение пересмотреть политику в области ВИЭ [7], и сосредоточилось на стимулировании распределенной генерации. Таким образом мощность маломощных СЭС составила 33 ГВт, при этом установленная мощность домашних установок составила 6,5 ГВт, а мощность коммерческих установок, которые малый и средний бизнес устанавливает для собственных нужд, – 26,5 ГВт. Это более 60% от всей установленной мощности СЭС в стране [8].

В отличие от Германии, в Казахстане в основном используются крупные солнечные электростанции промышленного масштаба, в то время как развитие маломощных солнечных электростанций остается в зачаточном состоянии. Исследования Национального статистического бюро показывают, что в Казахстане проживает около 5 миллионов семейных домов, из которых 70% расположены в городской местности и 30% – в сельской. Приблизительно 40% населения страны проживает в частных домах в черте города, а 77% – за его пределами [9]. Это свидетельствует о потенциале развития СЭС малых мощностей в стране.

Методы и материалы исследования. Крышные солнечные установки представляют собой эффективное решение для использования солнечного потенциала в городских и жилых районах, где доступ к большим участкам земли ограничен. Частные домашние хозяйства часто применяют крышные фотоэлектрические установки с целью производства собственной электроэнергии, что позволяет им сократить расходы на электроэнергию из сети. Кроме того, такие установки могут обеспечивать излишки энергии, которые можно передавать обратно в сеть, что способствует улучшению энергетической эффективности. Однако крышные фотоэлектрические установки, которые включают в себя дорогостоящее электронное устройство как инвертор, подвержены различным рискам, включая перенапряжения, короткие замыкания и потенциальные пожары. Для обеспечения надежной и безопасной работы таких систем необходимо использовать специальные защитные устройства. Эти устройства играют ключевую роль в предотвращении повреждений оборудования и обеспечении стабильной работы системы в различных климатических и эксплуатационных условиях. В этой связи разработано устройство многоуровневой защиты инверторной системы от неисправностей в сети переменного тока [10].

Устройство разработано для обеспечения защиты инверторной системы от различных электрических неполадок, которые могут проявиться в сети переменного тока. Согласно представленной модели (рисунок 1), многоуровневая защита включает в себя следующие типы защитных мер:

- устройство защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП) предназначено для предотвращения негативных последствий грозовой активности на инверторную систему;

- цифровое реле напряжения с контролем тока обеспечивает защиту инверторной системы от резких изменений напряжения и перегрузки по току, а также предоставляет

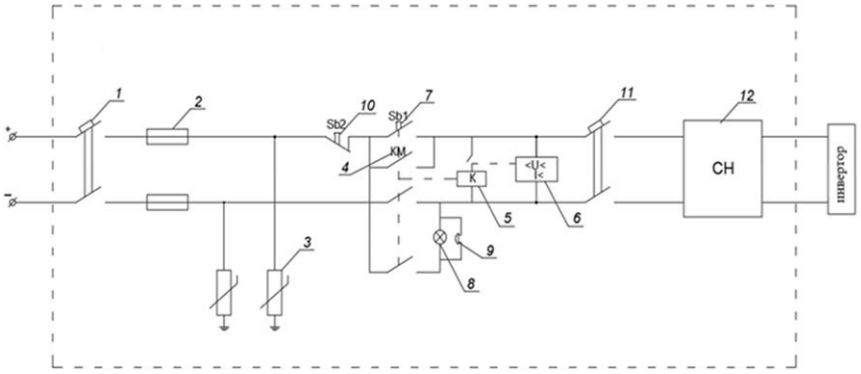
возможность дистанционного мониторинга с помощью гаджетов;

- дифференциальный автоматический выключатель предназначен для защиты инверторной системы от утечки тока и коротких замыканий;

- стабилизатор напряжения обеспечивает поддержание стабильного уровня напряжения в системе;

- входной автоматический выключатель предназначен для резервирования системы по функционалу.

Для оценки эффективности функционирования многоуровневой защиты инверторной системы был собран опытный образец заявленной модели. Оценка основывалась на эмпирическом методе исследования и проводилась в лабораторных условиях. Конструкция опытного образца показана на рисунке 2. Цель экспериментального исследования – испытание защитных устройств на надежность и функциональность.



1- автоматический выключатель;
2- предохранители;
3- устройство защиты от импульсного перенапряжения (УЗИП);
4- контактор;
5- катушка контактора;
6- цифровое реле напряжения с контролем тока;
7- кнопка включения Sb1;
8- лампа «Авария»;
9- звуковой сигнал «Авария»;
10- кнопка выключения Sb2;
11- дифференциальный автоматический выключатель (дифавтомат);
12- стабилизатор напряжения.

Рисунок 1 – Модель многоуровневого защитного устройства

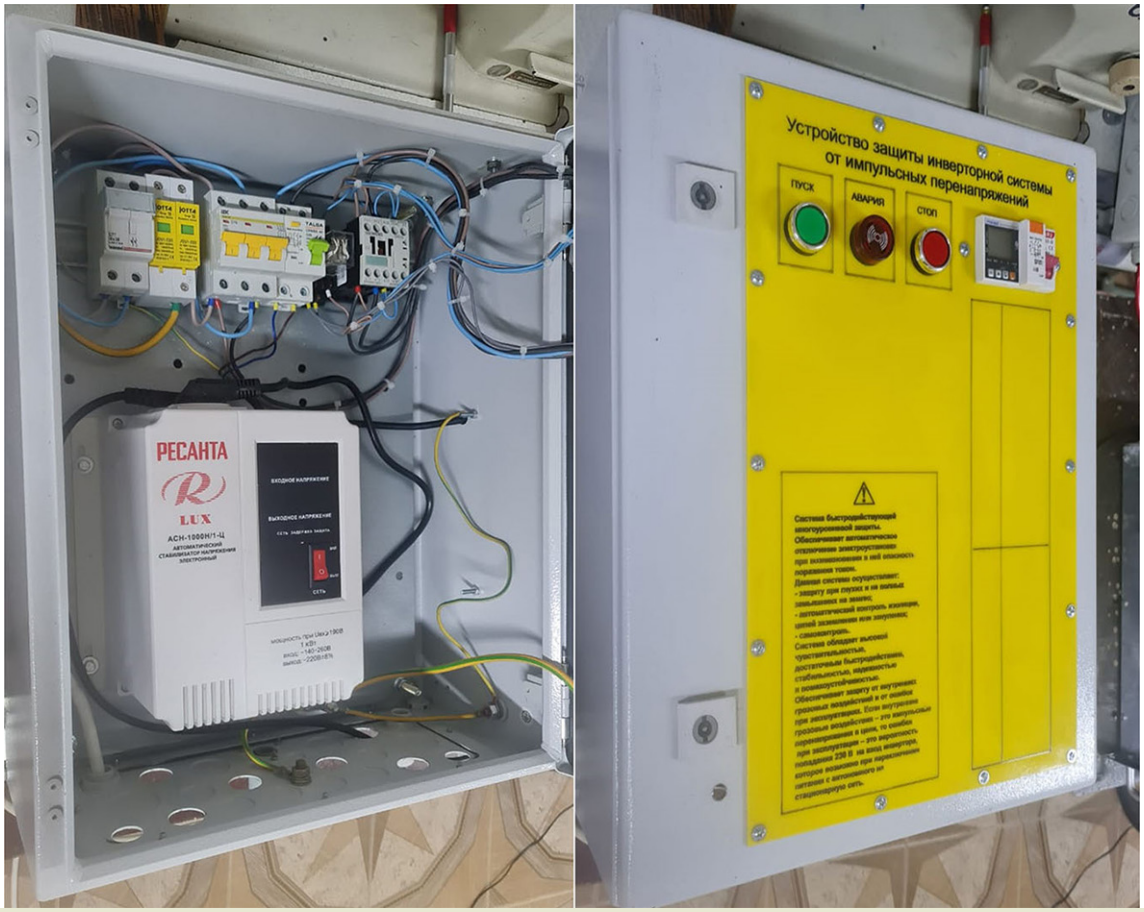


Рисунок 2 – Опытный образец многоуровневого защитного устройства

Экспериментальное исследование проводилось следующим образом:

- для проверки надежности реле напряжения по току перегрузки в розетку после инвертора был подключен электрический прибор с высокой мощностью. Это создало значительную нагрузку в цепи, вызывая активацию реле напряжения и отключение электрической сети к инвертору для его защиты от повреждений;
- для проверки надежности реле напряжения по перенапряжению многоуровневое защитное устройство было подключено через устройство для регулирования напряжения переменного тока – лабораторного автотрансформатора (ЛАТР). Это позволило имитировать перенапряжение и скачки напряжения в сети;
- для оценки надежности дифференциального автоматического выключателя (дифавтомата) была создана утечка тока с помощью розеточного тестера;
- для проверки функциональности стабилизатора напряжения также использовался ЛАТР, которое позволяло изменять уровень напряжения. Кроме того, мощное электрооборудование было подключено для создания скачков напряжения и обоснования необходимости использования стабилизатора напряжения.

Научные результаты. В ходе экспериментального исследования опытного образца были получены следующие результаты:

На рисунке 3 показано срабатывание реле напряжения по току перегрузки. В качестве нагружающего оборудования был применен электрочайник мощностью 3кВт. В результате сработало реле и отключило сеть питания.

На рисунке 4 показано срабатывание реле напряжения по перенапряжению. Напряжение в сети было изменено при помощи ЛАТР. При отклонении напряжения от установленных пороговых значений, реле срабатывало мгновенно, что позволило предотвратить повреждение ключевых компонентов системы. Преимуществом применения цифрового реле напряжения от аналогового является возможность самовключения реле при стабилизации уровня напряжения.

На рисунке 5 показано срабатывание дифференциального автомата при токе утечки. Электрическая утечка в сети была смоделирована с помощью розеточного тестера, после чего защита сработала в течение долей секунды.

На рисунке 6 показано срабатывание стабилизатора напряжения при отклонениях и падениях напряжения. Подключение крупных бытовых приборов, таких как электродвигатели или сварочные аппараты, к электрической сети может вызвать кратковременное увеличение потребления энергии и падение напряжения. В ходе данного эксперимента в сеть была подключена газонокосилка мощностью 1,3 кВт. Измерения показали, что напряжение на газонокосилке постоянно колебалось и оставалось ниже установленного стандарта (рисунок 7). Это свидетельствует о необходимости использования стабилизатора напряжения в сетях, где используется чувствительное электрооборудование, такое как бытовые приборы, инверторы, сельскохозяйственная техника и другие аналогичные устройства.

Выводы. Развитие маломощных крышных СЭС представляет собой актуальную стратегию для увеличения доли солнечной

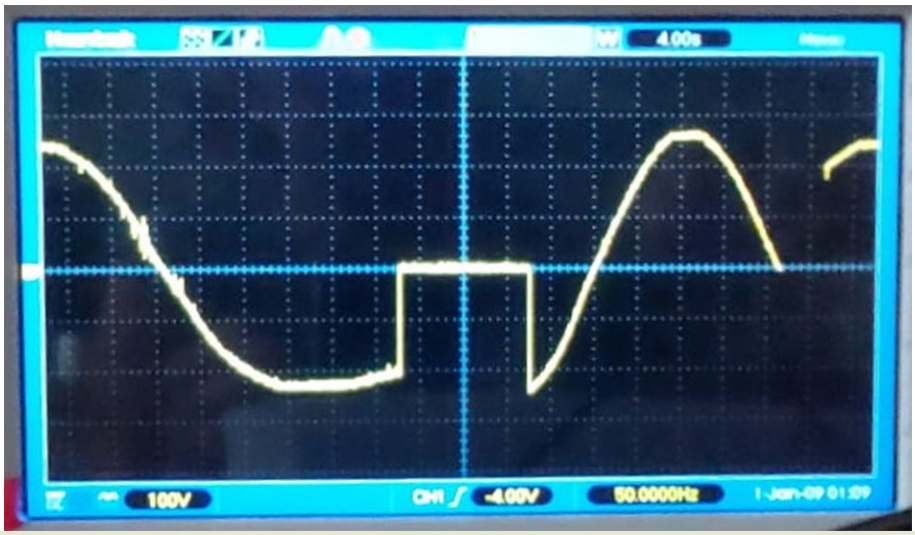


Рисунок 3 – Срабатывание реле напряжения (по току перегрузки)

Рисунок 4 – Срабатывание реле напряжения (по перенапряжению)

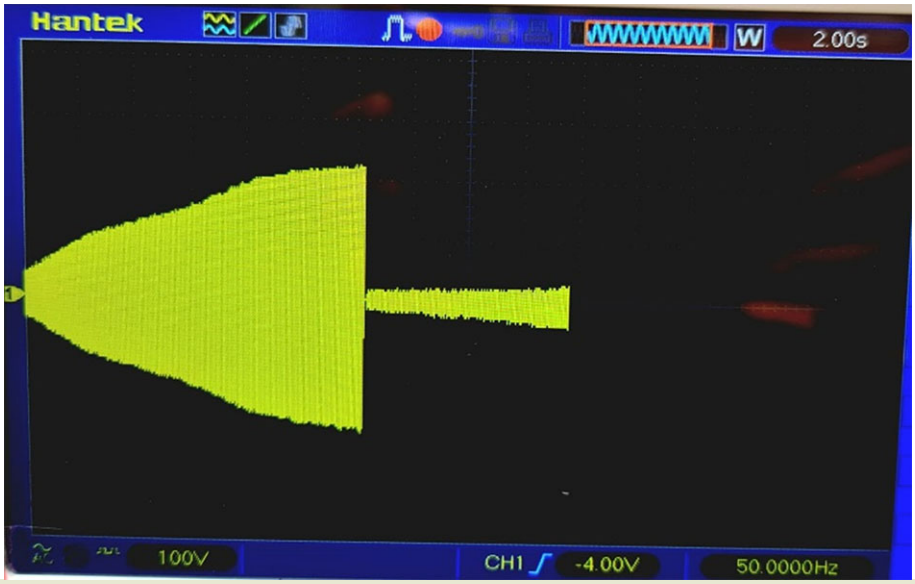


Рисунок 5 – Срабатывание дифавтомата

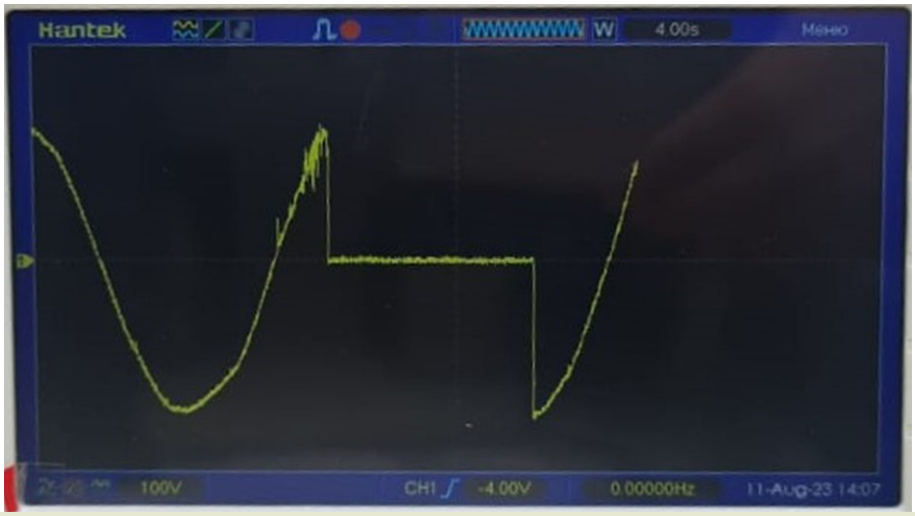


Рисунок 6 – Срабатывание стабилизатора напряжения

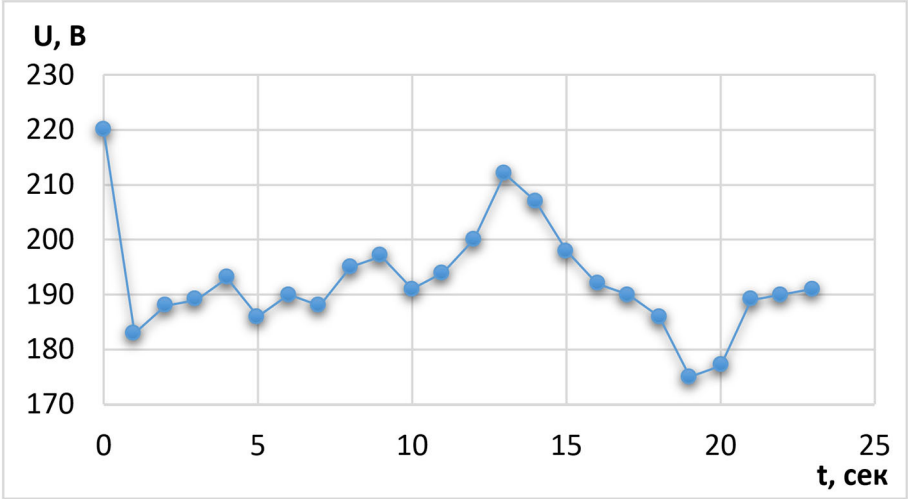


Рисунок 7 – Напряжение при включении к сети газонокосилки

энергии в энергетическом секторе Казахстана, учитывая значительный потенциал солнечных ресурсов и распространение частного сектора в отдаленных районах. Однако эффективное функционирование таких установок зависит от надежной защиты от различных неисправностей в сети. Отсутствие такой защиты может привести к дополнительным расходам потребителей, поскольку нестабильность в сети может привести к повреждению чувствительного оборудования, включая инверторы. Такие нежелательные последствия могут подорвать доверие потребителей к солнечным крышным установкам и снизить их интерес к этим технологиям. Учитывая вышесказанное, в рамках данного исследования были проведены следующие работы:

1. Анализ возможности развития маломощных крышных установок в Казахстане;
2. Разработка модели многоуровневого защитного устройства инверторной системы;
3. Экспериментальное исследование опытного образца многоуровневого защитного устройства инверторной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Статистика возобновляемых источников энергии, 2023. Международное агентство по возобновляемым источникам энергии. 2023. 440 с. https://www.irena.org/Publications/2023/Jul/Renewable-energy-statistics-2023
2. Andrius Tamošiunas. Selecting Rooftop Solar Photovoltaic Modules by Measuring Their Attractiveness by a Categorical-Based Evaluation Technique (MACBETH): The Case of Lithuania. Energies 2023, 16, 2999. https://doi.org/10.3390/en16072999
3. Затраты на производство возобновляемой энергии в 2022 году. Международное агентство по возобновляемым источникам энергии. 2023. 208 с. https://www.irena.org/Publications/2023/Aug/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2022
4. Minazhova S., Akhambayev R., Shalabayev T., Bekbayev A., Kozhageldi B., Tvaronavičienė M. A Review on Solar Energy Policy and Current Status: Top 5 Countries and Kazakhstan. Energies 2023, 16 (11), 4370. https://doi.org/10.3390/en16114370
5. Sufang Zhang. Analysis of DSPV (distributed solar PV) power policy in China. Energy, March 2016, Volume 98, pp. 92-100. https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.01.026
6. Количество потребителей нетто-замеров в США с 2010 по 2022 год по технологиям. Statista. [электронный ресурс] https://www.statista.com/statistics/298949/net-metering-customers-in-the-united-states-by-technology/

7. Минажова С.А., Бекбаев А.Б., Кожагелди Б.Ж., Абитаева Р.Ш., Мынбаева З.Т. Обзор солнечной энергетики Германии и Казахстана: политика, текущее состояние и перспектива // Труды университета. № 3 (92). 2023. С. 414-420.
8. Jurgen Weiss. Solar Energy Support in Germany, A closer look. The Brattle group, July 2014, 49 p. https://www.brattle.com/wp-content/uploads/2017/10/7650_solar_energy_support_in_germany_-_a_closer_look.pdf
9. Тимур Шалабаев. Малая генерация ВИЭ сегодня: мал золотник, да дорог. Qazaq Green, 2020. [электронный ресурс] https://qazaqgreen.com/journal-qazaqgreen/small-generation/280/
10. Патент 8573. № 42 – 27.10.2023 МПКН01Н 69/00 / Минажова С.А., Бакеев Б.Т., Бекбаев А.Б., Кожагельды Б.Ж. Устройство многоуровневой защиты инверторной системы в сети переменного тока. https://gosreestr.kazpatent.kz/Utilitymodel/Details?docNumber=380279

Инвертор жүйесіне арналған көп деңгейлі қорғаныс құрылғысының прототипін эксперименттік зерттеу

[1]*ОМАРОВ Жақсылық Талғатұлы, *магистр, аға оқытушы, jaks_29@mail.ru,*
[1]ҚОЖАГЕЛДІ Болат Жарылқапұлы, *т.ғ.к., кафедра меңгерушісі, bolat.kozhageldi@mail.ru,*
[1]НАЛИБАЕВ Нургали Жаксылыкович, *магистр, аға оқытушы, nurgali20091978@mail.ru,*
[2]ТАШИМБЕТОВ Мурат Абдирахимович, *т.ғ.к., энергетикалық жобалау орталығының директоры, tmurat80@mail.ru,*
[3]МИНАЖОВА Сәулеш Аманбайқызы, *PhD, оқытушы, s.minazhova@gmail.com,*
[1]«М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті» КеАҚ, Сүлейменов көшесі, 7, Тараз, Қазақстан,
[2]«Қазақ мұнай және газ институты» АҚ, Абылай хан көшесі, 77, Алматы, Қазақстан,
[3]«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Сәтбаев көшесі, 22а, Алматы, Қазақстан,
**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Күн энергиясы электр энергиясын өндіру үшін одан да тартымды көзге айналуда, ал күн электр станциялары (КЭС) бүкіл әлемде кең таралған. Күн панельдері жүйелеріне әдетте күн панельдері шығаратын тұрақты токты электр жүйелерінде қолдануға болатын айнымалы токқа түрлендіретін инверторлар кіреді. Инверторлар шамадан тыс кернеулер, қысқа тұйықталулар немесе желінің тұрақсыздығы сияқты әртүрлі мәселелерге осал болуы мүмкін. Күн энергиясының инверторлық жүйесі қорғау жүйенің сенімді жұмысын қамтамасыз етуде және мүмкін болатын ақаулардың жағымсыз салдарын болдырмауда маңызды рөл атқарады. Осы тұрғыда инверторды қорғау ықтимал проблемаларды анықтауға және оларға жауап беруге, тәуекелдерді азайтуға және тұтастай алғанда энергетикалық жүйенің қауіпсіздігін қамтамасыз етуге бағытталған бірқатар технологиялар мен әрекеттерді қамтиды. Электр желісіндегі ақаулардан қорғаныс құрылғыларының әртүрлі түрлерін қолдануға негізделген инверторлық жүйенің көп деңгейлі қорғанысын тәжірибелік зерттеу нәтижелері сипатталған.*

Кілт сөздер: *жаңартылатын энергия, күн энергиясы, көп деңгейлі қорғаныс, инверторлық жүйе, желі ақаулары, сенімділікті арттыру, күн электр станциясы.*

Experimental Study of a Multi-level Protective Device for an Inverter System

[1]*OMAROV Zhaksylyk, *Master, Senior Lecturer, jaks_29@mail.ru,*
[1]KHOZHAGELDI Bolat, *Cand. of Tech. Sci., Head of Department, bolat.kozhageldi@mail.ru,*
[1]NALIBAYEV Nurgali, *Master, Senior Lecturer, nurgali20091978@mail.ru,*
[2]TASHIMBETOV Murat, *Cand. of Tech. Sci., Director of the Energy Design Center, tmurat80@mail.ru,*
[3]MINAZHOVA Saulesh, *PhD, Lecturer, s.minazhova@gmail.com,*
[1]NCJSC «M.Kh. Dulaty Taraz Regional University», Suleymenov Street, 7, Taraz, Kazakhstan,

[2]JSC «Kazakhstan Institute of Oil and Gas», Abylai khan Street, 77, Almaty, Kazakhstan,
[3]NCJSC «Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev», Satpayev Street, 22a, Almaty, Kazakhstan,
**corresponding author.*

Abstract. *Solar energy is becoming an increasingly attractive source for electricity production, and solar power plants (SPPs) are becoming more common around the world. Solar panel systems typically include inverters, which convert the direct current produced by the solar panels into alternating current that can be used in electrical systems. However, inverters can become vulnerable to various problems such as overvoltages, short circuits or grid instability. Protection of the solar power inverter system plays a key role in ensuring reliable operation of the system and preventing the negative consequences of possible malfunctions. In this context, inverter protection includes a range of technologies and activities aimed at detecting and responding to potential problems, minimizing risks and ensuring the safety of the power system as a whole. The results of an experimental study of multi-level protection of an inverter system based on the use of various types of protective devices against faults in the electrical network are described.*

Keywords: *renewable energy, solar energy, multi-level protection, inverter system, network faults, reliability improvement, solar power plant.*

REFERENCES

1. Renewable Energy Statistics, 2023. IRENA. 2023. 440 p. https://www.irena.org/Publications/2023/Jul/Renewable-energy-statistics-2023
2. Andrius Tamošiunas. Selecting Rooftop Solar Photovoltaic Modules by Measuring Their Attractiveness by a Categorical-Based Evaluation Technique (MACBETH): The Case of Lithuania. Energies 2023, 16, 2999. https://doi.org/10.3390/en16072999
3. Renewable Power Generation Costs in 2022. IRENA. 2023. 208 p. https://www.irena.org/Publications/2023/Aug/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2022
4. Minazhova S., Akhambayev R., Shalabayev T., Bekbayev A., Kozhageldi B., Tvaronavičienė M. A Review on Solar Energy Policy and Current Status: Top 5 Countries and Kazakhstan. Energies 2023, 16 (11), 4370. https://doi.org/10.3390/en16114370
5. Sufang Zhang. Analysis of DSPV (distributed solar PV) power policy in China. Energy, March 2016, Volume 98, pp. 92-100. https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.01.026
6. Statista. Number of net metering customers in the United States from 2010 to 2022, by technology. https://www.statista.com/statistics/298949/net-metering-customers-in-the-united-states-by-technology/
7. Minazhova S.A., Bekbayev A.B., Kozhageldi B.Zh., Abitayeva R.Sh., Minbayeva Z.T. Obzor solnechnoi energetiki Germanii I Kazakhstana: politika, tekusheye sostoyanie i perspektiva. [Review of solar energy in Germany and Kazakhstan: policies, current status and prospects] // University Proceedings. No. 3 (92). 2023. Pp. 414-420.
8. Jurgen Weiss. Solar Energy Support in Germany, A closer look. The Brattle group, July 2014, 49 p. https://www.brattle.com/wp-content/uploads/2017/10/7650_solar_energy_support_in_germany_-_a_closer_look.pdf
9. Timur Shalabayev. Small-scale renewable energy generation today. Qazaq Green, 2020. https://qazaqgreen.com/journal-qazaqgreen/small-generation/280/
10. Patent 8573. No. 42 – 27.10.2023 МПКН01Н 69/00 / Minazhova S.A., Bakeev B.T., Bekbayev A.B., Khozhageldi B.Zh. Multi-level protection device for an inverter system in an AC network. https://gosreestr.kazpatent.kz/Utilitymodel/Details?docNumber=380279

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_381 УДК 004.855.5

Анализ методов распознавания в задачах распознавания национальных флагов

[1]**ЕРБОЛАТ Ардак Кайратович,** *магистрант, ardak07@list.ru,*
[1]***БИГАЛИЕВА Альфия Замировна,** PhD, и.о. доцента, a.bigalieva@kstu.kz,*
[1]**САЙЛАУҚЫЗЫ Жұлдыз,** PhD, и.о. доцента, s_k_zhuldiz@mail.ru,*
[2]**КЕРЕЕВ Адилжан Кутымович,** PhD, зав. кафедрой, adiljan@mail.ru,*
[1]НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан,
[2]НАО «Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова», пр. А. Молдагуловой, 34, Актобе, Казахстан,
**автор-корреспондент.*

***Аннотация.** В работе представлен сравнительный анализ применения ведущих алгоритмов обнаружения объектов – YOLOv8 и Faster R-CNN, к задаче распознавания национальных флагов. Предметом исследования является анализ методов компьютерного зрения для точного распознавания образов в режиме реального времени. Целью работы является проведение сравнительного анализа существующих методов компьютерного зрения для определения наилучших показателей. Методология исследования включает использование набора данных из 14918 изображений для обучения и 1989 изображений для валидации. Для оценки эффективности алгоритмов использовались такие метрики, как точность, полнота, AP@0.5, AP@0.5:0.95 и FPS. Результаты исследования показали, что YOLOv8 обеспечивает высокую скорость обработки и хорошую точность при низком IoU, но имеет недостатки в виде снижения точности при высоком IoU и большого размера модели. Faster R-CNN, с другой стороны, обеспечивает высокую точность при высоком IoU и меньший размер модели, но имеет недостатки в виде низкой скорости обработки и снижения точности при низком IoU.*

***Ключевые слова:** YOLOv8, Faster R-CNN, машинное обучение, компьютерное зрение, интеллектуальные системы, сверточная нейронная сеть.*

Введение

В мире, где информация перемещается со скоростью света, способность быстро и точно распознавать визуальные символы становится критически важной [1]. Флаги стран являются не только символами государственного суверенитета, но и ключевыми элементами в международных новостях, образовательных материалах и даже в маркетинге. Они обеспечивают мгновенное распознавание и ассоциацию, что особенно важно в режиме реального времени, например, при прямых телевизионных трансляциях, международных соревнованиях или в условиях международных аэропортов.

Для работы с распознаванием и обработкой изображений используется сверточная нейронная сеть (CNN). Такой тип искусственной нейронной сети являются основой для оптимального решения задач компьютерного зрения при разделении изображений на сегменты.

Архитектура CNN строится по следующему алгоритму [2].

На первом шаге в ограниченную область входа нейрона подается входной сигнал изображения. На заданный шаг происходит смещение области вправо и происходит передача входа следующему нейрону. Так происходит работа со всем изображением. Нейроны разделены на группы, в которых весовые коэффициенты равны.

Для создания следующей группы нейронов, имеющих другой набор весовых коэффициентов, происходит повторное сканирование. Данный шаг повторяется до тех пор, пока не сформируется первый скрытый слой нейронов CNN (рисунок 1). Значение пикселя изображения и число, ему соответствующее, умножаются между собой. Так происходит работа с каждым окном изображения. В результате получаем операцию свертки, в которой все произведения суммируются. Данную операцию можно описать следую-

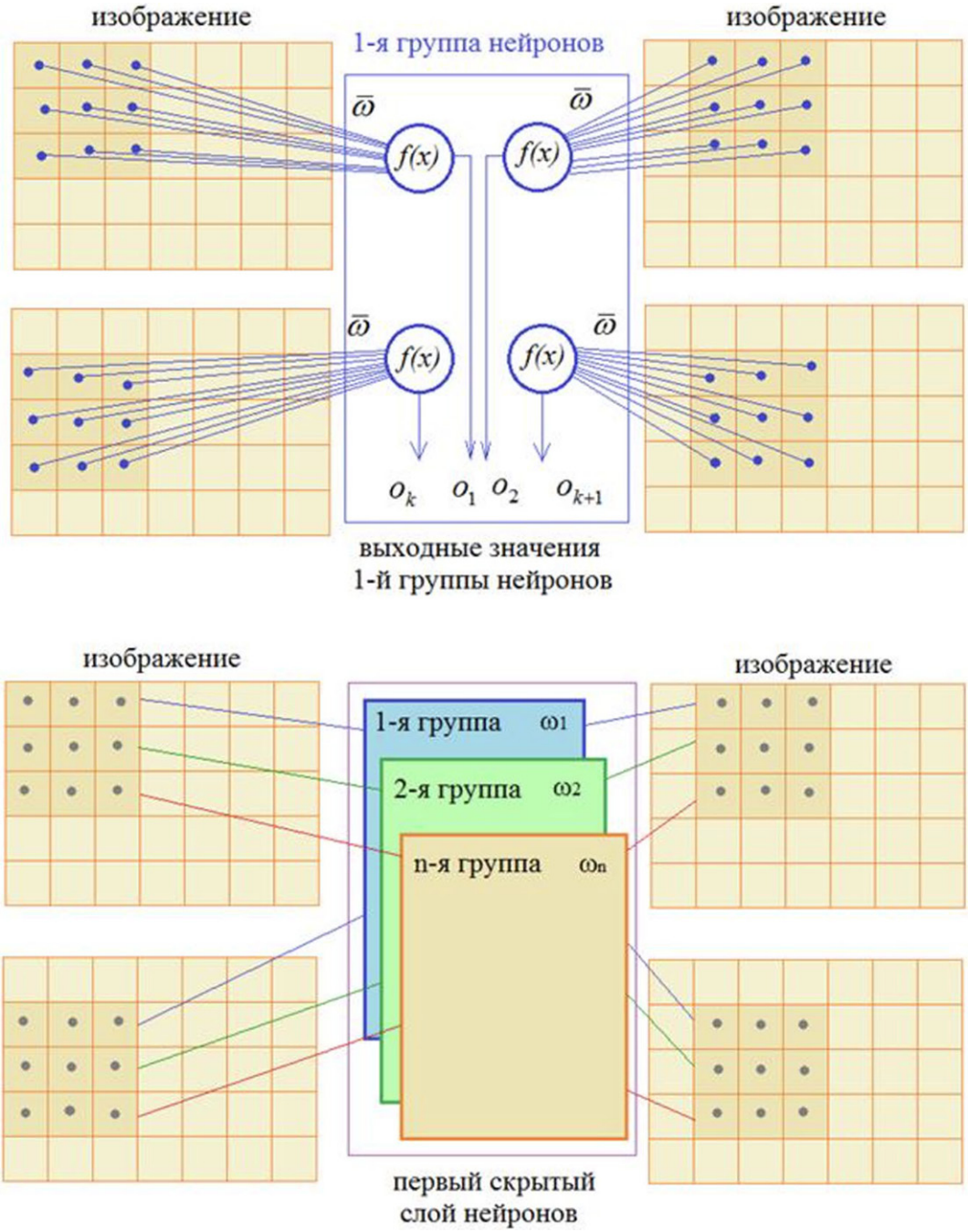


Рисунок 1 – Создание первого скрытого слоя нейронов сверточной нейронной сети

щей формулой:

$$\upsilon_{k,m} = \sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{3} x_{i+k,j+m}\omega_{ij} + \omega_0, k, m = 0, 1, 2, \ldots,$$

где $x_{i+k,j+m}$ – значения пикселей изображения;

$\upsilon_{k,m}$ – выходной сигнал для определенного положения окна на изображении;

$w_{i,j}$ – весовые коэффициенты (фильтр или ядро свертки);

w_0 – параметр смещения (bias).

В результате весовые коэффициенты остаются неизменными при перемещении окна, и для определенной группы нейронов появляются настраиваемые параметры, которые определяют возможность восприятия различных входных данных, а также характеризуют модель по сложности.

Факт того, что весовые коэффициенты постоянны для каждой группы внутри, позволяет выделить различные текстурные элементы на разных уровнях изображения. Это данные необходимы в дальнейшем для обработки, анализа и распознавания сложных схем и образов.

С целью сокращения сложности вычислений и числа параметров в сети выполняют операцию субдискретизации (рисунок 2).

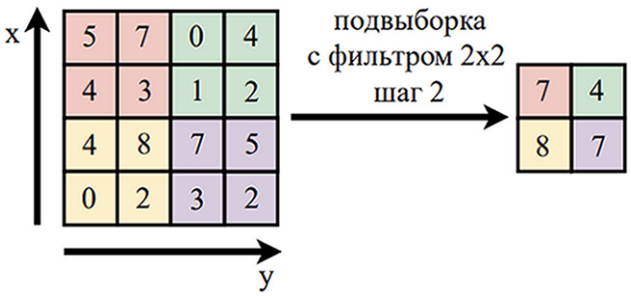


Рисунок 2 – Процесс уменьшения пространственного разрешения карт признаков

Самый базовый тип нейронной сети – это полносвязная нейронная сеть. Как следует из ее названия, именно здесь нейроны имеют связи от слоя к слою. Эта сеть является довольно популярной, т.к. она означает, что при создании модели не нужно много рассуждать. Видов существующих нейронных сетей множество [3].

Полносвязная нейронная сеть, в свою очередь, может состоять из нескольких слоев. CNN слои объединяются и происходит передача слоев сверточной на полносвязную нейронную сеть, т.е. происходит переход к более абстрактным схемам.

На текущий момент используются двухуровневые методы и одноэтапные алгоритмы в решении задач обнаружения объектов указанных классов [4]. Двухуровневые методы рассматривают изображение как отдельные кадры, повышая тем самым точность распознавания, но при этом недостаточно производительны по скорости. R-CNN, FastR-CNN и FasterR-CNN являются представителями такой архитектуры. Одноэтапные алгоритмы, в свою очередь, основаны на методах регрессии и рассматривают изображение как единое целое. При этом скорость распознавания выше, но более низкая точность. К такому виду относятся различные версии YOLO.

Методы исследования

Любое обучение нейронной сети начинается с подготовки данных для обучения [5]. В случае object detection – это датасет с файлами изображений и размеченными на них объектами. В работе применяется метод обучения с учителем для распознавания объектов. В этом случае необходимы для модели данные о положении ограничивающих рамок для флагов на изображениях.

Датасет был взят из Roboflow, также Roboflow обеспечивает не только процесс, но и позволяет экспортировать аннотированные наборы данных в различных форматах. Это становится особенно важным, поскольку методы, такие как YOLOv8 и Faster R-CNN, используют разные форматы аннотаций. Итоговый датасет включает 14918 изображений для обучения и 1989 изображений для валидации.

Платформа Google Colab была использована для обучения и валидации моделей. В таблице 1 представлена конфигурация данной платформы.

В таблице 2 представлены некоторые параметры и их значения, которые были использованы при обучении модели.

Для сравнения производительности двух различных глубоких моделей в задаче обнаружения флагов были использованы стандартные метрики, широко применяемые при оценке эффективности моделей машинного обучения:

- истинно положительные (TP) –идентификация положительного класса (флаг);
- истинно отрицательные (TN) – идентификация отрицательного класса (фон);
- ложно положительные (FP) – неверная идентификация положительного класса (ложное обнаружение флага);
- ложно отрицательные (FN) – пропуск

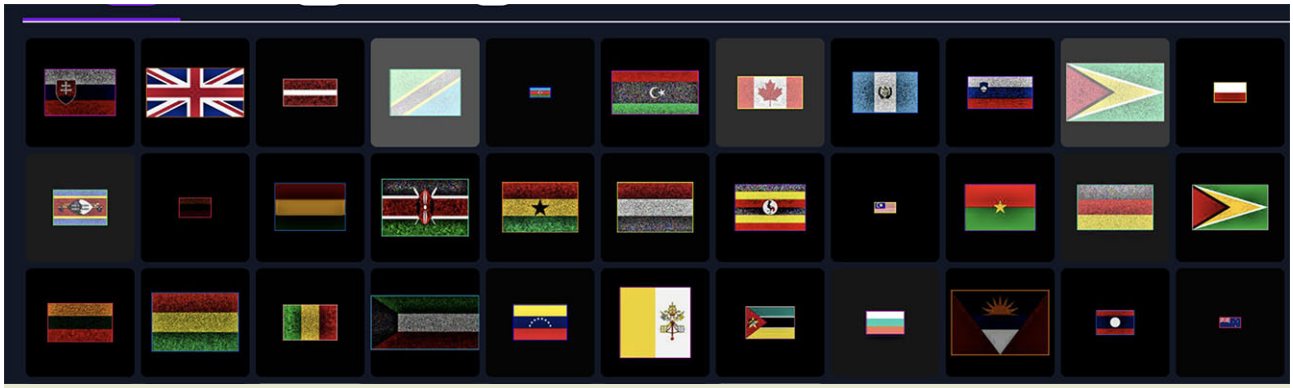


Рисунок 3

Таблица 1 – Конфигурация платформы Google Colab

Операционная система	Ubuntu 18.04
Графический процессор	NVIDIA Tesla T4
Процессор	Intel(R) Xeon(R) CPU @ 2.20ГГц
Язык программирования	Python
Фреймворк	PyTorch
Библиотеки YOLOv8	yolov5
Библиотеки Faster R-CNN	detecron2

Таблица 2 – Характеристики обучения модели

Параметр	Значение
Количество эпох	20
Размер пакета	16
Скорость обучения	0,001
Моментум	0,9
Сокращение веса	0,0005

обнаружения (неопределение флага).

Научные результаты

На основе полученных результатов TP, FP и FN вычисляются стандартные метрики: точность (precision), полнота (recall) и средняя точность (average precision, AP). Также отдельно рассчитывается количество кадров, которое модель способна обработать за одну секунду (frames per second, FPS).

Формулы определения точности и полноты представлены ниже.

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}, \quad Recall = \frac{TP}{TP + FN}.$$

Средняя точность является одной из наиболее используемых метрик для определения качества модели обнаружения объектов. При этом средняя точность может включать в себя различные метрики в зависимости от IoU. Наиболее используемыми является значение AP при IoU не меньше 0.5 и среднее значение AP при пороговых значениях IoU в диапазоне от 0.5 до 0.95 с шагом 0.5, которые обозначаются AP@.5 и AP@.5:.95 соответственно.

Количество кадров в секунду — это основной показатель быстроты модели. В основном считается, что показатель FPS выше 30 достаточен для выполнения обнаружения в потоковом режиме.

Сравнение результатов моделей

Размер обученных моделей YOLOv5 и Faster R-CNN составил 40.2 МБ и 230.8 МБ соответственно. После обучения модели были протестированы на первом валидационном наборе. Существует две категории архитектуры к использованию нейронных сетей для обнаружения объектов. Первая категория включает двухуровневые методы, такие как R-CNN, FastR-CNN и FasterR-CNN. Эти методы используют регионы на изображении для обнаружения объектов, что ограничивает их скорость обработки изображений, так как они анализируют только определенные регионы, а не всё изображение. Во второй категории находятся одноэтапные алгоритмы, такие как различные версии YOLO. Эти алгоритмы не используют отдельную сеть для генерации регионов и анализируют изображения целиком. Это позволяет им работать быстрее, но их точность, особенно при обнаружении малых объектов, ниже, чем у двухуровневых методов [6]. Результаты сравнения этих подходов представлены в таблице 3.

Выводы

YOLOv8 показывает улучшение показателей AP@0.5 и FPS на 0.9% и 49.94 к/с соответственно по сравнению с Faster R-CNN. Однако Faster R-CNN демонстрирует увеличение показателя AP@0.5:0.95 на 0.8% по сравнению с YOLOv8. Из этого можно сделать вывод, что YOLOv8 более эффективен в быстродействии и обладает высокой точностью при низком пороговом значении IoU, в то время как Faster R-CNN сохраняет высокую точность при более строгом условии совпадения рамок.

Исследование показало, что модели YOLOv8 и Faster R-CNN демонстрируют различные характеристики в задаче обнаружения объектов. YOLOv8 проявляет превосходство в скорости обработки и точности при низком пороге IoU, что делает его предпочтительным в ситуациях, требующих быстро-

Таблица 3 – Сравнение результатов

Архитектура	Точность, %	Полнота, %	AP@.5, %	AP@.5:.95, %	FPS, к/с
YOLOv5	93,6	93,7	96	50,2	56,5
Faster R-CNN	94,2	92,8	95,1	51	6,56

го реагирования. С другой стороны, Faster R-CNN сохраняет высокую точность при более строгом условии совпадения рамок, что может быть критически важным в приложениях, где точность обнаружения играет решающую роль, несмотря на более низкую скорость работы. Понимание этих различий поможет выбрать подходящую модель в зависимости от конкретных требований и контекста применения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dong X., Kedziora D.J., Musial K., Gabrys B. Automated Deep Learning: Neural Architecture Search Is Not the End. Foundations and Trends in Machine Learning, 2024, Vol. 17: No. 5, pp. 767-920, doi: 10.1561/2200000119
2. Jin H., Liu I., Xu P., Zhang X., Han S., Bi S., Zhou X., Xu Z., Su H. TensoIR: Tensorial Inverse Rendering. 2023 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2023, 17-24 June 2023, pp. 165-174. doi: 10.48550/arXiv.2304.12461
3. Таулли Т. Основы искусственного интеллекта: нетехническое введение. СПб: БХВ, 2021.
4. Pavlovic M., Al Hajj G.S., Kanduri C. Improving generalization of machine learning-identified biomarkers using causal modelling with examples from immune receptor diagnostics. Nature Machine Intelligence, 2024, Vol. 6, pp. 15-24. doi: 10.1038/s42256-023-00781-8
5. Oralbayeva N. Amirova A. Telisheva Zh. Zhanatkyzy A. Aimysheva A. Sandygulova A. Montessori-based Design of Long-term Child-Robot Interaction for Alphabet Learning // ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. 2023. – Pp. 691-695.
6. Гудфеллоу Я., Курвиль А., Бенджио И. Глубокое обучение. М.: ДМК-Пресс, 2018. – 654 с.

Мемлекеттік туды тану міндеттеріндегі тану әдістерін талдау

[1]ЕРБОЛАТ Ардак Кайратович, *магистрант, ardak07@list.ru,*
[1]*БИГАЛИЕВА Альфия Замировна, *PhD, доцент м.а., a.bigalieva@kstu.kz,*
[1]САЙЛАУҚЫЗЫ Жұлдыз, *PhD, доцент м.а., s_k_zhuldiz@mail.ru,*
[2]КЕРЕЕВ Адилжан Кутымович, *PhD, кафедра меңгерушісі, adiljan@mail.ru,*
[1]«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Н. Назарбаев даңғылы, 56, Қарағанды, Қазақстан,
[2]«Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті» КеАҚ, Ә. Молдағұлова даңғылы, 34, Ақтөбе, Қазақстан,
**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Мемлекеттік туларды тану мәселесіне жетекші нысандарды анықтау алгоритмдерін – YOLOv8 және Faster R-CNN қолданудың салыстырмалы талдауы ұсынылған. Зерттеудің мақсаты – нақты уақыт режимінде үлгіні дәл тану үшін компьютерлік көру әдістерін талдау. Жақсы көрсеткіштерді анықтау үшін компьютерлік көрудің қолданыстағы әдістеріне салыстырмалы талдау жүргізу. Зерттеу әдістемесі – оқыту үшін 14918 кескіннен және валидация үшін 1989 кескіннен тұратын мәліметтер жиынтығын пайдалану. Алгоритмдердің тиімділігін бағалау үшін дәлдік, толықтық, AP@0.5, AP@0.5:0.95 және FPS. Зерттеу нәтижелері YOLOv8 төмен IoU-да жоғары өңдеу жылдамдығы мен жақсы дәлдікті*

қамтамасыз ететінін көрсетті, бірақ жоғары IoU-да дәлдікті төмендету және үлкен модель өлшемінде кемшіліктері бар. Екінші жағынан, Faster R-CNN жоғары IoU-да жоғары дәлдікті және модельдің кішірек өлшемін қамтамасыз етеді, бірақ төмен IOU-да өңдеу жылдамдығы мен дәлдіктің төмендеуінде кемшіліктер бар.

Кілт сөздер: *YOLOv8, Faster R-CNN, машиналық оқыту, компьютерлік көру, интеллектуалды жүйелер, конволюциялық нейрондық желі.*

Analysis of Recognition Methods in National Flag Recognition Tasks

[1]YERBOLAT Ardak, *Master's Student, ardak07@list.ru,*
[1]*BIGALIYEVA Alfiya, *PhD, Acting Associate Professor, a.bigalieva@kstu.kz,*
[1]SAILAUKYZY Zhuldyz, *PhD, Acting Associate Professor, s_k_zhuldiz@mail.ru,*
[2]KEREYEV Adilzhan, *PhD, Head of Department, adiljan@mail.ru,*
[1]NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», N. Nazarbayev Avenue, 56, Karaganda, Kazakhstan,
[2]NPJSC «K. Zhubanov Aktobe Regional University», A. Moldagulova Avenue, 34, Aktobe, Kazakhstan,
**corresponding author.*

Abstract. *The paper presents a comparative analysis of the application of the leading object detection algorithms – YOLOv8 and Faster R-CNN, to the task of recognizing national flags. The subject of the study is the analysis of computer vision methods for accurate image recognition in real time. The purpose of the work is to conduct a comparative analysis of existing computer vision methods to determine the best indicators. The research methodology includes the use of a dataset of 14918 images for training and 1989 images for validation. To evaluate the effectiveness of algorithms, metrics such as accuracy, completeness, AP@0.5 , AP@0.5:0.95 and FPS. The results of the study showed that YOLOv8 provides high processing speed and good accuracy at low IoU, but has disadvantages in the form of reduced accuracy at high IoU and large model size. Faster R-CNN, on the other hand, provides high accuracy at high IoU and a smaller model size, but has disadvantages in the form of low processing speed and reduced accuracy at low IoU.*

Keywords: *YOLOv8, Faster R-CNN, machine learning, computer vision, intelligent systems, convolutional neural network.*

REFERENCES

1. Dong X., Kedziora D.J., Musial K., Gabrys B. Automated Deep Learning: Neural Architecture Search Is Not the End. Foundations and Trends in Machine Learning, 2024, Vol. 17: No. 5, pp. 767-920, doi: 10.1561/2200000119
2. Jin H., Liu I., Xu P., Zhang X., Han S., Bi S., Zhou X., Xu Z., Su H. TensoIR: Tensorial Inverse Rendering. 2023 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2023, 17-24 June 2023, pp. 165-174. doi: 10.48550/arXiv.2304.12461
3. Taulli T. Osnovy iskusstvennogo intellekta: netekhnicheskoe vvedenie. SPb: BKHV, 2021.
4. Pavlovic M., Al Hajj G.S., Kanduri C. Improving generalization of machine learning-identified biomarkers using causal modelling with examples from immune receptor diagnostics. Nature Machine Intelligence, 2024, Vol. 6, pp. 15-24. doi: 10.1038/s42256-023-00781-8
5. Oralbayeva N. Amirova A. Telisheva Zh. Zhanatkyzy A. Aimysheva A. Sandygulova A. Montessori-based Design of Long-term Child-Robot Interaction for Alphabet Learning // ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. 2023. – Pp. 691-695.
6. Gudfellou YA., Kurvil' A., Bendzhio I. Glubokoe obuchenie. Moscow: DMK-Press, 2018. – 654 p.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_387 ӘОЖ 621.314:629.7.01

Байланған мультикоптердің эскиздік моделін зерттеу

[1]**ТАЙСАРИЕВА Кырмызы Нурлановна,** *PhD, қауымдастырылған профессор, k.taissariyeva@satbayev.university,*
[1]**ИСЕМБЕРГЕНОВ Налик Турегалиевич,** *т.ғ.д., профессор, n.isembergenov@satbayev.university,*
[1]**МҰСІЛІМОВ Қуаныш Бақытұлы,** *магистр, аға оқытушы, k.muslimov@satbayev.university,*
[1]***ДЖОБАЛАЕВА Гулим Сасановна,** *докторант, g.jobalayeva@satbayev.university,*
[1]**ИСАҚОЖАЕВА Іңкәр Нурланқызы,** *докторант, inkar.n@mail.ru,*
[1]*«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Сәтбаев көшесі, 22а, Алматы, Қазақстан,*
**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Байланған мультикоптердің құрамдас бөліктері талданып, оның эскиздік сызбасы AutoCad бағдарламалық ортасында сызылып, тәжірибелік үлгісі жасалды. Мультикоптерлердің тағы бір конструктивті айырмашылығы – құрылымның бүктелуі. Коптерлердің бірнеше түрлі үлгілері бар, олар тасымалдауға ыңғайлы болу үшін оңай бүктеледі және пайдалануға оңай дайындалады. Артықшылықтарына тоқталсақ, пайдаланудағы биіктік, берілген нүктеде қалықтау мүмкіндігі қону үшін парашютті қажет етпейді, сонымен қатар олардың кемшіліктері де бар, яғни аз ұшу уақыты, төмен жылдамдық, бекітілген қанатты көліктермен салыстырғанда жеңілдетілген ұшу. Осы кемшіліктерді толықтыру мақсатында, әуеде ұзақ уақытта ұшу үшін оны кабель арқылы байлап мультикоптерге қорек көзі жердегі станциядан беріледі. Ал мультикоптердің құрамдас бөлігіндегі аккумулятормен инвертор, ол кабель үзілген немесе істен шыққан жағдайда мультикоптердің жерге құламай әуеде біраз уақыт тұруын қамтамасыз етеді. Бұл зерттеулер AP19679602 «Разработка привязной унифицированной мультикоптерной платформы двойного назначения с инвертором с повышенной частотной коммутацией и высоким коэффициентом преобразования напряжения» гранттық қаржыландыру тақырыбы бойынша жасалған.*

Кілт сөздер: *мультикоптер, байланған, эскиз, қозғалтқыш, ҰҰА, инвертор.*

Кіріспе

Коптерлер бұрандалардың саны бойынша бір-бірімен ерекшеленеді – олардың саны 2, 3, 4, 6, 8 немесе одан да көп болуы мүмкін. Қазіргі таңда ең көп таралғандары 4 винті бар – квадрокоптерлер. Бірақ әдетте жүк көтергіштері, алтыбұрышты және октакоптерлер де кездеседі [1, 2].

Мультикоптер – көп моторлы немесе көп айналмалы ұшу аппараты (тікұшақ), оның көтергіш бұрандалары қарама-қарсы бағытта диагональ бойынша айналуды жүзеге асырады. Мультикоптерлер моторлар саны бойынша (немесе тасымалдаушы бұрандалар саны бойынша) ерекшеленеді.

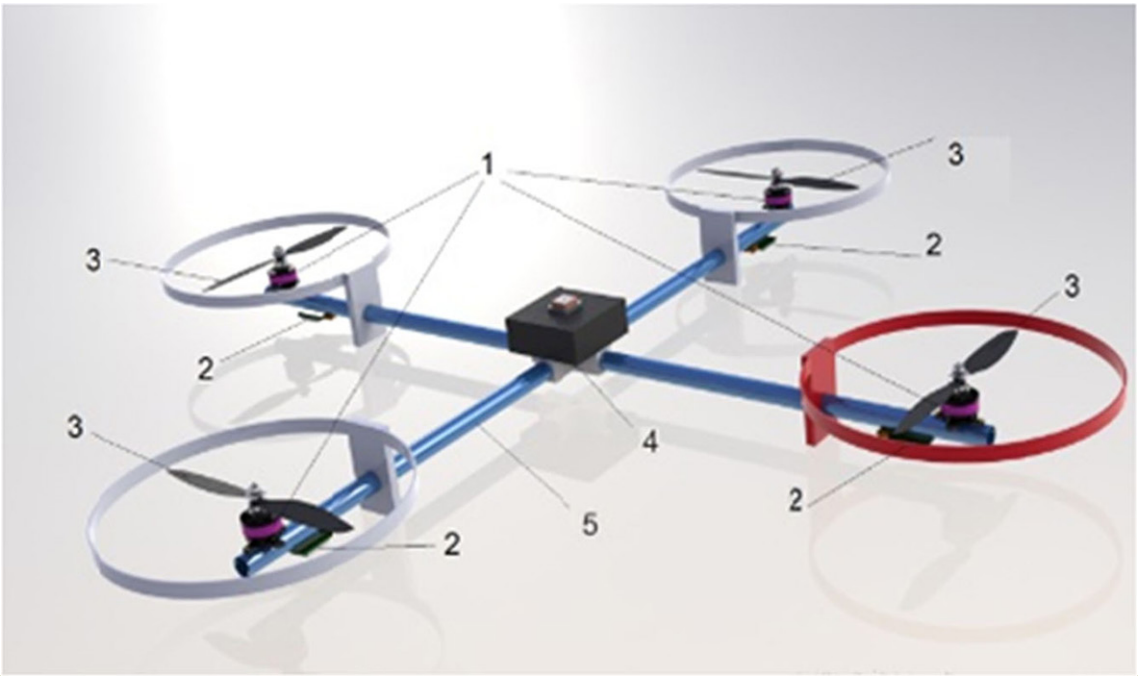
Мультикоптердің заманауи үлгілері негізінен ойын-сауыққа арналған қарапайым дизайнға ие болуы мүмкін немесе күрделі құрамдас бөліктерден тұруы мүмкін.

Мультикоптердің ішкі құрылымы әр модельде әр түрлі екеніне қарамастан, оның негізгі компоненттері әрқашан өзгермейді. Жалпы алғанда, әрбір мультикоптердің келесі бөліктерін ажыратуға болады, ол 1-суретте көрсетілген.

Рамка мультикоптердің негізі болып табылады, оған оны құрайтын барлық элементтер бекітіледі. Жақтауды жасаудағы әзірлеушілердің негізгі міндеті – дронды соққыға төзімді, жеңіл және берік құрылғыға айналдыру.

Жақтауды жасау үшін әдетте полимерлер немесе күшті, бірақ жеңіл қорытпалар қолданылады. Сонымен қатар, көміртегі, шыны талшық және басқа материалдар белсенді түрде қолданылады, бұл құрылымның максималды қаттылығын қамтамасыз ете алады [3].

Ұшу диспетчері – бұл коптердің «миы». Ол оператордың қашықтан басқару пуль-



1 – қозғалтқыштар, 2 – айналымдарды реттегіштер, 3 – пропеллерлер, 4 – ұшуды бақылаушы, 5 – рама

1-сурет – Ұшқышсыз ұшу аппаратының құрамдас бөліктері

тінен және оған орнатылған датчиктерден келетін әр түрлі сигналдарды өңдеуге бағдарламаланған. Контроллер сигналдарды неғұрлым көп өңдей алатын болса, дрон соғұрлым жан-жақты болады. Шлейфтің көмегімен ұшу диспетчері төртеуінің әрқайсысына қосылған қозғалтқыштардың, бұл оларға басқару сигналдарын беруге мүмкіндік береді [5].

Материалдар мен ұшу диспетчерін мультикоптердің құрамдас бөліктеріне қосу әдістері

Бүкіл ұшудың тұрақтылығы ұшу диспетчерінің жұмысына байланысты болғандықтан, мультикоптерді жасау кезінде әзірлеушілер бұл элементтерді дірілді мүмкіндігінше оқшаулау үшін әртүрлі әдістерді белсенді түрде қолданады. Әдетте, контроллер дірілден неғұрлым жақсы оқшауланған болса, мультикоптер соғұрлым тұрақты ұшады. Соңғы уақытта жоғары деңгейлі ұшу контроллері кіріктірілген діріл оқшаулауымен шығарыла бастады.

Ұшу диспетчеріне әр түрлі датчиктер жиынтығы (GPS, гироскоптар, барометр, акселерометр және т.б.) қосылады, олар оған өз көрсеткіштерін береді. Операторменкері байланыс корпуста орнатылған арнайы таратқыш арқылы жүзеге асырылады. Алынған көрсеткіштерге байланысты оператор мультикоптердің ұшу параметрлерін өзгертеді. Егер мультикоптердің ұшу диспетчері жеткілікті түрде «ақылды» болса, онда ол сенсорлардың көрсеткіштеріне және оған тігілген алгоритмдерге негізделген бағдарламалар, оператордың көмегіне жүгінбей-ақ, мультикоптердің ұшу параметрлерінде өзгерте алады. Ұшу диспетчерінің соңғы құрамы мультикоптердің құнына байланысты болады. Ең қарапайым коптерлерге кіретін командаларға байланысты қозғалтқыштардың айналуын ғана басқара алады, ал ең жетілдірілгендері, мысалы, ұшыру нүктесіне өздігінен басқара алады [7].

Ұшу диспетчерінің негізгі құрамы келесідей:

- Негізгі процессор – командаларды өңдеуге жауап береді;
- Гироскоп – мультикоптердің кеңістіктегі орнын анықтауға арналған сенсор;
- Барометр – аппараттың орналасу биіктігін анықтайтын құрылғы;
- Акселерометр – құрылғының үшжазықтықтағы (x, y, z) үдеуін талдайтын құрылғы.
- Бағыттаушы көрсеткі – мультикоптер ұшуы тиіс бағытты көрсетеді (тақта негізінің бұрыштарының бірінде орналасқан);
- GPS-навигатор – мультикоптердің орналасқан жерін анықтайды;
- Wi-Fi – сыртқы құрылғылармен (планшет, смартфон, ДК) байланысу үшін ЖЖҚ.

Әрбір ұшқышсыз басқару пульті белгілі бір арналар санына конфигурацияланған.

Дронға арналған арналардың ең аз саны – 4 (басқарылатын осьтердің саны анықталады). Келіп түскен сигналдарды өңдегеннен кейін дронның ұшу диспетчерлері жылдамдықты реттегіштерге тиісті нұсқаулықтарды жібереді, ал олар өз кезегінде көлік құралының винттерінің айналу параметрлерін өзгертеді [5].

Дронның тепе-теңдікте ұшуы және жақсы басқарылуы үшін, оның винттері ұшу кезінде әртүрлі бағытта айналу керек (бір жұп сағат тілімен, екіншісі оған қарсы).

Дронның ұшу сипаты бұрандалардың айналу параметрлеріне байланысты егер:

- барлық бұрандалар бірдей жылдамдықпен айналса, коптер көтеріледі;
- бұрандалардың бірі жылдамырақ айналса – коптер еңкейіп, сәйкес жаққа жылжиды;
- пропеллер жұбы жылдамырақ қозғала бастаса – ось бойынша жан жаққа бұрылады.

Байланған мультикоптердің эскиздік моделін жасау нәтижесі

Әрбір қозғалтқыш (барлығы 4 қозғалтқыш бар) бір винтке бекітіледі және оны айналым реттегіштері тудыратын жылдамдықпен қозғалысқа келтіреді. Айналым реттегіші ұшу реттегішінен келетін пәрмендер негізінде жылдамдықты орнатады (3-суретті қараныз) [6].

Байланған ұшқышсыз ұшу аппаратының жиналған тәжірибелік үлгісі AutoCad программалық ортада сызылды. Айта кету керек, пропеллерлер мен қозғалтқыштар дронның ең тозатын бөліктері болып табылады, өйткені ол ұшқан кезде негізгі жүктеме соларға түседі. Бұл жағдайда әр түрлі апаттық жағдайлар туындаған жағдайда, оның ішінде дрондардың құлауы, конструкцияның бұрандалары кіретін ашық бөліктері бірінші болып бұзылады. Сондықтан жаңадан бастаушыларға ұшқышсыз ұшақтарды жасаушылар арнайы пропеллер қорғанысымен жабдықталған құрылғыларды сатып алуды ұсынады. Бұл соққыларға төзімді және бұрандаларды сынудан сақтайтын доғалар немесе қаптамалар болуы мүмкін.

Мультикоптердің тағы бір маңызды элементі, негізінен, кез келген автономды құрылғы сияқты, қайта зарядталатын батарея болып табылады. Коптер көтеріле алатын максималды биіктік, сондай-ақ ұшу қашықтығы мен уақыты оның сыйымдылығына (сағатына миллиампермен көрсетілген) байланысты. Осыған сүйене отырып, коптерлерді жасаушылар аккумуляторға да айтарлықтай көңіл бөледі [2, 3].

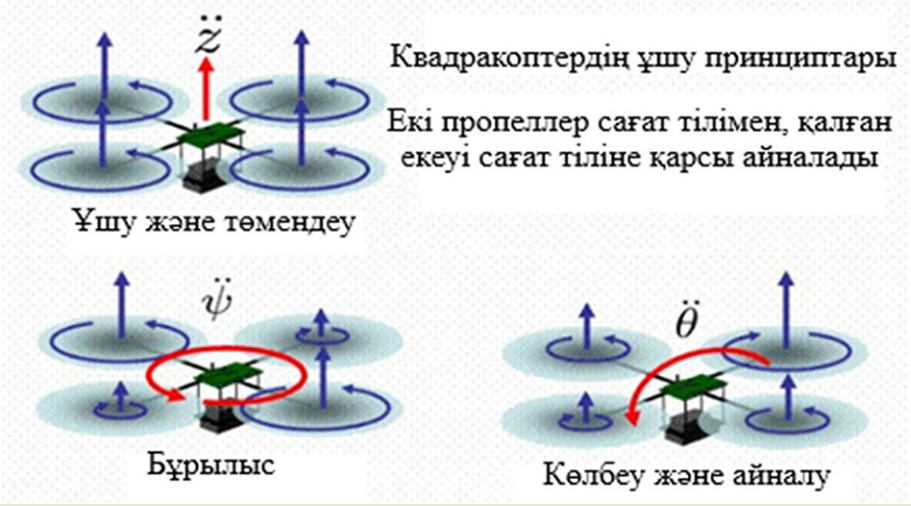
Осы эскиздік сызба негізінде төмендегідей ҰҰА тәжірибелік үлгісі жасалды.

4-суретте байланған ұшқышсыз ұшу аппаратының жиналған тәжірибелік үлгісі көрсетілген, бұл жерде жердегі қорек көзі ретінде генератор жалғанған.

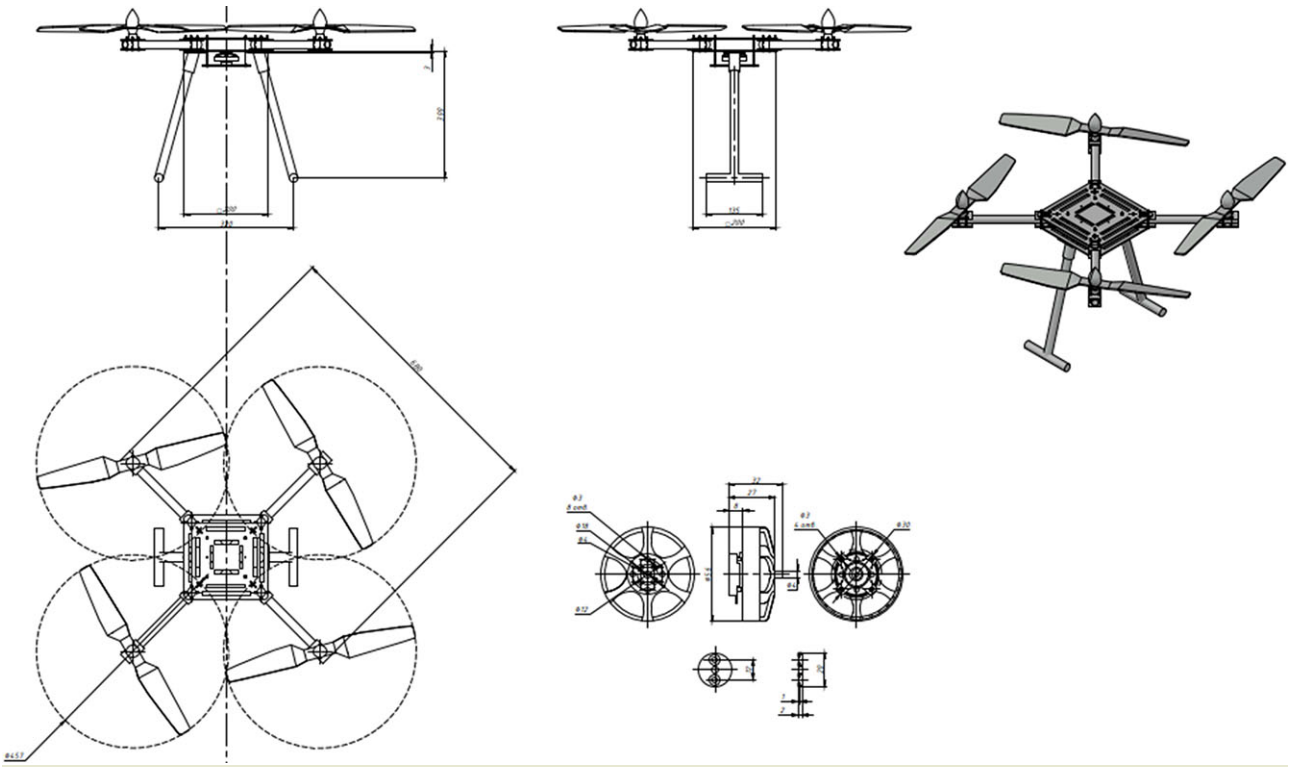
Ғылыми мақаланы талқылау

Егер мультикоптер дұрыс жобаланған болса, оның масса орталығы геометриялық орталық ішінде болады. Жердегі координаттар жүйесінің (E) осьтерін X, Y, Z арқылы белгілесек; ал байланысқан координаттар жүйесінің (B) осьтерін x, y, z арқылы белгілейміз.

Байланған мультикоптердің 4 еркіндік дәрежесі бар. Оның қозғалысын масса центрінің трансляциялық қозғалысының және масса центріне қатысты аппараттың айналмалы қозғалысының жиынтығы ретінде ұсынуға болады [8, 9]. Мультикоптер үшін қоз-



2-сурет – Коптерлер класының ұшу припциптері



3-сурет – Байланған ұшқышсыз ұшу аппаратының эскиздік сұлбасы

4-сурет – Байланған ұшқышсыз ұшу аппаратының жиналған тәжірибелік үлгісі

ғалыс теңдеулерінің бір мысалы келтірілген [7]. Құрылғы дизайнының қаттылығын елемеуге болады, содан кейін қозғалысты сипаттайтын теңдеуде келесідей:

Дененің массасы үшін *m* Ньютонның екінші заңы екінші заңы бойынша мынаған тең:

$$m\vec{a} = -mg\vec{e_y} + R(\varphi,\theta,\Psi)\vec{u}. \qquad (1)$$

Бұл жерде, $a = (x,y,z)^T$ – с – динамикалық жүйенің жалпы үдеуі;

m – дененің массасы;

$\vec{e_y}$ – Y осі бойымен бағытталған бірлік векторы;

$R(\varphi,\theta,\Psi)$ –айналу матрицасы;

$\vec{u}$ – жүйеге әсер ететін консервативті емес күштердің қосындысы (күштерді қоса алғанда және бұрандалардың тарту күші).

Мультикоптердің барлық аккумуляторлары салыстырмалы түрде ауыр, сондықтан оларды бекітуге арналған конструкция жеткілікті берік болуы керек (раманың сенімді және берік материалдардан жасалуының тағы бір себебі болып табылады). Батареяның сыйымдылығы мен шағын көлеміне байланысты кішкене дрондар әзірге ауада 3-5 минуттан артық тұра алмайды. Әуесқой модельдер ауада шамамен 12-15 минут тұра алады. Кәсіби дрондардың автономды режимде ұшу ұзақтығы жарты сағаттан аспайды [6, 9].

Қорытынды

Байланған мультикоптердің эскиздік моделі жасалды. Мультикоптердегі қозғалтқыштардың айналу жиілігін арттыру арқылы байланған мультикоптерді жоғары көтереді, ал жиілікті азайту арқылы оны төмен түсіреді. Мультикоптердің таңдалған бағыттағы көлденең қозғалысы бір немесе екі қозғалтқыштың айналу жиілігін өзгерту арқылы жүзеге асырылады. Сондай-ақ, үздіксіз қуат көзі (ҮҚҚ), зарядтағыш, аккумуляторлар және инвертор мультикоптердің құрамында бар, олар электр қуаты жоғалған немесе электр желісі уақытша өшіп қалған жағдайда мультикоптердің апаттық қонуын қамтамасыз етеді, бұл пилотсыз құрылғылардың тәулік бойы жұмыс істеуіне мүмкіндік береді.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Jatsun S.F. et al. Investigation of Oscillations of a Quadcopter Convertiplane in Transient Mode in the Vertical Longitudinal Plane // Proceedings of 14th International Conference on Electromechanics and Robotics «Zavalishin's Readings», Springer, Singapore, 2020, pp. 345-358. DOI: 10.1007/978-981-13-9267-2_28
2. Zulu A., John S. A review of control algorithms for autonomous quadrotors // Open Journal of Applied Sciences, 2014, no. 4, pp. 547-556. DOI: 10.4236/ojapps.2014.414053
3. Jatsun S. et al. Control flight of a UAV type tricopter with fuzzy logic controller // XIII International scientific and technical conference «Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines», 2017, pp. 1-5. DOI: 10.1109/Dynamics.2017.8239459
4. Mellinger D., Kumar V. Control and Planning for Vehicles with Uncertainty in Dynamics // Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2010, pp. 960-965. DOI: 10.1109/ROBOT.2010.5509794
5. Tang S., Wüest V., Kumar V. Aggressive Flight with Suspended Payloads Using VisionBased Control // IEEE Robotics and Automation Letters, 2018, vol. 3, issue 2, pp. 1152-1159. DOI:10.1109/LRA.2018.2793305
6. Mustapa Z. et al. Altitude controller design for multi-copter UAV // 2014 International Conference on Computer, Communications, and Control Technology (I4CT), 2014, pp. 382-387. DOI: 10.1109/I4CT.2014.6914210
7. Beji L., Abichou A., Slim R. Stabilization with Motion Planning of a Four Rotor Mini-rotorcraft for Terrain Missions Fourth // Int. Conf. on Intelligent Systems Design and APPlications (ISDA), 2004, pp. 335-340.
8. Chen Y., Chen R., Su J., Simulation design on the 6-dof parallel vibrati on platform Based on Sim Mechanics and Virtual Reality // World Automation Congress (WAC), 2012. 11. Mahony R., Kumar V., Corke P. Multirotor aerial vehicles: Modeling, estimation, and control of quadrotor // IEEE Robotics and Automation Magazine, 2012, vol. 19, no. 3, pp. 20-32. DOI: 10.1109/MRA.2012.2206474
9. Lara D., Romero G., Sanchez A., Lozano R., Guerrero A. Robustness margin for attitude control of a four rotor mini-rotorcraft // Mechatronics, 2010, vol. 20, no. 1, pp. 143-152. DOI: 10.1016/j.mechatronics.2009.11.002

Исследование эскизной модели привязанного мультикоптера

*[1]**ТАЙСАРИЕВА Кырмызы Нурлановна,** PhD, ассоцированный профессор, k.taissariyeva@satbayev.university,*
*[1]**ИСЕМБЕРГЕНОВ Налик Турегалиевич**, д.т.н., профессор, n.issembergenov@satbayev.university,*
*[1]**MYCILIMOB Куаныш Бақытұлы,** магистр, старший преподаватель, k.muslimov@satbayev.university,*
*[1]***ДЖОБАЛАЕВА Гулим Сасановна,** докторант, g.jobalayeva@satbayev.university,*
*[1]**ИСАҚОЖАЕВА Іңкәр Нурланқызы,** докторант, inkar.n@mail.ru,*
[1]НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева», ул. Сатпаева, 22а, Алматы, Казахстан,
**автор-корреспондент.*

***Аннотация.** Проведен анализ компонентов мультикоптера, и его чертеж был создан в программе AutoCad, после чего разработан экспериментальный образец. Одной из конструктивных особенностей мультикоптеров является возможность их складывания. Существует несколько моделей, которые удобно складывать для транспортировки и легко готовить к использованию. Несмотря на преимущества, такие как высокая маневренность и возможность парения на месте, мультикоптеры обладают и некоторыми недостатками: ограниченное время полета, низкая скорость и легкость в сравнении с фиксированными крыльями. Для продления времени в воздухе мультикоптер может быть привязан кабелем к источнику питания на земле. Инвертор с аккумулятором в компоненте мультикоптера обеспечивает автономность в случае обрыва кабеля, позволяя временно удерживаться в воздухе. Данные исследования выполнены по теме грантового финансирования AP19679602 «Разработка привязной унифицированной мультикоптерной платформы двойного назначения с инвертором с повышенной частотной коммутацией и высоким коэффициентом преобразования напряжения».*

***Ключевые слова:** мультикоптер, привязной, эскиз, двигатель, БПЛА, инвертор.*

Study of a Sketch Model of a Tethered Multicopter

*[1]**TAISSARIYEVA Kyrmyzy,** PhD, Associate Professor, k.taissariyeva@satbayev.university,*
*[1]**ISSEMBERGENOV Nalik,** Doctor of Technical Sciences, Professor, n.issembergenov@satbayev.university,*
*[1]**MUSSILIMOV Kuanysh,** Master's Degree, Senior Lecturer, k.muslimov@satbayev.university,*
*[1]***JOBALAYEVA Gulim,** Doctoral Student, g.jobalayeva@satbayev.university,*
*[1]**ISSAKOZHAYEVA Ingkar,** Doctoral Student, inkar.n@mail.ru,*
[1]NCJSC «Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev», Satpayev Street, 22a, Almaty, Kazakhstan,
**corresponding author.*

***Abstract.** The components of the multicopter were analyzed, and its drawing was created in the AutoCAD program, after which an experimental sample was developed. One of the design features of multicopters is the ability to fold them. There are several models that are convenient to fold for transportation and easy to prepare for use. Despite the advantages such as high maneuverability and the ability to hover in place, multicopters also have some disadvantages: limited flight time, low speed and lightness compared to fixed wings. To extend the time in the air, the multicopter can be connected by cable to a power source on the ground. An inverter with a battery in the multicopter component provides autonomy in the event of a cable break, allowing it to be temporarily held in the air. These studies were carried out on the topic of grant financing AR19679602 «Development of a tethered unified dual-purpose multicopter platform with an inverter with increased frequency switching and a high voltage conversion coefficient».*

***Keywords:** multicopter, tethered, sketch, engine, UAV, inverter.*

REFERENCES

1. Jatsun S.F. et al. Investigation of Oscillations of a Quadcopter Convertiplane in Transient Mode in the Vertical Longitudinal Plane // Proceedings of 14th International Conference on Electromechanics and Robotics «Zavalishin's Readings», Springer, Singapore, 2020, pp. 345-358. DOI: 10.1007/978-981-13-9267-2_28
2. Zulu A., John S. A review of control algorithms for autonomous quadrotors // Open Journal of Applied Sciences, 2014, no. 4, pp. 547-556. DOI: 10.4236/ojapps.2014.414053
3. Jatsun S. et al. Control flight of a UAV type tricopter with fuzzy logic controller // XIII International scientific and technical conference «Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines», 2017, pp. 1-5. DOI: 10.1109/Dynamics.2017.8239459
4. Mellinger D., Kumar V. Control and Planning for Vehicles with Uncertainty in Dynamics // Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2010, pp. 960-965. DOI: 10.1109/ROBOT.2010.5509794
5. Tang S., Wüest V., Kumar V. Aggressive Flight with Suspended Payloads Using VisionBased Control // IEEE Robotics and Automation Letters, 2018, vol. 3, issue 2, pp. 1152-1159. DOI:10.1109/LRA.2018.2793305
6. Mustapa Z. et al. Altitude controller design for multi-copter UAV // 2014 International Conference on Computer, Communications, and Control Technology (I4CT), 2014, pp. 382-387. DOI: 10.1109/I4CT.2014.6914210
7. Beji L., Abichou A., Slim R. Stabilization with Motion Planning of a Four Rotor Mini-rotorcraft for Terrain Missions Fourth // Int. Conf. on Intelligent Systems Design and APPlications (ISDA), 2004, pp. 335-340.
8. Chen Y., Chen R., Su J., Simulation design on the 6-dof parallel vibrati on platform Based on Sim Mechanics and Virtual Reality // World Automation Congress (WAC), 2012. 11. Mahony R., Kumar V., Corke P. Multirotor aerial vehicles: Modeling, estimation, and control of quadrotor // IEEE Robotics and Automation Magazine, 2012, vol. 19, no. 3, pp. 20-32. DOI: 10.1109/MRA.2012.2206474
9. Lara D., Romero G., Sanchez A., Lozano R., Guerrero A. Robustness margin for attitude control of a four rotor mini-rotorcraft // Mechatronics, 2010, vol. 20, no. 1, pp. 143-152. DOI: 10.1016/j.mechatronics.2009.11.002

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_394 ӘОЖ 621.31

"Nova-Цинк" тау-кен кәсіпорынның электрмен жабықтау жүйесіндегі энергия тиімділігін талдау

[1]*ҚУАНЫШТАЕВА Айзада Елдосқызы, магистр, аға оқытушы, k_aizada@mail.ru,
[1]КОТОВ Евгений Сергеевич, PhD, аға оқытушы, kotov1988@mail.ru,
[1]СМАГУЛОВА Каршига Канатовна, PhD, доцент, smagulovakk@mail.ru,
[1]«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Н. Назарбаев даңғылы, 56, Қарағанды, Қазақстан,
*автор-корреспондент.

Аңдатпа. *Елімізде энергия үнемдеу әлеуетін іске асырудың маңызды бағыттарының бірі энергия ресурстарын өндіру және тұтыну саласында, оның ішінде энергия ресурстарын басқару деңгейін арттыру негізінде мақсатты энергия үнемдеу саясатын жүргізу болып табылады. Бұл мәселе әсіресе отын-энергетикалық ресурстардың ең ірі тұтынушыларына жатады. Олардың бір бөлігі жеткізушілерден алынады, ал екінші бөлігі өз нысандарында өндірілгендіктен тау-кен кәсіпорындары үшін өзекті мәселе. Бұл зерттеудің мақсаты «Nova-Цинк» ЖШС тау-кен кәсіпорынның электрмен жабдықтау жүйелерінде энергия тиімділігі және энергия үнемдеу жөніндегі іс-шараларды тұжырымдау болып табылады. «Nova-Цинк» ЖШС тау-кен кәсіпорнының электр тұтынуына талдау жасалды.*

Кілт сөздер: *тау-кен кәсіпорындарының энергия тиімділігі, электрмен жабдықтау жүйесі, отын-энергетикалық ресурстар, энергия ресурстарының мониторингі, энергия менеджменті.*

Кіріспе

Тау-кен кәсіпорындары отын-энергетикалық ресурстардың (ОЭР) ең ірі тұтынушылары болып табылады, олардың бір бөлігі жеткізушілер тарапынан алынады, ал екінші бөлігі өз объектілерінде өндіріледі. Өнімнің жоғары энергия сыйымдылығына, энергия тасымалдаушыларға (табиғи газ, мұнай өнімдері, электр энергиясы және т.б.) бағаның тұрақты өсуіне байланысты тау-кен байыту кәсіпорындары өнімінің өзіндік құнындағы энергетикалық құрамдас бөліктің үлесі 27-32%-ға жетеді [1].

Елді отын-энергетикалық ресурстармен қамтамасыз ету үшін жұмсалатын шығындары өте үлкен. Отын-энергетикалық кешен өнімінің үлесі елдегі өнеркәсіптік өндірістің жалпы көлемінің шамамен 30%-на жетеді, өндірілетін және өндірілетін энергия ресурстарының жалпы көлемінің үштен екісі елдің ішкі қажеттіліктеріне жұмсалады [2].

«Nova-Цинк» ЖШС қызметінің негізгі түрі – қорғасын-мырыш кендерін өндіру және байыту.

Кәсіпорынның негізгі құрылымдық бөлімшелері: тау-кен цехы (ТКЦ); жерасты кеніші (ЖК); байыту фабрикасы (БФ); автокөлік цехы (АКЦ); энергиямен жылумен жабдықтау (ЭЖЖ); Жөндеу-монтаж цехы (ЖМЦ); электр техникалық цех (ЭТЦ); химиялық зертхана; зерттеу зертханасы; механикалық цех; басқару.

Кәсіпорынның негізгі өнімдері:

- мырыш концентраты;
- қорғасын концентраты [3].

Есепті кезеңдегі өндіріс көлемі мен кәсіпорын персоналының саны 1-кестеде келтірілген [3].

Отын-энергетикалық ресурстарды (ОЭР) және суды тұтынуды талдау.

«Nova-Цинк» ЖШС негізгі өндірістік қызметін қамтамасыз ету үшін кәсіпорын келесі сатып алынған ОЭР пайдаланады: электр энергиясы; қатты отын; мотор отындары; керосин.

Қарастырылып отырған 2018-2022 жылдардағы «Nova-Цинк» ЖШС негізгі энергетикалық ресурстарды тұтыну көлемдері физикалық және ақшалай түрде 2-кестеде көрсетілген [3].

Негізгі энергетикалық ресурстарды эквивалентті отынның тоннасына айналдырған кезде «Электр энергиясын және энергия

1-кесте – Негізгі өнімдерді өндіру көлемі

№ т/б	Аты	Өлш. бір.	2018 ж.	2019 ж.	2020 ж.	2021 ж.	Негізгі 2022 ж.
1	Өнімдерді өндіру көлемі (қызметтерді, жұмыстарды)	мың тг.	10368751	11205075	18777852	24505745	24300472
2	Натуралды түрдегі негізгі өнімдер	т.	72870	74698	74498	40811	38097
	Соның ішінде:						
2.1	Мырыш концентраты	т.	64934	66577	66688	36530	33222
2.2	Қорғасын концентраты	т.	7936	8121	7810	4281	4875
3	Жұмысшылардың орташа саны, соның ішінде:	адам.	1098	1054	1046	1018	992
3.1	1) өнеркәсіптік өндіріс персоналы	адам.	1076	1033	1025	1000	980

2-кесте – Негізгі энергетикалық ресурстар мен суды тұтыну көлемдері

№ т/б	Аты	Өлш. бір.	2018 ж.	2019 ж.	2020 ж.	2021 ж.	2022 ж.
1	Электр энергиясы	мың тг	715934,18	785629,80	816470,13	695097,80	788840,62
		мың кВт/сағ	65899,686	64566,940	67101,545	66340,16	67597,93
		ш.т.о.	8105,66	7941,73	8253,49	8159,84	8314,55
		тг/кВт/сағ	10,864	12,188	12,168	10,477	11,699
2	Қатты отын	мың тг	75927,28	79459,390	79459,390	78394,762	93717,849
		т	9283	9207	7584	7735	7387
		ш.т.о.	5811,16	5763,58	4747,58	4842,11	4624,26
		тг/т	8179,2	8630,3	10477,2	10135,1	12686,9
3	Мотор отындары, соның ішінде	мың тг	895409	743747	847351	1011469	803627
		л	7311636	7658256	7567069	6958883	4421068
		ш.т.о.	9187,98	9622,25	9505,33	8658,15	5536,42
	Бензин	мың тг	22267	22829	27517	106638	38637
		л	202458	220343	232560	740535	243952
		ш.т.о.	223,31	243,04	256,51	816,81	269,08
		тг/л	109,98	103,61	118,32	144,00	158,38
	Дизель отыны	мың тг	873142	720918	819834	904831	764990
		л	7109178	7437913	7334509	6218348	4177116
		ш.т.о.	8964,67	937921	9248,82	7841,34	5267,34
		тг/л	122,82	96,92	111,78	145,51	183,14
4	Керосин	мың тг	2046,445	2578,2	2739,586	3149,675	3610,656
		л	12672	12962	13125	12678	13808
		ш.т.о.	15,08	15,42	15,42	15,09	16,43
		тг/л	161,5	198,9	208,7	248,4	261,5
Барлығы		ш.т.о.	23119,88	23342,99	22521,83	21675,18	18491,66
		мың тг	1689316,91	1611414,39	1746020,11	1788111,24	1689796,13

Ескерту: ш.т.о. – шартты тонна отыны, 29,3 ГДж тең энергия бірлігі; 1 тонна көмірді жағу кезінде бөлінетін энергия мөлшері ретінде анықталады.

үнемдеуді дамыту институты» АҚ мамандары ұсынған конверсиялық коэффициенттер және кәсіпорын деректері пайдаланылды: көмір (т) – 0,626; жылу энергиясы (Гкал) – 0,143; электр энергиясы (мың кВт/сағ) – 0,123; бензин (л) – 0,001103; дизель отыны (л) – 0,001261; керосин (л) – 0,00119.

2022 базалық жылға арналған шартты отынның тоннасына (ш.т.о.)* энергия тасымалдаушы түрлері бойынша сатып алынған отын-энергетикалық ресурстарды үлестік бөлу 1-суретте көрсетілген.

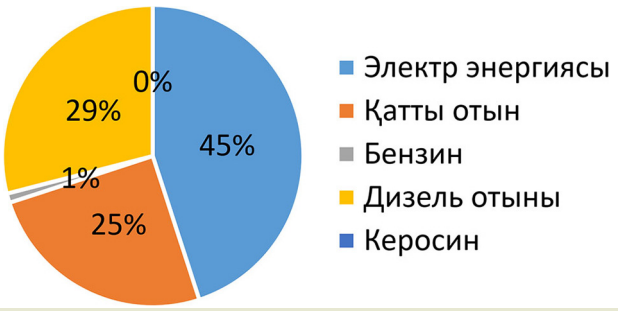
Диаграммадан келесідей: сатып алынған ОЭР ішіндегі ең үлкен үлесті электр энергиясы (45%) алады; мотор отындарының үлесі 30% құрайды; қатты отынның (көмірдің) үлесі 25%; керосиннің үлесі 0,09% (нөлге ұмтылады). Сонымен қатар, мотор отынының 30% дизельдік отын шығыны 29%, ал бензин жалпы энергия тұтынудың 1% құрайды.

«Nova-Цинк» ЖШС сатып алған ОЭР жалпы тұтынуы 2022 жылғы базалық жылда 18 491,66 ш.т.о.

«Nova-Цинк» ЖШС электрмен жабдықтау 110/35/6 кВ «Ақжал Новая» қосалқы станциясынан жүзеге асырылады, ол ұзындығы 29 км 220/110 кВ Ақтау қосалқы станциясынан 110 кВ №123 әуе желісі арқылы қоректенеді. Баланс арасындағы шекара 220/110 кВ Ақшатау қосалқы станциясының 110 кВ – сыртқы тарату құрылғыларының желілік порталы болып табылады.

Электрмен жабдықтаудың резервтік желісі «ЖРЭК» АҚ-ға тиесілі №122 «Мойынты – Ақшатау» ӘЖ-110 кВ болып табылады. Баланстық тиістілікті бөлу шекарасы – «Nova-Цинк» ЖШС бағытында желіні дәнекерлеуде.

ПС – 110/35/6 кВ «Ақжал Новая»-



1-сурет – Сатып алынған отын-энергетикалық ресурстарды энергия көздерінің түрлері бойынша үлестік бөлу

ТДНТ-25000/110/35 типті екі үш орамды трансформатормен, ОРУ-35 кВ-тан 35 кВ әуе желілерімен «су алу» ПС-35/6 кВ және «тазарту құрылыстары», ПС-35/0,4кВ қосалқы станциялары қоректендірілді. «Су алу» ПС-35/6 кВ-тан сумен жабдықтау ұңғымаларының сорғылары қоректенеді.

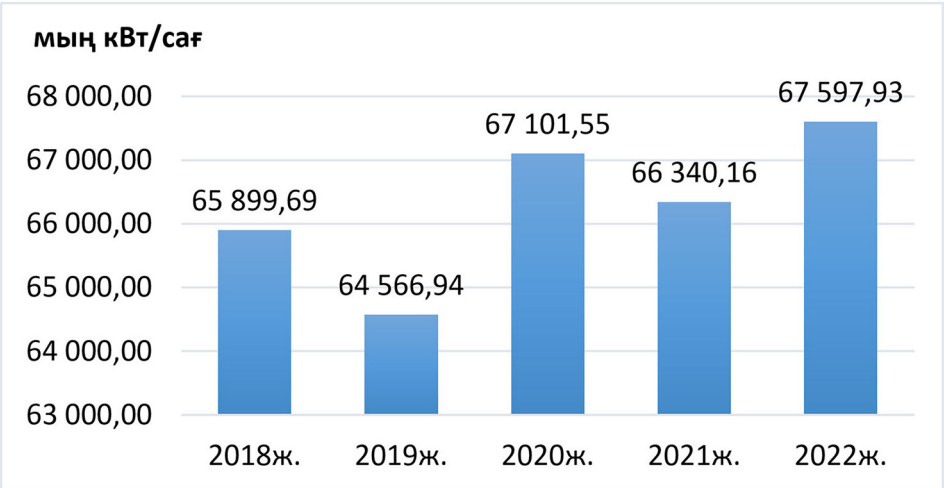
ПС-35/0,4 кВ «тазарту құрылыстары» сорғы станциясымен қоректенеді.

6 кВ КС-110/35/6 кВ «Ақжал» тарату құрылғысынан «Nova-Цинк» ЖШС бөлімшелері және үшінші тарап тұтынушылары – Ақжал кенті 6 кВ әуе – кабельдік желілерімен қоректенеді.

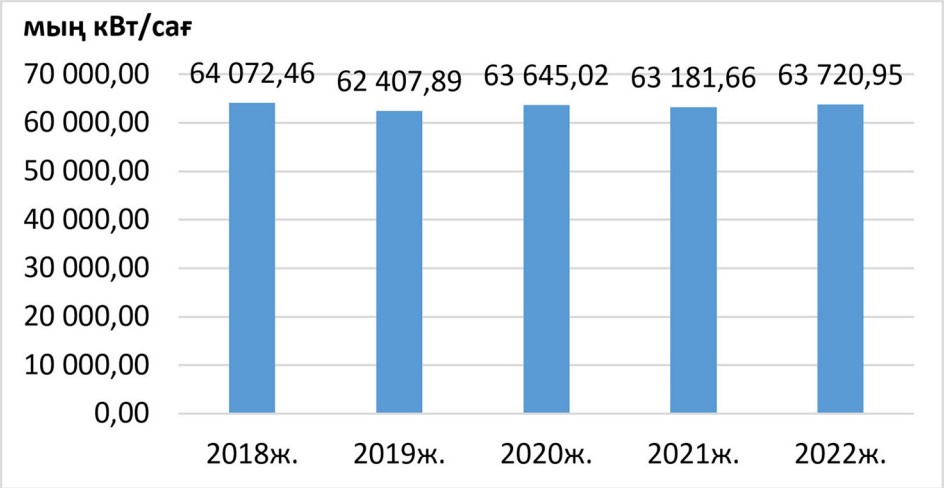
Деректерді талдап есептеу кезінде электр энергиясын жалпы тұтыну 2,5%-ға, ал үшінші тарап тұтынушыларының тұтынуы 52,8%-ға артқанын көрсетеді.

Диаграммада келтірілген деректерді талдау есепті кезеңде кәсіпорынның электр энергиясын өзіндік тұтынуы 0,55%-ға төмендегенін көрсетеді.

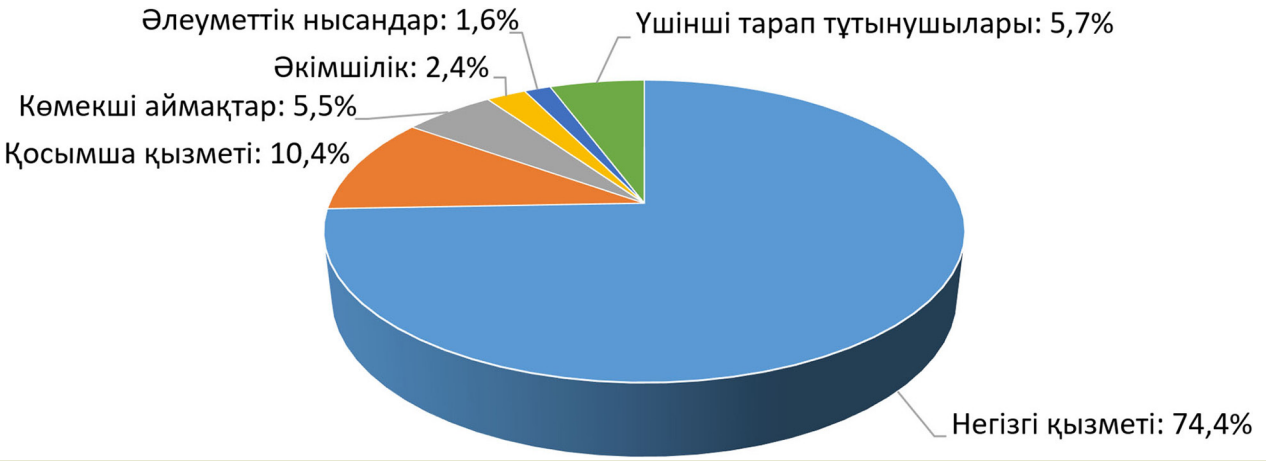
4-суретте жалпы электр энергиясын тұ-



2-сурет – Жыл бойынша жалпы электр энергиясын тұтыну



3-сурет – Жыл бойынша электр энергиясын өзіндік тұтыну



4-сурет – Базалық жылы электр энергиясын жалпы тұтынуды үлестік бөлу

тынуға қатысты үлестік үлестіруді ұсынады.

4-суретте келтірілген деректерді талдау негізгі қызметі 74,4% құрайтынын көрсетеді. Тұтынудың елеулі үлесі қосымша қызметке 10,45% және қосалқы учаскелерге 5,5% тиесілі. Үшінші тарап тұтынушыларының үлесі 5,7% құрайды.

5-суретте келтірілген деректерді талдап өңдеу 49,9% құрайтынын көрсетеді. Тұтынудың едәуір үлесі кенді байытуға – 6,7% және кенді ұсақтауға – 5,5% келеді. Аршаның үлесіне 5,7%, шахтаға – 4,1% келеді. Қосалқы өндіріс бойынша 7,1% сумен жабдықтауға, 3,2% – жылумен жабдықтауға тиесілі.

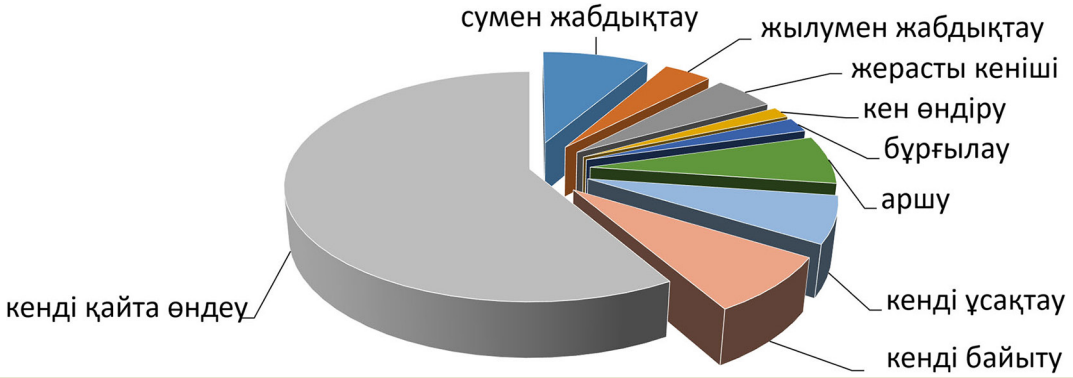
Кәсіпорынның өнім бірлігіне жұмсалатын үлестік шығын динамикасы жылдар бойынша 6-суретте көрсетілген.

Деректерді талдап есептеу кезінде өнім бірлігіне шаққандағы электр энергиясының үлестік шығыны 90%-ға өскенін көрсетеді. Электр энергиясының меншікті шығынының өсуі соңғы екі жылдағы өнім көлемінің төмендеуінен және сонымен бірге кен өндірудің жерасты әдісін енгізуге жұмсалатын электр энергиясының өсуінен туындайды.

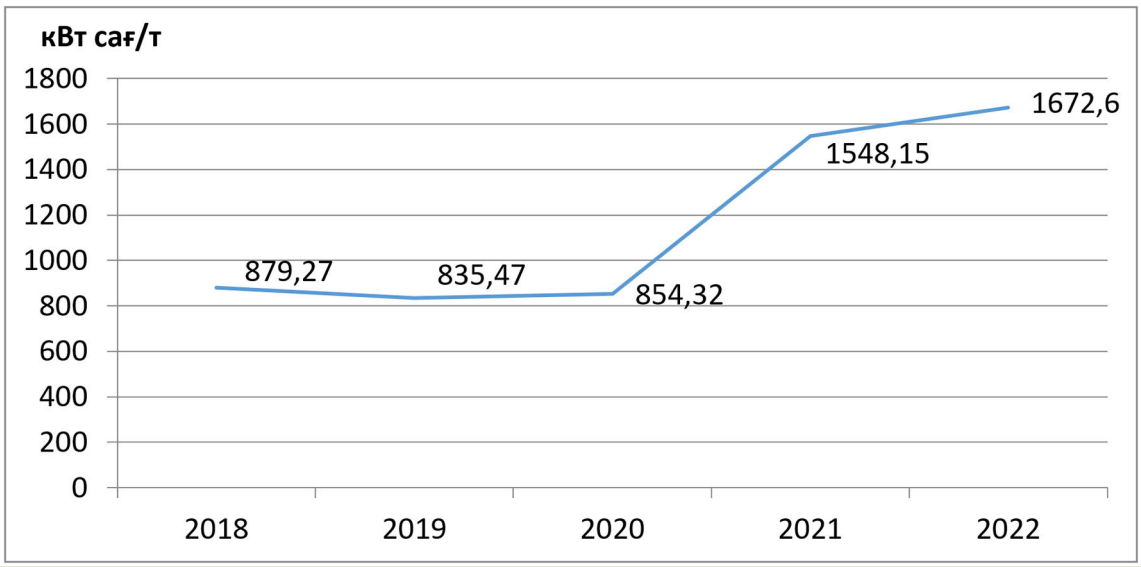
Қорытынды

Кәсіпорында 2018-2022 жылдар кезеңінде отын-энергетикалық ресурстарды тұтынуға талдау жүргізу нәтижелері бойынша «Nova-Цинк» ЖШС-нің энергия үнемдеу және энергия тиімділігін арттыру саласындағы қызметі қанағаттанарлық бағаланды.

«Nova-Цинк» ЖШС энергия үнемдеудің ықтимал әлеуеті 2222,64 Гкал жылу энергиясына, 2 270,4 мың кВт/сағ электр энергиясына бағаланады, бұл 2022 жылы энергия ресурстарының түрлері бойынша жалпы тұтынудан тиісінше 8,26% және 3,56% құ-



5-сурет – Базалық жылдағы негізгі және қосымша қызмет бойынша электр энергиясын тұтынуды үлестік бөлу



6-сурет – 2018-2022 жылдар бойынша электр энергиясының меншікті шығыны

райды. Ұсынылған іс-шаралардың орташа өтелу мерзімі – 1 жыл. Энергия үнемдеудің жиынтық әлеуеті 597,1 т.т. құрайды, бұл кәсіпорынның энергия ресурстарын жалпы тұтынуының 5,11% құрайды.

«Nova-Цинк» тау-кен кәсіпорнының электрмен жабдықтау жүйесінің энергия тиімділігін арттыру үшін ұсынылады:

1. Кәсіпорында энергия менеджменті жүйесін құру.

2. Кәсіпорынның барлық персоналына жеткізе отырып, энергия тасымалдаушыларды тұтынудың прогрессивті нормаларын және энергия тұтыну лимиттерін әзірлеу.

3. Белгіленген нормалар мен лимиттердің сақталуына жауапты тұлғаларды тағайындау.

4. Жалпы энергия тұтынудың және ТЭР мен суды тұтынудың үлестік көрсеткіштерінің тұрақты мониторингі.

5. Энергия менеджменті бағдарламасы бойынша энергия үнемдеу саласындағы жауапты мамандарды оқыту.

6. Энергия үнемдеу мәселелері бойынша қызметкерлермен түсіндіру жұмыстарын жүргізу.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Перфильева Е.Н. Повышение энергоэффективности горных предприятий на основе управления энергетическими ресурсами: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Москва, 2007.
2. Волтковская Н.С. Энергоэффективность и энергосбережение в системах электроснабжения горнодобывающих предприятий / Н.С. Волтковская, А.В. Семенов, О.В. Федоров // Вестник ГГТУ имени П.О. Сухого: научно-практический журнал. – 2019. – № 3. – С. 52-62.
3. https://novazinc.kz// Информация о компании, 2024.
4. Бондарев, В.А. Оценка основных факторов энергосбережения / В.А. Бондарев, А.С. Семенов // Соврем. наукоемкие технологии. – 2014. – № 5-1. – С. 228-229.
5. Ляхомский А.В., Фащиленко В.Н., Перфильева Е.Н., Дьячков Н.Б. Вопросы повышения энергоэффективности предприятий минерально-сырьевого комплекса // Научный аналитический журнал «Горное оборудование и электромеханика». 2009. № 1.

Анализ энергоэффективности системы электроснабжения горного предприятия «Nova-Цинк»

[1]*КУАНЫШТАЕВА Айзада Елдоскызы, *магистр, старший преподаватель, k_aizada@mail.ru,*
[1]КОТОВ Евгений Сергеевич, *PhD, старший преподаватель, kotov1988@mail.ru,*
[1]СМАГУЛОВА Каршига Канатовна, *PhD, доцент, smagulovakk@mail.ru,*
[1]НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан,
**автор-корреспондент.*

Аннотация. *Одним из важнейших направлений реализации потенциала энергосбережения в стране является проведение целенаправленной энергосберегающей политики в сфере производства и потребления энергоресурсов, в т.ч. на основе повышения уровня управления энергоресурсами. Особенно актуальна эта проблема для предприятий горной промышленности, которые являются крупнейшими потребителями топливно-энергетических ресурсов, часть из которых они получают от поставщиков, а другую часть производят на собственных объектах. Целью данного исследования является формулировка мероприятий по энергоэффективности и энергосбережению в системах электроснабжения горных предприятий «Nova-Цинк». Приведен анализ электропотребления горного предприятия «Nova-Цинк».*

Ключевые слова: *энергоэффективность горных предприятий, система электроснабжения, топливно-энергетические ресурсы, мониторинг энергоресурсов, энергоменеджмент.*

Analysis of Energy Efficiency of the Power Supply System Mining Enterprise «Nova-Zinc»

[1]*KUANYSHTAEVA Aizada, *Master's Degree, Senior Lecturer, k_aizada@mail.ru,*
[1]KOTOV Evgeny, *PhD, Senior Lecturer, kotov1988@mail.ru,*
[1]SMAGULOVA Karshiga, *PhD, Associate Professor, smagulovakk@mail.ru,*
[1]NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», N. Nazarbayev Avenue, 56, Karaganda, Kazakhstan,
**corresponding author.*

Abstract. *One of the most important directions for realizing the potential of energy saving in the country is the implementation of a targeted energy-saving policy in the field of energy production and consumption, including on the basis of improving the level of energy management. This problem is especially relevant for mining enterprises, which are the largest con-*

sumers of fuel and energy resources, some of which they receive from suppliers, and the other part is produced at their own facilities. The purpose of this study is to formulate measures for energy efficiency and energy conservation in the power supply systems of mining enterprises «Nova-Zinc». The analysis of the power consumption of the mining enterprise «Nova-Zinc» is given.

Keywords: *energy efficiency of mining enterprises, power supply system, fuel and energy resources, monitoring of energy resources, energy management.*

REFERENCES

1. Perfilyeva E.N. Increasing the energy efficiency of mining enterprises based on the management of energy resources: Dissertation abstract ... Candidate of Technical Sciences. Moscow, 2007.
2. Voltkovskaya N.S. Energy efficiency of energy saving in power supply systems of mining enterprises / N.S. Voltkovskaya, A.V. Semenov, O.V. Fedorov // Bulletin of the State Technical University named after P.O. Sukhoi: scientific and practical journal. – 2019. – No. 3. – Pp. 52-62.
3. https://novazinc.kz// Company information, 2024.
4. Bondarev, V.A. Evaluation of the main energy-saving factors / V.A. Bondarev, A.S. Semenov // Sovrem. high-tech technologies. – 2014. – No. 5-1. – Pp. 228-229.
5. Lyakhomsky A.V., Fashkilenko V.N., Perfilyeva E.N., Dyachkov N.B. The question of increasing the energy efficiency of enterprises of the mineral-raw complex // Scientific analytical journal «Mining equipment and electromechanics». 2009. No. 1.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_401 UDC 001.102:004(045)

Integrating Blockchain and AI for Optimized Digital Identity Verification

[1]*JUMAGALIYEVA Ainur, Master's Degree, Senior Lecturer, ainyr_mir@mail.ru,
[1]ZHAMANGARIN Dusmat, PhD, Associate Professor, dus_man89@mail.ru,
[2]MURATOVA Gulzhan, Cand. of Phys. and Math. Sci., Associate Professor, mugk@mail.ru,
[2]KOXEGEN Aliya, Senior Lecturer, suinali@mail.ru,
[1]K. Kulazhanov Kazakh University of Technology and Business, K. Mukhamedkhanov Street, 37a, Astana, Kazakhstan,
[2]NCJSC «S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University», Zhenis Avenue, 62, Astana, Kazakhstan,
*corresponding author.

Abstract. *The rapid evolution of the digital age the use of blockchain and artificial intelligence to improve digital identification methods responds to the challenges of ensuring the security and reliability of personal data. Traditional verification methods are increasingly inadequate, evidenced by the alarming escalation in identity fraud incidents. In response, this research explores an innovative integration of blockchain technology and artificial intelligence to fortify the security, efficiency, and privacy of digital identity verification processes. Blockchain's decentralized and immutable ledger offers a new paradigm for secure and manageable digital identities, while AI's capabilities in automating complex processes and detecting fraud through pattern analysis provide a complementary, synergistic solution. This study addresses the challenges of traditional verification systems, highlights the potential of integrating blockchain and artificial intelligence, and presents a methodology for creating an identity verification information system. Results validated through a series of tests, demonstrating significant improvements in verification accuracy, speed, and resistance to fraudulent activities. Despite promising outcomes, challenges such as scalability, privacy, and integration complexity were identified, with proposed solutions aiming to address these issues for the practical implementation and long-term success of integrated digital identity verification systems.*

Keywords: *blockchain, artificial intelligence, digital identity verification, cybersecurity, privacy, scalability, fraud detection.*

Introduction

In the rapidly evolving digital age, the verification of identities has become a critical component of online security, trust, and privacy. This importance is further underscored by the alarming increase in cybercrime and identity theft incidents worldwide. According to Cybersecurity Ventures, cybercrime damages are expected to reach $6 trillion annually by 2022, doubling from $3 trillion in 2020. This dramatic rise underscores the pressing need for more robust and reliable identity verification mechanisms to safeguard against such threats [1].

A study by Javelin Strategy & Research highlights the extent of this issue, revealing that identity fraud scams accounted for $56 billion in losses in 2020, affecting 49 million consumers. These developments point to a critical demand for secure and efficient digital identity verification systems that can adapt to and mitigate the evolving landscape of online fraud. Amidst these challenges, the global digital identity solutions market is witnessing significant growth, expected to expand from $13.7 billion in 2021 to an estimated $30.5 billion by 2024, according to MarketsandMarkets [2].

In response to these challenges and opportunities, this research proposes an innovative approach that integrates blockchain technology and artificial intelligence to enhance the security, efficiency, and privacy of digital identity verification processes. Blockchain technology offers a decentralized and immutable ledger, presenting a new paradigm for securing and managing digital identities. Simultaneously, AI's capabilities in automating complex processes and detecting fraud through pattern analysis complement blockchain's strengths, offering a synergistic solution to the pressing

issues of digital identity verification.

The novelty and value of this research lie in its exploration of the integration of blockchain and AI as a holistic solution to the challenges of digital identity verification. By leveraging the decentralized architecture of blockchain for enhanced security and transparency, and the computational power of AI for efficiency and adaptability, this integrated approach presents a forward-thinking strategy to combat cybercrime and identity theft. This study aims to contribute to the field by offering a comprehensive analysis of the effectiveness of this integrated system, highlighting its potential to revolutionize digital identity verification in response to the growing threats and demands of the digital age.

Literature review

The integration of blockchain and artificial intelligence for optimizing digital identity verification emerges as a crucial innovation in addressing the complexities of modern cybersecurity threats. The escalating incidents of cybercrime and identity fraud have illuminated the deficiencies in traditional verification systems, prompting researchers to seek more robust solutions. According to Li et al. (2020) critically assesses traditional digital identity verification methods, demonstrating their vulnerability to advanced cyber threats due to reliance on centralized databases [3]. Their research highlights a significant shift towards decentralized models as a method to enhance security and trust in digital transactions.

Dwivedi et al. (2021) explores the application of blockchain technology in securing digital identities, offering a comprehensive review of its decentralized and immutable ledger's potential to improve data integrity and establish user trust. The study identifies, through empirical analysis, the technology's scalability, and interoperability as primary obstacles, suggesting targeted research to overcome these limitations for its effective use in identity verification [4]. Simultaneously, the role of AI in enhancing the verification process has been extensively reviewed by Venugopalan et al. (2023), examining AI's capability to automate verification and improve fraud detection through machine learning and pattern recognition techniques [5]. Their findings point to AI's significant impact on reducing manual errors and increasing the speed and accuracy of identity verification, employing data from various AI-driven verification trials.

The collaborative potential of blockchain and AI technologies in revolutionizing digital identity verification has been the subject of investigation by Hussain et al. (2021). Their research presents a novel approach through the integration of blockchain's secure infrastructure with AI's analytical proficiency, effectively enhancing the verification process's reliability and efficiency [6]. Utilizing a prototype system, their study demonstrates marked improvements in the speed and accuracy of digital identity verification, underscoring the synergistic benefits of this integration. Agate et al. (2021) further substantiates the need for an integrated blockchain and AI system for digital identity verification, advocating for the development of a framework that leverages both technologies. Their literature review and meta-analysis emphasize the potential of such integration to meet the evolving demands of digital identity verification, highlighting the importance of addressing the challenges related to scalability, privacy, and interoperability [7].

The confluence of blockchain and AI represents a promising frontier in the quest for secure, efficient, and user-centric digital identity verification systems. This literature review underscores the collective efforts of researchers to explore and validate the integration of these technologies, paving the way for a new era of digital identity verification that is adept at countering modern cyber threats.

Methodology

Building on the foundation laid in the introductory part of the article, the methodology section delves into the practical application of blockchain and AI technologies in crafting a state-of-the-art system for digital identity verification. We describe the process of constructing a decentralized identity framework, where digital credentials are issued, stored, and verified. This system leverages smart contracts on a blockchain to automate the verification process, while AI algorithms are employed to enhance accuracy and efficiency, analyzing and validating credentials against a myriad of data points to ensure authenticity. The methodology emphasizes the synergy between the immutability and transparency of blockchain with the dynamic analytical capabilities of AI, resulting in a robust verification mechanism that can adapt to the evolving landscape of digital identity.

Firstly, the process begins with the generation of a presentation request for a verifiable credential through a server-side JavaScript application, TridentVerifierApp.js. This application creates a unique nonce, which serves as a one-time token, ensuring that each request is fresh and preventing replay attacks. A client ID is also constructed, providing a unique identifier for the transaction. Next, the server application builds a request for a specific type of verifiable credential – here exemplified by the «Milgears transcript» credential. This request

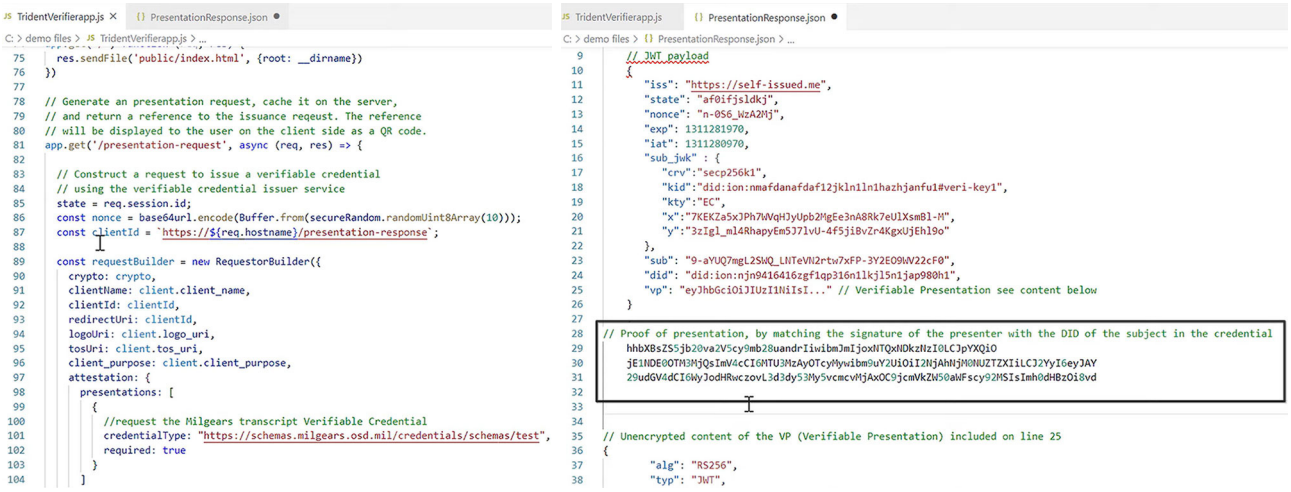


Figure 1 – Process flow for Blockchain-AI integrated digital identity verification

includes details such as the purpose of the verification and the types of credentials required, ensuring that only pertinent information is requested and shared. This step is crucial as it lays the groundwork for a secure exchange of information, adhering to the principles of minimum disclosure for privacy preservation. Following the request generation, the PresentationResponse.json file captures the response payload to this request. This JSON structure encloses a JWT, which includes various claims about the subject, such as the issuer's identifier, the subject's public key, and the nonce, among others. It also contains the proof of presentation – cryptographic evidence that the presenter is authorized to share the credential and that the information is untampered.

This technique is important because it utilizes the immutable nature of blockchain to store and manage digital identities, making the data verifiable and resistant to fraud. By integrating blockchain with AI, the system gains the capability to efficiently process and analyze credentials against vast datasets for authenticity, further strengthening the verification process [8].

This method is a fundamental component of an innovative approach to digital identity verification. It exemplifies how blockchain's decentralization and AI's pattern recognition can be harnessed to address the complexities and security challenges in the digital landscape. By doing so, this method not only increases the integrity of digital identities but also contributes to the trustworthiness and fluidity of online interactions, essential in an era where digital transactions and activities are omnipresent.

Figure 2 illustrates a foundational component of the article's discussion on the transformative potential of combining blockchain and AI for digital identity verification, emphasizing the precision and security such integration brings to the digital landscape. The examination of a Verifiable Presentation (VP) within a blockchain framework. The screenshot shows the JSON structure of a VP response, which includes key elements necessary for digital authentication.

The sub field denotes the subject of the credential, linked to a specific decentralized identifier (DID), which is crucial in establishing the subject's self-sovereign identity on the blockchain. The iss field specifies the issuer's DID, offering a point of reference for validation against the blockchain ledger, where the issuer's public key is stored [9]. The comments in the JSON outline the method for verifying the signatures of both the presenter and issuer-ensuring the presenter is indeed the credential's rightful holder and that the issuer is a trusted entity.

This figure provides a practical demonstration of the verification protocol, which is vital for maintaining the integrity of the digital identity verification process. By integrating AI with blockchain, the system not only performs these checks with high accuracy but can also efficiently handle large-scale verifications, potentially learning from each interaction to improve its reliability and speed.

In Figure 3 the graphical user interface (GUI) is depicted, outlining fields necessary for defining a new digital credential: its name, structural composition, associated rules, and display features. This interface is key for administrators or users to input data that define how credentials are created and managed within the system. The JSON configuration file details the data mapping for essential identi-

```
        "crv":"secp256k1",
        "kid":"did:ion:nmafdanafdaf12jkln1ln1hazhjanfu1#veri-key1",
        "kty":"EC",
        "x":"7KEKZa5xJPh7WVqHJyUpb2MgEe3nA8Rk7eUlXsmBl-M",
        "y":"3zIgl_ml4RhapyEm5J7lvU-4f5jiBvZr4KgxUjEhl9o"
      },
     "sub": "9-aYUQ7mgL2SWQ_LNTeVN2rtw7xFP-3Y2EO9WV22cF0",
     "did": "did:ion:njn9416416zgf1qp316n1lkjl5n1jap980h1",
     "vp": "eyJhbGciOiJIUzI1NiIsI..." // Verifiable Presentation see content below
  }
  .
// Proof of presentation, by matching the signature of the presenter with the DID of the subject in the credential
  hhbXBsZS5jb20va2V5cy9mb28uandrIiwibmJmIjoxNTQxNDkzNzI0LCJpYXQiO
  jE1NDE0OTM3MjQsImV4cCI6MTU3MzAyOTcyMywibm9uY2UiOiI2NjAhNjM0NUZTZXIiLCJ2YyI6eyJAY
  29udGV4dCI6WyJodHRwczovL3d3dy53My5vcmcvMjAxOC9jcmVkZW50aWFscy92MSIsImh0dHBzOi8vd
// Unencrypted content of the VP (Verifiable Presentation) included on line 25
{
      "alg": "RS256",
      "typ": "JWT",
      "kid": "did:ion:nmafdanafdaf12jkln1ln1hazhjanfu1#veri-key1"
  }.
  {
    "sub": "did:ion:njn9416416zgf1qp316n1lkjl5n1jap980h1", // Verify the signature of the presenter by looking up the public key on the ledger for the presenter
    "jti": "http://milgears.osd.mil/credentials/3732",
    "iss": "did:ion:z6MkjRagNiMu91DduvCvgEsqLZDVzrJzFrwahc4tXLt9DoHd ",  // Proof of issuance, by verifying signature of issuer by looking up the public key on the ledger
    "nbf": 1541493724,
    "iat": 1541493724,
    "exp": 1573029723,
    "vc": {
      "@context": [
        "https://schemas.milgears.osd.mil/credentials/schemas/iidr",
        "https://milgears.osd.mil"
      ],
      "type": ["VerifiableCredential", "Interoperable Individual Digital Record"],
      "credentialSubject": {
        "digitalId": "21905716"
      },
```

Figure 2 – Verifiable presentation validation in a Blockchain-AI system

Figure 3 – Interface and Configuration Schema for Digital Credential Issuance

ty attributes, such as a user's name, email, and educational qualifications. The inclusion of attributes like 'highSchoolAttended' and 'highSchoolGraduationYear' indicates a system capable of accommodating detailed educational records, an example of how AI can be employed to parse and verify complex data structures. Additionally, the configuration establishes the necessary OAuth 2.0 parameters, including the client ID and redirect URI, crucial for the secure authorization and verification processes integral to the system.

Results and discussion

The integration of blockchain and AI for digital identity verification resulted in significant advancements in security, efficiency, and privacy. Results from tests conducted across various metrics, such as verification accuracy, transaction speed, and fraud resistance, highlight the transformative potential of these technologies in revolutionizing digital identity processes. The results indicate high accuracy and efficiency, addressing the critical shortcomings of traditional verification methods, particularly in fraud prevention and privacy protection. Despite these positive results, the research identified areas requiring further investigation and development. Specifically, the results revealed gaps and disadvantages in optimizing digital identity verification using blockchain and AI technologies. Addressing these challenges is essential for the practical application and long-term success of this integrated approach. Below are the results detailing these challenges and suggesting potential solutions.

Addressing these gaps and disadvantages requires ongoing research and development (Table). Future research should focus on the ethical implications of integrating AI with blockchain for identity verification, exploring new technological solutions to enhance scalability and efficiency, and developing best practices for maintaining user privacy and data protection [9]. By tackling these challenges, the potential of blockchain and AI to revolutionize digital identity verification can be fully realized, paving the way for more secure, efficient, and inclusive online ecosystems.

The future directions of integrating blockchain and AI for optimized digital identity verification encompass several transformative pathways. As technology evolves, we anticipate advancements in the sophistication of AI algorithms, which will enable more nuanced and efficient analysis of identity data. Coupled with blockchain's immutable and decentralized nature, this integration promises to further enhance the security and privacy of digital identities. Innovations such as zero-knowledge proofs could offer ways to verify identities without revealing any personal information, maximizing privacy. Additionally, the proliferation of decentralized identity solutions could empower individuals with more control over their personal data, shifting the paradigm from corporation-controlled to individual-owned digital identities. The scalability of these technologies will be a focal point, aiming to support global adoption across diverse regulatory environments. Interoperability between different blockchain platforms and AI models will be crucial to create a seamless, user-friendly experience. Moreover, as ethical considerations and data protection laws continue to evolve, future research and development efforts will need to prioritize ethical AI practices and compliance with international data protection standards, ensuring that advancements in digital identity verification are accessible, equitable, and respectful of user privacy.

Conclusion

The integration of blockchain and AI technologies heralds a significant leap forward in enhancing digital identity verification, providing a robust answer to the complexities and security challenges of the digital age. This article explored the synergies between blockchain's immutable ledger for data integrity and AI's analytical prowess in improving verification efficiency, showcasing their potential to vastly outperform traditional verification methods. Despite promising results, challenges such as integration complexities, privacy concerns, blockchain scalability, and AI biases were identified, with proposed solutions highlighting the

Challenges and Solutions in Integrating Blockchain and AI for Digital Identity Verification

Challenge	Description	Solution
Complex Integration Process	Integrating blockchain and AI is complex, leading to high development costs and time.	Develop standardized integration protocols and tools. Foster collaboration between blockchain and AI experts.
Data Privacy Concerns	AI processing of sensitive data raises privacy issues.	Use advanced cryptographic techniques like zero-knowledge proofs to enhance privacy.
Blockchain Scalability	Blockchain technology faces scalability issues, impacting transaction times and costs.	Adopt scalable blockchain technologies (e.g., PoS) and Layer 2 solutions (state channels, sidechains).
AI Bias and Accuracy	Biases in AI training data can lead to inaccurate verification	Audit and update AI models with diverse data to mitigate bias. Implement explainable AI principles.

path forward. Future research must address these challenges, focusing on technological refinements and ethical considerations to ensure wide adoption. In conclusion, while obstacles remain, the combined strength of blockchain and AI in digital identity verification promises a more secure, efficient, and inclusive digital landscape, underscoring the importance of ongoing innovation and interdisciplinary collaboration in this evolving field.

REFERENCES

1. Killer, C., Rodrigues, B., Scheid, E.J., Franco, M., Eck, M., Zaugg, N., ... & Stiller, B. (2020, November). Provotum: A blockchain-based and end-to-end verifiable remote electronic voting system // In 2020 IEEE 45th Conference on Local Computer Networks (LCN). – 2020. – Pp. 172-183. IEEE. https://doi.org/10.1109/LCN48667.2020.9314815
2. Stančíková, I., & Homoliak, I. (2023, March). Sbvote: Scalable self-tallying blockchain-based voting // In Proceedings of the 38th ACM/SIGAPP Symposium on Applied Computing. – 2023. – Pp. 203-211. https://doi.org/10.1145/3555776.3578603
3. Li, W., Su, Z., Li, R., Zhang, K., & Wang, Y. (2020). Blockchain-based data security for artificial intelligence applications in 6G networks // IEEE Network. – 2020. – No. 34 (6). – Pp. 31-37. https://doi.org/10.1109/MNET.021.1900629
4. Dhar Dwivedi, A., Singh, R., Kaushik, K., Rao Mukkamala, R., & Alnumay, W.S. (2021). Blockchain and artificial intelligence for 5G-enabled Internet of Things: Challenges, opportunities, and solutions // Transactions on Emerging Telecommunications Technologies. – 2021. – e4329. https://doi.org/10.1002/ett.4329
5. Venugopalan, S., Stančíková, I., & Homoliak, I. (2023). Always on voting: A framework for repetitive voting on the blockchain // IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing. – 2023. https://doi.org/10.1109/TETC.2023.3315748
6. Hussain, A.A., & Al-Turjman, F. (2021). Artificial intelligence and blockchain: A review // Transactions on Emerging Telecommunications Technologies. – 2021. – No. 32 (9). – e4268. https://doi.org/10.1002/ett.4266
7. Agate, V., De Paola, A., Ferraro, P., Re, G.L., & Morana, M. (2021). SecureBallot: A secure open-source e-Voting system // Journal of Network and Computer Applications. – 2021. – No. 191. – Pp. 103165. https://doi.org/10.1016/j.jnca.2021.103165
8. Widayanti, R., Aini, Q., Haryani, H., Lutfiani, N., & Apriliasari, D. (2021, September). Decentralized electronic vote based on blockchain p2p // In 2021 9th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM). – 2021. – Pp. 1-7. IEEE. https://doi.org/10.1109/CITSM52892.2021.9588851
9. Jumagalieva, A., Abdykerimova, E., Turkmenbayev, A., Muratova, G., Amangul, T., & Shekerbek, A. (2024). Analysis of research on the implementation of Blockchain technologies in regional electoral processes // International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE). – 2024. – No. 14 (3). – Pp. 2854-2867. https://doi.org/10.11591/ijece.v14i3.pp2854-2867

Сандық сәйкестікті растауды оңтайландыру үшін блокчейн мен жасанды интеллектті біріктіру

*[1]**ДЖУМАГАЛИЕВА Айнур Максимовна,** магистр, аға оқытушы, ainyr_mir@mail.ru,*
*[1]**ЖАМАНГАРИН Дусмат Саматұлы,** PhD, қауымдастырылған профессор, dus_man89@mail.ru,*
*[2]**МУРАТОВА Гульжан Клычевна,** ф.-м.ғ.к., қауымдастырылған профессор, mugk@mail.ru,*
*[2]**КӨКСЕГЕН Әлия Ерішқызы,** аға оқытушы, suinali@mail.ru,*
[1]Қ. Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Қ. Мұхамедханов көшесі, 37а, Астана, Қазақстан,

[2]«С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Жеңіс даңғылы, 62, Астана, Қазақстан,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. *Цифрлық сәйкестендіру әдістерін жақсарту үшін блокчейн мен жасанды интеллектті пайдалану цифрландыру дәуіріндегі жеке деректердің қауіпсіздігі мен сенімділігін қамтамасыз ету мәселелеріне жауап береді. Дәстүрлі тексеру әдістері күн сайын жеткіліксіз болып келеді, бұл жеке басын куәландыратын алаяқтық оқиғаларының алаңдатарлық өсуімен дәлелденеді. Жауап ретінде бұл зерттеу цифрлық сәйкестікті растау процестерінің қауіпсіздігін, тиімділігін және құпиялылығын нығайту үшін блокчейн технологиясы мен жасанды интеллекттің инновациялық интеграциясын зерттейді. Блокчейннің орталықтандырылмаған және өзгермейтін кітабы қауіпсіз және басқарылатын цифрлық сәйкестендірулер үшін жаңа парадигманы ұсынады, ал жасанды интеллект күрделі процестерді автоматтандыру және үлгіні талдау арқылы алаяқтықты анықтау мүмкіндіктері қосымша, синергетикалық шешімді ұсынады. Бұл зерттеу дәстүрлі тексеру жүйелерінің мәселелерін қарастырады, блокчейн мен жасанды интеллектті біріктіру әлеуетін көрсетеді және жеке басын тексерудің ақпараттық жүйесін құру әдіснамасын ұсынады. Ұсынылған тәсіл тексеру дәлдігінде, жылдамдықта және алаяқтық әрекеттерге қарсы тұруда айтарлықтай жақсартуларды көрсететін бірқатар сынақтар арқылы расталады. Перспективалық нәтижелерге қарамастан, ауқымдылық, құпиялылық және интеграциялық күрделілік сияқты қиындықтар анықталды, оларда біріктірілген цифрлық сәйкестікті растау жүйелерін практикалық енгізу және ұзақ мерзімді табысқа жету үшін осы мәселелерді шешуге бағытталған шешімдер ұсынылды.*

Кілт сөздер: *блокчейн, жасанды интеллект, цифрлық сәйкестікті тексеру, киберқауіпсіздік, құпиялылық, ауқымдылық, алаяқтықты анықтау.*

Интеграция блокчейна и искусственного интеллекта для оптимизации цифровой проверки личности

[1]*ДЖУМАГАЛИЕВА Айнур Максимовна, *магистр, старший преподаватель, ainyr_mir@mail.ru,*
[1]ЖАМАНГАРИН Дусмат Саматұлы, *PhD, ассоциированный профессор, dus_man89@mail.ru,*
[2]МУРАТОВА Гульжан Клычевна, *к.ф.-м.н., ассоциированный профессор, mugk@mail.ru,*
[2]КӨКСЕГЕН Әлия Ерішқызы, *старший преподаватель, suinali@mail.ru,*
[1]Казахский университет технологии и бизнеса имени К. Кулажанова, ул. К. Мухамедханова, 37а, Астана, Казахстан,
[2]НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина», пр. Женис, 62, Астана, Казахстан,

автор-корреспондент.

Аннотация. *Использование блокчейна и искусственного интеллекта для усовершенствования методов цифровой идентификации отвечает на вызовы обеспечения безопасности и надежности личных данных в эру цифровизации. Традиционные методы проверки становятся все более неадекватными, о чем свидетельствует тревожная эскалация случаев мошенничества с личными данными. В ответ на это исследование исследуется инновационная интеграция технологии блокчейна и искусственного интеллекта для повышения безопасности, эффективности и конфиденциальности процессов проверки цифровой личности. Децентрализованный и неизменяемый реестр блокчейна предлагает новую парадигму для безопасных и управляемых цифровых удостоверений, а возможности искусственного интеллекта в автоматизации сложных процессов и обнаружении мошенничества посредством анализа шаблонов обеспечивают дополнительное синергетическое решение. В этом исследовании рассматриваются проблемы традиционных систем проверки, подчеркивается потенциал интеграции блокчейна и искусственного интеллекта, а также представлена методология создания информационной системы проверки личности. Результаты были проверены с помощью серии тестов, демонстрирующих значительное улучшение точности, скорости и устойчивости к мошенническим действиям. Несмотря на*

многообещающие результаты, были выявлены такие проблемы, как масштабируемость, конфиденциальность и сложность интеграции, и предложенные решения направлены на решение этих проблем для практической реализации и долгосрочного успеха интегрированных систем цифровой проверки личности.

Ключевые слова: *блокчейн, искусственный интеллект, проверка цифровой личности, кибербезопасность, конфиденциальность, масштабируемость, обнаружение мошенничества.*

REFERENCES

1. Killer, C., Rodrigues, B., Scheid, E.J., Franco, M., Eck, M., Zaugg, N., ... & Stiller, B. (2020, November). Provotum: A blockchain-based and end-to-end verifiable remote electronic voting system // In 2020 IEEE 45th Conference on Local Computer Networks (LCN). – 2020. – Pp. 172-183. IEEE. https://doi.org/10.1109/LCN48667.2020.9314815
2. Stančíková, I., & Homoliak, I. (2023, March). Sbvote: Scalable self-tallying blockchain-based voting // In Proceedings of the 38th ACM/SIGAPP Symposium on Applied Computing. – 2023. – Pp. 203-211. https://doi.org/10.1145/3555776.3578603
3. Li, W., Su, Z., Li, R., Zhang, K., & Wang, Y. (2020). Blockchain-based data security for artificial intelligence applications in 6G networks // IEEE Network. – 2020. – No. 34 (6). – Pp. 31-37. https://doi.org/10.1109/MNET.021.1900629
4. Dhar Dwivedi, A., Singh, R., Kaushik, K., Rao Mukkamala, R., & Alnumay, W.S. (2021). Blockchain and artificial intelligence for 5G-enabled Internet of Things: Challenges, opportunities, and solutions // Transactions on Emerging Telecommunications Technologies. – 2021. – e4329. https://doi.org/10.1002/ett.4329
5. Venugopalan, S., Stančíková, I., & Homoliak, I. (2023). Always on voting: A framework for repetitive voting on the blockchain // IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing. – 2023. https://doi.org/10.1109/TETC.2023.3315748
6. Hussain, A.A., & Al-Turjman, F. (2021). Artificial intelligence and blockchain: A review // Transactions on Emerging Telecommunications Technologies. – 2021. – No. 32 (9). – e4268. https://doi.org/10.1002/ett.4266
7. Agate, V., De Paola, A., Ferraro, P., Re, G.L., & Morana, M. (2021). SecureBallot: A secure open-source e-Voting system // Journal of Network and Computer Applications. – 2021. – No. 191. – Pp. 103165. https://doi.org/10.1016/j.jnca.2021.103165
8. Widayanti, R., Aini, Q., Haryani, H., Lutfiani, N., & Apriliasari, D. (2021, September). Decentralized electronic vote based on blockchain p2p // In 2021 9th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM). – 2021. – Pp. 1-7. IEEE. https://doi.org/10.1109/CITSM52892.2021.9588851
9. Jumagalieva, A., Abdykerimova, E., Turkmenbayev, A., Muratova, G., Amangul, T., & Shekerbek, A. (2024). Analysis of research on the implementation of Blockchain technologies in regional electoral processes // International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE). – 2024. – No. 14 (3). – Pp. 2854-2867. https://doi.org/10.11591/ijece.v14i3.pp2854-2867

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_409 UDC 669.168.187:621

Studying the Effect of Water Magnetic Treatment to Reduce Scale Formation

[1]***MEKHTIYEV Ali,*** *Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, barton.kz@mail.ru,*
[1]****GERASSIMENKO Tatyana,*** *Cand. of Tech. Sci., Senior Lecturer, melary-5@mail.ru,*
[1]***SARSIKEYEV Yermek,*** *PhD, Associate Professor, sarsikeyev.ermek@yandex.ru,*
[1]***MEKHTIYEV Ruslan,*** *Master's Degree, Senior Researcher, ruslanmekhtiyev@gmail.com,*
[1]NCJSC «S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University», Zhenis Avenue, 62, Astana, Kazakhstan,

**corresponding author.*

Abstract. *The problem of solid deposits of hardness salts formation in water heaters occurs both in production and in everyday life. The main means of combating scale is the use of chemical reagents, but this leads to pollution of water resources and worsens the environmental situation. One of the ways to combat scale formation is to use the effect of the magnetic field on the flow of water passing through the pipeline. The magnetic field can be provided either by permanent magnets or by electric ones. This method has been known for quite some time and is partially used in practice. The purpose of this scientific research work is to develop a laboratory bench and to carry out studies related to formation of scale on the surface of a spiral electric heater, as well as to familiarize the public with the results of the experiments, which will allow developing in the future a device for preventing scale for household use. This article is a continuation of the studies of the earlier published works.*

Keywords: *hardness salts, scale, water purification systems, water hardness, electromagnetic cleaning.*

Introduction. Formation of solid deposits of hardness salts or scale on heating surfaces reduces the efficiency of water heaters and plumbing systems, and shortens their service life. Scale occurs in the form of solid deposits on the heating surface. To prevent scale, one can use chemical additives to soften the water, but this method is not always applicable in all the situations. Considering that hard water is mostly present in Kazakhstan, the scale of the problem is extensive, as is the damage. It has been established that the water hardness and pH affect directly scale formation. A review of the existing methods of water treatment and scale control is discussed in work [1]. The analysis of literature shows that the problem of scale formation is typical for boiler units, heat exchangers and water heaters, and the reason for its occurrence is the presence of dissolved calcium carbonate crystals (CaCO3) in water [2]. Hardness salts include calcium (Ca2+), magnesium (Mg2+) and bicarbonate (HCO3-) ions. They are dissolved in water and cannot be removed using a mechanical filter; only ion exchange or membrane filters can solve this problem, but this is sufficiently expensive for mass use in everyday life [3]. Hardness salts entering the city water supply system are already dissolved and when they come into contact with metal surfaces, they form hydrocarbonate scale. This scale can form not only on heating surfaces but also on mixers and taps, gradually causing them to fail. An example of scale formation and a magnified view of solid deposits on the surface of an electric heater is shown in Figure 1.

As the temperature increases from 20°C, the solubility of calcium carbonate decreases, which leads to its depositing on heating surfaces. One of the ways to combat scale formation is to use the effect of the magnetic field on the flow of water passing through the pipeline. There are known operating devices for treating water with the magnetic field that were developed in the first half of the last century, but with the development of technologies for the production of chemical reagents for water softening, this method was almost completely replaced. There are results of experimental studies that prove that the magnetic field is capable of forming a condition for temporary deformation of the hydration shells of hardness salt ions dissolved in water and forming crystallization centers [4]. The magnetic field

Figure 1 – An example of scale formation and a magnified view of solid deposits on the surface of an electric heater

leads to the structuring of dissolved hardness salts in the water flow and formation of aragonite crystals that do not deposit as scale on heating surfaces [5]. There is an opinion that the magnetic field affects the Ca2+, Mg2+, Fe2+ and Fe3+ions dissolved in water; this can be caused by generation of a weak electric current in the moving water flow or to pressure pulsation [6,7]. It has also been established that the effect of the magnetic field extends to the moving stream of water, in which there is certain electrostatics. This effect disappears when the water is stationary. The issues of the effect of magnetic and electromagnetic fields in the case of water flow movement were considered earlier [8, 9]. The use of the magnetic field in water purification systems is discussed in detail in work [10].

Research methods. To achieve the goal of this scientific work, a laboratory bench was specially designed. It is based on permanent neodymium magnets. The magnets are attached to the outside of the plastic pipes and do not come into contact with the water flow. Unlike the existing analogues, in which magnets are located in the flow part of the pipeline, there is no problem of clogging the internal surface due to silting and formation of suspended deposits. Direct contact of the magnet surface with the flow of water leads to its gradual degradation. The temperature affects degradation, especially if the water is heated to the temperature of more than 70°C. As practice has shown, in this case the magnet can degrade over the period of 3 to 5 years. Experimental research methods and the principle of water flow influencing were considered in earlier works [8, 9]. The difference from previously conducted experimental studies is that in those experiments only permanent neodymium magnets of grade N35 and N52 were used, in the number of 48 pieces. A total of 24 pairs were formed and divided into three blocks: the first block consisted of 5 pairs of N35 magnets with the diameter of 15 mm and the thickness of 5, the average value of the magnetic field induction strength was 98 mT; the second block consisted of 9 pairs of N52 magnets with the diameter of 10 mm and the thickness of 3 mm, the average value of the magnetic field induction strength was 120 mT; the third block consisted of 10 pairs of N52 magnets that were completely similar to the magnets from block two. When using 10 pairs of N52 magnets with the diameter of 10 mm and the thickness of 3 mm, the water hardness indicator changed by 2.9% [9]. The effect of exposure in varying degrees begins with the use of 2 to 10 pairs of magnets, but to increase the efficiency of water treatment, 24 pairs were used. The layout of the magnets and the experiment course is shown in Figure 2. The magnetic field strength was measured using a portable Teslameter TD 8620 (made in China). Indications of water hardness and pH were measured using the following instruments: a TDS meter TD&EC meter (hold) and a pH meter RN-102 (made in China).

To pump water, a pump with the capacity of 3 l/min was used. It was powered by a DC converter with voltage of 12 V. Pipeline 1 is made of non-magnetic material, consists of sections of plastic pipe with an internal diameter of 8 mm with the wall thickness of 2.5 mm and sections of copper tube with the internal diameter of 8 mm and the wall thickness of 1.2 mm. Magnets 2 are attached to it from the outside with insulating tape, whose north pole faces the water flow and the center of the pipeline. The experiment was carried out as follows: the water collected from the city water supply system was placed in container 3, then using pump 4 the water was pumped into container 5. The water passed through the pipeline and was exposed to the magnetic

field of permanent magnets 2. Next, the water was removed from container 5 and poured into glass beaker 6 with the volume of 250 ml. Afterwards, the water was heated to boiling with the use of a submersible electric boiler operating from the 220 V main swith the power of 0.5 W. When the water boiled, the electric boiler was disconnected from the mains, the water was cooled in the glass to the temperature of 70°C and was poured into the sewer. The experiment used two identical glass beakers and immersion electric boilers. The experiment with boiling water in glasses was carried out 100 times, then the condition of the glasses and the electric boiler was analyzed. The water that had been treated with the magnetic field was poured into one glass, and the water without treatment was poured into the other one. The water used in the experiment was previously collected into a container from the water supply network. A photograph of the laboratory bench and the measuring instruments used is presented in Figure 3.

Scientific results. The obtained results coincided with those obtained previously [8, 9]. The magnetic field affects dissolved hardness salts and their transition to the inactive crystalline form. The glass and the electric boiler that worked with the water treated with the magnetic field had a better visual appearance and a smaller layer of scale formed. The glass and the electric boiler turned out to be

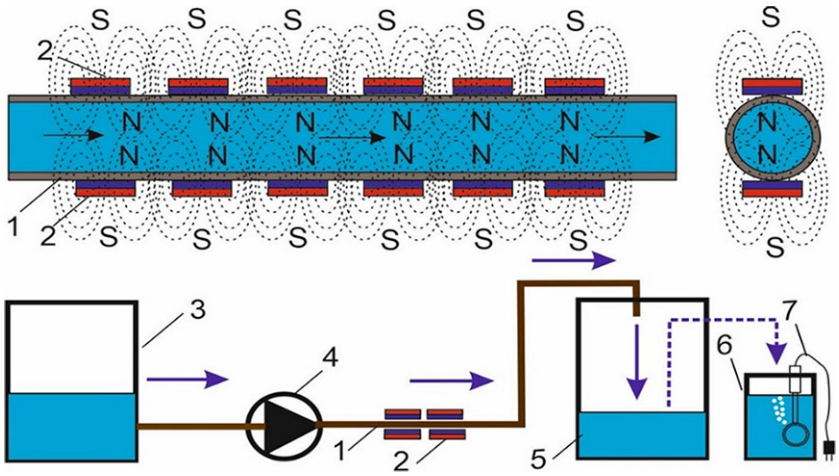


Figure 2 – Layout of the magnet sand the experiment course

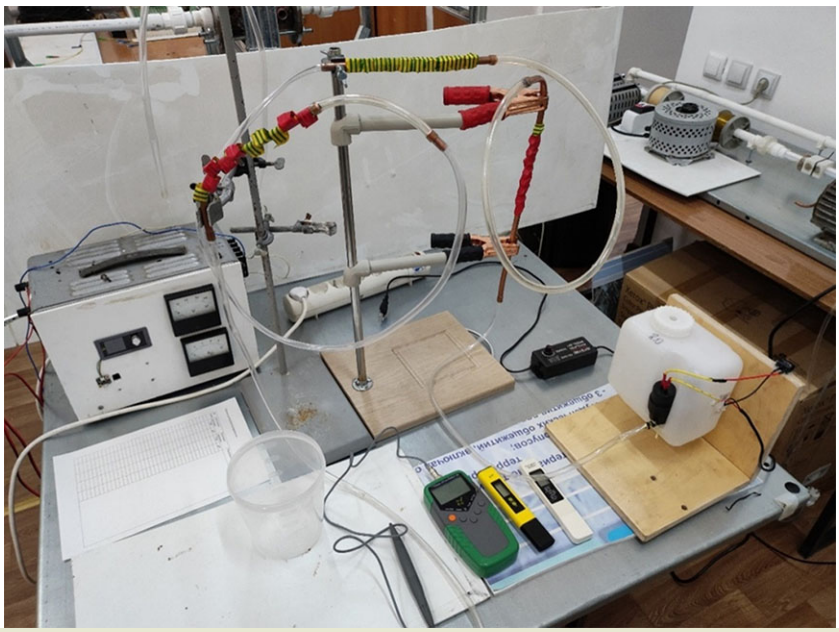


Figure 3 – Photo of the laboratory bench and the measuring instruments used

cleaner in comparison with the glass and the electric boiler that worked with the untreated water. Figure 4 shows a photo of the tested glasses and electric boilers.

The photo clearly shows the difference: the glass on the left has a larger layer of white deposits of hardness salts on the walls, as well as the electric boiler that is more covered with deposits. The glass on the right looks cleaner but it still has a slight, barely noticeable deposit, and the electric boiler is less scaled up. Photographs cannot be able to fully convey the difference in solid deposit levels, but upon actual inspection the difference is quite noticeable.

Conclusions. The carried out field experiments showed the consistency of the previously put forward hypotheses about the positive effect of the magnetic field on water in terms of reducing its hardness and preventing formation of solid deposits. Increasing the scale layer of hardness salts causes the electric heateroverheating, which will lead to damage. There is also an excessive consumption of electricity by 10% with the scale layer of 1 mm [8]. It must be admitted that it was not possible to prevent completely scale depositing on the heating surfaces of the electric boiler; it is probably necessary to increase the strength of the magnetic field and to increase both the number of magnets and the length of the section where the magnetic field is exposed. With the scale layer of 1 mm, energy costs for heating water will increase by 10%, and with the deposit layer thickness of 15 mm, the excess consumption will be about 70% [9]. So, the efficiency of an electric boiler used to heat hard water will gradually decrease; of course, the higher the hardness, the faster scale will form and its layer will be thicker.

The studies were funded by grant AP19679359 Developing a system for magnetic treatment of process water to reduce scale formation on the heating surface of thermal power equipment.

Figure 4 – Photo of the test glasses and electric boilers

REFERENCES

1. Sergio Martínez Moya, Nuria Boluda Botella. Review of Techniques to Reduce and Prevent Carbonate Scale. Prospecting in Water Treatment by Magnetismand Electromagnetism // Water 2021, 13, 2365.2 of 27. https://doi.org/10.3390/w13172365
2. Мосин, О.В. Магнитные системы обработки воды. Основные перспективы и направления // Сантехника, 2011, № 1, С. 21-25.
3. Чеснокова, Л.Н. Вопросы теории и практики магнитной обработки воды и водных систем // Цветме-

тинформация, Москва, 2011, с. 75.
4. Busch, K.W., Busch, M.A., Parker, D.H., Darling, R.E., McAtee, J.L. Laboratory studies involving magnetic water treatment devices. [Text] // Physics and Materials Chemistry. 2013, Vol. 1, no. 2, pp. 34-40.
5. Мосин, О.В. Обладает ли вода структурой? [Электронный ресурс]. – URL: https://www.o8ode.ru/article/energo/water_structure.htm
6. Coey, J.M.D., Cass, S. Magnetic water treatment [Text] // J. Magn. Magn. Mater. 2000, 209, pp. 71-74.
7. Ахмеров, У.Ш., Ведерников, А.П., Поленов, Л.Ф. Методы индикации «магнитной воды» // Казань, Изд. Казанского университета, 2012. С. 73.
8. A.D. Mekhtiyev, YE.ZH. Sarsikeyev, A.V. Atyaksheva, A.D. Atyaksheva, T.S. Gerassimenko, A.D. Alkina. Method of preventing deposits on the inner surface of circulating water pipelines of ferroalloy electric furnace cooling systems. Metalurgija 60 (2021) 3-4, 321-324.
9. Мехтиев А.Д., Герасименко Т.С., Сарсикеев Е.Ж. Экспериментальные исследования влияния магнитных и электромагнитных полей на жесткость воды // Торайғыров университетінің хабаршысы. ISSN 2710-3420. Энергетикалық сериясы. № 3. 2023.
10. Rouina, M.; Kariminia, H.R.; Mousavi, S.A.; Shahryari, E. Effect of electromagnetic field on membrane fouling in reverse osmosis process. Desalination 2016, 395, 41-45.

Қақтың пайда болуын назайту үшін суды магнитті тазалау әсерін зерттеу

[1]МЕХТИЕВ Али Джаваншерович, *т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, barton.kz@mail.ru,*
[1]*ГЕРАСИМЕНКО Татьяна Сергеевна, *т.ғ.к., аға оқытушы, melary-5@mail.ru,*
[1]СӘРСИКЕЕВ Ермек Жасланұлы, *PhD, қауымдастырылған профессор, sarsikeyev.ermek@yandex.ru,*
[1]МЕХТИЕВ Руслан Алиевич, *магистр, аға ғылыми қызметкер, ruslanmekhtiyev@gmail.com, 1«С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Жеңіс даңғылы, 62, Астана, Қазақстан,*
**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Су жылытқыштарында қаттылық тұздарының қатты шөгінділерінің пайда болу проблемасы өндірісте де, күнделікті өмірде де кездеседі. Масштабпен күресудің негізгі құралы химиялық реагенттерді қолдану болып табылады, бірақ бұл су ресурстарының ластануына әкеледі және экологиялық жағдайды нашарлатады. Қақтың пайда болуымен күресудің бір бағыты-магнит өрісінің құбыр арқылы өтетін су ағынына әсерін пайдалану. Магнит өрісін тұрақты магниттер де, электрлік өрістер де жасай алады. Бұл әдіс бұрыннан белгілі және ішінара тәжірибеде қолданылады. Зерттеудің осы ғылыми жұмысының мақсаты зертханалық стендті әзірлеу және спиральды электр жылытқышының бетінде қақ түзілуіне байланысты зерттеулер жүргізу, сондай-ақ болашақта тұрмыстық қақтың алдын алуға арналған құрылғыны жасауға мүмкіндік беретін жүргізілген эксперименттердің нәтижелерімен жұртшылықты таныстыру болып табылады. Бұл мақала ерте жарияланған жұмыстарды зерттеудің жалғасы болып табылады.*

Кілт сөздер: *қаттылық тұздары, масштабтау, суды тазарту жүйелері, судың кермектігі, электромагниттік тазарту.*

Исследование эффекта магнитной обработки воды для снижения образования накипи

[1]МЕХТИЕВ Али Джаванширович, *к.т.н., ассоциированный профессор, barton.kz@mail.ru,*
[1]*ГЕРАСИМЕНКО Татьяна Сергеевна, *к.т.н., старший преподаватель, melary-5@mail.ru,*
[1]САРСИКЕЕВ Ермек Жасланович, *PhD, ассоциированный профессор, sarsikeyev.ermek@yandex.ru,*
[1]МЕХТИЕВ Руслан Алиевич, *магистр, старший научный сотрудник, ruslanmekhtiyev@gmail.com,*

[1]НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина», пр. Женис, 62, Астана, Казахстан,

**автор-корреспондент.*

Аннотация. *Проблема образования твердых отложений солей жёсткости в водонагревателях встречается как на производстве, так и в быту. Основным средством для борьбы с накипью является использование химических реагентов, но это ведет к загрязнению водных ресурсов и ухудшает экологическую обстановку. Одним из направлений борьбы с образованием накипи является использование воздействия магнитного поля на поток воды, проходящей по трубопроводу. Магнитное поле может создаваться как постоянными магнитами, так и электрическими. Данный метод уже достаточно давно известен и частично используется на практике. Целью данной научной работы исследования является разработка лабораторного стенда и проведение исследований, связанных с образованием накипи на поверхности спирального электрического нагревателя, а также ознакомление общественности с результатами проведенных экспериментов, которые позволят в будущем разработать устройство для предотвращения накипи бытового назначения. Настоящая статья является продолжением исследований ранние опубликованных работ.*

Ключевые слова: *соли жесткости, накипь, системы очистки воды, жесткость воды, электромагнитная очистка.*

REFERENCES

1. Sergio Martínez Moya, Nuria Boluda Botella. Review of Techniques to Reduce and Prevent Carbonate Scale. Prospecting in Water Treatment by Magnetism and Electromagnetism // Water 2021, 13, 2365. 2 of 27. https://doi.org/10.3390/w13172365.
2. Mosin, O.V. Magnitnye sistemy obrabotki vody. Osnovnye perspektivy i napravlenija. Santehnika, 2011, no. 1, pp. 21-25.
3. Chesnokova, L.N. Voprosy teorii i praktiki magnitnoj obrabotki vody i vodnyh system. Cvetmetinformacija, Moscow, 2011, 75 p.
4. Busch, K.W., Busch, M.A., Parker, D.H., Darling, R.E., McAtee, J.L. Laboratory studies involving magnetic water treatment devices. [Text]. Physics and Materials Chemistry. 2013, Vol. 1, no. 2, pp. 34-40.
5. Mosin, O.V. Obladaet li voda strukturoj? [Jelektronnyj resurs]. – URL: https://www.o8ode.ru/article/energo/water_structure.htm
6. Coey, J.M.D., Cass, S. Magnetic water treatment [Text]. J. Magn. Magn. Mater. 2000, 209, pp. 71-74.
7. Ahmerov, U.Sh., Vedernikov, A.P., Polenov, L.F. Metody indikacii «magnitnoj vody». Kazan', Izd. Kazanskogo universiteta, 2012. 73 p.
8. A.D. Mekhtiyev, Ye.Zh. Sarsikeyev, A.V. Atyaksheva, A.D. Atyaksheva, T.S. Gerassimenko, A.D. Alkina. Method of preventing deposits on the inner surface of circulating water pipelines of ferroalloy electric furnace cooling systems. Metalurgija 60 (2021) 3-4, pp. 321-324.
9. Mehtiev A.D., Gerassimenko T.S., Sarsikeyev E.Zh. Jeksperimental'nye issledovanija vlijanija magnitnyh i jelektromagnitnyh polej na zhestkost' vody // Toraiğyrov universitetınıñ habarşysy. ISSN 2710-3420. Energetikalyq seriasy. No. 3. 2023.
10. Rouina, M.; Kariminia, H.R.; Mousavi, S.A.; Shahryari, E. Effect of electromagnetic field on membrane fouling in reverse osmosis process. Desalination 2016, 395, 41-45.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_415 UDC 004:378

Development of a Methodology for Creating Training Materials for the Digital Environment

[1]*SADYKANOVA Oryngul, Doctoral Student, osadykanova@gmail.com,
[2]SEITAKHMETOVA Zhanat, PhD, Senior Lecturer, zhanat.seitahmetova@mail.ru,
[1]KUMARGAZHANOVA Saule, Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, skumargazhanova@gmail.com,
[1]SMAILOVA Saule, PhD, Professor, ssmailova@edu.ektu.kz,
[1]NCJSC «D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University», D. Serikbayev Street, 19, Oskemen, Kazakhstan,
[2]NCJSC «Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University», 30th Guards Division Street, 34, Oskemen, Kazakhstan,
*corresponding author.

Abstract. *The design of digital instructional content in educational organizations is a crucial factor in the development of the modern information-educational environment. This study aims to analyze existing standards for digital instructional materials and develop a methodology for creating such materials based on the SCORM 2004 standard. An analysis of existing standards for developing digital instructional materials has shown that SCORM is the most effective. This study presents a comparative analysis of the structural components of SCORM across various versions. An algorithm for creating instructional materials based on SCORM 2004 has been developed, including stages of development, selection of tools and technologies, as well as methods for quality control and effectiveness assessment. The outcome of the study is a methodology for forming digital content considering the specifics of the SCORM 2004 standard. The results of testing this methodology are presented through the development and evaluation of the online course «NIS. Computer Science».*

Keywords: *digital educational materials, methodology for creating digital content, SCORM, LMS, content objects, Content Aggregation Model (CAM), Run-Time Environment (RTE).*

Introduction

The rapid advancement of digital technologies is precipitating changes within the educational sphere, necessitating the development of methodologies for crafting electronic instructional materials. Electronic instructional materials afford educators and students the utilization of interactive teaching methods, enabling the customization of materials to suit each student's individual needs, thereby fostering more effective knowledge acquisition [1]. Furthermore, it is noteworthy that digital instructional materials significantly reduce time and financial expenditures in the educational process, as they can be reused and updated at minimal expense [2]. Moreover, the digital environment facilitates the swift and convenient dissemination of information, a particularly crucial attribute in the context of contemporary fast-paced lifestyles. Analysis of existing standards for the development of digital instructional materials has revealed SCORM (Shareable Content Object Reference Model) to be the most efficacious, comprising a set of standards and specifications for the creation, packaging, and exchange of educational content [3]. In its updates, SCORM developers strive to enhance the content aggregation model and runtime environment to ensure more efficient and convenient utilization of the standard. Similar to many software products, SCORM undergoes continual updates and augmentations, resulting in multiple versions of the standard. This study is aimed at analyzing the available versions of this standard and developing a methodology for the creation of educational content within the digital environment that meets the requirements of adaptive learning.

Research methodology

The methodological foundation of the study is comprised of systems analysis and knowledge management methods, which encompass a comprehensive approach to analyzing, designing, testing, and evaluating educational

content, taking into account the specifics of the SCORM 2004 standard and the needs of the target audience:

1. Study of the SCORM 2004 standard: Investigating the fundamental principles, structure, capabilities, and limitations of SCORM 2004 will help determine which functionalities of the standard can be utilized for creating educational resources and what technical requirements need to be considered.

2. Development of a methodology for creating educational resources: Within the scope of the research, it is necessary to develop a clear plan for creating educational materials based on SCORM 2004, including stages of development, selection of tools and technologies, as well as methods for quality control and effectiveness assessment.

3. Experimental testing: Conducting experimental testing of the developed methodology on the target audience will help assess its effectiveness, ease of use, adaptability to different needs and levels of learners' knowledge.

Theoretical justification

There are several primary types of e-learning standards, which delineate the manner of content packaging, the method of data exchange between data repositories (LMS, LRS), content composition, transmitted data composition, and content launch mechanism [4]. The comparative outcomes of technical characteristics of these standards according to these criteria are presented in Table 1.

SCORM is a standard for exchanging educational materials based on adapted specifications from ADL, IEEE, IMS, Dublin Core (DCMI), and vCard [5]. SCORM comprises three primary components [6]: the Content Aggregation Model (CAM), responsible for packaging, sequencing, navigation, and describing instructional content; the Run-Time Environment (RTE), which manages the execution of educational content and the learner's environment; and Sequencing and Navigation (SN), which delineates possible navigation methods through the content [7].

Similar to many software products, SCORM undergoes continuous updates and enhancements, resulting in several versions of the standard [8]. During updates, SCORM developers strive to improve the Content Aggregation Model and the Run-Time Environment to ensure a more efficient and user-friendly utilization of the standard (see Table 2).

The analysis of data versions has revealed that the most suitable version is SCORM 1.3, an updated working draft of the application profile complementing the original SCORM model by structuring it based on the simple sequencing specification. This addition allows course developers to define the learning path of students through a series of educational modules depending on their performance, thereby rendering the SCORM model more flexible and adaptable to diverse educational needs [9]. SCORM 2004 exists in various editions, each distinguished by updated functionalities (Table 3).

The components of e-course content are developed and packaged into SCORM packages, which provide a standardized format for the management and delivery of educational content. These SCORM packages are subsequently integrated with Learning Management Systems (LMS), which utilize SCORM specifications to ensure compatibility, track progress, and manage the educational process.

Results

When developing a methodology for the formation of digital content, the following im-

Table 1 – Comparative table of technical characteristics of standards

Characteristic	AICC CMI	SCORM	xAPI	CMI5
Content Packaging Method	Zip, Txt	Zip, IMS Manifest	Not defined	Zip (cmi5.xml)
Data Exchange Method	Http(s) protocol-based	JavaScript, invoking SCORM player functions from content	Http(s) protocol-based, REST API and JSON	Built on xAPI
Transmitted Data Composition	Scores, Status, Location, Time, Objectives, core_lesson	Scores, Statuses (2), Location, Time, Objectives, Exercises, suspend_data	Arbitrary statements	xAPI statements, but in a defined format
Launch Method	Session ID in URL	Content launched along with SCORM player	Minimal specification	Defined (parameters in URL)

Table 2 – Comparative table of structural components of SCORM across different versions

Component	SCORM 1.1	SCORM 1.2	SCORM 1.3
CAM defines the structure of educational blocks and packages of educational material	**CAM:** Metadata + Binding	**CAM:** Metadata + Binding; Adds: Content Packaging & Content Organisation	**CAM:** Metadata + Binding; Content Packaging & Content Organisation (updated/fixed)
RTE defines the interaction between SCO and LMS through the API	**RTE:** API + Data Model	**RTE:** API + Data Model (updated/fixed)	**RTE:** API + Data Model (updated/ fixed)
S & N (SN) - defines the sequence and navigation			**S & N** Rules and Behaviours (new)

Table 3 – Differences in SCORM 2004 Editions

№	SCORM 2004	Updated features
1	2nd Edition	● the ability to specify an adaptive ordering of activities using content objects (called a Public Content Object, or a Shareable Content Object – SCOs). ● the ability to share and use success status information for multiple learning goals or competencies through content objects and courses for the same student
2	3rd Edition:	● ordering and navigation paths
3	4th Edition	● elimination of ambiguity in the sequencing specification ● several new features have been added to the sequencing specification, which will expand the capabilities available to content authors.

portant aspects were taken into account:

1. The instructional design process.
2. The capabilities of the SCORM 2004 standard upon which the digital content relies.
3. The basic repository of learning objects.
4. The technology utilized in the development of digital content.

Within the SCORM package, educational material is composed of two types of blocks: Assets and SCO. Assets are elements that do not interact with the LMS server; these may include HTML pages, images, audio files, or Flash objects, among others. SCO, on the other hand, are elements that interact with the LMS server, reporting on the progress and results of learning, receiving and transmitting additional data, etc.

In this research, SCO composition is defined as comprising descriptions and terms, theoretical material in the form of video lectures, assignments, and assessment tests. Packages are furnished with information known as a manifest, which delineates the structure of the content, types, and location of educational materials. The manifest provides a hierarchical description of the structure with references to educational material files. SCO will be stored in shared repositories of learning objects (LOR). Courses will be integrated into LMS. The relationship between SCO and the learning management system is illustrated in Figure 1.

Thus, the methodology for creating digital educational materials based on SCORM 2004 will involve:

1. Defining educational goals and content: Establish the instructional goals and content to be covered.
2. Selecting tools and technologies: Choose appropriate tools and technologies for creating SCORM-compliant materials, such as authoring systems like Articulate Storyline or Adobe Captivate.
3. Creation of instructional modules: Develop individual instructional modules (content objects) that correspond to specific educational goals.
4. Using selected tools: Create interactive presentations, videos, tests, assignments, and other learning elements.
5. Integrating with SCORM 2004 2nd Edition: Ensure each module conforms to the SCORM 2004 2nd Edition standard, including

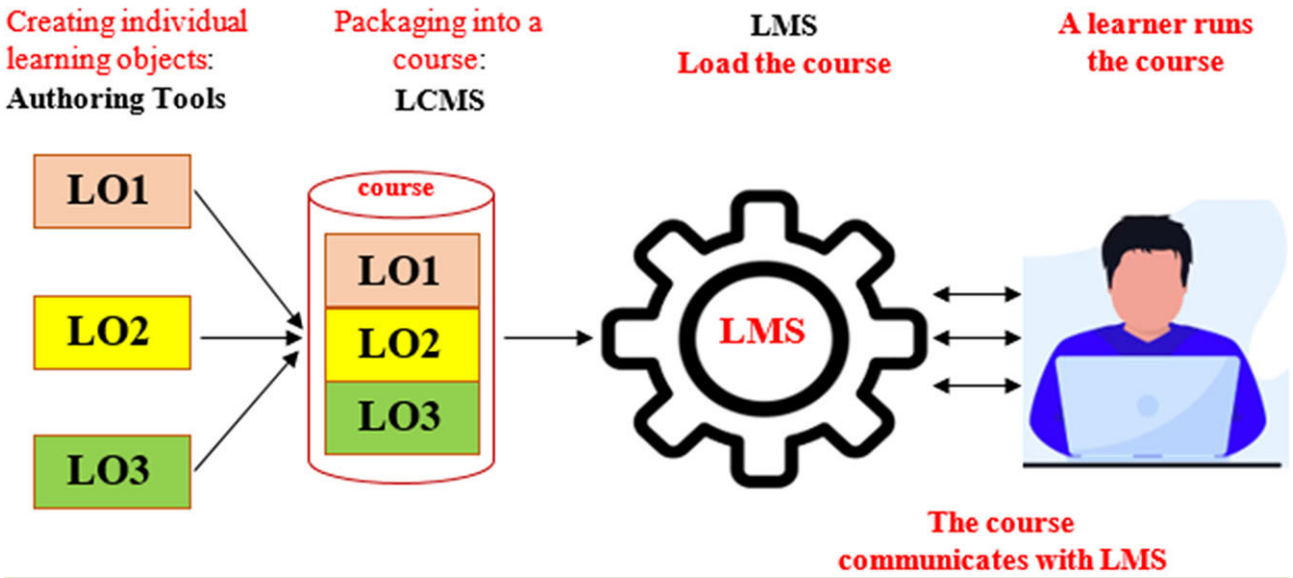


Figure 1 – The scheme of interaction between LMS and SCO (adapted from the resource [10])

necessary metadata.

6. Testing and debugging: Verify SCORM compatibility and functionality within the target LMS, and debug as necessary.

7. Assembling and publishing: Compile modules into a SCORM-compliant package and publish it on the LMS platform.

8. Monitoring and updating: Track usage, gather feedback, and update materials based on user needs and feedback.

9. Evaluating effectiveness: Assess the effectiveness using feedback and metrics like the Kirkpatrick model, Completion Rate (COR), and Net Promoter Score (NPS).

Based on the proposed methodology, the lifecycle of digital content development can be visually represented (Figure 2).

This algorithm enables the systematic creation of high-quality and standardized digital educational materials based on the SCORM 2004 2nd Edition, ensuring their compatibility and effectiveness for use in the e-Learning environment. The viability of this methodology was assessed through the development of digital content for the online course «NIS. Computer Science» (https://stepik.org/109060), designed for high school students. The «NIS. Computer Science» course comprises 8 modules and 24 lessons, encompassing 176 steps (Figure 3).

At the course's start, terms and definitions are provided. Each lesson includes brief descriptions, videos, assignments, and feedback. The first page presents key terms, helping learners quickly grasp fundamental concepts. Lessons consist of:

- Lesson Description: Clear explanations of key topics.
- Video Materials: Tutorials to enhance understanding.
- Assignments: Practical exercises to apply theoretical knowledge.

A notable feature is the feedback mechanism, allowing users to assess material quality, share insights, and ask questions, helping course authors improve content.

To assess the effectiveness of the proposed methodology for creating digital content, metrics such as Completion Rate (COR) and Net Promoter Score (NPS) were selected. COR, representing the completion rate of courses, is measured as a percentage (students who completed the training divided by those enrolled). This metric indicates how well the course meets user needs. Average COR values range from 3% to 80%. Currently, 990 learners have completed the course, with a COR of 68%, showing its popularity.

NPS, an index of customer loyalty, reflects the willingness to recommend the course. It is calculated using the formula NPS = P – N, where P represents positive ratings (9-10) and N represents negative ratings (0-6). Ratings between 7 and 8 are neutral. This metric is informative in terms of dynamics, and results are presented at different stages of the course's operation (Figure 5).

The analysis of the results of the NSE indicator in dynamics shows 36%, which is considered an average result and shows a fairly stable level of product viability.

Conclusion

The methodology developed for creat-

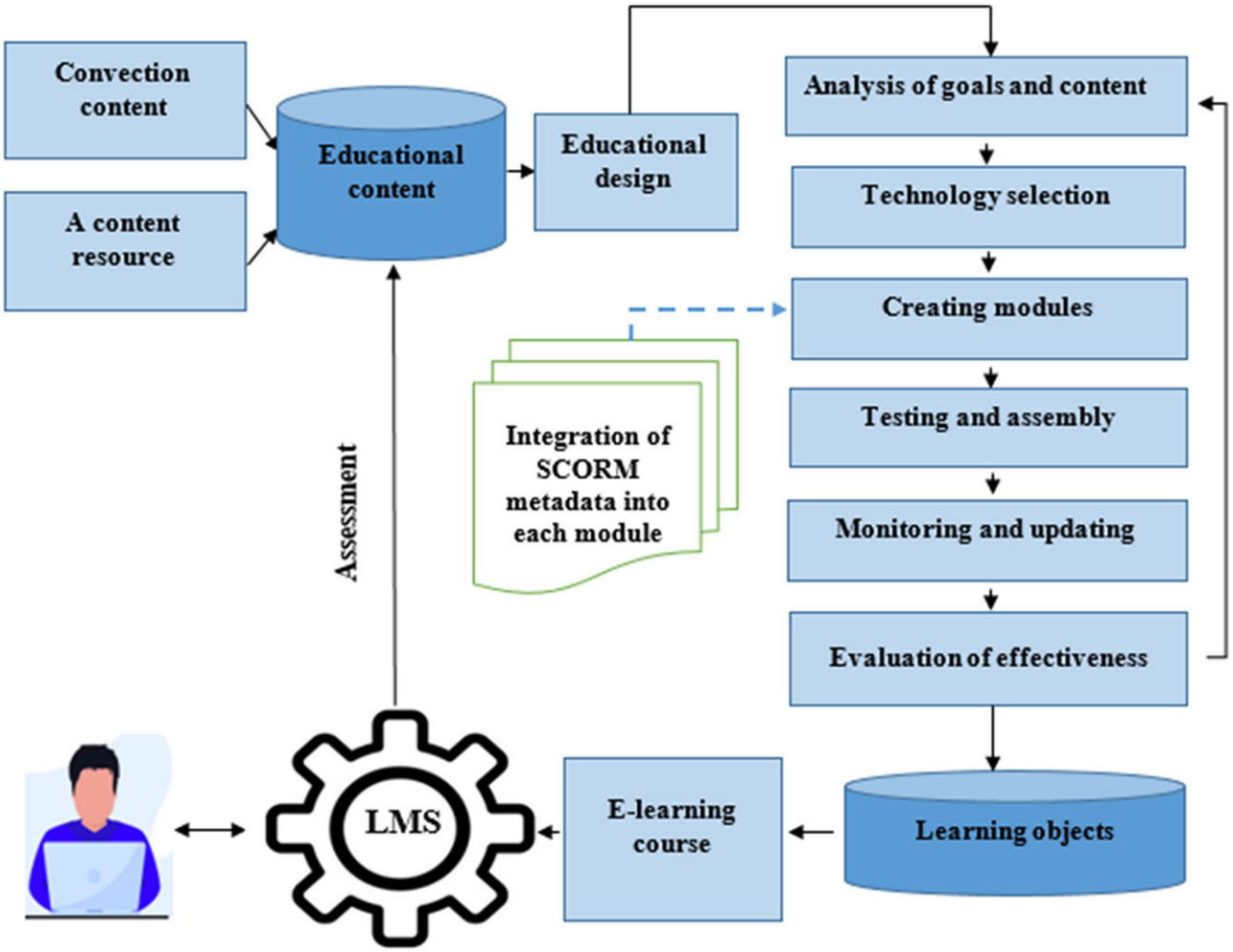


Figure 2 – The life cycle of digital content development according to the proposed methodology

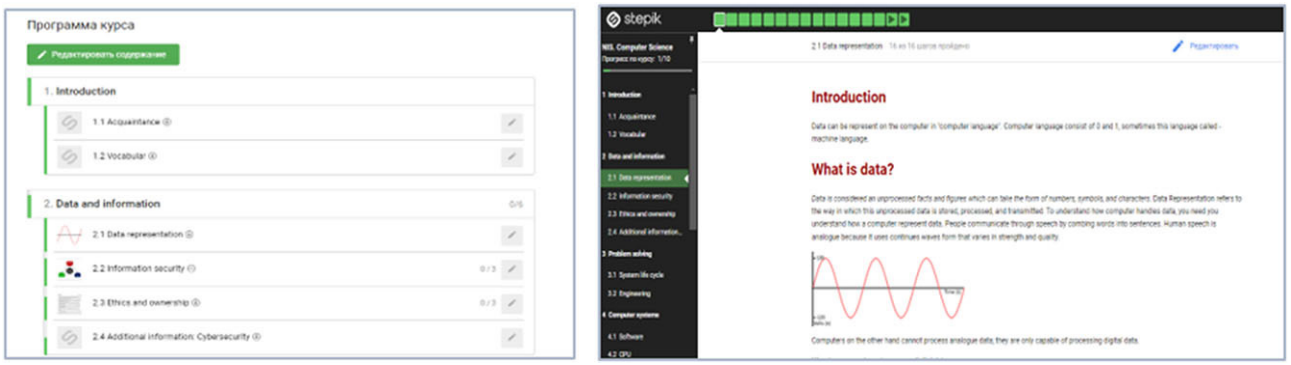


Figure 3 – Course structure (Developer and Student Mode)

ing digital educational content, based on a comprehensive approach to analysis, design, testing, and evaluation, and aligned with the SCORM 2004 standard, has demonstrated significant effectiveness. The validation through the online course «NIS. Computer Science» indicates a high level of user engagement and satisfaction, as evidenced by a completion rate (COR) of 68% and a Net Promoter Score (NPS) dynamic analysis showing a steady score of 36%. These metrics reflect the course's alignment with user needs and its potential for

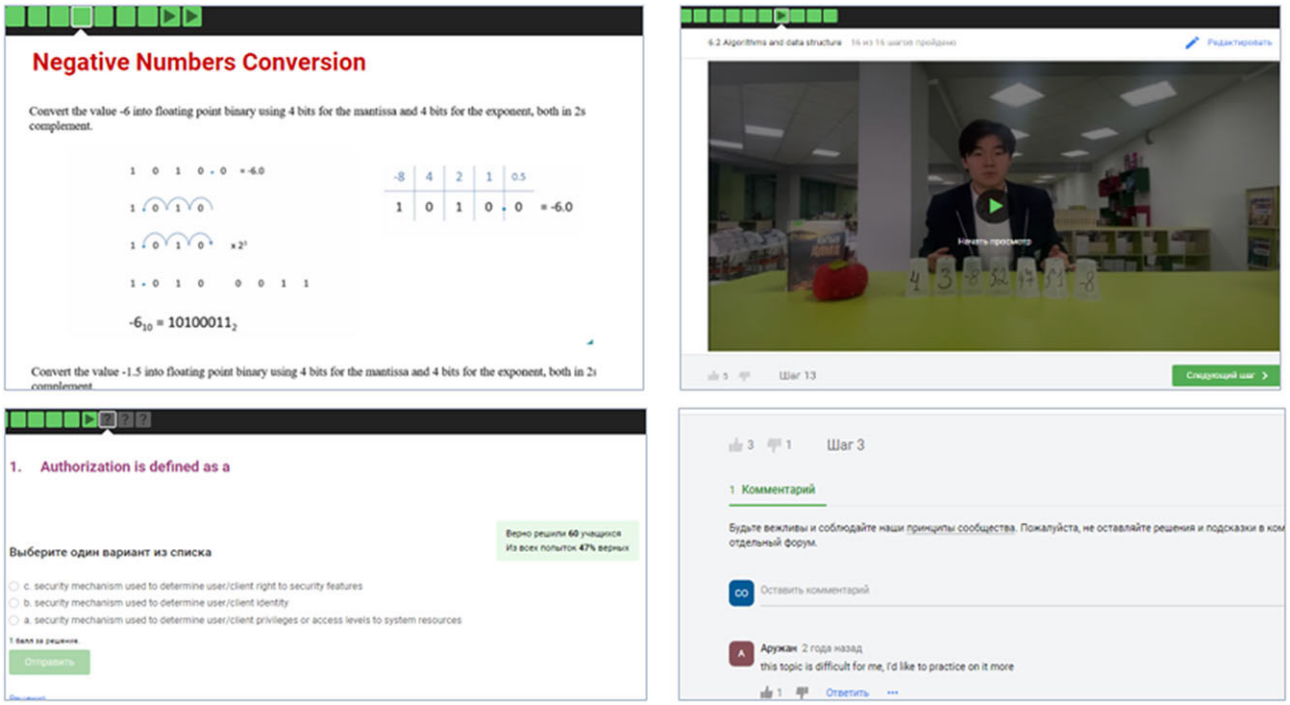


Figure 4 – Lesson materials

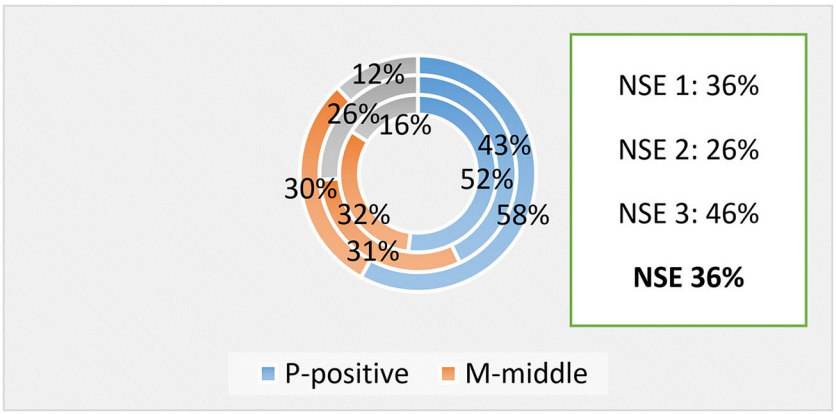


Figure 5 – NPS results in dynamics

widespread adoption. The structured approach to digital content creation ensures that educational materials are not only accessible and engaging but also adaptable to diverse learning environments, thereby enhancing the overall efficacy of digital education.

Acknowledgement

The research was carried out within the framework of state funding under the scientific project AP19680002 «Methodology for the formation of digital identity of students in the continuous education circuit in universities of the Republic of Kazakhstan».

REFERENCES

1. El-Sabagh H.A. Adaptive e-learning environment based on learning styles and its impact on development students' engagement // International Journal of Educational Technology in Higher Education. – 2021. – No. 18 (53). Pp. 1-24.
2. Guragain N. E-learning benefits and applications // https://core.ac.uk/download/pdf/38134334.pdf.11.02.2016
3. Zhu X. Extending the SCORM Specification for references to the Open Content Object //Journal of Educational Technology & Society. – 2007. – No. 1(10). Pp. 248-264.
4. Sánchez-Alonso S., López M.G., Frosch-Wilke D. E-learning standards for content management // Content Management for E-Learning. – 2010. – Pp. 131-156.
5. Ожерельева Т.А. Особенности стандартизации информационных средств// Перспективы науки и образования. – 2016. – № 2 (20). С. 17-22.
6. Papazoglakis P.P. The past, present and future of SCORM // Academy of Economic Studies. Economy Informatics. – 2013. – No. 1 (13). – P. 16.
7. SCORM 2004 4th Edition. Sequencing and Navigation (SN) Version 1.1 // https://www.immagic.com/eLibrary/ARCHIVES/TECH/US_DOD/A090814S.pdf. 14.08.2009.
8. Chew L.K., Hua T.G. Instructional strategies and limitations of the SCORM 2004 specification // In the proceedings of the 16th international conference on computers in education. ICCE 2008. Pp. 153-160.
9. Advanced Distributed Learning. ADL SCORM Version 1.3 Application Profile Working Draft 1.0 // https://xml.coverpages.org/SCORMV13-SeqAppProfile.pdf. 27.11.2002.
10. El Zant N., Al-Sharrah H. New Methodology for Developing Digital Curricula // https://personales.upv.es/thinkmind/dl/conferences/iccgi/iccgi_2011/iccgi_2011_7_30_10145.pdf. 19.06.2011.

Цифрлық ортаға арналған оқу материалдарын құру әдістемесін әзірлеу

[1]*САДЫКАНОВА Орынгуль Орымкановна, *докторант, osadykanova@gmail.com,*
[2]СЕЙТАХМЕТОВА Жанат Маратовна, *PhD, сениор лектор, zhanat.seitahmetova@mail.ru,*
[1]КУМАРГАЖАНОВА Сауле Кумаргажановна*, т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, skumargazhanova@gmail.com,*
[1]СМАИЛОВА Сауле Сансызбаевна, *PhD, профессор, ssmailova@edu.ektu.kz,*
[1]«Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті» КеАҚ, Д. Серікбаев көшесі, 19, Өскемен, Қазақстан,
[2]«Сәрсен Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті» КеАҚ, 30-шы Гвардиялық дивизия көшесі, 34, Өскемен, Қазақстан,

**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Білім беру ұйымдарында цифрлық оқыту мазмұнын жобалау қазіргі заманғы ақпараттық-білім беру ортасын дамытудың маңызды факторы болып табылады. Зерттеудің мақсаты – сандық оқу материалдарының қолданыстағы стандарттарын талдау және SCORM 2004 стандарты негізінде осындай материалдарды құру әдістемесін әзірлеу. Қолданыстағы цифрлық оқыту материалдарын әзірлеу стандарттарын талдауда SCORM стандарты ең тиімді екені анықталды. Зерттеу SCORM құрылымдық компоненттерін әртүрлі нұсқаларда салыстырмалы талдауды ұсынады. Мақалада SCORM 2004 стандартының ерекшеліктерін ескере отырып, білім беру мазмұнын талдауға, жобалауға, тестілеуге және бағалауға кешенді көзқарас негізінде цифрлық мазмұнды құру әдістемесі берілген. Зерттеу нәтижесінде SCORM 2004 стандартының ерекшелігін ескере отырып, сандық мазмұнды қалыптастыру әдістемесі ретінде «NIS. Computer Science» онлайн курсын әзірлеу, тестілеу және сынақтан өткізу нәтижелері ұсынылған.*

Кілт сөздер: *сандық оқу материалдары, цифрлық мазмұнды генерациялау әдістемесі, SCORM, LMS, оқу модульдері, мазмұнды біріктіру моделі, орындалу ортасы.*

Разработка методики формирования обучающих материалов для цифровой среды

[1]*САДЫКАНОВА Орынгуль Орымкановна, *докторант, osadykanova@gmail.com,*
[2]СЕЙТАХМЕТОВА Жанат Маратовна, *PhD, сениор лектор, zhanat.seitahmetova@mail.ru,*
[1]КУМАРГАЖАНОВА Сауле Кумаргажановна, *к.т.н., ассоциированный профессор, skumargazhanova@gmail.com,*
[1]СМАИЛОВА Сауле Сансызбаевна, *PhD, профессор, ssmailova@edu.ektu.kz,*
[1]НАО «Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева», ул. Д. Серикбаева, 19, Усть-Каменогорск, Казахстан,
[2]НАО «Восточно-Казахстанский университет имени Сарсена Аманжолова», ул. 30-й Гвардейской дивизии, 34, Усть-Каменогорск, Казахстан,
**автор-корреспондент.*

Аннотация. *Проектирование цифрового обучающего контента в организациях образования является важным фактором развития современной информационно-образовательной среды. Целью данного исследования является анализ существующих стандартов цифровых учебных материалов и разработка методологии создания таких материалов на основе стандарта SCORM 2004. Анализ существующих стандартов разработки цифровых обучающих материалов показал, что наиболее эффективным является SCORM. В рамках исследования представлен сравнительный анализ структурных компонентов SCORM в различных версиях. Разработан алгоритм по созданию обучающих материалов на основе SCORM 2004, включая этапы разработки, выбор инструментов и технологий, а также методы контроля качества и оценки эффективности. Результатом исследования является методика формирования цифрового контента с учетом специфики стандарта SCORM 2004. Представлены результаты апробации данной методики через разработку и тестирование онлайн курса «NIS. Computer Science».*

Ключевые слова: *цифровые обучающие материалы, методика формирования цифрового контента, SCORM, LMS, обучающие модули, модель агрегации контента, среда выполнения.*

REFERENCES

1. El-Sabagh H.A. Adaptive e-learning environment based on learning styles and its impact on development students' engagement // International Journal of Educational Technology in Higher Education. – 2021. – No. 18 (53). Pp. 1-24.
2. Guragain N. E-learning benefits and applications // https://core.ac.uk/download/pdf/38134334.pdf.11.02.2016
3. Zhu X. Extending the SCORM Specification for references to the Open Content Object //Journal of Educational Technology & Society. – 2007. – No. 1 (10). Pp. 248-264.
4. Sánchez-Alonso S., López M.G., Frosch-Wilke D. E-learning standards for content management // Content Management for E-Learning. – 2010. – Pp. 131-156.
5. Ozherel'eva T.A. Osobennosti standartizacii informacionnyh sredstv // Perspektivy nauki i obrazovanija. – 2016. – No. 2 (20). Pp. 17-22.
6. Papazoglakis P.P. The past, present and future of SCORM // Academy of Economic Studies. Economy Informatics. – 2013. – No. 1 (13). – P. 16.
7. SCORM 2004 4th Edition. Sequencing and Navigation (SN) Version 1.1 // https://www.immagic.com/eLibrary/ARCHIVES/TECH/US_DOD/A090814S.pdf. 14.08.2009.
8. Chew L.K., Hua T.G. Instructional strategies and limitations of the SCORM 2004 specification // In the proceedings of the 16th international conference on computers in education. ICCE 2008. Pp. 153-160.
9. Advanced Distributed Learning. ADL SCORM Version 1.3 Application Profile Working Draft 1.0 // https://xml.coverpages.org/SCORMV13-SeqAppProfile.pdf. 27.11.2002.
10. El Zant N., Al-Sharrah H. New Methodology for Developing Digital Curricula // https://personales.upv.es/thinkmind/dl/conferences/iccgi/iccgi_2011/iccgi_2011_7_30_10145.pdf. 19.06.2011.

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_423 UDC 623.61

Some Conditions and Factors Affecting the Creation of Signal Relay Facilities Based on Unmanned Aerial Vehicles

[1]**SEMCHENKO Alexey,** *Doctoral Student, alex777avia@yandex.kz,*
[2]**BAISEITOV Gani,** *Cand. of Tech. Sci., General Director, baiseitov1970@mail.ru,*
[2]**KAIZER Tatyana,** *Researcher, Director, kaizer@rdke.kz,*
[2]***NESIPOVA Saltanat,** *Master's Degree, Project Manager, nesipova_s@mail.ru,*
[1]*National Defense University of the Republic of Kazakhstan, Turan Avenue, 72, Astana, Kazakhstan,*
[2]*«Research&Development Center «Kazakhstan Engineering» LLP, M. Auezov Street, 2, Astana, Kazakhstan,*
**corresponding author.*

Abstract. *The article was developed as part of a scientific study on the topic of the program: IRN BR21882279 «Development and manufacture of a small-sized communication repeater based on an UAV to increase the range and stability of communication». The authors explore the conditions and factors influencing the development and creation of signal relay facilities based on unmanned aerial vehicles (UAVs). A brief analysis of the technical, operational and regulatory requirements for such systems, as well as examines the impact of various conditions on their effectiveness and capabilities is also considered. Some types of aerodynamic layouts of drones used by developers as an aerial platform for a communication relay payload are considered, a brief assessment of the positive and negative properties of UAV platforms is carried out. The work has practical value for developers and users of UAV-based relay systems, as well as for specialists in the field of communications and telecommunications.*

Keywords: *unmanned aerial vehicle (UAV), communication repeater based on UAV, communication networks, drones, ground stations, electronic warfare, communication channel, signal frequency.*

Introduction. In recent years, unmanned aerial vehicles (UAVs) have been widely used in various fields of human activity, including telecommunications. UAV-based communication relay systems ensure the expansion of the coverage area of mobile and radio networks, data transmission in the absence of ground infrastructure and the organization of communications in emergency situations related to the elimination of the consequences of natural disasters, accidents and destruction at hazardous facilities. An important area of application of such systems is their use in the organization of communication and control systems during the period of special operations by law enforcement agencies or the conduct of military operations by groups of troops (forces) in conflict zones.

To create effective and reliable UAV-based relay systems, it is necessary to take into account a number of conditions and factors affecting their operation. These include the technical characteristics of the UAV, the equipment used, operating conditions and regulatory requirements. In this article, the authors analyze these factors and assess their impact on the effectiveness and capabilities of UAV-based relay facilities [1].

Research methods.

The use of UAV communication repeaters in war zones can be very effective in order to ensure continuous and reliable communication with military (special) units in the territory of active hostilities, where communication signals can be suppressed or blocked due to the actions of electronic warfare systems (EWS) of the opposing side.

Repeater drones can also be used by military and special units to increase the range of control of unmanned aerial vehicles in the depths of the enemy, carry out surveillance and reconnaissance, transmit video and photo-

graphic materials, as well as to coordinate the actions of troops (forces) in the combat zone.

However, it must be borne in mind that the suppression and destruction of communication repeater UAVs can also become an enemy target, therefore it is important to ensure the secrecy of their actions without entering the enemy's visual detection zones or air defense systems, as well as to ensure the confidentiality of the transmitted information. It is also necessary to take into account the possibility of interference in the operation of relay systems by enemy electronic warfare systems.

In general, the use of UAV communications repeaters in war zones can significantly improve communication and coordination of groups of troops (forces), but requires rational planning, ensuring the safety and effectiveness of their actions [2].

A brief overview and comparative characteristics of the main variants of aerodynamic UAV repeater layouts

Currently, there are a large number of communication repeaters based on UAVs on the drone market. They have various tactical, technical and flight qualities, which depend on the variants of aerodynamic schemes used in aerial communication relay platforms, on the characteristics of the payload, the size and layout of the placement of antennas, propulsion systems, power, navigation and other systems on the UAV.

The main variants of the aerodynamic layouts of UAV repeaters are presented below.

Let's consider in sequence the UAV platforms for relaying communications of aircraft, multicopter and hybrid types, their main advantages and disadvantages [3,4].

1. Aircraft type (Figure 1): A fixed-wing glider is used as an aerial platform. Table 1 (compiled by the authors) presents the main advantages and disadvantages of this aerial platform.

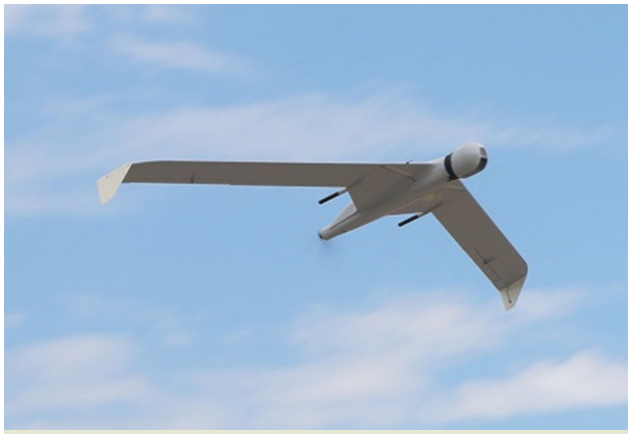


Figure 1 – An example of using an airplane-type UAV as an aerial platform for relaying communications

2. Multicopters (Figure 2): a drone with several propellers is used as an aerial platform (as a rule, from four propellers (quadcopter) and more).

Table 2 (compiled by the authors) presents the main advantages and disadvantages of this aerial platform.

3. Hybrid drones (Figure 3): A VTOL (vertical take-off and landing) drone is used as an aerial platform.

Table 3 (compiled by the authors) presents the main advantages and disadvantages of this aerial platform.

Table 4 (compiled by the authors) provides

Table 1 – Comparative table of aircraft-type UAV platforms

Advantages:	Disadvantages:
High speed and flight range	High cost and complexity of construction
Good stability in flight	For some models, there is a need for a runway
The possibility of equipping with heavy equipment	Limited maneuverability, lack of the ability to «hang» at one point

Table 2 – Comparative table of UAV platforms of multicopter type

Advantages:	Disadvantages:
High maneuverability and hovering in the air	Low speed and flight range
Relatively low cost and simplicity of construction	Low load capacity
The ability to take off and land from restricted areas	Vulnerability to wind

Figure 2 – An example of using a multicopter-type UAV as an aerial platform for relaying communications

Figure 3 – An example of using a hybrid-type UAV as an aerial platform for relaying communications

a generalized comparison of aircraft-type UAV repeaters, multicopters and hybrid drones according to their main characteristics.

Thus, each aerodynamic layout has both positive and negative properties, so developers should take them into account when deciding on the choice of an aerial platform for relaying communications.

Conditions and factors influencing the creation of radio relay facilities based on unmanned aerial vehicles

In the research work [3], the main conditions and factors influencing the creation of signal relay facilities based on UAVs are analyzed. During the study, the conditions and factors described in the works of Kashtanov V.V., Nemtinov V.A. [5], Ananyev A.V., Stafeeva M.A., Makeev E.V. [6], Karpychev V.Yu. [1], Tishkov V.V., Ivanov V.G., Lukyanchik V.N. were considered [7], Ananyev A.V., Ivannikov K.S., Filatov S.V. [2].

The main factors influencing the creation of radio relay facilities based on unmanned aerial vehicles include [3]:

- the high cost of developing and implementing new technologies in this area, the economic opportunities of the manufacturing country and the level of development of domestic enterprises, including the defense com-

Table 3 – Comparative table of UAV platforms of hybrid type

Advantages:	Disadvantages:
Combine the advantages of airplanes and quadrocopters	Higher design complexity than multicopters
Higher speed and range than quadrocopters	Higher energy costs for flight performance
Higher maneuverability than aircraft	Higher cost

Table 4

Characteristics	Aerodynamic layout of the repeater air platform		
	Aircraft type	Multicopters	Hybrid drones
Speed and range	High	Low	Medium
Load capacity	High	Low	Medium
Maneuverability	Low	High	Medium
Cost and complexity	Medium	Low	High
Stability	Good	Moderate	Medium
Hanging	No	Yes	Yes
Runway requirements	Yes (except for those launched from launchers)	No	No (or short)

plex, the availability of specialists and scientific results in the development of UAV components and systems and radio relay equipment;

- limitations on the possibilities of placing radio relay equipment on board a specific type of UAV, related to the weight, size and energy characteristics of the UAV and payload;

- the existing difficulties in the compatibility of radio communication systems in the Armed Forces, other troops and military formations of the Republic of Kazakhstan, especially when they work together in emergency situations and when martial law is imposed on the territory of the Republic of Kazakhstan;

- the negative attitude towards unmanned aviation in Kazakhstan society as a whole due to the existing cases of UAV invasion of privacy, expressed in aerial videography of real estate, etc.

- the existing negative attitude in the state military and special bodies towards the field of UAVs due to the frequent cases of UAV flights of various types in the area of specially protected and important state facilities;

- existing restrictions on the use of unmanned aerial vehicles in peacetime related to the legislation and regulatory legal acts of the Republic of Kazakhstan.

Summary

Based on the analysis of the above-mentioned types of UAV repeaters, it was revealed that there are a number of advantages and disadvantages in each type of UAV used as an aerial platform for relaying radio communications. However, taking into account the requirements for the repeater, the most preferred type of UAV is a tethered quadrocopter-type UAV or an airplane-type UAV that does not require specially equipped platforms for takeoff and landing. At the same time, it is preferable to use Tier III standard relay equipment with an operating range of 134-176 MHz, a transmitter output power of no more than 25 watts and a mass-dimensional characteristics of 2-3 kg. An analysis of the VHF signal relay equipment allowed us to conclude that at present the BARYS KZTE-R VHF repeater from BARYS is the most optimal variant of the relay equipment for its further refinement and adaptation for use on both quadcopter and aircraft types of UAVs.

REFERENCES

1. Карпычев В.Ю. Беспилотные авиационные системы-ретрансляторы: современные решения // Радиотехника и связь. Вестник Воронежского института МВД России. 2022. № 1. – С. 60-68.
2. Ананьев А.В., Иванников К.С., Филатов С.В. Основные принципы построения систем связи на базе беспилотных летательных аппаратов // Труды МАИ. – №125/2022. – DOI:10.34759/trd-2022-125-16/ – С. 1-39.
3. Коллектив авторов. Промежуточный отчет о НИР по теме программы: ИРН BR21882279 «Разработка и изготовление малогабаритного ретранслятора связи на базе беспилотного летательного аппарата (БПЛА) для увеличения дальности и устойчивости радиосвязи, 2023 год. ТОО «R&D центр «Казахстан инжиниринг».
4. Семченко А.Г., Байсеитов Г.Н., Доля А.В. О некоторых признаках классификации беспилотных летательных аппаратов // Военно-теоретический журнал «Бағдар – Ориентир». – 2023. – № 2 (июнь) (98). – С. 123-133.
5. Каштанов В.В., Немтинов В.А. Анализ организации связи с применением беспилотных летательных аппаратов малой дальности // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – Том 28/2022. – С. 606-614. (http://vestnik.tstu.ru/rus/t_28/tom_N28.htm).
6. Ананьев А.В., Стафеев М.А., Макеев Е.В. Разработка способа организации связи с использованием беспилотных летательных аппаратов малой дальности // Труды МАИ. – Выпуск 105. – С. 1-18. (https://trudymai.ru/upload/iblock/2fc/Ananev-Stafeev-Makeev_rus.pdf?lang=en&issue=105)
7. Тишков В.В., Иванов В.Г., Лукьянчик В.Н. Обоснование облика построения перспективных комплексов и средств связи на основе опыта организации связи при проведении специальной военной операции // Военная мысль. – 2023. – № 9. – С. 59-72. (https://vm.ric.mil.ru/upload/site178/IIlMHjbh1a.pdf)

Ұшқышсыз ұшу аппараттарының базасында сигналдарды қайта тарату құралдарын құруға әсер ететін кейбір жағдайлар мен факторлар туралы

[1]СЕМЧЕНКО Алексей Геннадьевич, *докторант, alex777avia@yandex.kz,*
[2]БАЙСЕИТОВ Гани Нуралиевич, *т.ғ.к., бас директор, baiseitov1970@mail.ru,*
[2]КАЙЗЕР Татьяна Николаевна, *зерттеуші, директор, kaizer@rdke.kz,*
[2]*НЕСИПОВА Салтанат Саматовна, *магистр, жоба менеджері, nesipova_s@mail.ru,*
[1]Қазақстан Республикасы Ұлттық қорғаныс университеті, Туран даңғылы, 72, Астана, Қазақстан,
[2]«Қазақстан инжиниринг» Research & Development орталығы» ЖШС, М. Әуезов көшесі, 2, Астана, Қазақстан,
**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Мақала бағдарламаның ЖТН BR21882279 «Байланыстың қашықтығы мен тұрақтылығын арттыру үшін ұшқышсыз ұшу аппараты (ҰҰА) базасында шағын габаритті байланыс ретрансляторын әзірлеу және дайындау» тақырыбы бойынша ғылыми зерттеу аясында әзірленді. Авторлар ұшқышсыз ұшу аппараттары (ҰҰА) базасында сигналдарды қайта тарату құралдарын әзірлеуге және жасауға әсер ететін жағдайлар мен факторларды зерттейді. Осындай жүйелерге қойылатын техникалық, пайдалану және нормативтік талаптардың қысқаша талдауы, сондай-ақ әртүрлі жағдайлардың олардың тиімділігі мен мүмкіндіктеріне әсері қарастырылады. Әзірлеушілер байланыс ретрансляторының пайдалы жүктемесі үшін әуе платформасы ретінде пайдаланатын аэродинамикалық ұшқышсыз орналасулардың кейбір түрлері қарастырылады, ұшқышсыз ұшу платформаларының оң және теріс қасиеттеріне қысқаша баға берілді. Жұмыстың ҰҰА негізіндегі ретрансляциялау жүйелерін әзірлеушілер мен пайдаланушылар үшін, сондай-ақ байланыс және телекоммуникация мамандары үшін практикалық маңызы бар.*

Кілт сөздер: *ұшқышсыз ұшу аппараты (ҰҰА), ҰҰА базасында байланысты ретрансляциялау жүйесі, байланыс желілері, дрондар, жерүсті станциялар, радиоэлектрондық күрес, байланыс желісі, сигнал жиілігі.*

О некоторых условиях и факторах, влияющих на создание средств ретрансляции сигналов на базе беспилотных летательных аппаратов

[1]СЕМЧЕНКО Алексей Геннадьевич, *докторант, alex777avia@yandex.kz,*
[2]БАЙСЕИТОВ Гани Нуралиевич, *к.т.н., генеральный директор, baiseitov1970@mail.ru,*
[2]КАЙЗЕР Татьяна Николаевна, *исследователь, директор, kaizer@rdke.kz,*
[2]*НЕСИПОВА Салтанат Саматовна, *магистр, проект менеджер, nesipova_s@mail.ru,*
[1]Национальный университет обороны Республики Казахстан, пр. Туран, 72, Астана, Казахстан,
[2]ТОО «Research & Development центр «Казахстан инжиниринг», ул. М. Ауезова, 2, Астана, Казахстан,
**автор-корреспондент.*

Аннотация. *Статья разработана в рамках научного исследования по теме программы: ИРН BR21882279 «Разработка и изготовление малогабаритного ретранслятора связи на базе беспилотного летательного аппарата (БПЛА) для увеличения дальности и устойчивости радиосвязи». Авторы исследуют условия и факторы, влияющие на разработку и создание средств ретрансляции сигналов на базе беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Проведен краткий анализ технических, эксплуатационных и нормативных требований к таким системам, а также рассматривается влияние различных условий на их эффективность и возможности. Рассматриваются некоторые типы аэродинамических компоновок беспилотников, используемых разработчиками в качестве воздушной платформы для полезной нагрузки ретрансляции связи, проведена краткая оценка положительных и отрицательных свойств БПЛА-платформ. Работа имеет практическую ценность для разработчиков и пользователей систем ретрансляции на базе БПЛА, а также для специалистов в области связи и телекоммуникаций.*

Ключевые слова: *беспилотный летательный аппарат (БПЛА), ретрансляция связи на*

базе БПЛА, сети связи, дроны, наземные станции, радиоэлектронная борьба, канал связи, частота сигнала.

REFERENCES

1. Karpychev V.Yu. Bespilotnye aviacionnye sistemy-retranslyatory: sovremennye resheniya // Radiotekhnika i svyaz. Vestnik Voronezhaskogo instituta MVD Rossii. 2022. No. 1. – Pp. 60-68.
2. Ananev A.V., Ivannikov K.S., Filatov S.V. Osnovnye principy postroeniya system svyazi na baze bespilotnykh letatelnykh apparatov // Trudy MAI. – No.125/2022. – DOI:10.34759/trd-2022-125-16/ – Pp. 1-39.
3. Kollektiv avtorov. Promezhutochnyj otchet o nir po teme programmy: IRN BR21882279 «Razrabotka i izgotovlenie malogabaritnogo retranslyatora svyazi na baze bespilotnogo letatelnogo apparata BPLA dlya uvelicheniya dalnosti I ustojchivosti radiosvyazi», 2023 god. TOO «R&D centr «Kazakhstan inzhiniring».
4. Semchenko A.G., Baiseitov G.N., Dolya A.V. O nekotoryh priznakah klassifikacii bespilotnyh letatel'nyh apparatov // Voenno-teoreticheskij zhurnal «Bagdar – Orientir». – 2023. – No. 2 (iyun') (98). – Pp. 123-133.
5. Kashtanov V.V., Nemtinov V.A. Analiz organizacii svyazi s primeneniem bespilotnykh letatelnykh apparatov maloj dalnosti // Vestnik Tambovskogo Gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – Tom 28/2022. – Pp. 606-614. (http://vestnik.tstu.ru/rus/t_28/tom_N28.htm).
6. Ananev A.V., Stafeev M.A., Makeev E.V. Razrabotka sposoba organizacii svyazi s ispolzovaniem bespilotnykh letatelnykh apparatov maloj dalnosti // Trudy MAI. – Vypusk 105. – Pp. 1-18. (https://trudymai.ru/upload/iblock/2fc/Ananev-Stafeev-Makeev-_rus.pdf?lang=en&issue=105)
7. Tishkov V.V., Ivanov V.G., Lukyanchik V.N. Obosnovanie oblika postroeniya perspektivnykh kompleksov i sredstv svyazi na osnove opyta organizacii svyazi pri provedenii specialnoj voennoj operacii // Voennaya mysl. – 2023. – No. 9. – Pp. 59-72. (https://vm.ric.mil.ru/upload/site178/IIlMHjbh1a.pdf)

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_429 УДК 338.45:004.738.5(575.1)

Развитие технопарков в условиях цифровизации (на примере парка высоких технологий Кыргызстана)

[1]**АКИМОВА Нургуль Мамасадыковна,** *магистр, директор, akimova0901@gmail.com,*
[2]***САТПАЕВА Зайра Тулегеновна,** *PhD, зав. отделом, satpayeva.zaira@ieconom.kz,*
[2]**КАНГАЛАКОВА Дана Муратбековна,** *PhD, зав. отделом, dmuratbekovna@mail.ru,*
[3]**ТАГАЙБЕКОВА Нургуль Пернебековна,** *PhD, и.о. профессора, n.pernebekovna@mail.ru,*
[1]Глобал Сайнс, пер. Геологический, 7, Бишкек, Кыргызстан,
[2]Институт экономики, ул. Шевченко, 28, Алматы, Казахстан,
[3]НАО «Каспийский университет технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова», 32 микрорайон, Актау, Казахстан,
**автор-корреспондент.*

Аннотация. *Рассмотрено влияние цифровизации на развитие технопарков. В качестве основного метода исследования использован кейс-стади. Объектом исследования стала деятельность Парка высоких технологий в Кыргызской Республике за 2022 и 2023 годы. Выявлено, что цифровизация способствовала появлению новых видов объектов инновационной инфраструктуры и широкому использованию цифровых технологий и интеллектуальных систем в деятельности технопарков, развитию их жесткой и мягкой цифровой инфраструктуры. Интеграция цифровых инструментов и платформ в деятельность Парка высоких технологий Кыргызстана способствовала значительному повышению его операционной эффективности. Представленные результаты имеют важное значение для формирования стратегий развития технопарков и повышения их эффективности в условиях цифровых преобразований.*

Ключевые слова: *инновационная инфраструктура, цифровые технологии, информационно-коммуникационные технологии, интеллектуальная система управления, открытые инновации, кейс-стади.*

Введение

Распространение технопарков с момента создания первого научно-технологического парка Стэнфордского университета в 1953 году свидетельствует о скоординированных усилиях по созданию среды, способствующей созданию знаний, передаче технологий и коммерциализации инноваций. Однако перед технопарками стоят новые вызовы и возможности в условиях быстро растущего цифрового ландшафта, требующие тонкого понимания их роли и значимости в парадигме цифровизации.

Цифровизация способствовала появлению новых видов объектов инновационной инфраструктуры, включая появление парков инновационных технологий, парков высоких технологий, парков информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), а также цифровых и виртуальных технопарков [1]. Важным является также использование ИКТ, в т.ч. цифровых технологий, и больших данных (Big Data) в управлении и деятельности существующих технопарков и технопарков новой формации [2], поскольку цифровые инновации наряду с предпринимательскими навыками выступают ключевым фактором успешного развития стартапов в технопарках [3].

Качественная цифровая инфраструктура технологических парков играет важную роль в стимулировании инновационного предпринимательства, и ее развитие требует постоянного анализа уровня цифровизации экономики, оценку общественно-частного партнерства в сфере инноваций и результатов программ развития инноваций [4]. Цифровые платформы могут способствовать укреплению сотрудничества между академией и промышленностью посредством эффективной поддержки инновационных процессов, когда технопарки по доступным ценам предоставляют доступ для малых и средних предприятий к экспертам и отделу

исследований и разработок [5].

Разработка эффективной интеллектуальной системы управления для инновационных технопарков позволит повысить их эффективность и будет способствовать развитию наукоемких отраслей экономики [6]. Создание корпоративного портала технопарка как единой платформы коммуникации улучшит интеграцию и кооперацию между участниками технопарка, в т.ч. посредством их взаимодействия и обмена знаниями, что будет развивать инновационную экосистему и стимулировать инновационный процесс [7]. Особенно в технопарках в секторе информационно-коммуникационных технологий, где необходимо развитие практик открытой инновации для преодоления административных и ресурсных ограничений [8]. Использование социальных медиа в технопарках и организациях-резидентах имеет значительное прямое влияние на доверие, сетевые связи и общее видение как составляющие социального капитала, что в свою очередь косвенно влияет на передачу знаний и производительность, способствуя также развитию открытых инноваций [9]. При этом важно не только формирование мягкой инфраструктуры технопарка, но и жесткой. Так, построение в технологических зонах интеллектуальных пространств, а именно интеллектуальных зданий и сред, с использованием передовых технологий (например, смарт-технологий) способствует развитию устойчивых инновационных экосистем. Это требует подготовки специалистов и разработки инновационных инициатив в этой области [10].

Таким образом, эра цифровизации перекраивает ландшафт технопарков, превращая их в динамичные центры инноваций и сотрудничества. Цифровизация способствовала появлению новых видов объектов инновационной инфраструктуры и широкому использованию цифровых технологий и интеллектуальных систем в деятельности технопарков, развитию их жесткой и мягкой цифровой инфраструктуры. В связи с этим возникает необходимость разработки комплексных стратегий для эффективного использования цифровых платформ и передовых технологий в деятельности технопарков. Целью данного исследования стало изучение влияния цифровизации на развитие технопарков на примере деятельности Парка высоких технологий (ПВТ) в Кыргызской Республике.

Методы исследования

Методика исследования включает в себя два этапа. На первом этапе был проведен обзор научных статей в базах данных Scopus и Web of Science за период с 1997 по 2023 годы по теме развития технопарков в условиях цифровизации. Поисковый запрос включал такие ключевые слова, как «технопарк», «цифровизация», «инновации», «парк научно-технических идей». В результате поиска было найдено 312 статей. Для исследования было выбрано 50 статей, из них 10 нашли отражение в данной статье. Для теоретического анализа использовались общенаучные методы: генерализация, специализация, систематизация, анализ и синтез.

Основным методом на втором этапе послужил кейс-стади. В качестве объекта исследования для анализа развития технопарка в условиях цифровизации был выбран Парк высоких технологий в Кыргызской Республике (далее ПВТ Кыргызстана), поскольку этот парк функционирует на основе виртуального налогового режима, ориентированного на экспорт, и играет ключевую роль в стимулировании развития информационных технологий в стране. Источниковой базой послужил официальный сайт ПВТ Кыргызстана – http://htp.kg/, в частности Отчет о его деятельности «Основные показатели». Были отобраны следующие данные о деятельности технопарка: количество и состав резидентов, объем и структура доходов, экспортная активность, количество созданных рабочих мест, объем налоговых поступлений и фонд оплаты труда. Период исследования был выбран 2022 и 2023 годы, чтобы раскрыть деятельность технопарка как кейса по состоянию на определенный период времени.

Научные результаты

Парк высоких технологий Кыргызской Республики представляет собой инновационную экосистему для развития компаний, специализирующихся на высоких технологиях, в т.ч. цифровых. Резиденты ПВТ Кыргызстана разрабатывают и предоставляют широкий спектр продуктов и услуг, в т.ч. разработку и реализацию программного обеспечения, интерактивные сервисы, компьютерную анимацию, техническую поддержку и др. (рисунок 1). Подобная концентрация компаний создает благоприятную среду для разработки и внедрения новых технологий, что в свою очередь способствует цифровой трансформации как внутри ПВТ, так и за его пределами. В ПВТ функционирует виртуальная система регистрации и оплаты налогов, благодаря которой компании могут быстро и удобно регистрироваться и начать свою деятельность, минимизируя бюрократические барьеры. Это способствует притоку новых игроков.

Благодаря высокому уровню цифровизации и гибкости рабочих условий, сотрудники компаний, зарегистрированных в ПВТ, могут работать удаленно из любой точки мира. Это увеличивает доступ к талантам из разных стран и способствует трансферу технологий, позволяя специалистам обмениваться знаниями и опытом независимо от географического расположения. Так, в ПВТ работают компании из таких стран, как Россия, Казахстан, Германия, ОАЭ, Израиль, США и др. Число резидентов ПВТ за период с 2022 по 2023 годы увеличилось на 68%, составив 383 компании. Важным аспектом роста числа резидентов и развития ПВТ является создание новых рабочих мест. В 2023 году было 2417 рабочих мест, что на 540 больше, чем в предыдущем году. Рост в 29% подчеркивает важную роль ПВТ в стимулировании занятости и развитии кадрового потенциала в сфере высоких технологий (см. таблицу).

Финансовые показатели ПВТ подтверждают его роль в стимулировании цифровой трансформации и экономического развития страны. Так, в 2022 году общий доход резидентов ПВТ составил 4,2 миллиарда киргизских сомов. К концу 2023 года этот показатель значительно вырос и достиг 7,8 миллиарда кыргызских сомов. Этот рост доходов, а именно на 85%, свидетельствует о значительном увеличении активности и успешности компаний, действующих в ПВТ. Следует отметить, что из общего дохода ПВТ в 2023 году 95% пришлось на экспортные операции. Это значительное увеличение по сравнению с предыдущим годом, что указывает на растущую международную конкурентоспособность продукции и услуг, создаваемых резидентами ПВТ. Резиденты ПВТ Кыргызстана экспортируют свои услуги и продукты в более, чем 60 стран мира, в т.ч. страны Азии, Европы, Ближнего Востока, Африки, Океании и Северной Америки (рисунок 2).

Финансовые отчеты также отражают вклад ПВТ в государственный бюджет. В

Рисунок 1 – Типы работ резидентов ПВТ Кыргызстана, 2023 г.

Примечание – Составлено авторами

Показатели деятельности ПВТ Кыргызстана, 2022-2023 гг.

Показатель	2022 год	2023 год
Количество резидентов, ед.	228	383
Количество рабочих мест, ед.	1877	2417
Выручка*	4,2 млрд сом ($49,9 млн)	7,8 млрд сом ($88,7 млн)
Выплаты государству*	133,1 млн сом ($1,5 млн)	232,2 млн сом ($2,6 млн)
Социальные отчисления*	45,9 млн сом ($545,5 тыс.)	свыше 70,7 млн сом ($804,6 тыс.)
Подоходный налог*	87,2 млн сом ($1,03 млн)	161,5 млн сом ($1,8 млн)
Фонд оплаты труда*	1,9 млрд сом ($22,58 млн)	3,7 млрд сом ($42,1 тыс.)
Примечание – * по курсу Национального банка Кыргызской Республики		

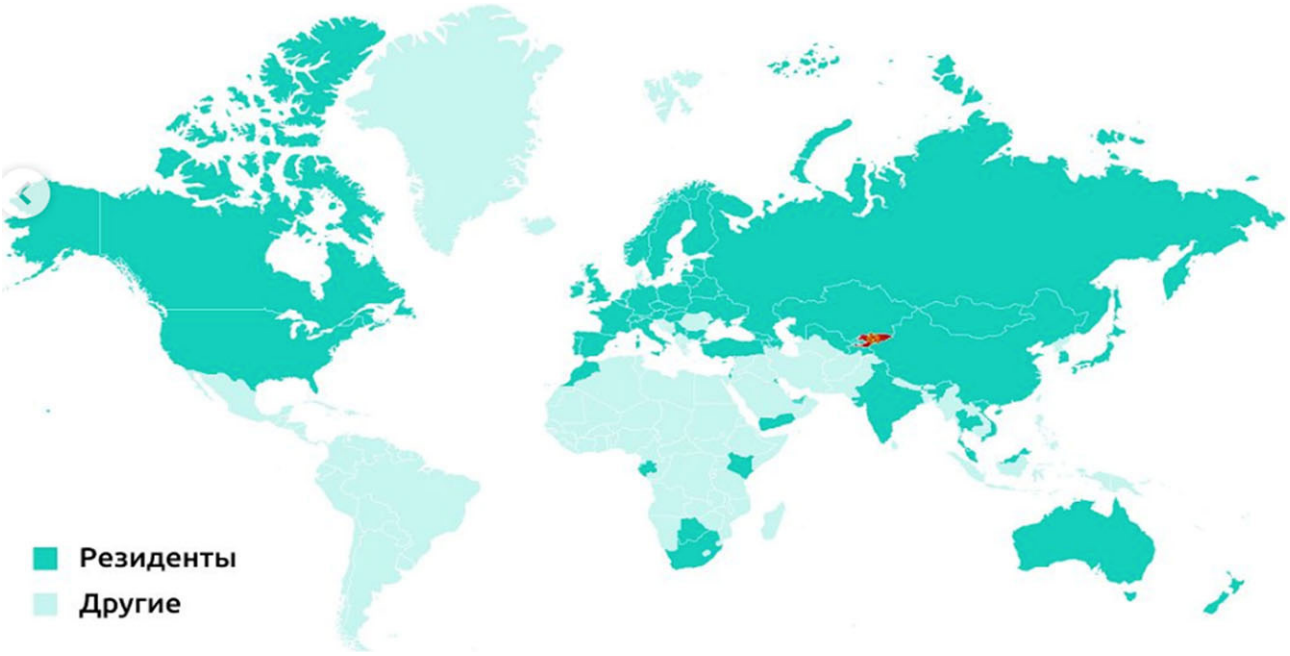


Рисунок 2 – Географическое распределение экспорта продукции ПВТ Кыргызстана, 2023 год

Источник: Отчет ПВТ Кыргызстана «Основные показатели 2023»

2023 году общая сумма налоговых платежей составила 232,2 миллиона кыргызских сомов (2,76 млн. долларов США). Этот показатель включает в себя социальные отчисления, налог на прибыль и фонд оплаты труда. Увеличение налоговых поступлений свидетельствует о росте экономической активности и увеличении доходности компаний, действующих в ПВТ. Свою деятельность и ее результаты ПВТ Кыргызстана активно показывает через свой официальный сайт и страницу социальной сети Инстаграм (@htp__kg), что также говорит о важности этих цифровых инструментов как каналов распространения информации.

Таким образом, кейс-стади ПВТ демонстрирует успешную интеграцию цифровых технологий и интеллектуальных систем в свою деятельность. Внедрение цифровых платформ, таких как виртуальная система регистрации и оплаты налогов, значительно упростило процесс создания новых компаний и снизило бюрократические барьеры, что в свою очередь ускорило темпы цифровой трансформации как внутри технопарка, так и за его пределами. Официальный сайт ПВТ Кыргызстана и его страница в социальных сетях способствуют продвижению и развитию технопарка в цифровом пространстве. Полученные данные позволяют сделать вывод об успешности развития технопарка в условиях цифровизации.

Выводы

Как показывает пример Парка высоких технологий Кыргызстана, технопарки играют ключевую роль в создании благоприятной среды для технологических достижений, обмена знаниями и развития предпринимательства. Кейс-стади ПВТ демонстрирует, что теория цифровизации успешно реализуется на практике, стимулируя рост и инновации в технопарках и превращая их в ключевые элементы инновационной инфраструктуры страны. Интеграция цифровых инструментов и платформ в деятельность технопарков повышает их операционную эффективность и способствует сотрудничеству и синергии между заинтересованными сторонами. Виртуальный налоговый режим и возможность удаленной работы в ПВТ еще больше стимулируют процесс цифровизации посредством привлечения ведущих кадров, в т.ч. в сфере ИКТ, и беспрепятственного переноса технологий через границы. Хотя ПВТ демонстрирует обнадеживающие показатели роста, сохраняются вызовы, связанные с максимизацией его потенциала в качестве движущей силы инновационного развития. Проблемы, такие как удержание талантов, развитие цифровых навыков и обеспечение инклюзивного доступа к возможностям в рамках экосистемы технопарка, требуют скоординированных усилий. Результаты исследования имеют значение

для политиков, представителей отрасли и академического сообщества, занимающихся развитием технопарков. Появление новых видов технопарков и внедрение цифровых технологий в их деятельность подчеркивает важность разработки индивидуализированных стратегий цифровизации технопарков и инвестирования в цифровую инфраструктуру, образование и научные исследования, в т.ч. посредством механизма государственно-частного партнерства и модели тройной спирали.

Данное исследование финансируется Комитетом по науке Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (ИРН AP19680544 «Инновационная инфраструктура Казахстана в условиях цифровизации: оценка состояния и разработка атласа»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Suleymanov A.S., Akhmedova M.I., & Mammedova G.R. University virtual technopark is an environment for innovative development of science. Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences, 2018, 76 (4), pp. 202-212. https://doi.org/10.18551/rjoas.2018-04.21
2. Boyd D., & Crawford, K. Critical questions for Big Data. Information, Communication & Society, 2012, 15 (5), 662-679. https://doi.org/10.1080/1369118X.2012.678878
3. Fitria S.E., & Hakim F.R. Identification of critical success factor startup in business incubators (Case Study: Bandung Techno Park). International Journal of Social Service and Research, 2022, 2(10), 881–895. https://doi.org/10.46799/ijssr.v2i10.162
4. Zakiyeva Z. Role of technological parks in innovative development of the economy of Kazakhstan. Proceedings of the International Conference Digital Age: Traditions, Modernity and Innovations (ICDATMI 2020), 2020, 489, 7-12. https://doi.org/10.2991/assehr.k.201212.003
5. Akaydin A. The role of technoparks in the innovation ecosystem and a model proposal for its development: Technology transfer and development center. Uluslararası İşletme Bilimi ve Uygulamaları Dergisi, 2023, 3 (1), Art. 1. https://dergipark.org.tr/en/pub/ulisbud/issue/79288/1275592
6. Garaja Aliyev A., & Shahverdiyeva R.O. Conceptual bases of intellectual management system of innovative technoparks. International Journal of Education and Management Engineering, 2017, 7 (2), 1-7. https://doi.org/10.5815/ijeme.2017.02.01
7. Baziyan Z. Corporate portal as a core of the innovation ecosystem of a technopark. The Eurasian Scientific Journal, 2020, 12 (1). https://doi.org/10.15862/06ECVN120
8. Şimşek K., & Yıldırım N. Constraints to open innovation in science and technology parks. Procedia – Social and Behavioral Sciences, 2016, 235, 719-728. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.11.073
9. Babu S., VR H., & Subramoniam S. Impact of social media on work performance at a technopark in India. Metamorphosis: A Journal of Management Research, 2020, 19 (1), 59-71. https://doi.org/10.1177/0972622520962949
10. Erişen S. An empirical study of the technoparks in Turkey in investigating the challenges and potential of designing intelligent spaces. Sustainability, 2023, 15 (13), 10150. https://doi.org/10.3390/su151310150

Цифрландыру жағдайында технологиялық парктарды дамыту (Қырғызстан жоғары технологиялық паркі мысалы негізінде)

[1]АКИМОВА Нұргүл Мамасадыққызы, *магистр, директор, akimova0901@gmail.com,*
[2]*САТПАЕВА Зайра Тулегенқызы, *PhD, бөлім меңгерушісі, satpayeva.zaira@ieconom.kz,*
[2]КАНГАЛАКОВА Дана Мұратбекқызы, *PhD, бөлім меңгерушісі, dmuratbekovna@mail.ru,*
[3]ТАГАЙБЕКОВА Нұргүл Пернебекқызы, *PhD, профессор м.а., n.pernebekovna@mail.ru,*
[1]Глобал Сайнс, Геологиялық жолақ, 7, Бішкек, Қырғызстан,
[2]Экономика институты, Шевченко көшесі, 28, Алматы, Қазақстан,
[3]«Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті» КеАҚ, 32 шағын аудан, Ақтау, Қазақстан,
**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Технопарктердің дамуына цифрландырудың әсері қарастырылады. Зерттеудің негізгі әдісі ретінде кейс-стади қолданылды. Зерттеу нысаны Қырғыз Республикасындағы Жоғары технологиялар паркінің 2022 және 2023 жылдардағы қызметі болды. Инновациялық инфрақұрылым объектілерінің жаңа түрлерінің пайда болуына және технопарктер қызметінде цифрлық технологиялар мен интеллектуалды жүйелерді кеңінен пайдалануға, олардың қатаң және жұмсақ цифрлық инфрақұрылымын дамытуға цифрландырудың ықпал ететіндігі анықталды. Цифрлық құралдар мен платформаларды Қырғызстанның жоғары технологиялар паркінің қызметіне интеграциялау оның операциялық тиімділігін едәуір арттыруға ықпал етті. Ұсынылған нәтижелер технопарктерді дамыту стратегияларын қалыптастыру және цифрлық қайта құру жағдайында олардың тиімділігін арттыру үшін маңызды.*

Кілт сөздер: *инновациялық инфрақұрылым, цифрлық технологиялар, ақпараттық-коммуникациялық технологиялар, интеллектуалды басқару жүйесі, ашық инновациялар, кейс-стади.*

Development of Technology Parks in the Context of Digitalization (On the Example of the High-technology Park of Kyrgyzstan)

[1]AKIMOVA Nurgul, *Master's Degree, Director, akimova0901@gmail.com,*
[2]*SATPAYEVA Zaira, *PhD, Head of Department, satpayeva.zaira@ieconom.kz,*
[2]KANGALAKOVA Dana, *PhD, Head of Department, dmuratbekovna@mail.ru,*
[3]TAGAIBEKOVA Nurgul, *PhD, Acting Professor, n.pernebekovna@mail.ru,*
[1]Global Science, Geological Lane, 7, Bishkek, Kyrgyzstan,
[2]Institute of Economics, Shevchenko Street, 28, Almaty, Kazakhstan,
[3]NPJSC «Caspian University of Technology and Engineering named after Sh. Yessenov», 32 Microdistrict, Aktau, Kazakhstan,
**corresponding author.*

Abstract. *The impact of digitalization on the development of technology parks is considered. A case study was used as the main research method. The research object was the activity of the High-Tech Park in the Kyrgyz Republic in 2022 and 2023. It was revealed that digitalization contributed to the emergence of new types of innovative infrastructure facilities and the widespread use of digital technologies and intelligent systems in technology parks' activities, the development of their hard and soft digital infrastructure. The integration of digital tools and platforms into the activities of the High-Tech Park of Kyrgyzstan contributed to a significant increase in its operational efficiency. The presented results are important for the formation of strategies for technology parks development and increasing their efficiency in the context of digital transformations.*

Keywords: *innovative infrastructure, digital technologies, information and communication technologies, intelligent control system, open innovations, case study.*

REFERENCES

1. Suleymanov A.S., Akhmedova M.I., & Mammedova G.R. University virtual technopark is an environment for innovative development of science. Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences, 2018, 76 (4), pp. 202-212. https://doi.org/10.18551/rjoas.2018-04.21
2. Boyd D., & Crawford, K. Critical questions for Big Data. Information, Communication & Society, 2012, 15 (5), 662-679. https://doi.org/10.1080/1369118X.2012.678878
3. Fitria S.E., & Hakim F.R. Identification of critical success factor startup in business incubators (Case Study: Bandung Techno Park). International Journal of Social Service and Research, 2022, 2(10), 881–895. https://doi.org/10.46799/ijssr.v2i10.162
4. Zakiyeva Z. Role of technological parks in innovative development of the economy of Kazakhstan. Proceedings of the International Conference Digital Age: Traditions, Modernity and Innovations (ICDATMI 2020), 2020, 489, 7-12. https://doi.org/10.2991/assehr.k.201212.003
5. Akaydin A. The role of technoparks in the innovation ecosystem and a model proposal for its development: Technology transfer and development center. Uluslararası İşletme Bilimi ve Uygulamaları Dergisi, 2023, 3 (1), Art. 1. https://dergipark.org.tr/en/pub/ulisbud/issue/79288/1275592
6. Garaja Aliyev A., & Shahverdiyeva R.O. Conceptual bases of intellectual management system of innovative technoparks. International Journal of Education and Management Engineering, 2017, 7 (2), 1-7. https://doi.org/10.5815/ijeme.2017.02.01
7. Baziyan Z. Corporate portal as a core of the innovation ecosystem of a technopark. The Eurasian Scientific Journal, 2020, 12 (1). https://doi.org/10.15862/06ECVN120
8. Şimşek K., & Yıldırım N. Constraints to open innovation in science and technology parks. Procedia – Social and Behavioral Sciences, 2016, 235, 719-728. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.11.073
9. Babu S., VR H., & Subramoniam S. Impact of social media on work performance at a technopark in India. Metamorphosis: A Journal of Management Research, 2020, 19 (1), 59-71. https://doi.org/10.1177/0972622520962949
10. Erişen S. An empirical study of the technoparks in Turkey in investigating the challenges and potential of designing intelligent spaces. Sustainability, 2023, 15 (13), 10150. https://doi.org/10.3390/su151310150

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_436 ӘОЖ 004.822

Онтологиялық модельдеу көмегімен "Ontomektep" пәнаралық байланыстарды анықтау

[1]БАЗАРОВА Мадина Жомартовна, *PhD, декан орынбасары, madina_vkgtu@mail.ru,*
[1]АДИКАНОВА Салтанат, *PhD, декан, ersal_7882@mail.ru,*
[1]КАДЫРОВА Айнагуль Сабеновна, *п.ғ.к., қауымдастырылған профессор, kas-kas-50@mail.ru,*
[2]*БУГУБАЕВА Алина Жанатбековна, *PhD, қауымдастырылған профессор, alina_bugubayeva@mail.ru,*
[3]КАРЫМСАКОВА Индира Бекеновна, *PhD, қауымдастырылған профессор м.а., indviki@mail.ru,*
[1]«Сәрсен Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті» КеАҚ, 30-шы Гвардиялық дивизия көшесі, 34, Өскемен, Қазақстан,
[2]Қазтұтынуодағы Қарағанды университеті, Академическая көшесі, 9, Қарағанды, Қазақстан,
[3]«Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КеАҚ, Глинка көшесі, 20а, Семей, Қазақстан,
**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Онтологиялық білім базалары реляциялық мәліметтер қорына қарағанда үлкен артықшылыққа ие. Қазақстан Республикасында жоғары оқу орындарының онтологиялары әзірленуде. Мектептегі оқу-тәрбие процесінің онтологиялары өзекті, бірақ толық дамымаған. Мақаланың мақсаты – мектеп оқушыларының білім беру мазмұнының тұжырымдамалық моделін құру, оны қолдану жоғары сапалы менеджмент, икемді таңдау және мектеп деректерін және білімін жүйелеуді қамтамасыз етеді. Бұл мақсатқа жету үшін біз онтологиялық инженерия әдістерін қолданамыз, өйткені мектептегі оқу-тәрбие процесі туралы білімнің семантикалық сипаттамасы мектеп оқушыларының білім сапасын арттырады. Мектеп онтологиясын дамыту үшін іс-әрекеттер тізбегін орындау және онтологиялық инженерияны жүзеге асыру қажет. Алдымен пәндік аймақты талдаймыз, ұғымдар мен байланыстардың синтезін орындаймыз, содан кейін объектілерді, мүмкіндіктерді, байланыстарды және процестерді таңдаймыз. Онтологияны құру, немесе, визуалды онтологиялық инженерия деуге болады, бұл кез келген пәндік саланың білім құрылымдарын визуализациялауға мүмкіндік беретін қуатты құрал. Қазіргі уақытта онтологиялық редакторлардың көп саны бар. Әрбір редактордың өз артықшылықтары мен кемшіліктері бар. Құрылған онтологиялық модельдің көмегімен және мектептің білім қорын толтыра отырып, математика-информатиканың пәнаралық байланыстарын анықтауға болады. Бұл білім қорына қажетті деректерді енгізуді жалғастыруға және сол арқылы мектеп деректерін жаңартуға болады.*

Кілт сөздер: *білім, мектеп, онтология, онтологиялық инженерия, білім базасы, пәнаралық байланыстар, онтологиялық модель.*

Кіріспе

Қазіргі таңда Қазақстан Республикасында білім беруге ерекше көңіл бөлініп, жаңа тәсілдер қолданылуда, білім беру жүйесі цифрландыруда.

Онтологиялық білім базалары реляциялық мәліметтер қорына қарағанда үлкен артықшылыққа ие. Қазақстан Республикасында жоғары оқу орындарының онтологиялары әзірленуде. Мектептегі оқу-тәрбие процесінің онтологиялары өзекті, бірақ толық дамымаған. Мақалада мектеп оқушыларының білім беру мазмұнының тұжырымдамалық моделінің онтологиялық құрылысы ұсынылады, оны пайдалану жоғары сапалы басқаруды, мектеп деректері мен білімін икемді

таңдауды және жүйелеуді қамтамасыз етеді.

Мектеп онтологиясын дамыту үшін іс-әрекеттер тізбегін орындап, онтологиялық инженерияны жүзеге асыру қажет. Алдымен пәндік аймаққа талдау жасап, ұғымдар мен қатынастардың синтезін орындап, содан кейін объектілерді, атрибуттарды, қатынастарды, процестерді таңдау қажет.

Зерттеу әдістері

Қазіргі уақытта «пәнаралық байланыстар» ұғымының көптеген анықтамалары бар [1], әртүрлі тәсілдер мен жіктеулер бар [2, 3].

Пәнаралық байланыстардың құрылымы 1-суретте көрсетілген.

Р.А. Тюльпа [4] авторы «Интеграцияланған сабақты дайындау және өткізу бойынша әдістемелік ұсыныстарда» бұл анықтама берілген: «интеграцияланған сабақ – бұл әртүрлі пәндерден алынған білімді біріктіретін, кез-келген шекаралық мәселені қарастыруға және шешуге бағытталған, оқушылардың зерттелетін мәселені біртұтас, синтезделген қабылдауына қол жеткізуге мүмкіндік беретін, әртүрлі ғылымдардың әдістерін үйлесімді үйлестіретін, практикалық бағыты бар арнайы ұйымдастырылған сабақ».

Онтологияны құру, немесе, визуалды онтологиялық инженерия деуге болады, бұл кез келген пәндік саланың білім құрылымдарын визуализациялауға мүмкіндік беретін қуатты құрал [5, 6].

Қазіргі уақытта онтологиялық редакторлардың көп саны бар. Сондай-ақ онтологияларды құруға және шешім қабылдауға арналған кешендер, платформалар, жүйелер бар. Protégé Desktop толық теңшелетін пайдаланушы интерфейсі бар бір жұмыс кеңістігінде бір немесе бірнеше онтологияларды жасауды және өңдеуді қолдайды. Визуализация құралдары онтологиялық сілтемелер арқылы интерактивті навигацияға мүмкіндік береді. Жетілдірілген түсіндірме қолдау сәйкессіздіктерді бақылауға көмектеседі. Рефакторинг операциялары бар, соның ішінде онтологияларды біріктіру, онтологиялар арасында аксиомаларды жылжыту, бірнеше объектілердің атын өзгерту және т.б.

Protégé Стэнфорд университетінде әзірленген және екі тармақты BSD лицензиясы бойынша қол жетімді. Құрылғының алғашқы нұсқалары Манчестер университетімен бірлесіп жасалған [2].

Онтологиялық инженерия үшін қолданылатын бағдарламалық құралдар қарастырылады. Бағдарламалық құрал ретінде онтология редакторы Protégé 4 таңдалды.

Онтологияны дамытуға арналған әрекеттер тізбегі. Алдымен доменге талдау жасаңыз, ұғымдар мен қатынастарды синтездеңіз, содан кейін объектілерді, атрибуттарды, қатынастарды, процестерді бөлектеңіз.

Оқушылардың білім сапасын арттыруды қамтамасыз ету үшін онтологиялық инжиниринг әдістерін қолдана отырып, пәндік саладағы білімді семантикалық сипаттау арқылы қол жеткізуге болады.

Онтологиялық инженерия зерттелетін саланың үш деңгейлі моделін құруды қамтиды: жоғары деңгейлі онтология, пәндік онтология және қолданбалы онтология. [7]. Онтологиялық инженерияны жүргізу алгоритмі 2-суретте көрсетілген.

Ғылыми нәтижелер

Мектеп пәнінің мазмұнына сүйене отырып, 3-суретте көрсетілген пәннің құрылымы құрылды. Заттың мазмұны ағаш түрінде ұсынылған. Тақырыпта бөлімдер бар, әр бөлім абзацтарға бөлінеді. Әр абзацта тапсырмалар, сұрақтар, тесттер, суреттер болуы мүмкін. Тест сұрақтар мен жауап нұсқаларынан тұрады. Жауап нұсқалары мәтіндік форматта да, сурет түрінде де мүмкін. Сонымен қатар, сұрақтың өзін суреттеуге болады.

1-сурет – Пәнаралық байланыстардың құрылымы

2-сурет – Онтологиялық инженерия алгоритмі

Онтология мектеп оқушыларының білім мазмұнының ақпараттық моделінің негізін құрайды.

Мектеп оқушыларының оқу мазмұнының онтологиясы мектептің оқу іс-әрекетінің ұйымдастырушылық құрылымы, субъектілері, оқыту объектілері және т.б. сияқты негізгі ұғымдарды сипаттайды.

Онтологиялық инженерия нәтижесінде мектеп оқушыларының білім мазмұнының онтологиясы құрылды. Бұл онтология келесі сыныптарды қамтиды:

- Жақсы;
- Элемент;
- Оқыту нәтижелері (Ішкі сыныптар: Дағдылар, дағдылар, білімдер, құзыреттер);
- Электрондық оқыту құралдары (Кіші сыныптар: Мәліметтер қоры, Техникалық қамтамасыз ету, Ақпараттық технологиялар, Ақпараттық жүйелер);
- Білім беру қатынастарына қатысушылар (Кіші сыныптар: Көшбасшылық, Студент, Мұғалім);
- Нормативтік-құқықтық база (Кіші сыныптар: Стандарттар, Білім).

Әдеп бойынша орнатылған «SPARQL Query» сұрауын орындайық (3-сурет).

Математика-информатиканың пәнаралық байланыстарын анықтау үшін мысал ретінде сайттан 9-сынып алгебрасы бойынша электронды оқулықты алайық https://www.okulyk.kz/algebra/433/.

Математика-информатиканың пәнаралық байланыстарын анықтау үшін мысал ретінде сайттан 7-сыныптағы информатика бойынша электронды оқулықты алайық https://okulyk.kz/informatika/267/.

Информатика электронды оқулығының мазмұнына сүйене отырып, 7-сынып онто-

SPARQL query:

```
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
SELECT ?subject ?object
        WHERE { ?subject rdfs:subClassOf ?object }
```

3-сурет – Сұранысты орындау

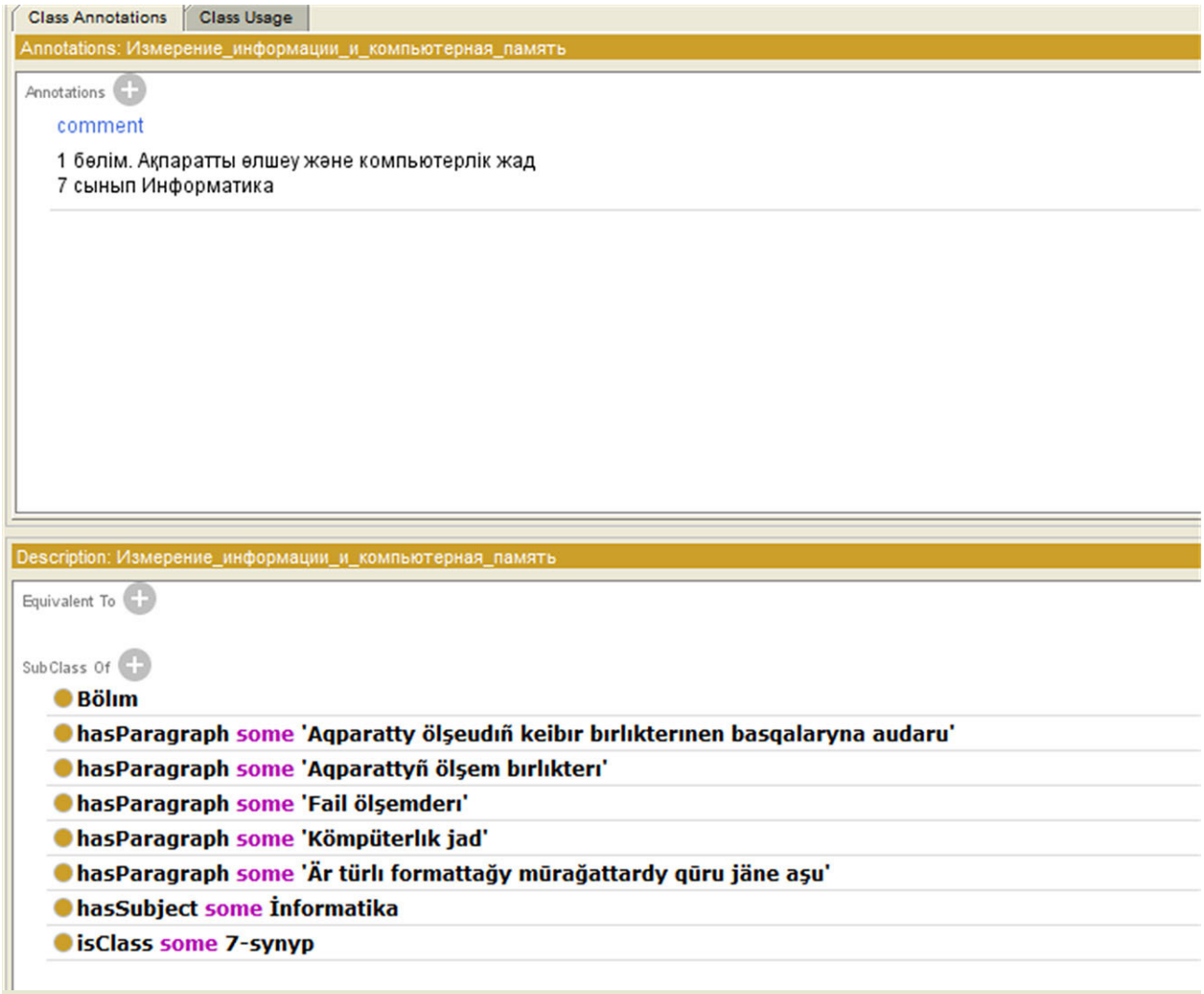
subject	object
'AJ taldau'	'Aqparattyq jüieler'
'Operasialyq jüieler'	Bölim
'Arifmetikalyq progresia. Arifmetikalyq progresianyñ n-şı müşesiniñ formulasy'	hasIntersubjectCommunication some 'Elektrondyq kesteler arqyly esepterdı şeşu'
'Elektrondyq kesteler arqyly esepterdı şeşu'	hasParagraph some 'Elektrondyq kestede şartty pışımdeu'
'Bağdarlamalyq jasaqtamany äzirleu'	hasSubSection some 'Testileu BJA'
'BQ OJ'	'Operasialyq jüieler'
'Matematika Teoriasy'	hasSection some Geometria
'Sandar teoriasy'	Bölim
'Bağdarlamalau tilderi'	hasSubSection some 'Logikalyq BT'

4-сурет – Сұранысты орындау

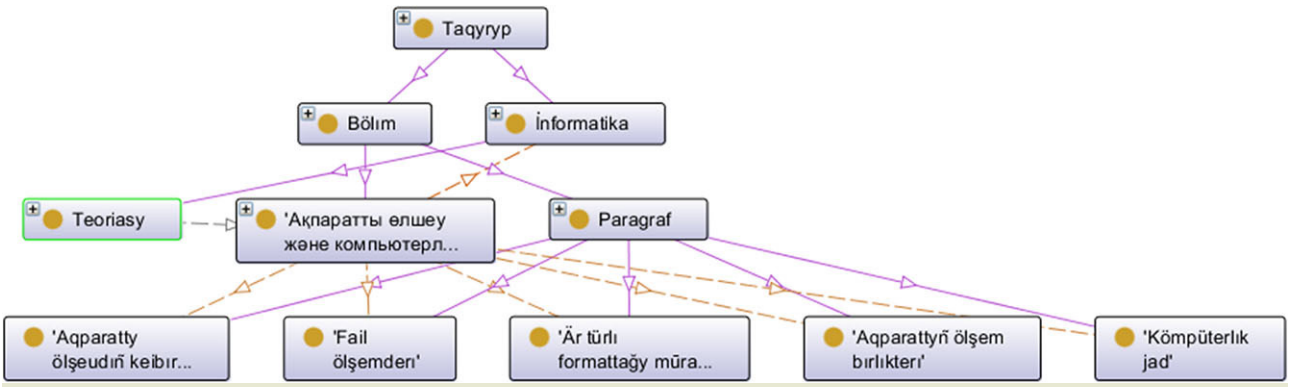
логияны құруды жалғастырамыз.

Біз 5 бөлімнен тұратын сыныптарды енгіземіз. 5-суретте «1-бөлім. Ақпаратты өлшеу және компьютерлік жад 7-сынып Информатика».

6-суретте онтологияның 1-бөлімі көрсетілген. Ақпаратты өлшеу және компьютерлік жад 7-сынып Информатика.



5-сурет – 1-бөлім. Ақпаратты өлшеу және компьютерлік жад 7-сынып Информатика



6-сурет – Онтология үзіндісі. 1-бөлім

7 және 8 суреттерде пәнаралық байланыстары бар ONTOMEKTEP құрастырылған онтологиясының үзіндісі көрсетілген.

Онтологияны нақты мектеп деректерімен толтыру мектептің толық білім қорын құруға мүмкіндік береді [8-10]. Білім қорын Қазақстанның барлық мектептерінің деректерімен толтырған кезде мектептердің орталықтандырылған білім қорының болуына мүмкіндік береді.

Бұл жағдайда уәкілетті білім беру органдары Қазақстандағы мектептердің есебін жүргізіп, деректерді оңай өңдей алады. Болашақта бұл онтология бар онтологиялармен, мысалы, университеттік онтологиямен толықтырылып, біріктірілетін болады.

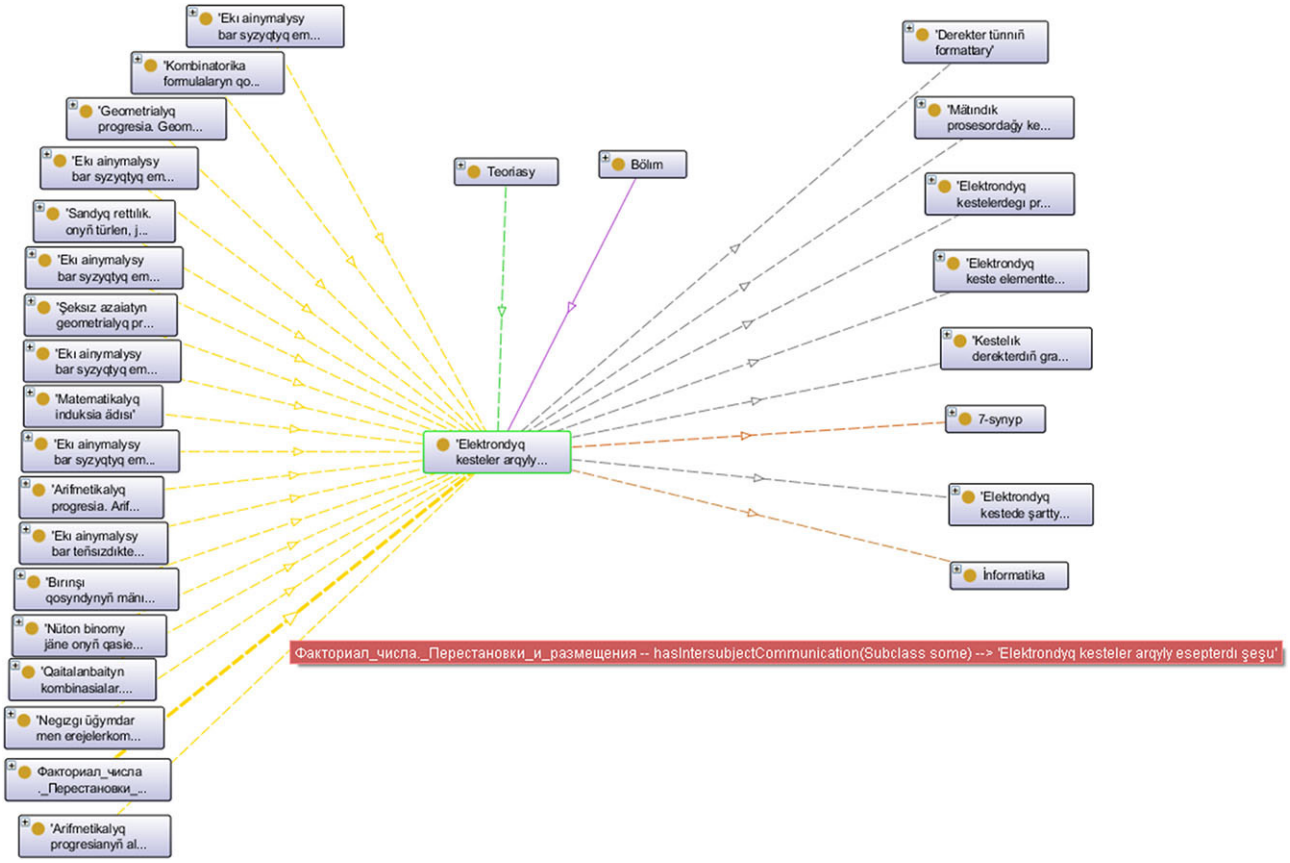
Қорытынды

Мектеп оқушыларын даярлаудың оқутәрбие процесінің онтологиялық моделі жасалды. Protégé 4 редакторында мектеп оқушыларының білім мазмұнының онтологиясы құрастырылды, онда мектептегі оқу процесінің қажетті сыныптары, қарым-қатынастары, қасиеттері мен жеке тұлғалары қамтылған. Бұл онтологияға сұраныстар орындалады. Құрылған онтологияның класстары мен фрагменттерінің иерархиясы ұсынылған.

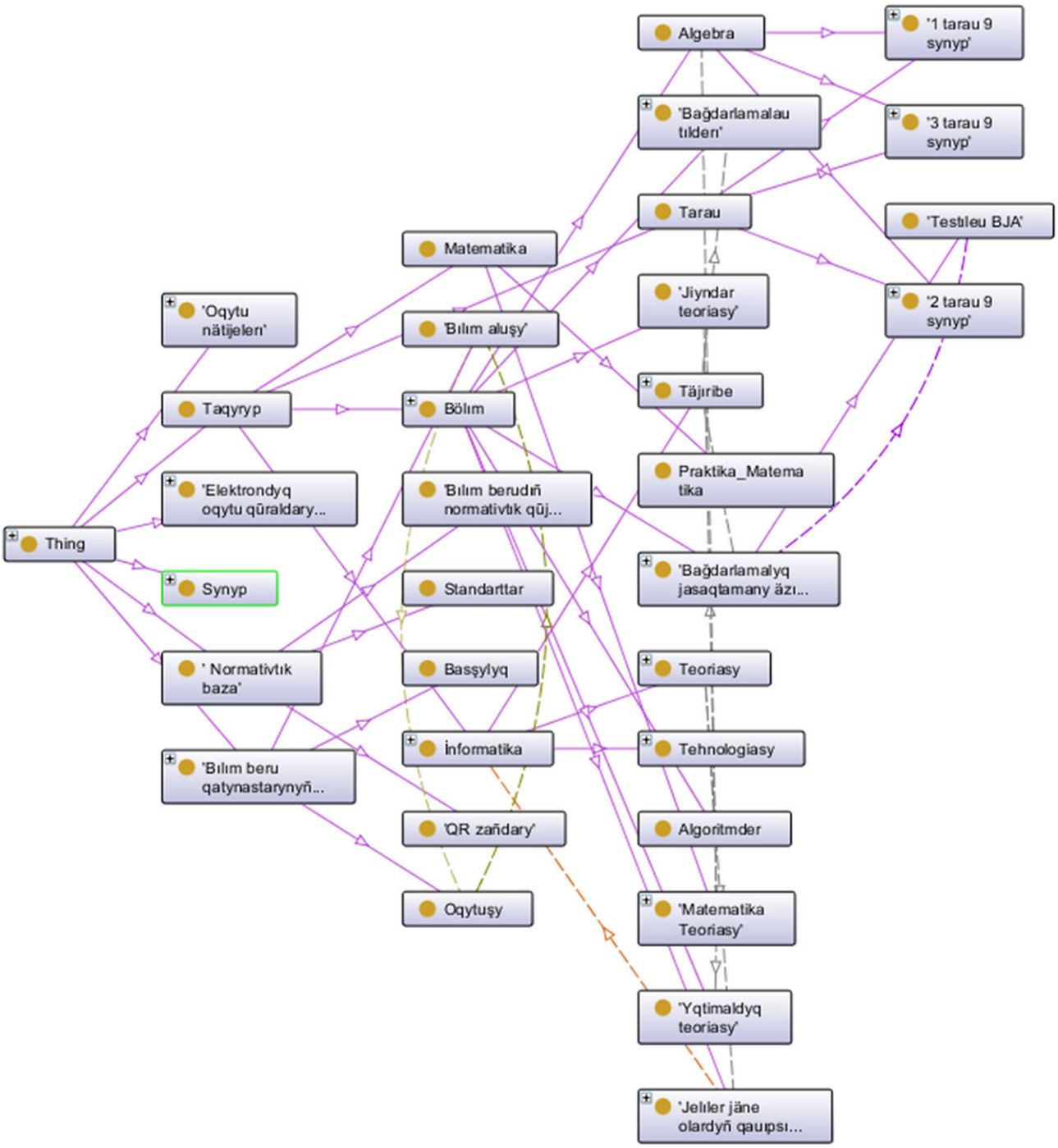
Онтологиялық инжиниринг әдістерін қолдану оқудағы пәнаралық байланысты пайдалана отырып, пәндік сала білімін семантикалық сипаттау есебінен оқушылардың білім сапасын арттыруға мүмкіндік береді.

Математика мен информатиканың пәнаралық байланыстары мысалында пәндік саланың онтологиялық моделін құру кезеңдері сипатталған. Мектептегі білім беру процесі мен олардың арасындағы қатынастардың сыныптары мен жеке тұлғаларының мысалдары келтірілген. Пәндік саланы онтологиялық модельдеудің артықшылықтары қарастырылады.

Құрылған онтологиялық модельдің көмегімен және мектептің білім қорын толтыра отырып, математика-информатиканың пәнаралық байланыстарын анықтауға болады. Бұл білім қорына қажетті деректерді енгізуді жалғастыруға және сол арқылы мектеп деректерін жаңартуға болады.



7-сурет – Салынған ONTOMEKTEP онтологиясының үзіндісі



8-сурет – ONTOMEKTEP

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Виденин С.А. Особенности методической системы курса «История информатики» в условиях проективной стратегии обучения: Педагогика ғылымдарының кандидатының диссертациясы: 13.00.02 Красноярск 2009. http://dlib.rsl.ru.
2. Межпредметные связи в школьном обучении https://studbooks.net/1920826/pedagogika/zaklyuchenie.
3. Межпредметные связи на уроках математики в начальной школе URL: https://znanio.ru/media/mezhpredmetnye-svyazi-na-urokah-matematiki-v-nachalnoj-shkole-2674980.
4. Желтова С.С. Педагогическое обеспечение интегрального развития дошкольников в учреждениях дополнительного образования: на материале обучения английскому языку: Педагогика ғылымдарының кандидатының диссертациясы: 13.00.01. Рязань, 2016. http://dlib.rsl.ru.
5. Массель Л.В. Онтологический инжиниринг и управление знаниями для поддержки принятия стратегических решений по развитию интеллектуальной энергетики // Инжиниринг предприятий и управление знаниями (ИПУЗ-2017). – 2017. – Б. 59-65.
6. Абруков В.С. Методы интеллектуального анализа данных при создании баз знаний // Вестник Чувашского университета. – 2015. – № 1.
7. Попов Э.В. Корпоративные системы управления знаниями // Новости ИИ. 2001. № 1.
8. Авдошин С.М., Шатилов М.П. Онтологический инжиниринг // Бизнес-информатика. 2007. № 2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ontologicheskiy-inzhiniring (өтініш берілген күні: 27.04.2023).
9. Онтологии и тезаурусы: модели, инструменты, приложения: Онтологии и тезаурусы: модели, инструменты, приложения URL: https://intuit.ru/studies/professional_skill_improvements/1627/courses/270/lecture/6857?page=2 (өтініш берілген күні: 27.04.2023).
10. Балашова И.Ю. Онтологические модели в системе информатизации образования // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2015. № 3 (15). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ontologicheskie-modeli-v-sisteme-informatizatsii-obrazovaniya (өтініш берілген күні: 27.04.2023).

Определение межпредметных связей с помощью онтологического моделирования «Ontomektep»

[1]БАЗАРОВА Мадина Жомартовна, *PhD, зам. декана, madina_vkgtu@mail.ru,*
[1]АДИКАНОВА Салтанат, *PhD, декан, ersal_7882@mail.ru,*
[1]КАДЫРОВА Айнагуль Сабеновна, *к.п.н., ассоциированный профессор, kas-kas-50@mail.ru,*
[2]*БУГУБАЕВА Алина Жанатбековна, *PhD, ассоциированный профессор, alina_bugubayeva@mail.ru,*
[3]КАРЫМСАКОВА Индира Бекеновна, *PhD, и.о. ассоциированного профессора, indviki@mail.ru,*
[1]НАО «Восточно-Казахстанский университет имени Сарсена Аманжолова», ул. 30-й Гвардейской дивизии, 34, Усть-Каменогорск, Казахстан,
[2]Карагандинский университет Казпотребсоюза, ул. Академическая, 9, Караганда, Казахстан,
[3]НАО «Университет имени Шакарима города Семей», ул. Глинки, 20а, Семей, Казахстан,
**автор-корреспондент.*

Аннотация. *Онтологические базы знаний имеют большое преимущество перед реляционными базами данных. В Республике Казахстан разрабатываются онтологии высших учебных заведений. Онтологии образовательного процесса в школе актуальны, но не до конца разработаны. Целью статьи является создание концептуальной модели содержания образования школьников, так как ее использование обеспечивает качественное управление, гибкий отбор и систематизацию школьных данных и знаний. Для достижения по-*

ставленной цели использованы методы онтологической инженерии, поскольку смысловое описание знаний об образовательном процессе в школе повышает качество образования школьников. Для разработки онтологии школы необходимо выполнить последовательность действий и реализовать онтологическую инженерию. Сначала мы анализируем предметную область, выполняем синтез понятий и связей, а затем выделяем объекты, признаки, связи и процессы. Создание онтологий, или визуальное проектирование онтологий, – это мощный инструмент для визуализации структур знаний любой предметной области. В настоящее время существует большое количество редакторов онтологий. Каждый редактор имеет свои преимущества и недостатки. С помощью созданной онтологической модели и наполнения базы знаний школы можно определить межпредметные связи математики и информатики. Можно продолжать вносить необходимые данные в эту базу знаний и тем самым обновлять данные школы.

Ключевые слова: *знание, школа, онтология, онтологический инжиниринг, база знаний, межпредметные связи, онтологическая модель.*

Determination of Intersubject Relationships Using Ontological Modeling «Ontomektep»

[1]BAZAROVA Madina, *PhD, Deputy Dean, madina_vkgtu@mail.ru,*
[1]ADIKANOVA Saltanat, *PhD, Dean, ersal_7882@mail.ru,*
[1]KADYROVA Ainagul, *Cand. of Ped. Sci., Associate Professor, kas-kas-50@mail.ru,*
[2]*BUGUBAYEVA Alina, *PhD, Associate Professor, alina_bugubayeva@mail.ru,*
[3]KARYMSAKOVA Indira, *PhD, Acting Associate Professor, indviki@mail.ru,*
[1]NCJSC «Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University», 30th Guards Division Street, 34, Oskemen, Kazakhstan,
[2]Karaganda University of Kazpotrebsoyuz, Akademicheskaya Street, 9, Karaganda, Kazakhstan,
[3]NPJSC «Semey University named after Shakarim», Glinka Street, 20a, Semey, Kazakhstan,
**corresponding author.*

Abstract. *Ontological knowledge bases have a great advantage over relational databases. Ontologies of higher educational institutions are being developed in the Republic of Kazakhstan. Ontologies of educational process in school are relevant, but not fully developed. The purpose of the article is to create a conceptual model of the educational content of schoolchildren, its use provides high-quality management, flexible selection and systematization of school data and knowledge. To achieve this goal, we use the methods of ontological engineering, because the semantic description of knowledge about the educational process at school increases the quality of education of schoolchildren. To develop a school ontology, it is necessary to perform a sequence of activities and implement ontological engineering. First, we analyze the subject area, perform a synthesis of concepts and connections, and then select objects, features, connections, and processes. Ontology creation, or visual ontology engineering, is a powerful tool for visualizing the knowledge structures of any subject area. Currently, there are a large number of ontology editors. Each editor has its advantages and disadvantages. With the help of the created ontological model and filling the knowledge base of the school, it is possible to determine the interdisciplinary connections of mathematics and informatics. You can continue to enter the necessary data in this knowledge base and thereby update the school data.*

Keywords: *knowledge, school, ontology, ontological engineering, knowledge base, interdisciplinary connections, ontological model.*

REFERENCES

1. Videnin S.A. Osobennosti metodicheskoj sistemy kursa «Istoriya informatiki» v usloviyah proektivnoj strategii obucheniya: Pedagogika dissertation of candidate of sciences: 13.00.02 Krasnoyarsk 2009. http://dlib.rsl.ru.
2. Mezhpredmetnye svyazi v shkol'nom obuchenii https://studbooks.net/1920826/pedagogika/zaklyuchenie.
3. Mezhpredmetnye svyazi na urokah matematiki v nachal'noj shkole. URL: https://znanio.ru/media/mezhpredmetnye-svyazi-na-urokah-matematiki-v-nachalnoj-shkole-2674980.
4. ZHeltova S.S. Pedagogicheskoe obespechenie integral'nogo razvitiya doshkol'nikov v uchrezhdeniyah dopolnitel'nogo obrazovaniya: na materiale obucheniya anglijskomu yazyku: Dissertation of the Candidate of Pedagogical Sciences: 13.00.01. Ryazan', 2016. http://dlib.rsl.ru.
5. Massel' L.V. Ontologicheskij inzhiniring i upravlenie znaniyami dlya podderzhki prinyatiya strategicheskih reshenij po razvitiyu intellektual'noj energetiki // Inzhiniring predpriyatij i upravlenie znaniyami (IPUZ-2017). – 2017. – Pp. 59-65.
6. Abrukov V.S. Metody intellektual'nogo analiza dannyh pri sozdanii baz znanij // Vestnik CHuvashskogo universiteta. – 2015. – No. 1.
7. Popov E.V. Korporativnye sistemy upravleniya znaniyami // Novosti II. 2001. No. 1.
8. Avdoshin S.M., SHatilov M.P. Ontologicheskij inzhiniring // Biznes-informatika. 2007. No. 2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ontologicheskiy-inzhiniring (date of application: 27.04.2023).
9. Ontologii i tezaurusy: modeli, instrumenty, prilozheniya: Ontologii i tezaurusy: modeli, instrumenty, prilozheniya. URL: https://intuit.ru/studies/professional_skill_improvements/1627/courses/270/lecture/6857?page=2 (date of application: 27.04.2023).
10. Balashova I.YU. Ontologicheskie modeli v sisteme informatizacii obrazo-vaniya // Modeli, sistemy, seti v ekonomike, tekhnike, prirode i obshchestve. 2015. No. 3 (15). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ontologicheskie-modeli-v-sisteme-informatizatsii-obrazovaniya (date of application: 27.04.2023).

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_445 UDC 53.084.855

Hardware and Software Complex for Identification of Displacement Based on a Fiber-optic Sensor

[1]***NESHINA Yelena,*** *Cand. of Tech. Sci., Head of Department, 1_neg@mail.ru,*
[1]***YUGAY Vyacheslav,*** *PhD, Head of Department, slawa_v@mail.ru,*
[1]***ALKINA Aliya,*** *Cand. of Tech. Sci., Senior Lecturer, alika_1308@mail.ru,*
[1]**BILICHENKO Ekaterina,* *Senior Lecturer, katefox_08@mail.ru,*
[2]***YURCHENKO Aleksey,*** *Dr. of Tech. Sci., Professor, niipp@inbox.ru,*
[1]NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», N. Nazarbayev Avenue, 56, Karaganda, Kazakhstan,
[2]National Research Tomsk Polytechnic University, Lenin Avenue, 30, Tomsk, Russia,
**corresponding author.*

Abstract. *The article deals with developing a hardware and software complex for identifying rock displacement in open pits. The complex allows for continuous measurement of several parameters and timely notification of personnel of mining enterprises engaged in underground and surface development. The software included in the complex is easy to use and allows changing the information interface. The complex collects, processes and analyzes data from fiber-optic sensors that monitor the geotechnical state of the edge massif. It is connected to fiber-optic sensors via optical conductors, which eliminates the use of the expensive copper cable. Fiber-optic sensors are intrinsically safe and explosion-proof, and are highly resistant to electromagnetic interference. The complex with fiber-optic sensors allows monitoring the geotechnical state of mine workings in open pits. The principle of operation of the complex is based on comparison of apertures and intensity of light spots using a high-resolution photodetector. It has been found that diffraction spots and their pixel pattern do not change in the absence of rock displacement of the edge massif. When a displacement occurs, the light wave that passes through the fiber-optic sensor changes its properties, which leads to changing the parameters of the light spot. After processing the data, the complex produces a numerical value of the displacement.*

Keywords: *open pit, displacement, rock, edge massif, hardware and software complex, fiber-optic sensor.*

Introduction. Fiber optic equipment and technologies have been actively developing for over 50 years. The development of this technology has made it possible to build telecommunication systems that operate on a completely different principle, when a light pulse is transmitted instead of an electrical signal [1, 2]. The development of a high-speed distributed explosion-proof system for measuring rock pressure using a fiber optic pressure sensor (FOPS) will allow improving the safety of mining operations in open pits and coal mines, as well as prompt notifying of the formation of mechanical stress concentration dangerous zones in the roof of a mine working or the side of an open pit, which leads to the collapse of its roof. The FOPS will ensure high accuracy of monitoring rock pressure that affects structures. Monitoring rock pressure will allow timely taking measures to strengthen emergency-hazardous places where the roof of a working or the side of an open pit can be destroyed. Monitoring rock pressure will also allow selecting the most rational supporting passport, which will significantly save material resources. The G652 type optical fiber will be used for the developed FOPS. It is planned to implement the optical fiber with improved metrological and operational characteristics at the mining enterprises of Kazakhstan. The use of the G652 standard optical fiber for monitoring the rock massif of coal mines is very promising, since the fiber-optic sensors based on it have many positive properties and a good linearity of characteristics.

Materials and research methods. At present, controlling the displacement of the sides is carried out with the use of benchmarks, as well as visual and instrumental observations with participation of mine surveyors. The hu-

man factor affects the accuracy of control; it is also necessary to take into account the suddenness of rock pressure changing in certain areas and the formation of emergency-hazardous collapse zones. Long-term observations of rock pressure manifestations have shown a rather acute problem of sudden collapse of the open pit sides that leads to a danger to the life of personnel, equipment and significant financial costs. Therefore, there is a need to develop a hardware and software complex for monitoring the open pit side stability using fiber-optic sensors, which will allow obtaining more reliable data and remote monitoring in real time, preventing cases of sudden collapse of the side massif [3].

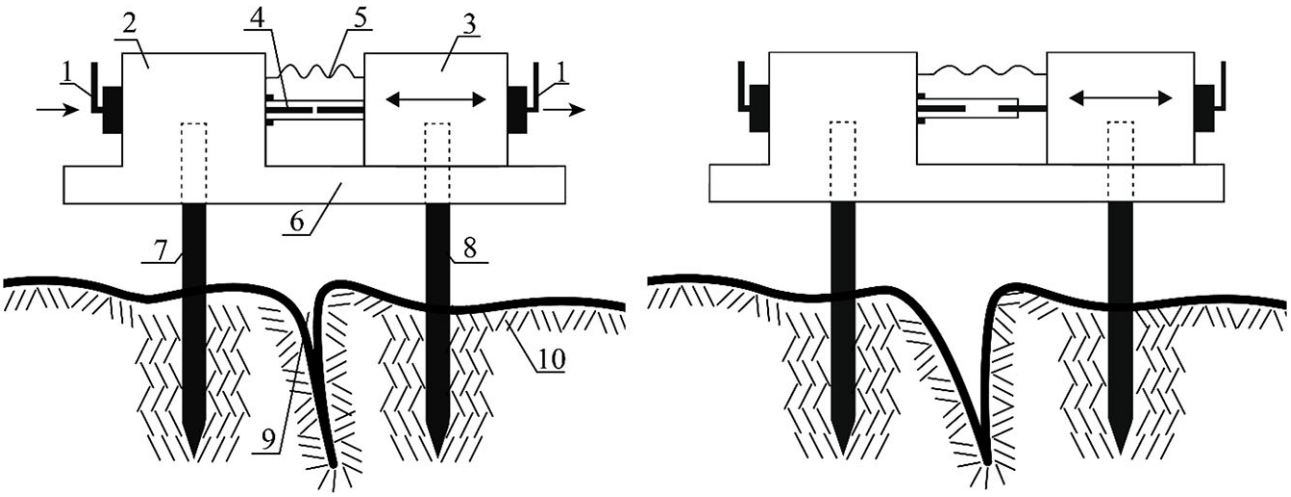
The principle of the developed fiber-optic sensor is presented in Figure 1, where the schemes of the sensor are presented in a) the normal position and in the position b) when there is a movement of the sides.

The sensitivity of the developed sensor is several times higher than that of the applied mechanical reference stations. It is necessary to take into account that the operator controls the parameters of the reference station visually, can confidently notice the displacement of the reference level by at least 5 mm, which is the division value, while the sensor is capable of recording changes of 0.1 mm remotely and continuously in real time. The measurement range of the sensor is 0-100 mm of displacement. The sensitivity threshold is 0.1 mm. The effectiveness of the proposed control complex consists in the fact that the control complex is capable of monitoring initial displacements and recording the initial moment of the crack growth, which is important for making decisions on controlling the open pit side stability.

The appearance of the experimental sample of the sensor in the horizontal position is shown in Figure 2.

The proposed control complex is capable of measuring changes in rock pressure and displacement of roof rocks in explosive environments with high accuracy. Its development does not require expensive equipment associated with the use of spectrum analyzers and reflectometers, which will significantly reduce the cost of the fiber-optic complex compared to foreign analogues, and this is an important factor.

The studies were carried out using the method of measuring additional losses arising from mechanical action and bending on the optical fiber. This method is based on changing the properties of light emitted by a laser diode with the wavelength of 650 nm and power of 30 mW. The laser diode operates on the principle of changing the population density in the p-n junction region during the injection of charge carriers. When mechanically affected, the light passing through the optical fiber changes its light transmittance. Microbending leads to photoelasticity, which causes changes in the refractive index between the cladding and the core of the fiber. This in turn leads to additional losses, changing the intensity of the light wave and the phase characteristics of its propagation. The transformation of phase into amplitude is accompanied by changes in the light waves passing through the core of the op-



a) the initial moment of crack opening b) the process of crack opening

Figure 1 – A sensor in the normal and displacement positions:

1 – optical fiber, 2 – fixed connector, 3 – movable connector, 4 – ferrule, 5 – spring, 6 – base, 7 – fixed reference point, 8 – movable reference point, 9 – crack, 10 – soil

Figure 2 – External appearance of the sensor experimental sample in the horizontal position

tical fiber and falling on the photodetector. The photodetector is a CMOS photoelectric matrix with a graphics processor that provides preliminary processing of high-resolution signals. At the end of the optical fiber, there is an SC-type fiber optic connector with a 2.5 mm diameter tip and a physical UPC Ultra contact connector, which provides sharper light spots compared to cutting fibers with a knife. Adjusting the focal distance between the end of the connector and the surface of the photomatrix permits the hardware and software complex to register all the changes in the light spot when affecting the optical fiber.

The hardware and software control complex (HSCC) was developed using the OpenCV library (Open Source Computer Vision Library). This complex uses a version of the library written in the Python programming language. To generate and to display graphs, the Matplotlib library in the Python is used, which is designed to visualize data in two-dimensional (2D) and three-dimensional (3D) graphics. The HSCC interface is developed using the Tkinter library.

The program interface is the main window (Figure 3), providing 1) a background launch block, 2) a camera setup block, 3) an activity monitoring block, 4) a block of status and signal indicators, 5) the Apply button to save the settings.

Launching in the debug mode starts the program in the mode of displaying the incoming and the processed data (Figure 4) that consist of three windows.

The first window shows the difference between the standard and the current image.

The second window shows how many pixels (gray dots) exceeded the threshold value and went into white pixels.

The third window shows graphs. The upper graph shows the difference (the instantaneous rate of changing the number of white pixels) between two consecutive values of the number of white pixels over time. The lower graph shows the total number of white pixels in each consecutive image.

To stop the program in the debug mode, simply close the debug mode window.

Research results. The developed hardware and software system for monitoring the open pit side stability using fiber-optic sensors was presented at a meeting of the technology service of the Akzharyk Komir LLP and confirmed by the protocol. Violations affecting the open pit side stability were previously identified at the Akzharyk Komir LLP open pit (Figure 5). The violation of the northern side stability is caused by the presence of deformations of a group of slopes in the area of coal seam outcrops under sediments, where mining opera-

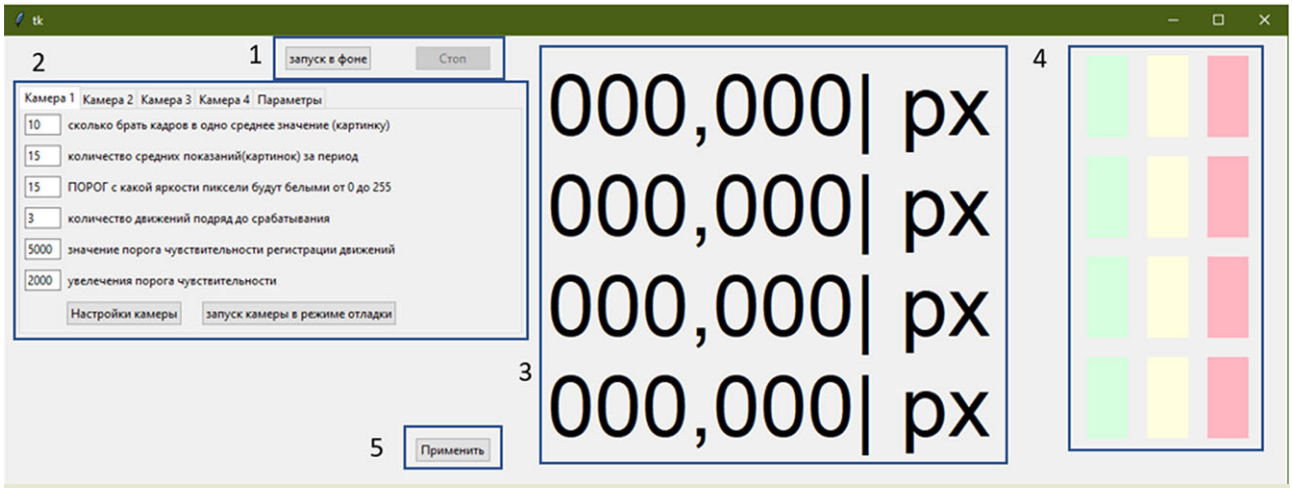


Figure 3 – The main window of the HSCC interface

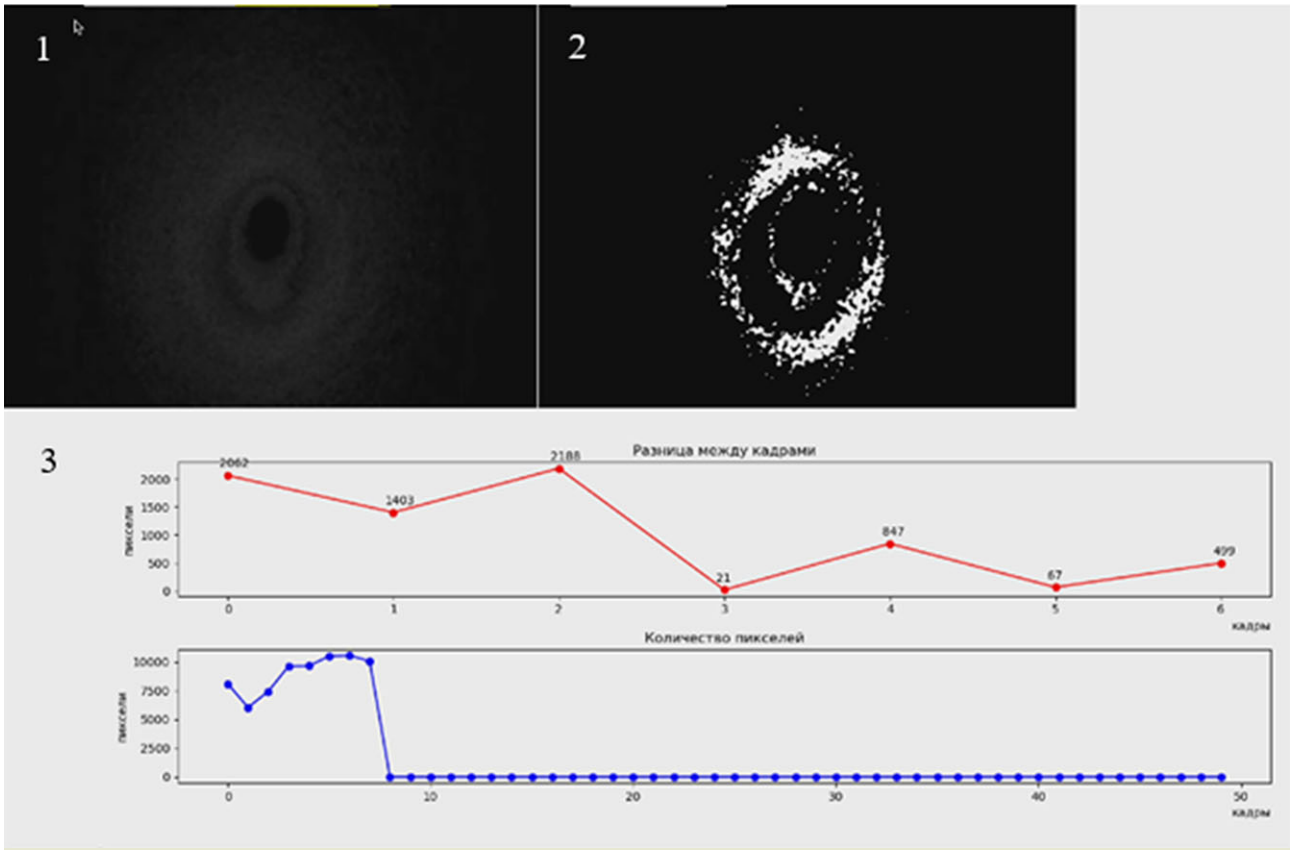


Figure 4 – The mode of displaying the incoming and the processed data

Figure 5 – Deformation of the open pit southern side (hor. +551/+534 m)

tions are currently underway.

The side stability depends not only on the deposit but, first of all, on the correctness of mining operations. But during the development of the mining plan, such moments might not be taken into account, they were not de-

termined by geological exploration, topological survey, preliminary observations did not determine these problematic moments, zones of geological faults. On the surface, geological fault zones are not visible, not every drilling grid can reveal this, since the wells are drilled along a certain grid. For the sake of economy, they can simply drill verification wells, but these wells may not fall into the disturbance zone when introducing stripping operations. The difference between various open pits and mines is that there are open pits where the drilling and blasting method of stripping is used. At these enterprises, the stability of the open pit sides is determined precisely by the strength of the rocks and the direction of the blast; if done incorrectly, the side will naturally not «stand».

The analysis has shown that the inclination angle of the deformed bench groups as a result of flattening along section 1 is 18°. The inclination angle of the deformed bench groups as a result of flattening along section 2 is 23°.

Violation of the stability state of the eastern side is caused by to the presence of deformations of the bench group (horizon +555/+506 m). The deformation of this section along the front reaches 95 m. The inclination angle of the deformed bench groups as a result of flattening along section 3 is 37°.

To test the hardware and software complex for monitoring the open pit side stability using a fiber-optic sensor, it was customary to install benchmarks at control station I (the northern side of the open pit (horizon +553/+541 m)). The controlling and monitoring complex includes 1 control station consisting of 4 pairs of benchmarks with sensors. The factor that unites the control stations into a single monitoring control system is that the planned and altitude position of the station benchmarks is determined in a single hardware and software system at the open pit.

Discussion and conclusions. Based on the analysis of the current state and prospects of the development of mining operations at the Akzharyk Komir LLP open pit, two stages of developing a network of monitoring stations are envisaged: 1 – a current one that corresponds to the current state of mining operations; 2 – a prospective one that corresponds to observations of the open pit sides and tiers of dumps when they are placed on the design (end of development) contour.

During the development of mining operations, it is envisaged to reconstruct old observation stations and to lay new benchmarks in the working part of the open pit with the unchanged position of the initial and support benchmarks, observation and control points with sensors based on the optical fiber.

Any mechanical impact on the sensor changes the properties of the light passing through the sensor; additional losses and changing the phase of the light wave occur, which is recorded by the photodetector. Then the microprocessor device analyzes the received data and makes a decision on the operation of the complex. An important point is the development of software that allows effective combating any interference.

The developed basic scheme and hardware-software control complex using fiber-optic sensors have proven their efficiency. The new control method is completely explosion-proof and is suitable for use at hazardous mining enterprises in case of sudden collapse of open pit sides.

Using the example of the Akzharyk Komir LLP, the geological structure of the section, mining-geological and engineering-geological conditions, hydrogeological characteristics, as well as the analysis of disturbances in the open pit side stability are presented. The analysis of the open pit side stability monitoring shows that at present the stable state of open pit sides is one of the main problems in the open-pit development of mineral deposits.

The results of practical application of the developed hardware-software control complex show that when using an increase in wavelength from 650 nm to 1625 nm, additional losses increase. In this regard, it is recommended to use an optical fiber with the wavelength of 1310 nm. The developed software provides multichannel processing of data obtained from fiber-optic sensors.

The developed hardware and software complex for monitoring the open pit side stability with the use of fiber-optic sensors allows remote monitoring the displacement of the side massif. Based on the results of practical application, it is recommended to use an optical fiber with the wavelength of 1310 nm.

This research has is funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP14869145 «Development of an intelligent fiber-optic system for monitoring the geotechnical condition of mining pits and sections»).

REFERENCES

1. Буймистрюк Г.Я. Принципы построения интеллектуальных волоконно-оптических датчиков // Фотон-Экспресс. – 2011. – № 6 (43). – С. 38-39.
2. Буймистрюк, Г. Волоконно-оптические датчики для экстремальных условий // Control Engineering Россия. – 2013. – № 3 (45). – С. 34-40.
3. Bin Liang, Chong Yue, Xu Hui Chen, Bing Wang, Xing Kai Sun. The Study of Deformation Monitoring Based on the Ground Three-Dimensional Laser Scanning Technology // Advanced Materials Research. – 2014. – Vol. 1022. – Pp. 387-391.
4. https://docs.opencv.org/4.x/d9/df8/tutorial_root.html
5. Сидорова А.В. Python как инструментарий оптимизации режима ГЭС в составе ЭЭС / А.В. Сидорова, А.А. Черемных, А.Г. Русина // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2021. – Т. 13. – № 2 (50). – С. 119-132.
6. https://www.w3schools.com/python/matplotlib_pyplot.asp
7. https://python-scripts.com/tkinter-introduction

Талшық-оптикалық датчиктер негізінде ығысуды анықтауға арналған аппараттық-бағдарламалық құралдар кешені

[1]НЕШИНА Елена Геннадьевна, *т.ғ.к., кафедра меңгерушісі, 1_neg@mail.ru,*
[1]ЮГАЙ Вячеслав Викторович, *PhD, кафедра меңгерушісі, slawa_v@mail.ru,*
[1]АЛЬКИНА Алия Даулетхановна, *т.ғ.к., аға оқытушы, alika_1308@mail.ru,*
[1]*БИЛИЧЕНКО Екатерина Николаевна, *аға оқытушы, katefox_08@mail.ru,*
[2]ЮРЧЕНКО Алексей Васильевич, *т.ғ.д., профессор, niipp@inbox.ru,*
[1]«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Н. Назарбаев даңғылы, 56, Қарағанды, Қазақстан,
[2]Ұлттық зерттеу Томск политехникалық университеті, Ленин даңғылы, 30, Томск, Ресей,
**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Мақала карьерлердегі тау жыныстарының жылжуын анықтауға арналған аппараттық-бағдарламалық кешенді әзірлеуге арналған. Кешен бірнеше параметрлерді үздіксіз өлшеуге және жерасты және жер үсті жұмыстарымен айналысатын тау-кен кәсіпорындарының қызметкерлеріне уақытылы хабарлауға мүмкіндік береді. Кешеннің құрамына кіретін бағдарламалық жасақтаманы пайдалану оңай және ақпараттық интерфейсті өзгертуге мүмкіндік береді. Кешен аспаптық массивтің геотехникалық жай-күйін бақылайтын талшықты-оптикалық датчиктерден деректерді жинайды, өңдейді және талдайды. Ол оптикалық-талшықты датчиктерге оптикалық өткізгіштер арқылы қосылады, бұл қымбат мыс кабелін пайдалануды болдырмайды. Оптикалық-талшықты датчиктер ұшқын өткізбейтін және жарылысқа төзімді, сонымен қатар электрмагниттік кедергілерге төзімділігі жоғары. Оптикалық-талшықты датчиктері бар кешен карьерлердегі тау-кен қазбаларының геотехникалық жай-күйіне мониторинг жүргізуге мүмкіндік береді. Кешеннің жұмыс принципі жоғары ажыратымдылықтағы фотодетектордың көмегімен диафрагмалар мен жарық дақтарының қарқындылығын салыстыруға негізделген. Дифракциялық дақтар мен олардың пиксельдік үлгісі аспаптық массивтің тау жыныстарының суы болмаған кезде өзгермейтіні анықталды. Егер орын ауыстыру керек болса, талшықты-оптикалық датчиктер арқылы өтетін жарық толқыны оның қасиеттерін өзгертеді, нәтижесінде жарық нүктесінің параметрлері өзгереді. Деректерді өңдегеннен кейін кешен орын ауыстырудың сандық мәнін береді.*

Кілт сөздер: *карьер, орын ауыстыру, тау жынысы, аспаптық массив, аппараттық-бағдарламалық кешен, талшықты-оптикалық сенсор.*

Аппаратно-программный комплекс идентификации смещения на основе волоконно-оптического датчика

*[1]**НЕШИНА Елена Геннадьевна,** к.т.н., зав. кафедрой, 1_neg@mail.ru,*
*[1]**ЮГАЙ Вячеслав Викторович,** PhD, зав. кафедрой, slawa_v@mail.ru,*
*[1]**АЛЬКИНА Алия Даулетхановна,** к.т.н., старший преподаватель, alika_1308@mail.ru,*
*[1]*****БИЛИЧЕНКО Екатерина Николаевна,** старший преподаватель, katefox_08@mail.ru,*
*[2]**ЮРЧЕНКО Алексей Васильевич,** д.т.н., профессор, niipp@inbox.ru,*
[1]НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан,
[2]Национальный исследовательский Томский политехнический университет, пр. Ленина, 30, Томск, Россия,
**автор-корреспондент.*

***Аннотация.** Статья посвящена разработке аппаратно-программного комплекса для идентификации смещения горных пород в карьерах. Комплекс позволяет измерять несколько параметров непрерывно и своевременно уведомлять персонал горных предприятий, занимающихся подземными и наземными разработками. Программное обеспечение, входящее в состав комплекса, легко в использовании и позволяет изменять информационный интерфейс. Комплекс собирает, обрабатывает и анализирует данные с волоконно-оптических датчиков, контролирующих геотехническое состояние прибортового массива. Он подключается к волоконно-оптическим датчикам через оптические проводники, что исключает использование дорогостоящего медного кабеля. Волоконно-оптические датчики являются искробезопасными и взрывобезопасными, а также обладают высокой устойчивостью к электромагнитным помехам. Комплекс с волоконно-оптическими датчиками позволяет осуществлять мониторинг геотехнического состояния горных выработок в карьерах. Принцип работы комплекса основан на сравнении апертур и интенсивности световых пятен с помощью фотоприемника высокого разрешения. Установлено, что дифракционные пятна и их пиксельная картина не меняются при отсутствии смещения горных пород прибортового массива. При возникновении смещения световая волна, проходящая через волоконно-оптические датчики, изменяет свои свойства, что приводит к изменению параметров светового пятна. После обработки данных комплекс выдает численное значение смещения.*

***Ключевые слова:** карьер, смещение, горная порода, прибортовой массив, аппаратно-программный комплекс, волоконно-оптический датчик.*

REFERENCES

1. Buymistryuk G.Ya. Printsipy postroeniya intellektual'nykh volokonno-opticheskikh datchikov [Principles of constructing intelligent fiber-optic sensors]. Foton-Ekspress. 2011. No. 6 (43). Pp. 38-39. (in Rus.).
2. Buymistryuk G. Volokonno-opticheskie datchiki dlya ekstremal'nykh usloviy [Fiber optic sensors for extreme conditions]. Control Engineering, Russia. 2013. No. 3 (45). Pp. 34-40. (in Rus.).
3. Bin Liang, Chong Yue, Xu Hui Chen, Bing Wang, Xing Kai Sun. The Study of Deformation Monitoring Based on the Ground Three-Dimensional Laser Scanning Technology. Advanced Materials Research. 2014. Vol. 1022. Pp. 387-391.
4. https://docs.opencv.org/4.x/d9/df8/tutorial_root.html
5. Sidorova A.V., et al. Python kak instrumentariy optimizatsii rezhima GES v sostave EES [Python as a tool for optimizing the hydroelectric power station regime within the UES] / A.V. Sidorova, A.A. Cheremnykh, A.G. Rusina. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo energeticheskogo universiteta. 2021. V. 13. No. 2 (50). Pp. 119-132. (in Rus.).
6. https://www.w3schools.com/python/matplotlib_pyplot.asp
7. https://python-scripts.com/tkinter-introduction

DOI 10.52209/1609-1825_2024_3_452 УДК 004.896

Цифровая экосистема плодоовощного производства Республики Казахстан

[1]**СЕИЛОВ Шахмаран Жұрсинбекович,** *к.т.н., д.э.н., декан, seilov_sh_zh@enu.kz,*
[2]**ХАСАН Мохаммад Камрул,** *PhD, доцент, mkhasan@ukm.edu.my,*
[1]***АБИЛЬДИНОВ Диас Сатыбаевич,** *докторант, зав. лабораторией, abildinov_ds_1@enu.kz,*
[1]**БАЕНОВА Гульмира Мусаевна,** *PhD, старший преподаватель, baenova_gm@enu.kz,*
[3]**ЖУРСІНБЕК Бибінұр,** *магистр, специалист по машинному обучению, zhursinbek99@gmail.com,*
[1]НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева», ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан,
[2]Национальный университет Малайзии, Банги, Селангор, Малайзия,
[3]Казахская Академия инфокоммуникаций, ул. Сыганак, 43, Астана, Казахстан,
**автор-корреспондент.*

Аннотация. *Представлена новая технологическая парадигма для агропромышленного комплекса республики, направленная на повышение эффективности отечественного сельскохозяйственного производства и обеспечение рынка местной продукцией. Описана глубокая трансформация плодоовощеводства с использованием компьютерного зрения и искусственного обоняния. Предлагается система мониторинга и экспресс-детектирования фитопатогенных болезней отечественных плодовых культур, основанная на этих технологиях. Планируется разработка прогнозной модели объёмов производства и необходимых ресурсов для выращивания и хранения яблок, а также технологической карты агротехнических мероприятий. Введена концепция цифрового паспорта продукта для плодоовощных культур на базе блокчейна, включающего данные о сорте, методах производства, сроках хранения, а также информацию о пищевой и биологической ценности продукта для обеспечения потребителей полной и достоверной информацией о его безопасности.*

Ключевые слова: *вегетационный период, фитопатогенные инфекции, компьютерное зрение, искусственное обоняние, блокчейн, цифровой паспорт продукта, федеративное обучение.*

Введение

Интеграция искусственного интеллекта (ИИ) в сельское хозяйство стала ключевой инновацией, обещающей значительный прогресс в производительности, эффективности и устойчивости. В различных исследованиях отмечается, как технологии ИИ могут революционизировать традиционные методы ведения сельского хозяйства, делая их более управляемыми на основе данных и, соответственно, более точным и прагматичным.

Растущий объем публикаций подчеркивает широкий потенциал ИИ в растениеводстве. Системы на базе ИИ могут анализировать обширные наборы данных о состоянии почвы, погодных условиях, болезнях и урожайности сельскохозяйственных культур, что позволяет фермерам оптимизировать использование ресурсов. Эти системы способствуют точному земледелию, при котором такие ресурсы, как вода, удобрения и пестициды, используются более эффективно, что приводит к повышению урожайности сельскохозяйственных культур и снижению воздействия на окружающую среду.

Агропромышленный комплекс Казахстана на пороге цифровой трансформации, и использование ИИ откроет новую технологическую парадигму. Одной из ключевых задач Национального проекта по развитию АПК на 2021-2025 годы является обеспечение внутреннего рынка качественными отечественными продовольственными продуктами, включая фрукты и овощи. Согласно обзору Food and Agriculture Organization of the United Nations годовой объём производства плодоовощного сектора Казахстана составляет более 2,5 млн тонн фруктов и

около 5 млн тонн овощей, в том числе около четверти тонн овощей в закрытом грунте [1]. Однако на сегодняшний день республика импортирует плодоовощную продукцию больше, чем экспортирует [2]. В 2022 году Казахстан произвел около 267,9 тыс. тонн яблок, что делает его крупнейшим производителем в регионе. Большая часть яблоневых садов сосредоточена в юго-восточной части страны, в предгорьях Тянь-Шаня, где также выращиваются такие знаменитые сорта, как апорт [3].

Многие страны-лидеры в производстве яблок активно внедряют интеллектуальные системы мониторинга и детектирования болезней с целью повышения качества продукции и прогнозирования урожайности. Для сбора данных имеются разные типы датчиков. Например, датчики температуры и влажности регистрируют данные об условиях окружающей среды, датчики кислорода измеряют уровень кислорода в субстрате, что дает информацию о качестве корней и появлении патогенных грибков [4]. Без использования современных технологий производители могут терять до 40% урожая.

Для развития отечественного садоводства необходимы передовые технологии, такие как интернет-вещей, компьютерное зрение и большие данные, а также использование лучших мировых практик в условиях пустынных и засушливых земель.

Общие вопросы и задачи исследования

В настоящее время без использования соответствующих современных технологий мониторинга за плодовыми деревьями невозможно получить высокий урожай и обеспечить его сохранность с минимальными потерями.

Решение данной проблемы обеспечивается повсеместной автоматизацией и использованием цифровых технологий, что позволяет оптимизировать все этапы производственного процесса выращивания овощей и фруктов. На каждом этапе производственного цикла необходима установка соответствующего компонента цифровых технологий. В совокупности все эти компоненты будут объединены в единую платформу, на которой благодаря алгоритмам ИИ будут определяться оптимальные агротехнические решения и, с использованием технологии блокчейн, будет сформирован цифровой паспорт продукта (ЦПП).

Таким образом, можно выделить следующие общие вопросы исследования: анализ и отбор семян, в нашем случае анализ состояния яблони; анализ почвы; прогноз урожая; определение сроков сбора урожая; условия хранения; отходы, причины возникновения и возможность переработки некондиционной продукции.

Описание методов исследования

Использование технологии компьютерного зрения и искусственного обоняния для экспресс-детектирования болезней яблок

Традиционные методы выявления фитопатогенных заболеваний растений, основанные на экспертной оценке и участии агрономов, характеризуются высокими операционными затратами, временными издержками и сниженной эффективностью, что особенно актуально для масштабного сельского хозяйства в республике [5]. Современные смарт-технологии, включая системы компьютерного зрения и искусственного интеллекта, предлагают более эффективные подходы к диагностике заболеваний и идентификации вредителей на плодоовощных культурах, таких как яблоня [6].

Для разработки методов обнаружения заболеваний фруктов, поддержания их качества на всех этапах вегетации и хранения, а также для прогнозирования урожайности, будет проведен анализ данных прошлых лет в Алматинской области Казахстана. На этапе хранения особое внимание будет уделено обучению моделей на основе данных, полученных от сенсоров электронного носа, что позволит точно прогнозировать состояние фруктов и оптимизировать условия их хранения, включая параметры температуры и влажности. Электронный нос представляет собой мультисенсорную газоаналитическую систему, включающую датчики для определения наличия и концентрации газов O_2, CO, NH_3, H_2S; полупроводниковый металл оксидный датчик для измерения концентрации H_2, LPG, CH_4; а также газовый модуль для анализа CO_2.

Последовательное решение задач проекта, применение актуальных методов исследования, а также разработка соответствующего программного инструментария сделают возможным создание полноценного аппаратно-программного комплекса. Этот комплекс будет способствовать автоматизации процессов экспресс-детектирования состояния плодов на любой стадии вегетационного периода и разработке модели прогнозирования урожайности. Кроме того, совместное использование компьютерного зрения и устройства искусственного обоняния позволит усовершенствовать систему для мониторинга состояния фруктов в период их хранения. На рисунке 1 представлена карта исследования.

Для достижения исследовательских целей планируется предложить новую систе-

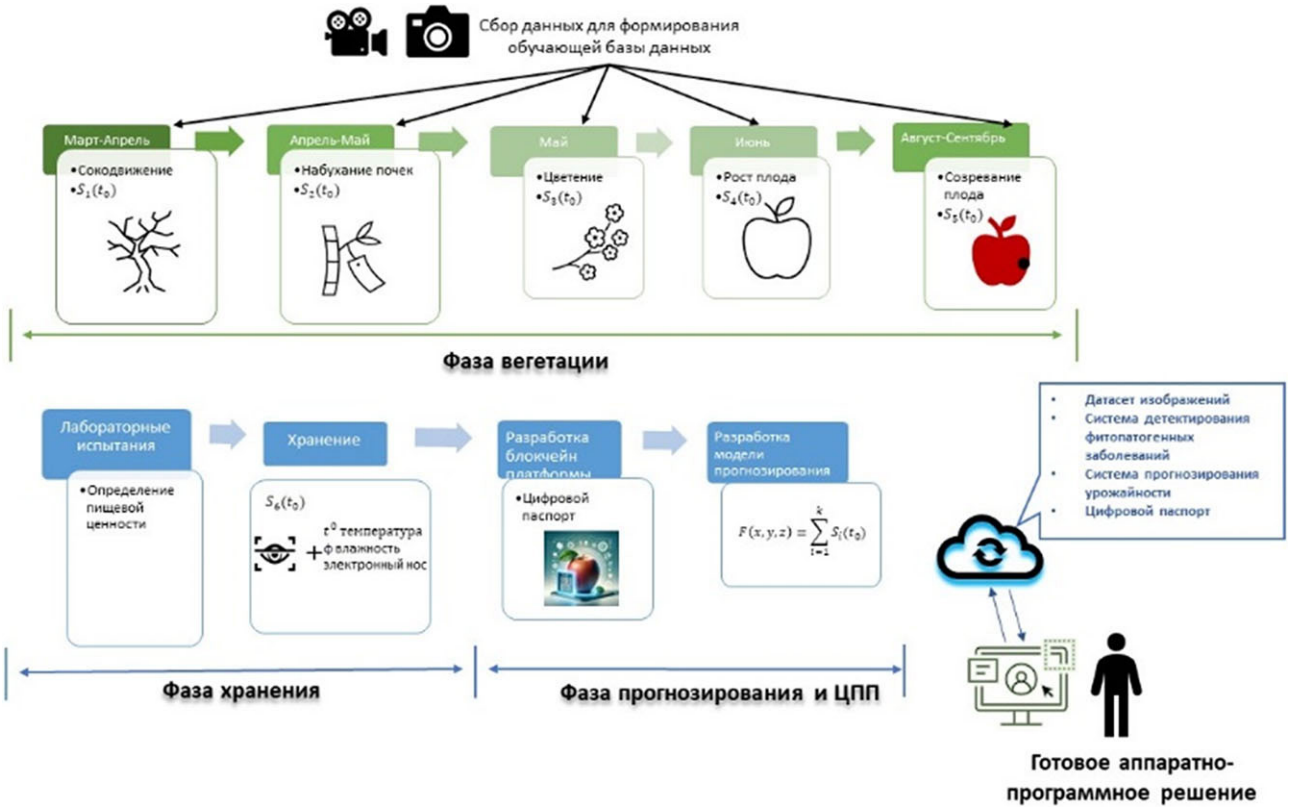


Рисунок 1 – Технологическая карта проведения исследований

му обнаружения фитопатогенных инфекций при производстве отечественных плодовых культур с использованием компьютерного зрения и искусственного обоняния, позволяющую использовать технологии блокчейн для обеспечения безопасности и конфиденциальности данных.

На территории экспериментального садового участка или фермы будет размещена сеть IoT-устройств в качестве хост-устройства для сканирования изображений яблок (эти данные будут поступать на программную платформу для распознавания фактического изображения яблока и анализа изображений), а также пограничного сервера IoT (edge-сервер) для связи с устройствами и хранения локальных наборов данных. На рисунке 2 показана модель программной инфраструктуры на основе блокчейн-технологий.

На начальных этапах пограничный сервер Интернета вещей (IoT) обучает модель на основе локального набора данных, создавая так называемую локальную модель. Для классификации изображений яблок DCNN обрабатывает входное изображение, интерпретируя его как массив пикселей, и классифицирует его по предопределенным признакам. Например, пограничный сервер IoT, подключенный к локальным камерам, имеет доступ к локальному набору изображений яблок, который используется для обучения модели.

Архитектура блокчейн-платформы включает четыре ключевых компонента: клиента, майнера, блокчейн и систему цифровых паспортов. Такое интегрированное решение ускоряет процессы цифровизации и улучшает принятие решений на основе данных. Комбинация технологий распознавания образов и искусственного обоняния обеспечивает более точный мониторинг состояния продукции. Искусственное обоняние выявляет химические и биологические изменения во время хранения, тогда как компьютерное зрение распознает визуальные признаки заболеваний или снижения качества.

Использование нейронных сетей для прогнозирования урожайности

Прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур является ключевой задачей для оптимального использования ресурсов. Для этого применяются различные методы, включая полевые исследования, статистические модели и дистанционное зондирование [7].

Прогнозирование урожайности яблок представляет собой сложную задачу, требующую учета множества факторов, таких как климатические условия, состояние почвы,

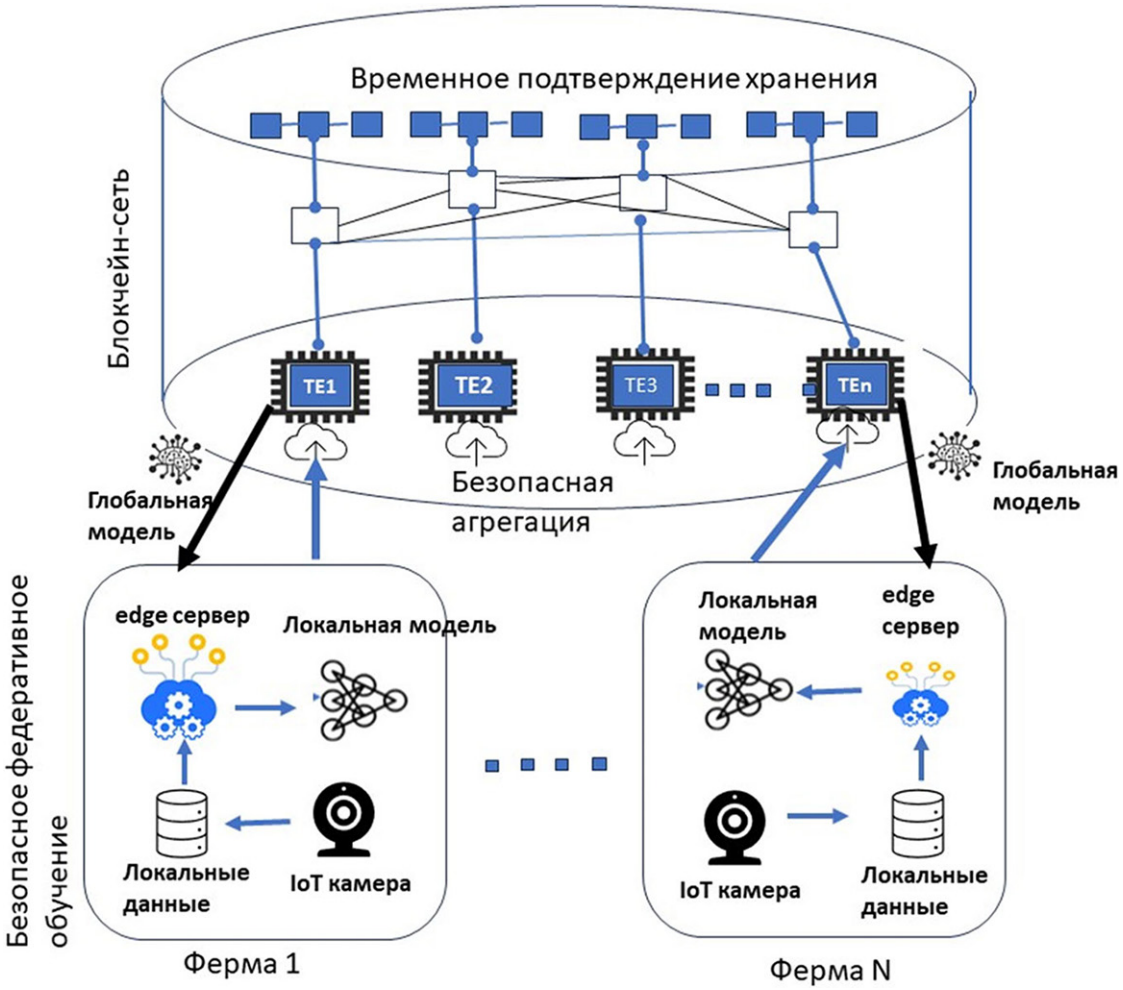


Рисунок 2 – Предлагаемая модель блокчейн с поддержкой федеративного обучения и концептуальной системы DCNN

фенологические стадии и фитопатологии. Применение современных математических моделей и методов машинного обучения существенно повышает точность прогнозов, что критически важно для эффективного планирования агротехнических мероприятий и разработки маркетинговых стратегий. Для достижения максимальной точности прогнозирования необходимо интегрировать данные из различных источников и учитывать множественные факторы, влияющие на рост и развитие плодовых культур.

Разработка цифрового паспорта продуктов питания

Цифровой паспорт продуктов питания (ЦПП) – это инструмент для отслеживания и управления информацией о продуктах на всех этапах их жизненного цикла. Он содержит данные о сборе, хранении, происхождении, составе и условиях производства, улучшая доступ к информации для регулирующих органов и потребителей. Современные программные решения, такие как платформы управления безопасностью пищевых продуктов, автоматизируют сбор и анализ данных, обеспечивая соответствие нормативным требованиям и повышение качества [8]. Интеграция ИИ и блокчейна расширяет возможности ЦПП. ИИ анализирует большие объемы данных, прогнозируя срок годности, оценивая экологическое воздействие и оптимизируя логистику. Блокчейн гарантирует безопасность и неизменяемость данных, поддерживая доверие в цепочке поставок [9].

Таким образом, интеграция представленных технологий в одной экосистеме для плодоовощного производства в Казахстане позволяет комплексно решать задачи мониторинга, диагностики, прогнозирования и управления качеством продукции. Подобного комплексного подхода, объединяющего эти технологии в единую систему, в мире не существует, что делает предложенную модель уникальной и инновационной.

Заключение

Современные цифровые технологии значительно упрощают работу агрономов и повышают эффективность сельского хозяйства, способствуя глубокой цифровой трансформации отрасли. Разрабатываемая аппаратно-программная платформа охватывает все стадии производства и хранения яблок, создавая цифровой паспорт продукта. Аппаратная часть включает датчики, IoT-устройства, дроны и роботы, обеспечивающие сбор данных и ситуационный контроль. Программная часть анализирует данные и предоставляет интерфейсы для детектирования болезней, прогноза урожая, сортировки, определения срока хранения и выявления заболеваний плодов. Внедрение ЦПП способствует безопасности и качеству продукции, а также устойчивому агробизнесу, но связано с высокими затратами, необходимостью стандартизации и обеспечением защиты данных. Цифровые технологии в садоводстве помогут улучшить производство и создать устойчивую цифровую аграрную экосистему республики.

Данная работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант AP23488699).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. FAO, Overview of the fruit and vegetable sector in Eurasian and Economic Union countries, vol. 98. FAO, 2023.
2. Болатова Ж.Б. Производство яблок в Казахстане: устойчивое развитие отрасли // Экономика и экология территориальных образований. Vol. 3. Pp. 33-40. 2022.
3. Kuden A., Imrak B., Comlekcioglu S. and Küden A. Introductory Chapter: Apple Cultivation – Recent Advances. In book Apple Cultivation, Ed., Rijeka: IntechOpen, 2023, ch. 1. doi: 10.5772/intechopen.110459.
4. Кулешова Т.Э., Галль Н.Р., Удалова О.Р., Панова Г.Г. Многофункциональный комплекс датчиков для фитомониторинга в условиях интенсивной светокультуры // Агрофизика. 2020. № 4. С. 33-39. DOI: 10.25695/AGRPH.2020.04.06
5. Таубаев А., Жукенов Б., Борисова Е., Сайфуллина Ю. Проблемы и перспективы внедрения наукоемких инновационных технологий в агропромышленном комплексе Казахстана // Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета. 2020. № 3. С. 106-113. DOI: 10.34130/2070-4992-2020-3-106.
6. Buyukarikan and E. Ulker. Classification of physiological disorders in apples using deep convolutional neural network under different lighting conditions. Multimed Tools Appl, vol. 82, no. 21, pp. 32463-32483, 2023, doi: 10.1007/s11042-023-14766-7.
7. Paudel et al., Machine learning for large-scale crop yield forecasting. Agric Syst, vol. 187, p. 103016, 2021, doi: https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.103016.
8. Panza L., Bruno G., and Lombardi F. Integrating Absolute Sustainability and Social Sustainability in the Digital Product Passport to Promote Industry 5.0. Sustainability, vol. 15, no. 16, 2023, doi: 10.3390/su151612552.
9. Tsai C.-W. Toward Blockchain for Intelligent Systems. IEEE Consumer Electronics Magazine, vol. 13, no. 2, pp. 52-60, 2024, doi: 10.1109/MCE.2021.3076611.

Қазақстан Республикасының жеміс көкөніс өндірісінің цифрлық экожүйесі

[1]СЕИЛОВ Шахмаран Жүрсінбекұлы, *т.ғ.к, э.ғ.д., декан, seilov_sh_zh@enu.kz,*
[2]ХАСАН Мохаммад Камрул, *PhD, доцент, mkhasan@ukm.edu.my,*
[1]*АБИЛЬДИНОВ Диас Сатыбайұлы, *докторант, зертхана меңгерушісі, abildinov_ds_1@enu.kz,*
[1]БАЕНОВА Гульмира Мусақызы, *PhD, аға оқытушы, baenova_gm@enu.kz,*
[3]ЖУРСІНБЕК Бибінұр, *магистр, машиналық оқыту бойынша маман, zhursinbek99@gmail.com,*
[1]«Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті» КеАҚ, Сәтпаев көшесі, 2, Астана, Қазақстан,
[2]Малайзия ұлттық университеті, Банги, Селангор, Малайзия,
[3]Қазақ инфокоммуникациялар академиясы, Сығанақ көшесі, 43, Астана, Қазақстан,
**автор-корреспондент.*

Аңдатпа. *Отандық ауыл шаруашылығы өндірісінің тиімділігін арттыруға және нарықты жергілікті өніммен қамтамасыз етуге бағытталған республиканың агроөнеркәсіптік кешені үшін жаңа технологиялық парадигма ұсынылған. Компьютерлік көру және жасанды иіс сезу арқылы бау-бақша шаруашылығының терең трансформациясы сипатталған. Осы технологияларға негізделген отандық жеміс дақылдарының фитопатогендік ауруларын бақылау және жедел анықтау жүйесі ұсынылады. Алма өсіру және сақтау үшін өндіріс көлемі мен қажетті ресурстардың болжамды моделін, сондай-ақ агротехникалық іс-шаралардың технологиялық картасын әзірлеу жоспарлануда. Тұтынушыларды оның қауіпсіздігі туралы толық және сенімді ақпаратпен қамтамасыз ету үшін сорт, өндіріс әдістері, сақтау мерзімі туралы деректерді, сондай-ақ өнімнің тағамдық және биологиялық құндылығы туралы ақпаратты қамтитын блокчейнге негізделген бау-бақша дақылдарына арналған цифрлық өнім паспортының тұжырымдамасы енгізілді.*

Кілт сөздер: *вегетациялық кезең, фитопатогендік инфекциялар, компьютерлік көру, жасанды иіс, блокчейн, өнімнің сандық төлқұжаты, Федеративті оқыту.*

Digital Ecosystem of Fruit and Vegetable Production in The Republic of Kazakhstan

[1]SEILOV Shakhmaran, *Cand. of Tech. Sci., Dr. of Econ. Sci., Dean, seilov_sh_zh@enu.kz,*
[2]HASAN Mohammad Kamrul, *PhD, Associate Professor, mkhasan@ukm.edu.my,*
[1]*ABILDINOV Dias, *Doctoral Student, Head of Laboratory, abildinov_ds_1@enu.kz,*
[1]BAENOVA Gulmira, *PhD, Senior Lecturer, baenova_gm@enu.kz,*
[3]ZHURSINBEK Bibinur, *Master's Degree, Machine Learning Specialist, zhursinbek99@gmail.com,*
[1]NPJSC «L.N. Gumilyov Eurasian National University», Satpayev Street, 2, Astana, Kazakhstan,
[2]University Kebangsaan Malaysia, Bangi, Selangor, Malaysia,
[3]Kazakh Academy of Infocommunications, Syganak Street, 43, Astana, Kazakhstan,
**corresponding author.*

Abstract. *A new technological paradigm for the agro-industrial complex of the republic has been presented, aimed at increasing the efficiency of domestic agricultural production and providing the market with local products. A profound transformation of fruit and vegetable growing using computer vision and artificial olfaction is described. A system for monitoring and express detection of phytopathogenic diseases of domestic fruit crops based on these technologies is proposed. It is planned to develop a forecast model of production volumes and the necessary resources for growing and storing apples, as well as a technological map of agrotechnical measures. The concept of a digital product passport for fruit and vegetable crops based on blockchain has been introduced, including data on the variety, production methods, shelf life, as well as information on the nutritional and biological value of the product to provide consumers with complete and reliable information on its safety.*

Keywords: *vegetation period, phytopathogenic infections, computer vision, artificial olfaction, blockchain, digital product passport, federated learning.*

REFERENCES

1. FAO, Overview of the fruit and vegetable sector in Eurasian and Economic Union countries, vol. 98. FAO, 2023.
2. Bolatova Zh.B. Apple Production in Kazakhstan: Sustainable Development of the Industry // Economics and Ecology of Territorial Entities. Vol. 3. Pp. 33-40. 2022.
3. Kuden A., Imrak B., Comlekcioglu S. and Küden A. Introductory Chapter: Apple Cultivation – Recent Advances. In book Apple Cultivation, Ed., Rijeka: IntechOpen, 2023, ch. 1. doi: 10.5772/intechopen.110459.
4. Kuleshova T.E., Gall N.R., Udalova O.R., Panova G.G. Multifunctional sensor complex for phytomonitoring under conditions of intensive light culture // Agrophysics. 2020. No. 4. Pp. 33-39. DOI: 10.25695/AGRPH.2020.04.06
5. Taubayev A., Zhukenov B., Borisova E., Saifullina Y. Problems and prospects for the introduction of high-tech innovative technologies in the agro-industrial complex of Kazakhstan // Bulletin of the Research Center for Corporate Law, Management and Venture Investment, Syktyvkar State University. 2020. No. 3. Pp. 106-113. DOI: 10.34130/2070-4992-2020-3-106.
6. Buyukarikan and E. Ulker. Classification of physiological disorders in apples using deep convolutional neural network under different lighting conditions. Multimed Tools Appl, vol. 82, no. 21, pp. 32463-32483, 2023, doi: 10.1007/s11042-023-14766-7.
7. Paudel et al., Machine learning for large-scale crop yield forecasting. Agric Syst, vol. 187, p. 103016, 2021, doi: https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.103016.
8. Panza L., Bruno G., and Lombardi F. Integrating Absolute Sustainability and Social Sustainability in the Digital Product Passport to Promote Industry 5.0. Sustainability, vol. 15, no. 16, 2023, doi: 10.3390/su151612552.
9. Tsai C.-W. Toward Blockchain for Intelligent Systems. IEEE Consumer Electronics Magazine, vol. 13, no. 2, pp. 52-60, 2024, doi: 10.1109/MCE.2021.3076611.

Информационное сообщение

Республиканский научно-технический журнал «Университет еңбектері – Труды университета» НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» входит в перечень изданий, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере образования и науки МОН РК для публикации основных результатов научных диссертаций (свидетельство о перерегистрации № KZ63VPY00044097 от 15.12.2021 г.).

Результаты реформы высшей школы и системы научной аттестации в Республике Казахстан, основанные на трехуровневой системе образования, в соответствии с принципами Болонского процесса: академической мобильностью, международным обменом, двудипломным образованием, множественностью траекторий обучения в бакалавриате, магистратуре и докторантуре, развитием системы дистанционного образования, положительно влияют на все сферы жизни университета, в том числе и на содержание статей в журнале.

Проблемы высшей школы в рамках Болонского процесса, инновационное развитие профессионального образования на базе специализированных программно-аппаратных комплексов и телекоммуникационных средств, с последующим созданием систем дистанционного образования, не ограниченных в географических границах, стали платформой, объединяющей ученых и преподавателей высших учебных заведений Республики Казахстан, стран ближнего и дальнего зарубежья.

Примерами являются международные контакты ученых, преподавателей, студентов, магистрантов и докторантов с коллегами из России, Германии, Чехии, Японии, Китая и других стран, участие университета в международных программах «Синергия», «ТЕМПУС», УШОС.

Известные в РК, СНГ и дальнем зарубежье ученые Казахстана продолжают плодотворную работу по подготовке магистров и докторов:

в области горного дела, геологии, геофизики, безопасности жизнедеятельности – доктора наук: Выжва С.А., Демин В.Ф., Исабек Т.К., Ибраев М.К., Коликов К.С., Низаметдинов Ф.К., Пак Ю.Н., Портнов В.С.;

в области машиностроения и металлургии – доктора наук: Глотов Б.Н., Жетесова Г.С., Исагулов А.З., Варгула Л., Окишев К.Ю., Шеров К.Т.;

в области строительства и транспорта – доктора наук: Байджанов Д.О., Ибатов М.К., Кадыров А.С., Малыбаев С.К., Нугужинов Ж.С., Сахапов Р.Л.;

в области педагогики высшей школы и экономики – доктора наук: Аубакирова Г.М., Бирюков В.В., Головачева В.Н., Исмакова Б.С., Кошебаева Г.К., Лисецка К., Пак Ю.Н., Сагинтаева С.С.;

в области автоматизации и электроэнергетики – доктора наук: Ахметов Б.С., Каталинич Б.

Своими научными достижениями и публикациями, культурой и инновационной направленностью статей, публикуемых в журнале на момент его становления и в настоящее время, ученые университета помогли журналу приобрести новое качество.

АО «Национальный центр государственной научно-технической экспертизы» определил импакт-фактор научного журнала «Университет еңбектері – Труды университета» за 2020 г., который по Казахстанской базе цитирования составляет величину, равную 0,037, импакт-фактор журнала по РИНЦ составляет 0,031.

Воплощая государственную политику триединства языков, журнал предоставляет возможность публикации статей на казахском, русском или английском языке.

Основная тематическая направленность журнала определена в публикации материалов по следующим разделам:

1. Машиностроение. Металлургия.
2. Геотехнологии (Горное дело. Геофизика. Геология). Безопасность жизнедеятельности.
3. Строительство. Транспорт.
4. Педагогика высшей школы. Экономика.
5. Энергетика. Автоматика. Информационно-коммуникационные технологии.

Собственник журнала: НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда).

Территория распространения журнала: Республика Казахстан, страны СНГ.

Почтовый адрес: 100027 г. Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56.

Факс: (8-7212)-56-03-28.

Журнал выходит 4 раза в год – ежеквартально.

Адрес редакционно-издательского отдела (РИО):

100027, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 60, IV корп., ауд. 208.

Электронный сайт журнала: http://tu.kstu.kz/.

E-mail редакционно-издательского отдела: rio_kstu@mail.ru

Тел.: 8-7212-56-75-94 + 1057

Правила оформления и представления статей

Статья представляется в редакцию в электронном виде только через сайт журнала **http://tu.kstu.kz/.** Структура статьи должна включать: **введение, методы исследования, научные результаты, выводы**. Статья должна иметь: УДК, резюме, содержащее 6-7 предложений (не более 300 слов) **(обязательно должно включать цели и методы исследования)**, ключевые слова – не более 15 слов и словосочетаний, сведения об авторах **(ФИО полностью, должность, регалии, страна, почтовый индекс, город, место работы, полный адрес организации)** – всё на русском, казахском и английском языках. Список литературы должен быть **дополнительно транслитерирован**. Объем статьи должен быть не менее 6-ти и не более 8 страниц машинописного текста. Текст статьи печатается через один интервал форматом А4, страницы нумеруются. Текст необходимо набирать в редакторе Word шрифтом Times New Roman, размер шрифта (кегль) – 14. Все буквенные обозначения, приведенные на рисунках, необходимо пояснять в основном или подрисуночном тексте. Рисунки должны быть хорошего качества, иметь расширения, совместимые с Word, т.е. CDR, JPG, PCD, TIF, BMP. **Количество рисунков не более 5.** Формулы должны быть набраны в формуляторе **MathMagic,** совместимом с программой **InDesign,** и дополнительно сохранены отдельным файлом с расширением MMF. При наборе формул в Word **не использовать конструктор по работе с уравнениями**. Нумеровать следует только те формулы и уравнения, на которые есть ссылка в последующем изложении. В статье не должно быть сложных и громоздких формул и уравнений, особенно формульных таблиц, а также промежуточных математических выкладок. **Количество формул не более 10.** Все сокращения и условные обозначения в формулах следует расшифровать, размерности физических величин давать в системе СИ, названия иностранных фирм, их продуктов и приборов – в транскрипции первоисточника с указанием страны. Список литературы **(за последние 10-15 лет, только органически связанной со статьей, не более 10, в статьях обзорного характера не более 15)** составляется в порядке цитирования и дается в конце статьи. Ссылки на литературу в тексте отмечаются порядковыми цифрами в квадратных скобках, а именно [1, 2]. Авторские свидетельства в списке литературы оформляются следующим образом: номер а.с., название, год и № «Бюллетеня изобретений».

После регистрации на сайте каждая статья проходит **проверку на антиплагиат и «слепое» рецензирование** ведущими экспертами по тематическим направлениям. Статьи, не прошедшие антиплагиат, отклоняются. Каждой статье присваивается DOI (ДОИ) – цифровой идентификатор объекта для уникальной и постоянной онлайн-идентификации содержания журнала и ссылок в интернете.

Статья должна носить авторский характер, т.е. принадлежать лично автору или группе авторов, причем количество последних не должно быть более пяти. В одном номере журнала может быть напечатано не более одной статьи одного автора.

Предпочтение отдается статьям, имеющим исследовательский характер и содержащим элементы научной новизны. Рекомендуется аналитические результаты научных исследований подтверждать экспериментальными данными или результатами имитационного моделирования.

Статья должна иметь законченный характер, то есть в ней рекомендуется отобразить кратко историю рассматриваемого вопроса, поставить задачу, определить методику ее решения, привести результаты решения задачи, сделать выводы и заключение, привести список литературы. Не допускается использование в статьях фрагментов текстов, рисунков или графиков из работ других авторов (или из Internet) без ссылки на них.

В случае грантового финансирования авторы должны указывать источник финансирования научной статьи.

Стоимость публикации одной статьи составляет 17740 тг.

При возврате денег за отклоняемую статью (по решению Редсовета или желанию автора) автору возвращается оплаченная денежная сумма за вычетом стоимости оказанных услуг на этапах рассмотрения статьи.

Статьи, не соответствующие тематике разделов журнала, будут отклонены на начальном этапе.

Средняя продолжительность публикации составляет 8-9 месяцев.

Учитывая многодисциплинарность журнала и возможности издательского оборудования Редакционным советом принято решение ограничить количество статей в номере журнала до 52. В исключительных случаях дополнительно (но не более 10 % от общего количества статей) по просьбе авторов возможна ускоренная публикация статьи с письменным обоснованием срочности публикации (защита докторской диссертации, получение ученого звания, грантовое финансирование и т.д.), если статья успешно прошла рецензирование с дополнительной оплатой в размере 17740 тенге.

Просьба к авторам – не забывать логин и пароль, под которыми вы зарегистрированы на сайте журнала.

По всем интересующим вопросам звонить по телефону:
56-75-94 (внут. 1057) – ответственный секретарь.

Адрес Редакционно-издательского отдела (РИО):
100027, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 60, IV корп., ауд. 208.
E-mail: rio_kstu@mail.ru
Тел.: 8-7212-56-75-94 + 1057
НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова»
100027, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56
Тел.: 8-7212 (56-51-92), (56-88-95)
ИИК KZ638560000000147366
АО Банк ЦентрКредит
БИК KCJBKZKX
КБЕ 16
БИН 000240004524

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1. МАШИНОСТРОЕНИЕ. МЕТАЛЛУРГИЯ **3**

КВОН С.С., ИСАГУЛОВ А.З., АРИНОВА С.К., АУБАКИРОВ Д.Р. Информационный анализ развития и проблем высокоэнтропийных сплавов 3

ТАЖИЕВ Е.Б., АРГЫН А.А., ЖОЛДАСБАЙ Е.Е., КҰРМАНСЕЙТОВ М.Б., ҚОЙШИНА Г.М. Твердофазное восстановление оксидов FexOy и MnxOy углеродом в условиях низкотемпературного обжига шихты на основе марганцевых отходов 11

ВАСИЛЬЕВ Е.В., ШАХАНОВ А.А., ИСКАКОВ Р.М. Формообразование задней поверхности многогранных твердосплавных пластин на шлифовально-заточных станках с ЧПУ 20

ВОЛОКИТИНА И.Е., ПАНИН Е.А., АХМЕТОВА Г.Е. Созу үрдісінде криогендік салқындату кезінде сымның механикалық қасиеттерінің өзгеруі 28

СҰЛТАНБЕК Т.Ж., ДОСТАЕВА А.М., БЕЛОВ Н.А. Al-Fe-Si-Zr жүйесінің фазалық құрамын сапалық және санды есептеу 33

DYUSSEMBAYEV M., KHABIYEV A. Multicomponent Cathode Materials for Lithium-ion Batteries 40

LIAKYN L., MAMYACHENKOV S., ONALBAYEVA Zh., ANISIMOVA O., DAUMOVA G. Purification of Complex Solution of Zinc Sulfate from Copper Ions by Electrocementation Method 47

ВОЛОКИТИН А.В., ФЕДОРОВА Т.Д. Изменение микроструктуры медной проволоки после скручивания в равноканальной ступенчатой матрице и волочения 54

АБУЛХАИРОВ Д.К., САГЫНГАНОВА И.К., УСЕРБАЕВ М.Т., МЕНДАЛИЕВА С.И., БОБЕЕВ А.Б. Определение оптимальных параметров воздушного потока создаваемого пневмопогрузчиком уборочно-транспортного агрегата 60

БУЗАУОВА Т.М., САРСЕНГАЛИЕВА Г.К. Планирование и экспериментальные исследования выбора оптимального параметра при плазменной резке 66

ЖЕТЕСОВА Г.С., ЖАРКЕВИЧ О.М., ХРУСТАЛЕВА И.Н., КОЖАНОВ М.Г., ШАХАТОВА А.Т. Анализ методов многопараметрической оптимизации для механической обработки деталей 73

РАЗДЕЛ 2. ГЕОТЕХНОЛОГИИ. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ **80**

ЖАНКУЛОВА Л.К. Риск-ориентированный подход к выдаче СИЗ. Преимущества 80

ЖУНУСОВ А.А., ИДЫРЫШЕВ Р.Б., МИЗЕРНАЯ М.А. Перспективы попутного извлечения благородных металлов из руд месторождений железистых кварцитов Центрального Казахстана..... 86

КАДИРОВА Ж.Б., БАЙМАХАН Р.Б. Изучение геологии Северо-Тянь-Шаньского трагического оползня 93

БАЛАБАС Л.Х., БАЛАБАС А.Ю., БЕЙСЕКОВА Т.И. Разработка модели эффективного орошения на основе оценки производительности источников пылеобразования в горной промышленности..... 99

ШАРАПАТОВ А., АСИРБЕК Н.А., АБДЫРОВ М.М., САДУОВ А.Б. Оценка фильтрационных свойств рудовмещающих пород по данным электрических методов каротажа (Шу-Сарысуская урановая провинция, Казахстан)..... 105

ТЛЕУБЕРГЕН А.Ж., МАУСЫМБАЕВА А.Д., АППАЗОВА С.М. Қазақстан кен орындарының мысалында сирек жер элементтерінің шөгілу түрлері..... 112

КАМШЫБАЕВ А.А., САТАЕВ М.И., АЗИМОВ А.М., ЕСЕНБЕК А.С., USHA A. Аграрлық кәсіпорынның ауыз су қажеттілігін қамтамасыз ету үшін жер асты суларынан темірді жоюдың жеңілдетілген технологиясын әзірлеу..... 118

САРЫБАЕВ М.А., ЖАНАКОВА Р.Қ. Мәрмәрленген әктастарды игерудегі тау-кен жұмыстарын дамытудың ұтымды бағытын зерттеу..... 125

РАБАТҰЛЫ М., МУСИН Р.А., ЗАМАЛИЕВ Н.М., ХАЙДИНА М.П., ҚАЙЫРБЕК А.А. Көмір шахталарында өндірілген кеңістіктерден метанның бөлінуі..... 133

АМАНЖОЛОВ Ж.К., ЖОЛМАҒАМБЕТОВ Н.Р., САТТАРОВА Г.С., БАЛАНДИН В.С., СЫЗДЫКБАЕВА Д.С. Жұмысшы персоналдың кәсіби қасиеттерін бағалаудың математикалық моделі..... 141

ДЕМИН В.Ф., АБЕУОВ Е.А., ДВУЖИЛОВА С.Н., ТАНЕКЕЕВА Г.Д. Қазба айналасындағы тау массивінің жағдайын ескере отырып, контурға жақын топырақ жыныстарын бекіту..... 147

KALIYEVA A., ARYNOVA Sh., CHIDUNCHI I., KOROGOD N., ALIGOZHINA D. Study of Fire-fighting Water Supply Systems on the Territory of Pavlodar Region..... 155

MUSINA G., AKIMBEKOVA B., ZHORABEK A., KARILKHAN A., NURTAI Zh. Methods of Coal Liquefaction..... 161

OMAROV T., CHIDUNCHI I., ARYNOVA Sh., KRAVKA M., URUZALINOVA M. Formation of A Culture of Occupational Safety at Oil and Gas Industry Enterprises 167

РАЗДЕЛ 3. СТРОИТЕЛЬСТВО. ТРАНСПОРТ **175**

РЯБКОВА М.П., БАЙДЖАНОВ Д.О., АБДУЛЛАЕВА А.Б., ХАН М.А. Параметры, влияющие на стойкость бетонов к агрессивным средам..... 175

МОНТАЕВ С.А., АДИЛОВА Н.Б., ДЖУМАБАЕВА К.М. Көбікті керамикалық материалды құрастырушы компоненттерінің физикалық-механикалық қасиеттерін зерттеу 181

КАСИМОВ А.Т., АХАЖАНОВ С.Б., КАСЕНОВА А.Н., АБДРАХМАНОВА К.А. Жартылай серпімділі негізді шоғырланған күш әсеріне зерттеу..... 189

ЖАПАХОВА А.У., УДЕРБАЕВ С.С., САКТАГАНОВА Н.А., КЕЛМАҒАМБЕТОВ Н.К. Ұсақталған шина резеңкелері және мұнай қалдықтары қосылған асфальтбетонның қасиеттерін зерттеу..... 197

ZHUMAGULOVA A., DYUSEMBINOV D., RAKHIMOVA G., KOZHAKHMET A., BAKIRBAYEVA A. Modifiers of Asphalt Concrete Mixtures for Road Pavements 204

AKMALAIULY K., TOLEGENOVA A., KOSHKOMBAYEVA G. Corrosion Resistance of Reinforcement in Reinforced Concrete Products 211

БЕКЖАНОВА С.Е., ИСИНА Б.М., ҚОСБАРМАҚОВ С.Ж., МАҚСҰТОВА Ж.Қ. Қарағанды темір жол бөлімшесі қызметкерлерінің автоматтандырылған жұмыс орындарын енгізу және жаңарту 218

БАҚЫТ Ғ.Б., БАУБЕКОВ Е.Е., СӘРСЕНОВ Қ.Ж., МУЗДЫБАЕВА А.С., ГРАЧЕВ В.В. Маневрлік локомотивтерде газды отынды пайдалану тиімділігін негіздеу 226

ТОКТАМЫСОВ А.Б., КАШКИМБАЕВ А.М., ИМАНБАЕВ Д.С., ТОКТАМЫСОВА А.Б., АТЬКЕН Е. Анализ уровня развития мультимодальных перевозок в потенциальных маршрутах «Новый Шелковый путь» 232

KUNAEV V., AKHMETOVA G., BATYRBEK A., TAVSHANOV I., FATHI M. Critical Analysis of External and Internal Structure-Forming Factors Affecting the Quality Indicators of Asphalt Concrete Based on The Industrial Wastes 239

РАЗДЕЛ 4. ПЕДАГОГИКА ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ. ЭКОНОМИКА 247

АХМЕТОВ Б.С., ЖИЛКИШБАЕВ А.А. Сравнительный анализ цифровой инфраструктуры на примере КазНПУ им. Абая и КГУТИ им. Ш. Есенова 247

КУАТОВА Г.А., ТУСУПБЕКОВ А.С., МАДИЯРОВ М.К., ГОЛОВИН И.Л. Жоғары оқу орындары студенттерінің қысқа қашықтыққа жүгірудегі техникалық дайындығын жетілдіру 254

BAKINA J., SMIRNOVA G., GOTTING V., AKHMETOVA N., SHEBALINA O. The Content Analysis of the Educational Programs Components Aimed at Developing Research Skills Among Graduates in Engineering and Technical Fields 261

ЖАНБАЕВА Л.А., АБИЛЬДИНА А.Ш., САГИНТАЕВА С.С., АЛИМБАЕВА Ж.А. Білім беруді цифрландыру және трансформациялау жағдайында педагогтің кәсіби дамуы 267

ДИЯРОВА Л.Б., АБУОВА Ж.М., БАИГУБЕНОВА С.К., КАМАЛОВА Г.А. Arduino-ны білім беру мақсатында қолдану 274

СЕРІК М., КАРИЛХАН Н., КАРЕЛХАН Н. Болашақ информатика мұғалімдерін нейрондық желілер бойынша даярлаудың ерекшеліктері 281

БАШИРОВ А.В., ГОЛОВАЧЁВА В.Н., ХАНОВ Т.А. Особенности НИРС по педагогическим специальностям вузов 287

МУХАРСКИЙ Д.В., САБИТОВ А. Разработка и внедрение тестирующей системы на занятиях по программированию 293

САПАРХОДЖАЕВ Н.П., ТАШКЕНБАЕВ Е.А., ЖОЛАЕВА Л.Б. Анализ выявления факторов, влияющих на риск отчисления студентов колледжей на основе использования алгоритмов машинного обучения 300

ЛУСТОВ Н.С. Значение социальных сетей для маркетинга в современных условиях 307

ОМАРОВА Б.А., БИРЮКОВ В.В. О необходимости повышения экологичности экономического развития Казахстана 313

ТУРСЫНГАЛИЕВА К.Н., ТУКЕЕВА А.С., УРАЗБЕКОВ А.К. Қазақстандағы урбанизацияның негізгі факторлары мен даму тенденциялары 322

IZTELEUOVA Zh., KUNANBAYEVA D. Studying the Main Issues of State Regulation of Railway Transport 328

AUYEZOVA Z., UTARBAYEVA G., SADYKOVA R., ABENOV Ye., TAZHIBAYEVA Zh. Methods for Business Risk Management 337

ТЛЕУБЕРДИНОВА А.Т. Приоритетность интеллектуальной готовности человеческого капитала в условиях цифровизации экономики 344

ЖУРТЫБАЕВА И.С., ИБРАЕВА А.К., БАЯДИЛОВА Б.М., КОЙЧУБАЕВ А.С. Қазіргі жағдайдағы Қазақстанның бюджетаралық қатынастар жүйесін дамыту бағыттары 352

TAZHIYEVA Zh., KOZHAMKULOVA Zh. Innovative Development in Marketing: The Use of Artificial Intelligence in Managing High-Tech Projects..... 359

РАЗДЕЛ 5. АВТОМАТИКА. ЭНЕРГЕТИКА. ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ..... 367

ИСЕНОВ С.С., АНТИПОВ П.А., КОШУМБАЕВ М.Б., АУЕЛЬБЕК М.А., НУРМАГАНБЕТОВА Г.С. Разработка и исследование ветроустановки с двумя разнонаправленными ветроколесами..... 367

ОМАРОВ Ж.Т., КОЖАГЕЛДИ Б.Ж., НАЛИБАЕВ Н.Ж., ТАШИМБЕТОВ М.А., МИНАЖОВА С.А. Экспериментальное исследование опытного образца многоуровневого защитного устройства инверторной системы 373

ЕРБОЛАТ А.К., БИГАЛИЕВА А.З., САЙЛАУҚЫЗЫ Ж., КЕРЕЕВ А.К. Анализ методов распознавания в задачах распознавания национальных флагов 381

ТАЙСАРИЕВА К.Н., ИСЕМБЕРГЕНОВ Н.Т., МҰСІЛІМОВ К.Б., ДЖОБАЛАЕВА Г.С., ИСАҚОЖАЕВА І.Н. Байланған мультикоптердің эскиздік моделін зерттеу 387

ҚУАНЫШТАЕВА А.Е., КОТОВ Е.С., СМАГУЛОВА К.К. «Nova-Цинк» тау-кен кәсіпорынның электрмен жабықтау жүйесіндегі энергия тиімділігін талдау 394

JUMAGALIYEVA A., ZHAMANGARIN D., MURATOVA G., KOXEGEN A. Integrating Blockchain and AI for Optimized Digital Identity Verification..... 401

MEKHTIYEV A., GERASSIMENKO T., SARSIKEYEV Ye., MEKHTIYEV R. Studying the Effect of Water Magnetic Treatment to Reduce Scale Formation 409

SADYKANOVA O., SEITAKHMETOVA Zh., KUMARGAZHANOVA S., SMAILOVA S. Development of a Methodology for Creating Training Materials for the Digital Environment..... 415

SEMCHENKO A., BAISEITOV G., KAIZER T., NESIPOVA S. Some Conditions and Factors Affecting the Creation of Signal Relay Facilities Based on Unmanned Aerial Vehicles..... 423

АКИМОВА Н.М., САТПАЕВА З.Т., КАНГАЛАКОВА Д.М., ТАГАЙБЕКОВА Н.П. Развитие технопарков в условиях цифровизации (на примере парка высоких технологий Кыргызстана)..... 429

БАЗАРОВА М.Ж., АДИКАНОВА С., КАДЫРОВА А.С., БУГУБАЕВА А.Ж., КАРЫМСАКОВА И.Б. Онтологиялық модельдеу көмегімен «Ontomektep» пәнаралық байланыстарды анықтау 436

NESHINA Ye., YUGAY V., ALKINA A., BILICHENKO E., YURCHENKO A. Hardware and Software Complex for Identification of Displacement Based on a Fiber-optic Sensor..... 445

СЕИЛОВ Ш.Ж., ХАСАН М.К., АБИЛЬДИНОВ Д.С., БАЕНОВА Г.М., ЖУРСІНБЕК Б. Цифровая экосистема плодоовощного производства Республики Казахстан 452

ИНФОРМАЦИОННОЕ СООБЩЕНИЕ..... 459

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СТАТЕЙ..... 460

республикалық журналы | республиканский журнал

УНИВЕРСИТЕТ ЕҢБЕКТЕРІ • ТРУДЫ УНИВЕРСИТЕТА
2024. №3. 465 с.

№ KZ63VPY00044097 қайта есепке алу куәлігі 2021 жылдың 15 желтоқсанында Қазақстан Республикасы Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің жанындағы Ақпарат комитетімен берілген (алғашқы тіркеу куәлігінің № 1351-Ж 04 шілде 2000 жыл)

Свидетельство о перерегистрации № KZ63VPY00044097 от 15 декабря 2021 года выдано Комитетом информации при Министерстве информации и общественного развития Республики Казахстан (первоначальное регистрационное свидетельство № 1351-Ж от 04 июля 2000 года)

Әдеби редакторлар – Литературные редакторы
Р.С. Искакова, К.К. Сагадиева
Компьютерлік ажарлау және беттеу – Компьютерный дизайн и верстка
М.М. Утебаев, У.Е. Алтайбаева

Жарыққа шыққан күні	30.09.2024	Дата выхода в свет
Пішімі	60×84/8	Формат
Көлемі, б.т.	58,3	Объем, п.л.
Таралымы	300	Тираж
Тапсырыс	155	Заказ
Индексі	74379	Индекс

Электронный сайт журнала: http://tu.kstu.kz/
E-mail редакции: rio_kstu@mail.ru
Отпечатано в типографии НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова». Адрес типографии и редакции: 100027, г. Караганда, пр. Н. Назарбаева, 60.